

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA-León
FACULTAD DE CIENCIAS
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGIA TROPICAL



**EFECTO DE *Trichoderma harzianum* Y *Paecilomyces lilacinus* SOBRE
POBLACIONES DE NEMATODOS Y EL RENDIMIENTO DEL TOMATE
(*Lycopersicon esculentum* Miller) EN EL CAMPUS AGROPECUARIO DE LA
UNAN-LEÓN DURANTE EL CICLO AGRÍCOLA 2006.**

PRESENTADO POR: Br . Aníbal Gabriel Sirias Valdivia.

“Previo para optar al título de Ingeniero en Agroecología Tropical”

TUTOR: M.Sc. Wilber Salazar Antón
ASESOR: Ing. Alvaro Caballero

LEON, FEBRERO 2007

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios, por haberme guiado en este camino dándome fuerza, sabiduría y tolerancia, para salir adelante y vencer cualquier adversidad.

A mis padres por que con sus sacrificios, valor y amor me ayudaron a coronar mis estudios a lo largo de todo los años.

Agradezco a mi tutor MSc. Wilber Salazar, por el apoyo brindado a lo largo de mi investigación dedicándome su tiempo, empleando sus conocimientos y transmitiendo estos mismos.

Agradezco a todas aquellas personas las cuales me ayudaron de una manera u otra en la realización de este trabajo como el Br. Vernon Berrios y el Ing. Álvaro Caballero por brindar parte de su tiempo.

Anibal G. Sirias Valdivia.

DEDICATORIA

A Dios por prestarme la vida, ayuda y protección ante las dificultades y riesgos que se presentaron en el transcurso de mis estudios.

A mis padres Lic. Neddard Sirias y Lic. Maria de Sirias por haberme apoyado a lo largo de todos mis estudios, pero sobre todo por brindarme durante toda mi vida el apoyo y amor necesario para salir siempre adelante.

A mis hermanos Dr. Neddard Sirias, Lic. William Sirias, Br. Conny Sirias por estar siempre conmigo en todos los momentos en los cuales necesite de su ayuda y apoyo.

A mi niña linda por haberme dado el amor que uno siempre ha deseado incondicionalmente, el cual hizo un gran cambio en mi vida. Mi bella niña siempre Lic. Gabriela Carolina Paguaga Lorio.

Anibal G. Sirias Valdivia.

INDICE GENERAL

Contenido	Páginas
Agradecimiento	i
Dedicatoria	ii
Indice de general.....	iii
Indice de tablas	iv
Indice de figuras	v
Resumen	vi
I. Introducción	1
II. Objetivos	2
III. Hipótesis	3
IV. Marco Teórico	4
4.1. Origen del Tomate	4
4.2. Taxonomía del Tomate	4
4.3. Descripción botánica	4
4.4. Manejo agronómico	8
4.5. Nematodos fitopatógenos	10
4.6. <i>Paecilomyces lilacinus</i>	14
4.7. <i>Trichoderma harzianum</i>	15
V. Materiales y métodos	18
5.1. Ubicación del estudio	18
5.2. Diseño experimental	18
5.3. Tratamientos	18
5.4. Variables medidas	19
5.5. Análisis estadístico	20
5.6. Manejo agronómico	21
5.7. Análisis económico	21
VI. Resultados y discusión	22
6.1. Efecto de <i>T. harzianum</i> y <i>P. lilacinus</i> sobre el número de frutos, longitud y pesos de raíces de tomate	22
6.2. Efecto de <i>T. harzianum</i> y <i>P. lilacinus</i> sobre nematodos asociados al tomate	24
6.3. Variables económicas	27
VII. Conclusiones	32
VIII. Recomendaciones	33
IX. Bibliografía	34
X. Anexos	35

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos a aplicarse en la siembra y trasplante en el cultivo del tomate	19
Tabla 2. Efecto de <i>T. harzianum</i> y <i>P. lilacinus</i> sobre el número de frutos, longitud y peso de raíces de tomate	22
Tabla 3. Género de nematodos fitopatógenos mas comunes en el cultivo del tomate bajo la influencia de <i>Trichoderma</i> sp y <i>Paecilomyces</i> sp	26
Tabla 4. Presupuesto parcial de los tratamientos <i>T. harzianum</i> y <i>P. lilacinus</i> en el cultivo de tomate, en el Campus Agropecuario UNAN-León.	28
Tabla 5. Análisis de dominancia para los tratamientos de <i>T. harzianum</i> y <i>P. lilacinus</i> en el cultivo de tomate, Campus Agropecuario UNAN-León.	29
Tabla 6. Tasa de retorno marginal (TRM), para los tratamientos dominantes	30
Tabla 7. Análisis del beneficio/costo de los tratamientos aplicados en el cultivo de tomate, Campus Agropecuario UNAN-León, 2006 (C\$/ha)	31

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Efecto de <i>Trichoderma</i> sp y <i>Paecilomyces</i> sp sobre poblaciones de nematodos fitopatógenos y vida libre	25
Figura 2. Beneficio neto para los tratamientos dominantes	30

RESUMEN

El uso excesivo de plaguicidas químicos en la horticultura moderna, ha incrementado el riesgo de intoxicaciones en trabajadores agrícolas y consumidores. Una alternativa al uso excesivo de químicos es el control biológico. El propósito de este estudio fue evaluar cinco formas de aplicación de dos hongos nematófagos *Paecilomyces lilacinus* y *Trichoderma harzianum* en el cultivo del tomate. Los productos utilizados fueron TRICHOZAM® 8.3 WP (1.25×10^9 conidias/g) y PAZAM® 8.3 WP (3×10^9 conidias/g) ambos a una dosis de 240 g/ha. Los tratamientos evaluados fueron: *Trichoderma* siembra / *Paecilomyces* trasplante, *Paecilomyces* siembra / *Trichoderma* trasplante, *Trichoderma* siembra / *Trichoderma* trasplante, *Paecilomyces* siembra / *Paecilomyces* trasplante, *Paecilomyces* + *Trichoderma* siembra / *Paecilomyces* + *Trichoderma* trasplante y testigo. Al momento de la siembra se mezcló cada producto en un sustrato estéril (Peatmoss) por separado, luego fue depositado en bandejas de 105 celdas a la dosis antes mencionada. En el trasplante se aplicó 50 ml de una solución conteniendo las esporas de estos hongos, a una concentración de 0.25 g de producto comercial/litro de agua a cada planta. Los nematodos encontrados con mayor frecuencia en este estudio fueron: *Rotylenchulus* sp, *Tylenchorhynchus* sp y *Pratylenchus* sp. El nematodo *Meloidogyne* sp se presentó en bajas poblaciones y no causó nódulos en las raíces del tomate. El tratamiento *Trichoderma* siembra/ *Paecilomyces* trasplante, fue el que presentó mas altos rendimientos, mayor longitud de raíces y menor número de nematodos. El tratamiento que generó menos rendimientos y que no redujo eficientemente las poblaciones de nematodos fitopatógenos fue *Paecilomyces* + *Trichoderma* siembra / *Paecilomyces* + *Trichoderma* trasplante. Este último tratamiento presentó la menor longitud de raíces, solo superado por el testigo.

I. INTRODUCCION

Actualmente se ha buscado la manera de utilizar hongos benéficos del suelo que ayuden a aumentar el rendimiento de los cultivos y proteger el sistema radicular del ataque de enfermedades provocadas por hongos patógenos y nemátodos, creando una bioprotección natural para la planta.

Según Saninet (2002), uno de los organismos más estudiados en el área de control biológico es *Trichoderma harzianum*, el cual es un hongo micoparasítico que posee características particulares que actúan contra patógenos del suelo. Define micoparasitismo como un mecanismo utilizado por *T. harzianum* para atacar hongos patógenos. Adicional a esto *T. harzianum* ayuda al mejor desarrollo radicular, solubilidad y absorción de nutrientes inorgánicos, activando el sistema natural de defensa de la planta así como la competencia por nutrientes y espacio con hongos patógenos del suelo.

Por otra parte, el estudio del control biológico de los nematodos parásitos de plantas, se incorporó recientemente como una alternativa potencial a ser usada dentro del control integrado, para mantener las poblaciones de los nematodos por debajo de los umbrales económicos y evitar el uso indiscriminado de nematicidas (Cordero y Acevedo, 2000).

Según Fernández et al. (2002), el hongo nematicida *Paecilomyces lilacinus* estimula el desarrollo radicular, adaptándose a diferentes sustratos y es efectivo contra huevos y larvas juveniles de nematodos especialmente del género *Meloidogyne*. Según Jiménez (2003), el hongo es capaz de penetrar el huevo, creciendo dentro del mismo y destruyendo el embrión.

Debido al daño real que representan los nematodos fitopatógenos en el cultivo del tomate y a la eficiencia reportado en la literatura de *Trichoderma* sp y *Paecilomyces* sp para el control de nematodos, se evaluó la eficiencia de estos organismos en el cultivo del tomate bajo las condiciones del Campus Agropecuario de la UNAN-León.

II. OBJETIVOS

Objetivo General

1. Determinar el efecto de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* en el rendimiento del cultivo del Tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Objetivos Específicos

1. Identificar el mejor momento de aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* en el cultivo del tomate.
2. Determinar el efecto de ambos productos sobre los rendimientos del cultivo del tomate.
3. Determinar el efecto de ambos productos sobre los nematodos asociados al cultivo del tomate.
4. Determinar la rentabilidad económica de los tratamientos evaluados.

III. HIPÓTESIS

Ho: Ninguna de las formas de aplicación de los productos biológicos aplicados (*T. harzianum* y *P. lilacinus*) incrementa los rendimientos del tomate y reduce las poblaciones de nematodos de manera significativa.

Ha: Al menos una de las formas de aplicación de los productos biológicos aplicados (*T. harzianum* y *P. lilacinus*) incrementa los rendimientos del tomate y reduce las poblaciones de nematodos de manera significativa.

IV. MARCO TEORICO

4.1. Origen del Tomate

El tomate es una planta originaria de la zona del Perú y Ecuador, de donde se extendió al resto de América, fue introducida en Europa en el siglo XVI como especie ornamental y no se empezó a cultivar con fines alimenticios hasta el siglo XVIII.

En la actualidad, su cultivo ocupa en todo el mundo unos tres millones de hectáreas, que suponen una producción de casi 85 millones de toneladas. Los principales cultivadores en Europa y América Central con producciones de 400000 y 330000 t respectivamente. En América del Sur se obtienen algo más de 150000 t anuales, con Argentina, Brasil y Chile a la cabeza de la producción (Rumano, 2000).

4.2. Taxonomía del Tomate

Clase: Angiosperma

Orden: Polemoniales

Familia: Solanaceae

Genero: *Lycopersicon*

Especie: *esculentum*

Fuente: (Rumano, 2003).

4.3. Descripción botánica

Raíz

Posee un sistema radicular pivotante, que por lo general se modifica por el empleo de técnicas culturales, llega a desaparecer y es sustituido por otro adventicio más superficial (INTA, 2004).

Está compuesto por una raíz principal de la que salen raíces laterales y fibrosas, formando un conjunto que puede tener un radio hasta de 1.5 m. Bajo condiciones apropiadas para el cultivo algunas raíces pueden profundizar hasta 2 metros; no obstante, la mayor parte (>80%) del sistema radicular se localiza entre los 10 y 45 cm. de profundidad.

Las plantas que son producidas en vivero y trasplantadas al campo, tienen un sistema radical superficial. Mediante el método de siembra directo, las raíces, que no sufren ningún daño de arranque, alcanzan mayor profundidad, aumentando la resistencia de las plantas a la sequía.

En las plantas de tomate, es muy frecuente la formación de raíces adventicias, en los nudos inferiores del tallo principal, siempre y cuando esas partes estén en contacto con suelo húmedo y se optimicen las condiciones climáticas y agrobiológicas.

Tallo

El tomate posee un tallo herbáceo. En su primera etapa de crecimiento es erecto y cilíndrico y luego se vuelve decumbente y angular.

Está cubierto por pelos glandulares, los cuales segregan una sustancia viscosa de color verde-amarillento, con un olor característico que actúa como repelente para muchos insectos. El tamaño viene determinado tanto por las características genéticas de las plantas como por muchos otros factores, encontrándose plantas de porte bajo, con 30 – 40 cm y de porte alto, que pueden alcanzar hasta 3 metros.

Hoja

Las hojas de tomate son pinnadas compuestas. La hoja típica de plantas cultivadas mide hasta 50 cm de largo y un poco menos de ancho, con un gran folíolo terminal y hasta 8 grandes folíolos laterales, que a veces son compuestos. Los folíolos son peciolados y lobulados irregularmente, pilosos y aromático (INTA, 2004).

Flor

El tomate posee una inflorescencia en forma de racimo, con flores pequeñas, medianas o grandes, de coloración amarilla en diferentes tonalidades. El racimo puede ser simple, de un sólo eje o compuesto, cuando posee un eje con varias ramas.

De acuerdo con la longitud y la disposición de las ramificaciones del racimo, este puede ser compacto o disperso. La cantidad de flores es regulada por características hereditarias y condiciones de cultivo. El número de flores por racimo puede ser de 7 a 9, y en algunos casos se han reportado más de 300 flores. Las flores son hermafroditas y son capaces de autopolinización.

Fruto

El fruto consiste en una baya de forma, dimensión y número de lóculos variable, según el cultivar. Dependiendo de la forma, los frutos de tomate pueden ser redondeados, aplanados, ovalados, semiovalados, alargados, en forma de uva o pera, u otras. La superficie puede ser lisa o rugosa, siendo esta última de poca importancia económica, tanto para el consumo fresco como para las industrias procesadoras.

Semilla

Es pequeña, con dimensiones alrededor de 5 x 4 x 2 mm. Su coloración es amarillenta con matiz grisáceo. Su forma puede ser aplanada larga, en forma de riñón, redondeada y pubescente. La semilla consta de tres partes: el embrión, el endosperma y la testa o cubierta seminal. El embrión, que da origen a la planta adulta, está formado, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocotilo y la radícula. Su capacidad germinativa, bajo condiciones óptimas de almacenamiento, se puede mantener por 5–6 años (INTA, 2004).

Requerimientos agroecológicos del tomate

Suelos

Se recomienda el uso de suelos francos a franco arcillosos para el cultivo. Los suelos muy pesados retienen mucha humedad y restringen la respiración de las raíces, además crean un ambiente favorable a enfermedades.

pH

El tomate está clasificado como una hortaliza tolerante a la acidez, prefiere suelos de pH entre 5.0 y 7.0, aunque admite cierta tolerancia a valores de pH más altos que 7.0.

Radiación

El tomate es un cultivo que no responde a las horas luz del día (fotoperíodo), pero que si requiere una excelente iluminación. Las plantas deben estar expuestas plenamente a la luz solar para optimizar su producción.

Temperatura

El tomate es una hortaliza de clima cálido que no tolera temperaturas muy frías. El rango de temperatura del suelo debe ser de 12 – 16°C y la temperatura ambiente para su desarrollo de 21 a 24°C, siendo la óptima de 22°C.

Humedad relativa

La humedad relativa (HR) del aire mayor del 90% es perjudicial para el cultivo de tomate, pues favorece el desarrollo de enfermedades foliares, reduce el cuajado de los frutos y la viabilidad del polen, sobre todo bajo condiciones de poca iluminación. El rango ideal para este cultivo es de 70 – 80% de HR, aún a temperaturas bajas (13°C).

Fertilización

Los requerimientos de fertilizante dependen de la fertilidad del suelo, el contenido de materia orgánica, la humedad, la variedad y la producción esperada del cultivo (INTA, 2004).

4.4. Manejo agronómico

Métodos de siembra

Directo

Este método consiste en depositar la semilla directamente en el campo definitivo. Aunque el tomate puede ser sembrado de forma directa, en nuestro país éste sistema no se practica ya que es antieconómico por el alto costo de la semilla, mano de obra para el raleo y el control de malezas entre otros.

Indirecto

Este método consiste en la producción de plántulas en semilleros o almácigos, los cuales requieren de pequeñas áreas de terreno donde se pueden emplear prácticas especiales de manejo.

Fertilización

Para satisfacer la demanda nutricional del cultivo se debe realizar un análisis de suelo previo a la siembra para determinar las deficiencias que el suelo tenga. Sin embargo, en general se recomienda aplicar de 180 a 200 kg/ha de N, que se distribuyen en un tercio en cementera y 2/3 en cobertera, con una aplicación cuando cuajen los frutos y la otra al cabo de 20 días. El fósforo se aplicara en su totalidad como abonado de fondo a razón de entre 40 y 120 kg/ha de k_2O . Se aplicarán de 80 a 240 kg/ha, todo como abonado de fondo, excepto en los suelos muy arenosos o muy pobres, donde la aplicación se fraccionara en dos (Rumano, 2000).

Época de siembra

Una vez seleccionada la semilla y el terreno, otra decisión importante es en qué época sembrar. Esta decisión dependerá de la variedad a utilizar y de las fuentes de agua disponibles (lluvia o riego), (INTA, 2004).

Sistemas de tutoreo

Estaca individual: Se entierra una estaca fina al pie de cada mata y se hacen 3 ó 4 amarres de la planta a dicha estaca usando nylon.

Sistema de colgado: Se busca crecimiento vertical, se construye una armazón de estacas gruesas al final de la hilera y se ubican varas cada 4 – 5 m, se tensa un alambre calibre 14 ó 16 a 120 – 140 cm, de altura, al cual se amarran cabuyas o cordeles de Nylon a las distancias que las plantas requieran, se hacen amarres periódicos a medida que la planta crece.

Sistema de espaldera: Se construye una espaldera con colocación de estacas de 1.5 m de alto cada 3-4 m, a partir del suelo se tensan cordeles de nylon o alambre cada 40 cm, hacia arriba, encajonando las plantas. Entre las estacas se van acomodando las plantas que se mantienen verticales, por medio de los cordeles.

Postrado: Plantas a libre crecimiento sobre camellones o hileras. Una parte de los frutos se pierde por pudrición al entrar en contacto con el suelo y se produce un alto porcentaje de frutos de baja calidad por deformaciones y falta de podas. Sin embargo, este sistema es utilizado exitosamente con variedades de crecimiento determinado en zonas secas y para producción de tomate de procesamiento (Guía MIP en el cultivo de Tomate. 2004).

Principales labores a realizar en el cultivo.

Amarre: El primero se hace cuando las plantas tienen 15-20 cm, de altura. Se hace un amarre flojo en el ángulo formado entre las hojas y el tallo. Generalmente, se requiere 3-4 amarres por cosecha.

Deshierbas: Generalmente, se requieren tres deshierbas, dependiendo de la abundancia y tipo de maleza. Las primeras tres semanas después del trasplante, la segunda a los tres meses cuando los frutos comienzan a madurar y otra durante la producción (INTA, 2004).

Aporques: Para mejorar el anclaje de las plantas y estimular la formación de raíces se aproxima tierra al tallo generalmente 2 veces durante el crecimiento; la primera vez a las 3 semanas del trasplante, con la deshierba, y la segunda según se necesite.

Podas: Las podas se realizan para aumentar el tamaño del fruto, aumenta la aireación en la planta aunque también las posibilidades de que se presente golpe de sol, y facilita las otras labores. Sin embargo, esta labor aumenta los costos y por lo tanto, las necesidades se deben evaluar para cada caso.

Las podas consisten en eliminar semanalmente los chupones, dejando unos 2 - 4 por mata y eliminando también las hojas enfermas. Este material debe retirarse del campo inmediatamente. Generalmente, se requieren de 6 – 8 deshijos por ciclo.

Riego: Es importante disponer de suficiente agua para la germinación y para la recuperación de las plántulas en el trasplante. Un crecimiento temprano rápido es esencial para una buena producción, por lo tanto en esta época es esencial una irrigación óptima. Las necesidades de agua en las plantas aumentan a medida que crecen, pero el suministro de agua se debe reducir durante la recolección. Es importante que no se presenten fluctuaciones fuertes en los riegos, pues, estos resultan en rajaduras de los frutos y pudrición apical (INTA, 2004).

4.5. Nematodos fitopatógenos

Los nematodos fitopatógenos representan una limitante en la producción del cultivo del tomate. El daño que estos organismos causan está localizado en las raíces, donde ellos se alimentan y como resultado producen agallas en las raíces secundarias y terciarias del cultivo. Este daño al sistema radicular del cultivo impide que la planta pueda absorber agua, nutrientes y otros compuestos de importancia para el desarrollo de la planta.

Anatomía: El cuerpo de los nematodos es más o menos transparentes esta constituido por una estructura compleja llamada cutícula. La cual sufre cuatro modificaciones a medida que desarrolla desde huevo a adulto y durante ese periodo la cutícula es desechada.

Sistema digestivo: Consiste en un orificio que se extiende desde la boca a través del esófago, intestino, recto y ano, el cual se encuentra dividido en tres grandes regiones que son: estomodeo, mesenteron o intestino y proctodeo.

Sistema reproductivo: Los nematodos presentan formas heterosexuales en la que el macho es más pequeño que la hembra. La reproducción puede ser sexual en el caso que es necesaria la presencia de un macho y una hembra, en este caso el macho fertiliza los huevos de las hembras. Otro tipo de reproducción es la asexual que en el caso de los nematodos es partenogenética, la cual consiste en que la hembra es capaz de poner huevo ya fecundados y en ausencia de machos.

Sistema reproductor femenino consiste en: Ovario, oviducto, espermateca, útero, vagina y vulva.

El sistema reproductor masculino consiste en: Testículo, vesícula seminal, vaso eferente, vaso deferente y la espícula (Cepeda, 1996).

Ciclo de vida

El ciclo de vida de la mayoría de los nematodos parásitos de plantas es en general muy similar. Los huevos eclosionan produciendo larvas, cuya apariencia y estructura son generalmente a las de los adultos. Todos los nematodos pasan por 4 estados larvales, y la primera muda ocurre por lo general en el huevo.

Cada estado larval termina en una muda. Después de la última muda los nematodos se diferencian en hembras y machos. La hembra puede producir huevos fértiles ya sea después de aparearse con un macho o en ausencia de este, partenogenéticamente (Agrios, 1997).

Un ciclo de vida de huevo a huevo se puede completar en cuatro semanas si las condiciones ambientales son óptimas, especialmente temperaturas, ya que a temperaturas bajas el ciclo de vida es mas largo.

En algunas especies de nematodos el primer y segundo estado larval no puede atacar plantas y depende de la energía almacenada en el huevo para llevar a cabo sus funciones metabólicas (Agrios, 1997).

Ecología y diseminación

Casi todos los nematodos parásitos de plantas viven parte de su vida en el suelo, alimentándose superficialmente sobre raíces y tallos subterráneos, pero aun en los parásitos sedentarios especializados tanto los huevos, como los estados larvarios preparásitos y los machos se hallan en el suelo durante toda o parte de su vida. Tanto la temperatura del suelo como la humedad y la aireación afectan la sobrevivencia y movimientos de los nematodos en el suelo. Los nematodos se encuentran en mayor abundancia en los primeros 15 cm de la capa arable del suelo.

La mayor concentración de nematodos en la región de las raíces de las plantas hospedante se debe primordialmente a que la reproducción es más rápida cuando se hallan sobre la fuente de alimento y también a la atracción de nematodos por sustancia liberadas dentro de la rizósfera. Los nematodos se diseminan a través del suelo muy lentamente. La distancia total recorrida por un nematodo no excede probablemente más de 100 cm, por estación. Los equipos agrícolas aguas de irrigación animales y suelo, constituyen los agentes diseminadores más importantes en áreas locales mientras que a distancias largas la diseminación se efectúa principalmente por medio de tejido vegetal (Agrios, 1997).

Clasificación

Todos los nematodos parasíticos de plantas pertenecen al Phylum de los Nematelmintos clase Secernentea y Adenophorea. La mayoría de los géneros parasíticos importantes pertenecen a la clase Secernentea, orden Tylenchida. Solo 4 géneros importantes pertenecen a la clase Adenophorea, orden Dorylaimida con respecto a su hábitat, los nematodos fitoparasitos pueden ser ectoparásitos, es decir especies que normalmente no penetran en los tejidos de las raíces pero se alimentan solamente sobre las células que se hallan cerca de la superficie de las raíces, o endoparasíticos, es decir, especies que penetran en los tejidos de los hospedantes y se alimentan dentro de los mismos.

Los nematodos de ambos grupos pueden ser migratorios o sea que viven libremente en el suelo y se alimentan sobre los tejidos de las plantas sin adherirse permanentemente, o pueden ser sedentarios es decir, especies que una vez están dentro de los tejidos no se mueven de allí (Agrios, 1997).

Síntomas provocados por nemátodos

Síntomas causados por nematodos fitopatógenos pueden ser radiculares y aéreos. Los síntomas en las raíces se pueden manifestar como agallas, lesiones, excesiva producción de raíces, daño al ápice, y pudrición radical cuando el ataque está asociado con bacterias y hongos fitopatógenos o saprofiticos.

Los síntomas radicales están generalmente acompañados por síntomas no característicos en las partes aéreas de las plantas, los cuales consisten principalmente de una reducción del crecimiento, síntomas de deficiencias nutritivas tales como amarillamiento del follaje, excesivo marchitamiento en tiempo caliente o seco, disminución del rendimiento, y baja calidad de productos (Agrios, 1997).

4.6. *Paecilomyces lilacinus*

Taxonomía

División: Eumycota

Clase: Deuteromycetes

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Genero: *Paecilomyces*

Especie: *lilacinus*

Fuente: (Noyd, 2000).

Características generales

Paecilomyces lilacinus es un hongo de suelo que es capaz de parasitar huevos de nematodos, juveniles y adultos, y por lo consiguiente reduce las poblaciones de nematodos fitopatógenos de suelo. Este hongo fue descubierto por primera vez en huevos de *Meloidogyne* sp en papa en Perú por Jatala *et al*, (1979). Estudios en invernadero y campo han mostrado que el hongo tiene un amplio rango de control, pudiendo controlar muchas especies de nematodos alrededor del mundo (Jatala *et al*, 1979).

Reproducción

La reproducción del hongo *P. lilacinus* es asexual, ya que sus conidias son producidas en conidióforos los cuales se caracterizan por ser ramificados, agrupados o irregulares. Las conidias se encuentran agrupadas en forma de cadena. *P. lilacinus* tienen rápido crecimiento de sus hifas, las cuales presenta grupos de ramificaciones laterales, cada una de las cuales presenta de 2 a 4 divisiones ovaladas antes de las conidias. Estas últimas, tienen una longitud de 2.5-3.0 μm y de 2.0-2.2 μm de ancho; presentan coloración lila (Sansom, 1975). En caso de vibración o movimientos de aire, estas conidias se liberan en grandes cantidades, es por esto que el hongo se propaga efectivamente.

Modo de acción

El hongo *P. lilacinus* actúa sobre los nematodos al parasitar los huevos, juveniles y adultos. Durante esta etapa inicial no hay producción de toxinas, sin embargo cuando las esporas del *P. lilacinus* entran en contacto con los nemátodos se inicia el proceso de infección porque encuentran las condiciones ideales para iniciar el proceso de germinación, estas esporas producen enzimas que diluyen la cutícula y penetran al interior del nematodo.

Cuando ingresa al hospedero, el hongo se reproduce muy rápidamente emitiendo metabolitos tóxicos que envenenan el nematodo (causándole deformaciones, vacuolizaciones y pérdida de movimiento) hasta causarle la muerte.

Las toxinas producidas por parte del hongo afectan el sistema nervioso y causan deformación en el estilete de los nematodos que sobreviven, lo que permite reducir el daño y sus poblaciones. A valores de pH ligeramente ácidos, se producen toxinas que afectan el sistema nervioso de los nematodos (Tronsmo, 1996).

4.7. *Trichoderma harzianum*.

Taxonomía

División: Eumycota

Clase: Deuteromyceste

Orden: Moniliales

Familia: Moniliaceae

Genero: *Trichoderma*

Especie: *harzianun*

Fuente: (Noyd, 2000).

Características generales

Este organismo posee excelentes cualidades para el control biológico de algunas enfermedades fúngicas y para la estimulación natural del crecimiento de plantas jóvenes. Se comporta como agente de control biológico, disminuyendo o eliminando la necesidad de tratar con fungicidas químicos. *Trichoderma harzianum* compete y coloniza las raíces de las plantas impidiendo de esta manera la presencia de otro hongo patógeno, además de estimular el crecimiento raíces fuertes y sanas debido a la secreción de fitohormonas que ayudan al incremento de la masa radicular, asimilación de nutrientes y toma de humedad. (Tronsmo, 1996).

Sobrevivencia

Trichoderma harzianum es un hongo antagonista de patógenos vegetales, y se encuentra presente en la mayoría de los suelos. Su crecimiento se ve favorecido por la presencia de raíces de plantas, a las cuales coloniza rápidamente.

Su aplicación es fácil, pues puede añadirse directamente a las semillas o al suelo, semilleros, trasplantes, bandejas y plantas de maceta, empleando cualquier método convencional.

Trichoderma harzianum tiene excelentes propiedades para el control biológico, siendo especialmente efectiva contra *Rhizoctonia* sp, *Fusarium* sp y *Pythium* sp. A su vez, es un excelente estimulador del crecimiento radicular (Tronsmo, 1996).

Reproducción

Trichoderma harzianum pertenece a la clase Deuteromycete la cual se caracteriza por reproducirse de manera asexual. Su reproducción consiste en la producción de estructuras de reproductivas llamadas conidias las cuales son formadas en un conidióforo simple. Las conidias son redondeadas, transparentes y son abundantes las cuales son liberadas fácilmente por el viento o cualquier movimiento que sufra el conidióforo (Tronsmo, 1996).

Modo de acción

Trichoderma sp posee tres modos de acción reconocidos:

Antibiosis: Ocurre cuando produce metabolitos tóxicos o antibióticos los cuales tienen un efecto directo sobre otro organismo usualmente estos metabolitos son liberados por el hongo con el propósito de atacar hongos fitopatógenos en la rizósfera de plantas.

Competición: Este se presenta cuando dos o más organismos compiten por el mismo recurso en un ambiente dado en algunos casos *Trichoderma* sp compete con agentes patógenos por espacios en la superficie de las raíces. En la medida en que *Trichoderma* sp logre colonizar las heridas de una raíz antes que un hongo fitopatógeno en esa misma medida impedirá que el hongo fitopatógeno colonice esta raíz.

Hiperparasitismo: Es el proceso mediante el cual un hongo parasita a otro hongo, existen cuatro etapas de hiperparasitismo.

- Atracción química: Es cuando un estímulo químico del patógeno atrae al hiperparasito, las hifas del parásito crecen de una forma atípica dirigiéndose directamente hacia el lugar donde el parásito se encuentra. Este proceso permite al hongo encontrar con mayor facilidad a los hongos patógenos.
- Reconocimiento: consiste en que el hongo reconoce al patógeno que va a parasitar, esto significa que el patógeno es selectivo a la hora de parasitar a sus presas.
- Adhesión: La hifa de *Trichoderma* sp posee una sustancia mucilaginosa que le permite adherirse a la hifa de su presa o enrollarse alrededor de ella.
- Degradación de pared celular del hospedero: esto se debe a que *Trichoderma* sp libera enzimas que degradan la quitina de las células de los hongos fitopatógenos (Tronsmo, 1996).

V MATERIALES Y METODOS

5.1. Ubicación del estudio

El estudio se llevo a cabo durante los meses de enero a mayo del 2006 en el Campus Agropecuario de la UNAN-León el cual esta ubicado al sureste de la Ciudad de León a 1.5 km camino a la Ceiba. Esta área de producción se caracteriza por poseer las siguientes condiciones metereológicas: Temperatura promedio de 27.5° C, humedad relativa de 78% y precipitaciones anuales promedio de 1910.20 mm.

5.2 Diseño experimental

Se utilizo un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA), con cuatro repeticiones y seis tratamientos para un total de 24 unidades experimentales. Cada unidad experimental fue constituida por 50 plantas con un área total de 709.8 m².

5.3. Tratamientos

Los tratamientos evaluados en este estudio fueron los diferentes momentos de aplicación (siembra y trasplante) de dos productos biológicos comerciales TRICHOZAM® 8.3 WP (*Trichoderma harzianum*) el cual contiene una concentración de 1.25×10^9 conidias por gramo de producto comercial y PAZAM® 8.3 WP (*Paecilomyces lilacinus*) el tiene una concentración de 3×10^9 conidias por gramo de producto comercial. En ambos productos se aplicó la dosis comercial de 240 gramos por hectárea.

Los tratamientos aplicados en la siembra se incorporaron manualmente al sustrato tratando de mezclarlo tan homogéneamente como fuese posible. Los tratamientos aplicados al trasplante se aplicaron diluyendo 240 g en 108 litros de agua aplicándose posteriormente con regadera.

Tratamiento	Aplicación	Gramos/ha <i>T. harzianum</i>	Gramos/ha <i>P. lilacinus</i>
T1(T/P)	Siembra	240	---
	Trasplante	---	240
T2(P/T)	Siembra	---	240
	Trasplante	240	---
T3(T/T)	Siembra	240	---
	Trasplante	240	---
T4(P/P)	Siembra	---	240
	Trasplante	---	240
T5(TP/TP)	Siembra	240	240
	Trasplante	240	240
T6 (Testigo)	Siembra	---	---
	Trasplante	---	---

Tabla 1. Tratamientos a aplicarse en la siembra y trasplante en el cultivo del Tomate.

5.4. Variables medidas

Número de frutos cosechados: Se contó el número de tomates comerciales producidos. Los tomates clasificados como comerciales son aquellos tomates que presentaron coloración uniforme, tamaño de mediano a grande, sanos y libres de daños físicos.

Peso fresco de frutos (kg/ha): Se pesaron todos los tomates comerciales producidos en el área experimental. Utilizando una pesa de reloj.

Número de nódulos en raíces: Se extrajeron las raíces de las plantas presentes en el área de muestreo y se contaron los nódulos presentes en las raíces de las plantas.

Largo y peso de raíces (cm/gramos): Se extrajeron las raíces de las plantas presentes en el área de muestreo y se midió el largo y peso de las raíces.

Identificación y cuantificación de nematodos: Se extrajeron a través del método del Embudo de Baermann, los nematodos presentes en las raíces y rizósfera de las plantas bajo estudio. Posteriormente fueron identificados utilizando aspectos morfológicos y claves dicotómicas.

La selección de las plantas que fueron sujeto de muestreo se realizó de la siguiente manera. Se seleccionaron al azar 20 plantas en cada tratamiento, las cuales estaban distribuidas en cuatro bloques, para un total de 120 plantas muestreadas en toda el área experimental. A estas plantas se les realizaron mediciones de largo y peso de raíces y número de nódulos presentes.

La identificación de nematodos se realizó utilizando aspectos morfológicos y claves dicotómicas con la ayuda de microscopio. La cuantificación de nematodos se realizó utilizando un plato petri, contándose el número de nematodos presentes en 50 g de raíz y 100g de suelo extraído de la rizósfera en cada tratamiento.

Las variables número y peso de frutos fueron medidas los días que se llevó a cabo la cosecha. La selección de plantas en las cuales se midió el número de nódulos, largo y peso de raíces e identificación y cuantificación de nematodos se realizó azarizadamente tomando 20 plantas, de cada uno de los seis tratamientos estudiados, al final del ciclo del cultivo.

5.5. Análisis estadístico

Para la realización de los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico “Statistical Program for Social Sciences” (SPSS, 11.5). Se realizó un Análisis de Varianza (ANDEVA) para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, posteriormente se realizó las separaciones de medias según Dunca, para las variables peso en fresco, número de tomates cosechados, número de nódulos y largo de raíz. El nivel de significancia exigido fue de 0.5.

5.6. Manejo agronómico

El manejo agronómico del cultivo fue el que tradicionalmente utiliza el productor, consistiendo en preparación del suelo, fertilización, manejo de malezas, plagas y enfermedades, exceptuando plagas y enfermedades de suelo que fueron manejadas con los tratamientos del estudio.

La variedad de tomate utilizada fue Chiro, la cual se caracteriza por poseer un crecimiento de tipo semi-determinado. La distancia de siembra fue de 1.30 metros entre surco y 0.30 metro entre plantas para una densidad poblacional de 1820 plantas en el área experimental.

En la etapa de semillero se utilizaron 25 bandejas de 72 orificios cada una. El sustrato que se utilizó fue Peat-moss, utilizándose aproximadamente 15 kilogramos.

5.7. Análisis económico

Se utilizó la metodología de análisis de costos del CIMMYT (1988), el cual se basa en los costos variables para cada tratamiento obteniendo un presupuesto parcial, análisis de dominancia, tasa de retorno marginal y la relación beneficio/costo de cada tratamiento.

RESULTADOS Y DISCUSION

6.1 Efecto de *T. harzianum* y *P. lilacinus* sobre el número de frutos, longitud y peso de raíces de tomate

El tratamiento *Trichoderma* sp al momento de la siembra y *Paecilomyces* sp al momento del trasplante (T+P) fue el que obtuvo mejores resultados en lo que a rendimiento y desarrollo fisiológico de las plantas se refiere. En lo referido a rendimientos, el tratamiento T+P produjo 17 303 frutos por hectárea, superando significativamente al resto de tratamientos evaluados (Tabla 2).

Los tratamientos testigo (T) y combinado *Trichoderma+Paecilomyces* (TP+TP) a la siembra y al trasplante, presentaron los mas bajos rendimientos con promedios de 7 264 y 8 002 frutos por hectárea respectivamente, estos datos no presentaron diferencias que fueran significativas entre si, pero si difieren estadísticamente con el tratamiento T+P. Los tratamientos P+P, P+T y T+T presentaron rendimientos intermedios sin diferencias significativas entre ellos pero estadísticamente superiores al testigo y menores que el tratamiento T+P. La tendencia experimentada en los rendimientos se mantuvo para las variables longitud y peso de raíces, en los cuales el tratamiento T+P presentó promedios de longitud y peso de raíces que superaron significativamente al resto de tratamientos con datos de longitud y peso de raíces de 28.16 cm y 7.84 g respectivamente (Tabla 2).

Tratamientos	Frutos cosechados/ ha	Longitud de raíces en cm	Peso de raíces en gramos
Testigo	7 264 a	17.83 a	7.0288 a
TP+TP	8 002 ab	19.16 ab	7.1625 ab
P+P	12 550 b	23.00 b	7.4575 ab
P+T	12 606 b	23.50 b	7.3213 ab
T+T	12 686 b	22.50 ab	7.2938 ab
T+P	17 307 c	28.16 c	7.8438 c
Nivel de significancia	*	*	*
En cada columna las medias con igual letra no difieren, según <u>Duncan</u> ($\alpha= 5\%$)			

Tabla 2. Efecto de *T. harzianum* y *P. lilacinus* sobre el número de frutos, longitud y peso de raíces de tomate.

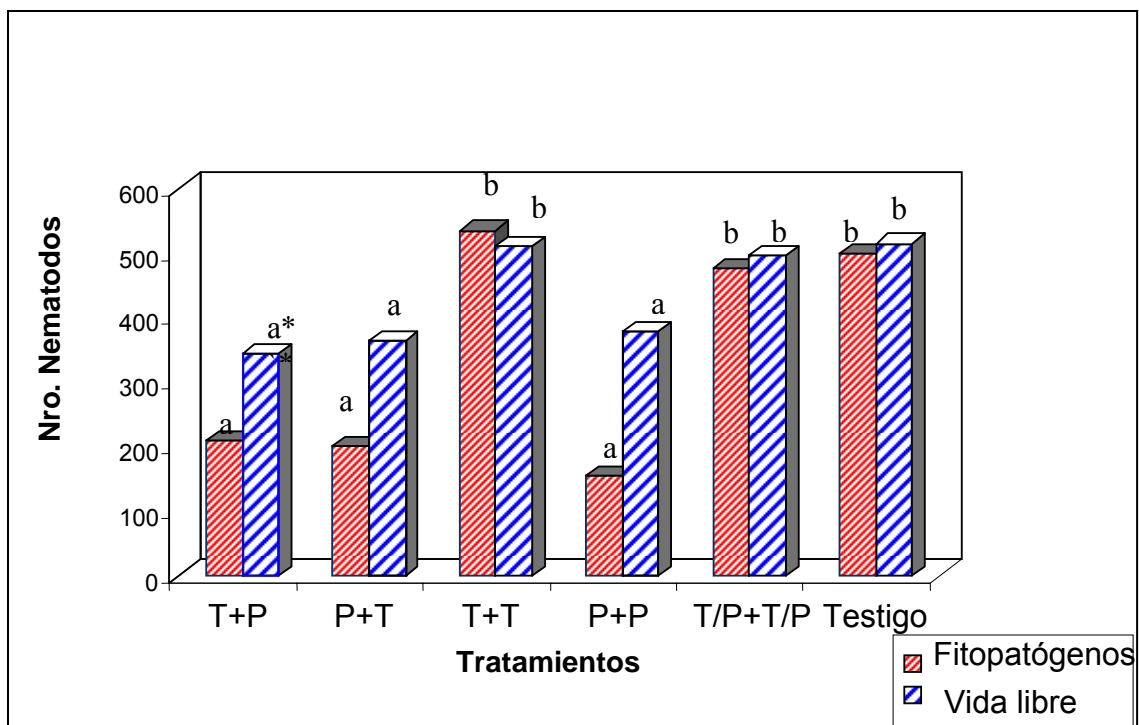
Los resultados indican que el tratamiento *Trichoderma* sp al momento de la siembra y *Paecilomyces* sp al momento del trasplante incrementaron significativamente los rendimientos del cultivo del tomate, incrementando igualmente la longitud y peso de raíces. Aparentemente las plantas a las que se le aplicó *Trichoderma* sp al momento de la siembra fueron protegidas desde la etapa de plántula, por este organismo de patógenos del suelo, ya que el uso de este hongo ha sido probado exitosamente para el control de diferentes fitopatógenos que afectan a distintos cultivos (Harman, 2000).

Esta protección en el momento en que la planta es altamente susceptible a hongos de suelo pudo influir directamente en el desarrollo radicular de las plántulas dentro de este tratamiento. Esto debido a que aunque no hubo diferencias significativas entre tratamientos en lo que mortalidad se refiere, si pudo apreciarse que las plantas en este tratamiento crecieron con mayor rapidez y fortaleza. La aplicación de *Paecilomyces* sp al momento del trasplante influyó eficientemente sobre los rendimientos, puesto que redujo el número de nematodos fitopatógenos en el campo definitivo, los cuales de otra manera hubiesen alcanzado poblaciones que afectarían el desarrollo radical de las plantas y por ende su producción, como efectivamente ocurrió en el testigo. La efectividad de *Paecilomyces* sp como agente de control de nematodos ha sido ya reportado por Jatala (1985) el cual encontró huevos y hembras de *Meloidogyne incognita* fuertemente infectados por *Paecilomyces lilacinus* en raíces de papa en el Perú. Según los resultados obtenidos en este estudio la protección brindada a las plántulas por *Trichoderma* sp a las plantas trasplantadas y obtenida por *Paecilomyces* sp fue lo suficientemente eficiente como para asegurar a las plantas un ambiente favorable para su desarrollo. Estos estudios coinciden con los obtenidos por Mendez, (2003) quien encontró que en el caso de Lechuga orgánica, la mejor combinación para usar *Trichoderma* sp y *Paecilomyces* sp fue usando al primero al momento de la siembra y al segundo al momento del trasplante.

6.2 Efecto de *Trichoderma* sp y *Paecilomyces* sp sobre nematodos asociados al tomate

El análisis estadístico permitió separar los tratamientos en dos grupos que presentaron diferencias estadísticas entre ellos. El primer grupo de tratamientos estuvo formado por los tratamientos T+P, P+T y P+P y el segundo grupo estuvo formado por los tratamientos T+T, TP+TP y testigo. Los tratamientos pertenecientes al primer grupo lograron reducir significativamente el número de nematodos presentes en ellos en comparación con los tratamientos T+T, TP+TP y testigo. La cantidad de nematodos presentes en los tratamientos del segundo grupo no presentaron diferencias con el testigo, lo que implica que los tratamientos no ejercieron efecto sobre las poblaciones de nematodos presentes en el estudio.

Los tratamientos en los cuales *Paecilomyces* sp fue aplicado se presentó una reducción significativa en el número de nematodos, no así en los que *Paecilomyces* sp estuvo ausente en los cuales el número de nematodos no varió. La excepción a este comportamiento fue el tratamiento combinado (TP/TP) en el cual a pesar de haberse aplicado *Paecilomyces* sp no se redujo el número de nematodos.



* En cada columna letras iguales no difieren significativamente, según Duncan (alpha = 5%)

Figura 1. Efecto de *Trichoderma* sp y *Paecilomyces* sp sobre poblaciones de nematodos Fitopatógenos y vida libre.

Al realizar los análisis de separación de media según Duncan para la variable número de nematodos, los resultados estadísticos permiten separar los tratamientos evaluados en dos grupos significativamente diferentes entre si.

El primer grupo lo conforman los tratamientos T+P, P+T y P+P, los cuales redujeron significativamente ($P \geq 0.05$) el número de nematodos fitopatógenos y vida libre en comparación con los tratamientos del segundo grupo conformado por T+T, TP+TP y T.

Géneros de nematodos Número de nematodos

fitopatógenos	(100g de suelo)
<i>Rotylenchulus</i> sp	780
<i>Tylenchorhynchus</i> sp	305
<i>Pratylenchus</i> sp	220
<i>Trichodorus</i> sp	305
<i>Hoplolaimus</i> sp	185
<i>Aphelenchoides</i> sp	185
<i>Meloidogyne</i> sp	30
<i>Heterodera</i> sp	15
<i>Tylenchus</i> sp	15
<i>Xiphinema</i> sp	30
<i>Mesocriconema</i> sp	15
<i>Helicotylenhus</i> sp	20
<i>Hemicyliophora</i> sp	60

Tabla 3. Géneros de nematodos fitopatógenos mas comunes en el cultivo del tomate bajo la influencia de *Trichoderma harzianun* y *Paecilomyces lilacinus*.

En relación a los géneros de nematodos fitopatógenos mas comunes en el estudio, los especimenes mas frecuentemente recobrados y en mayor cantidad fueron aquellos referidos a los géneros *Rotylenchulus* sp, *Thylenchorhynchus* sp, *Pratylenchus* sp, *Trichodorus* sp, *Hoplolaimus* sp y *Aphelenchoides* sp (Tabla 3).

Estos nematodos fueron encontrados en todos los tratamientos del estudio y han sido reportados por varios autores como parásitos del cultivo del tomate.

Todos estos géneros de nematodos presentaron susceptibilidad a *Paecilomyces* sp, ya que en los tratamientos donde fue aplicado este organismo estos géneros de nematodos disminuyeron considerablemente no así en los tratamientos donde no fue aplicado.

6.3. Variables económicas

Presupuesto parcial

Los únicos costos que varían entre tratamientos fueron los costos del producto aplicado y la mano de obra invertida en la aplicación. Utilizando un precio de venta de C\$ 3.60 por kilogramo de tomate en el puesto de ventas del Campus Agropecuario, UNAN-León.

El menor costo se obtuvo en el testigo (T6) al cual no se aplicó nada, pero el que tuvo el menor rendimiento y beneficio neto fue *Paecilomyces* siembra / *Paecilomyces* trasplante (T4). Sin embargo los tratamientos *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* trasplante (T1), *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* trasplante (T2), *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* trasplante (T3) y *Trichoderma+Paecilomyces* siembra / *Trichoderma+Paecilomyces* trasplante (T5), tuvieron los mismos costos comunes.

El T1 obtuvo el mayor beneficio neto entre estos tratamientos. Sin embargo el tratamiento con *Trichoderma+Paecilomyces* siembra/*Trichoderma+Paecilomyces* trasplante (T5) tuvo los mayores costos variables pero un beneficio neto inferior al T1 (Tabla 4).

Tratamiento	Siembra/Trasplante	(kg/ha)		Precio de venta (C\$/kg)	(C\$/ha)					
		Rendimiento bruto	Rendimiento ajustado 15%		Beneficio bruto de campo	Costo de <i>Trichoderma</i>	Costo de <i>Paecilomyces</i>	Mano de obra	Total costos que varían	Beneficio neto
T6	Testigo	35,128	29,859	3.96	118,242	0	0	0	0	118,242
T1	<i>Trichoderma/Paecilomyces</i>	42,051	35,744	3.96	141,545	408	408	278	1094	140,451
T2	<i>Paecilomyces/Trichoderma</i>	40,128	34,109	3.96	135,072	408	408	278	1094	133,978
T3	<i>Trichoderma/Trichoderma</i>	38,846	33,019	3.96	130,756	816	0	278	1094	129,662
T4	<i>Paecilomyces/Paecilomyces</i>	30,769	26,154	3.96	103,569	0	816	278	1094	102,475
T5	<i>Trichoderma+Paecilomyces/ Trichoderma+Paecilomyces</i>	40,128	39,109	3.96	135,072	816	816	278	1911	133,161

Tasa de cambio: C\$ 17.75 por 1 US\$

Tabla 4. Presupuesto parcial de los tratamientos *T. harzianum* y *P. lilacinus* en el cultivo de tomate, en el Campus Agropecuario UNAN-León.

Análisis de dominancia

El análisis de dominancia, se realizó colocando en primer lugar el tratamiento con menores costos que varían entre tratamientos.

En el caso de los tratamientos con iguales costos que varían, se ordenó de mayor a menor beneficio neto y se tomó como tratamientos dominantes el T6 (Testigo) y el T1 (*Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* trasplante).

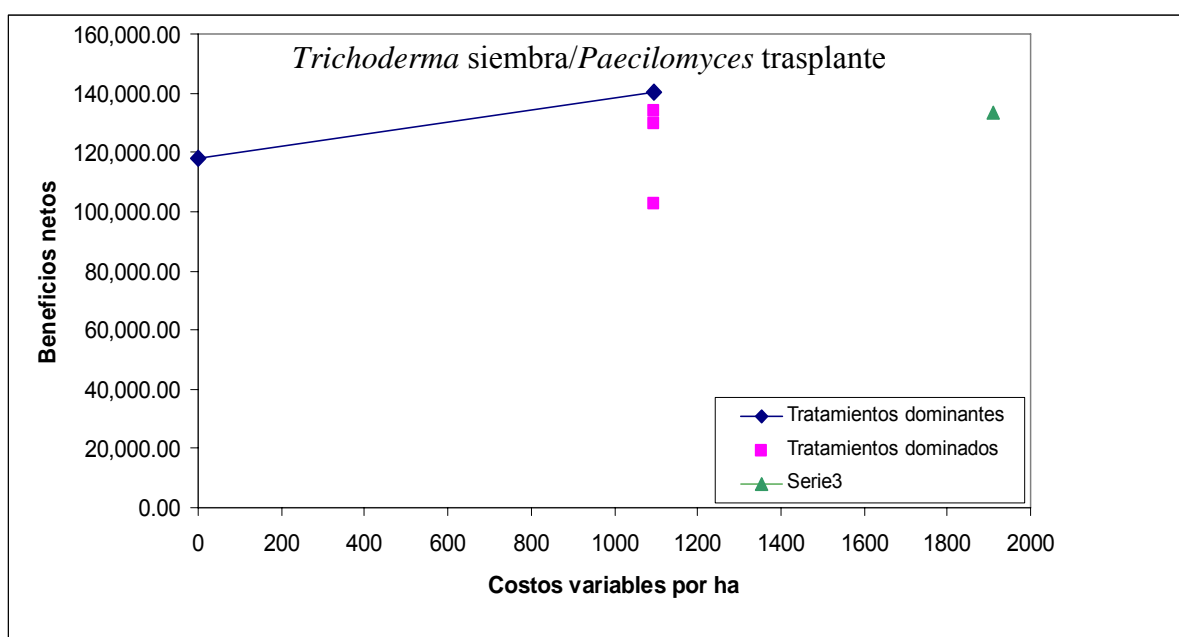
El T5 (*Trichoderma+Paecilomyces* siembra/*Trichoderma+Paecilomyces* trasplante), no se consideró como tratamiento dominante, porque a pesar de que tuvo un beneficio neto mayor al T3 (*Trichoderma* siembra/*Trichoderma* trasplante), el T5 tuvo los mayores costos que varían perdiendo la condición de tratamiento dominante. La experimentación resulta en la recomendación de una práctica que reduce los costos de producción al mismo tiempo que mantiene los rendimientos (CIMMYT, 1988), (Tabla 5).

Tratamiento	Siembra/Trasplante	(C\$/ha)		Dominancia
		Total costos que varían	Beneficio neto	
T6	Testigo	0	118,242	Dominante
T1	<i>Trichoderma</i> / <i>Paecilomyces</i>	1094	140,451	Dominante
T2	<i>Paecilomyces/Trichoderma</i>	1094	133,978	Dominado
T3	<i>Trichoderma</i> / <i>Trichoderma</i>	1094	129,662	Dominado
T4	<i>Paecilomyces</i> / <i>Paecilomyces</i>	1094	102,475	Dominado
T5	<i>Trichoderma+Paecilomyces/Trichoderma+Paecilomyces</i>	1911	133,161	Dominado

Tasa de cambio: C\$ 17.75 por 1 US\$.

Tabla 5. Análisis de dominancia para los tratamientos de *T. harzianum* y *P. lilacinus* en el cultivo de tomate, Campus Agropecuario UNAN-León.

En la figura 2. se puede apreciar el mejor tratamiento el cual es *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* trasplante (T1), presentando el mayor beneficio neto de todos los tratamientos.



T2= *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* trasplante, T3= *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* trasplante, T4= *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* trasplante, T5= *Trichoderma*+*Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* +*Paecilomyces* trasplante.

Figura 2. Beneficio neto para los tratamientos dominantes.

Tasa de retorno marginal (TRM)

Se utilizaron los tratamientos dominantes siendo la mayor tasa de retorno marginal 2,030 en el tratamiento con *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* trasplante (T1). Según el CIMMYT (1988), esta tasa indica que por cada C\$ 17.75 invertido en dicha aplicación se puede esperar recobrar el C\$ 17.75 y obtener C\$ 2,030 adicionales, en comparación con el testigo (T6), al cual no se le aplicó nada (tabla 6).

Tratamiento	(C\$/ha)				Tasa de retorno marginal
	Total costos que varían	Costos marginales	Beneficio neto	Beneficios netos marginales	
T6	0		118,242		
		1094		22,209	2,030
T1	1094		140,451		

T6=Testigo, T1=*Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* trasplante.
Tasa de cambio: C\$ 17.75 por 1 US\$.

Tabla 6. Tasa de Retorno Marginal (TRM) para los tratamientos dominantes.

Relación beneficio/costo

Para este análisis se tomaron en cuenta los costos comunes y variables, para todos los tratamientos. Con base en la utilidad (Ingreso bruto – Costos totales) se calculó la relación beneficio neto (Utilidad/Costos totales), obteniéndose la mayor relación (2.5) en el tratamiento con *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* trasplante (T1), es decir que por cada C\$ 17.75 que invierto el 250% de mis costos se convierte en utilidad, por lo que es el más rentable comparado con los demás tratamientos que tenían aplicaciones de *T. harzianum* y *P. lilacinus* (T2, T3, T4, T5) y con el testigo al cual no se aplicó nada (T6), (tabla 7).

Tratamiento	(C\$/ha)				Utilidad	Beneficio / costo
	Costos variables	Costos comunes	Costos totales	Ingreso bruto		
T6	0	38,815	38,815	118,242	79,427	2.0
T1	1094	38,815	39,908	140,451	100,542	2.5
T2	1094	38,815	39,908	133,978	94,069	2.4
T3	1094	38,815	39,908	129,662	89,754	2.2
T4	1094	38,815	39,908	102,475	62,567	1.6
T5	1911	38,815	40,726	133,146	92,420	2.3

T1=*Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* trasplante, T2=*Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* trasplante, T3=*Trichoderma* siembra/*Trichoderma* trasplante, T4=*Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* trasplante, T5=*Trichoderma* + *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* + *Paecilomyces* trasplante.

Tasa de cambio: C\$ 17.75. por 1 US\$.

Tabla 7. Análisis del beneficio/costo de los tratamientos aplicados en el cultivo de tomate, Campus Agropecuario UNAN-León, 2006 (C\$/ha).

VII. CONCLUSIONES

1. El mejor momento de aplicación según el estudio realizado es el uso de *Trichoderma* sp a la siembra y *Paecilomyces* sp al momento del trasplante.
2. El tratamiento que presentó los mas altos rendimientos fue *Trichoderma* sp a la siembra y *Paecilomyces* sp al trasplante.
3. Las poblaciones de nematodos fitopatógenos se vieron reducidas cuando se aplicó *Trichoderma* sp a la siembra y *Paecilomyces* sp al trasplante.
4. *Trichoderma* sp a la siembra y *Paecilomyces* sp al trasplante presentaron los mayores rendimientos económicos y utilidades obtenidas en este estudio.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda el uso de *Trichoderma* sp al momento de la siembra y *Paecilomyces* sp al momento de trasplante, ya que aumenta los rendimientos del cultivo.

Se recomienda no utilizar ambos productos juntos ya que bajo las condiciones de nuestro estudio aparentemente actuaron de forma antagonista.

IX. BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. N. 1997. Plant Pathology. Academic Press, New York. 4 ed. Pp. 565-598.
- Cepeda, M. 1996. Nematología Agrícola. Trillas, México. 1ed. Pp. 305.
- CIMMYT, 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos completamente revisada. México D.F. 79 p agrónomos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición.
- Cordero, M., y R. Acevedo 2000. Evaluación de la capacidad de parasitismo en hongos asociados con el nematodo quiste de la papa, *Globodera* spp. Venez. 13:29.33.
- Fernández, E., B. Bernal, y L. Vázquez. 2002. Manejo de plagas en la agricultura urbana. La Habana, Cuba. Consultado el 18 de Julio de 2003. Disponible
- INTA. 2004. Managua, Nicaragua. 1 ed. Pp. 52.
- Harman, G. E. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. Phytopathology 96:190-194.
- Jatala, P., R. Kaltenbach, and M. Bocangel. 1979. Biological control of *Meloidogyne incognita acrita* and *Globodera pallida* on potatoes. Journal of Nematology 11:303.
- Mendez, J. A. 2003. Efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Paecilomyces lilacinus* en el rendimiento de lechuga orgánica en Zamorano Proyecto especial del Programa de Ingeniero Agrónomo. Zamorano, Honduras. 32 p.
- Noyd, R. 2000 Mycology Reference Cards. The American Phytopathological Society. 4 ed.
- Rumano. S. y I. Sánchez. 2000. Enciclopedia práctica de la Agricultura y Ganadería. MCMXCIX Océano grupo editorial S.A. España. 1 ed. Pp. 633-635.
- Saninet, 2002. *Trichoderma* spp. (en línea). Costa Rica. Consultado el 26 de Noviembre de 2002. Disponible en: http://www.iicasaninet.net/pub/sanveg/Html/biocontrol/patogenos/trichoderma_sp.html
- Shurtleff, M. C. and C. W. Averre, 2000. Diagnosing Plant Diseases Caused by Nematodes. 1 ed. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. P 187.
- Tronsmo A. 1996. *Trichoderma harzianum* in biological control of fungal disease. In Principles and practice of managing soilborne plant pathogens. Editor Robert Hall. American Phytopathological Society Press.

ANEXOS

Anexo 1. Costos comunes para todos los tratamientos

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad/mz	Costo en 468 m ²	Costo por ha	Costo (%)
MAQUINARIA						
Arado	1	pase	310	20.65	441.22	
Grada	1	pase	150	9.99	213.49	
Levantado de muro	1	pase	172	11.46	244.81	
Sub-Total				42.10	899.52	0.57
INSUMOS						
Estacas	400	c/u	0.9	360.00	7692.31	
Rollos de mecate	3	Rollo	180	540.00	11538.46	
Semilla	1	Sobre	710	355.00	7585.47	
Sustrato de Peatmus	1	Saco	890	297.00	6346.15	
Bandejas	25	c/u	20	500.00	10683.76	
Sub-total				2052.00	43846.15	27.87
HERBICIDAS						
Glisfosfato	1000	cc	0.1	100.00	2136.75	
Sencor	390	g	0.2	78.00	1666.67	
Fusilade	540	cc	0.15	81.00	1730.77	
Sub-total				259.00	5534.19	3.52
FERTILIZANTES						
12-00-45	1	qq	850	850.00	18162.39	
18-46-0	2	qq	300	600.00	12820.51	
46-0-0	2	lbs	3	6.00	128.21	
0-0-60	1	qq	300	300.00	6410.26	
Sub-total				1756.00	37521.37	23.85

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 468 m ²	Costo por ha	Costo (%)
FOLIARES						
Boro	580	cc	0.09	52.20	1115.38	
Zn	580	cc	0.09	52.20	1115.38	
Mg	580	cc	0.09	52.20	1115.38	
Ca	580	cc	0.09	52.20	1115.38	
Kalex	280	cc	0.18	50.40	1076.92	
Crop-Pack	220	cc	0.2	44.00	940.17	
Subtotal				303.20	6478.63	4.11
INSECTICIDAS						
Diazinon	150	cc	0.12	18.00	384.62	
Sulfocalcio	100	cc	0.035	3.50	74.79	
Rescate	23	g	4.6	103.50	2211.54	
Confidor	83	g	4	330.00	7051.28	
Actara	265	g	4.6	1219.00	26047.01	
Cypermtrina	840	cc	0.15	126.00	2692.31	
Evisect	160	g	1.4	224.00	4786.32	
Super Neen	50	cc	0.15	7.50	160.26	
Sub-total				2031.50	43408.12	27.60
FUNGICIDAS						
Mancozeb	200	g	0.09	18.00	384.62	
Curzate	60	g	0.25	15.00	320.51	
Previcur	50	cc	0.3	15.00	320.51	
Oxycloruro de Cu	240	g	0.3	72.00	1538.46	
Benomil	540	g	0.2	108.00	2307.69	
Phyton	80	cc	0.3	24.00	512.82	
Sub-total				252.00	5384.62	3.42
MANO DE OBRA						
Hoyado	1.8	hr	6.25	11.25	240.38	
Trasplante	6	hr	6.25	37.50	801.28	
Fertilización	6	hr	6.25	37.50	801.28	
Aplicación de Plaguicidas	15	hr	6.25	93.75	2003.21	
Cosecha	10.5	hr	6.25	65.63	1402.24	
Riego	30	hr	6.25	187.50	4006.41	
Eliminación del cultivo	1	hr	6.25	6.25	133.55	
Sub-total				439.38	9388.35	5.96
INTALACION						
Riego por goteo	6	hr	6.25	37.50	801.28	
Mantenimiento de riego	30	hr	6.25	187.50	4006.41	
Sub-total				225.00	4807.69	3.05
TOTAL				7360.17	157268.64	100.00

Anexo 2. Costo que varían para el tratamiento con aplicación de *Trichoderma* siembra/*Paecilomyces* trasplante en C\$.

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 78m ²	Costo por ha	Costo (%)
Aplicación	0.37	hr	6.21	2.30	294.58	24.6
<i>Trichoderma</i>	2.7	g	1.77	4.78	612.69	37.7
<i>Paecilomyces</i>	2.4	g	1.77	4.25	544.62	37.7
TOTAL					1451.89	100%

Anexo 3. Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Paecilomyces* siembra/*Trichoderma* trasplante en C\$.

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 78m ²	Costo por ha	Costo (%)
Aplicación	0.37	hr	6.21	2.30	294.58	24.6
<i>Trichoderma</i>	2.7	g	1.77	4.78	612.69	37.7
<i>Paecilomyces</i>	2.4	g	1.77	4.25	544.62	37.7
TOTAL					1451.89	100%

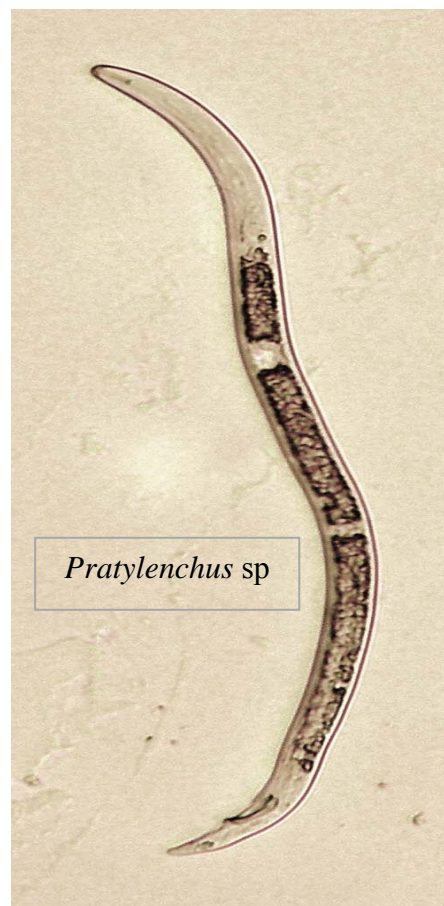
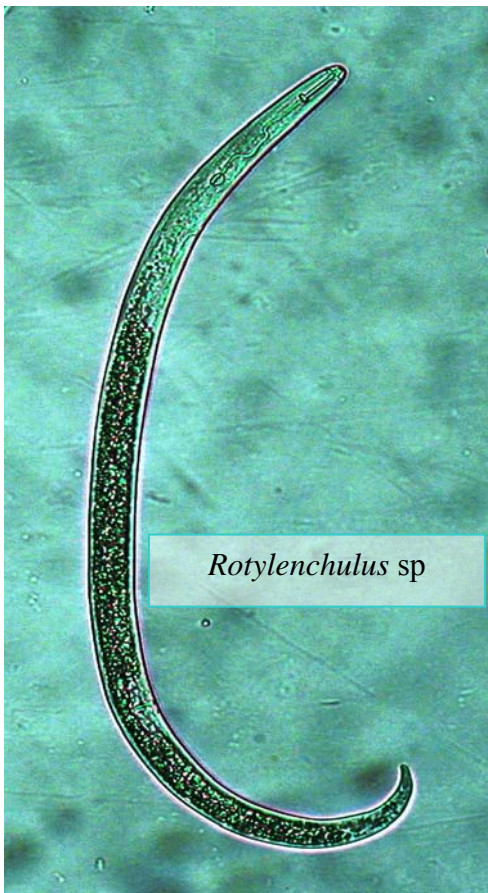
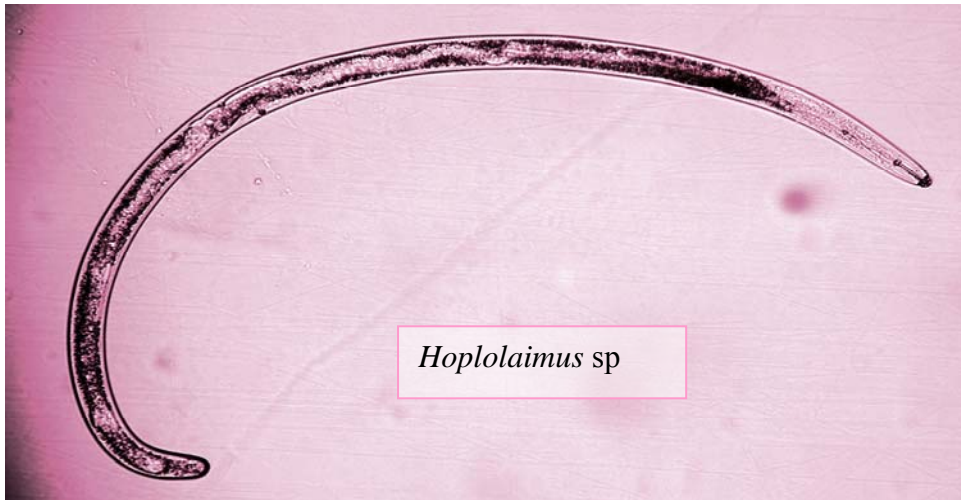
Anexo 4. Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Trichoderma* siembra/*Trichoderma* trasplante en C\$.

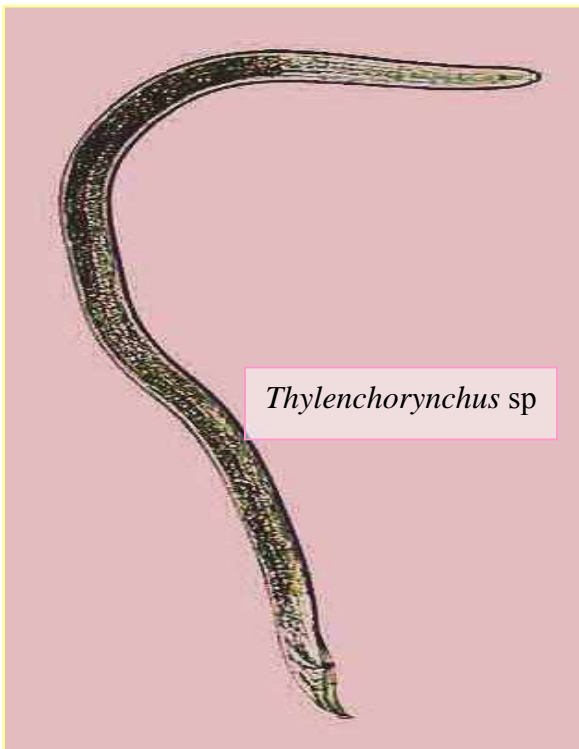
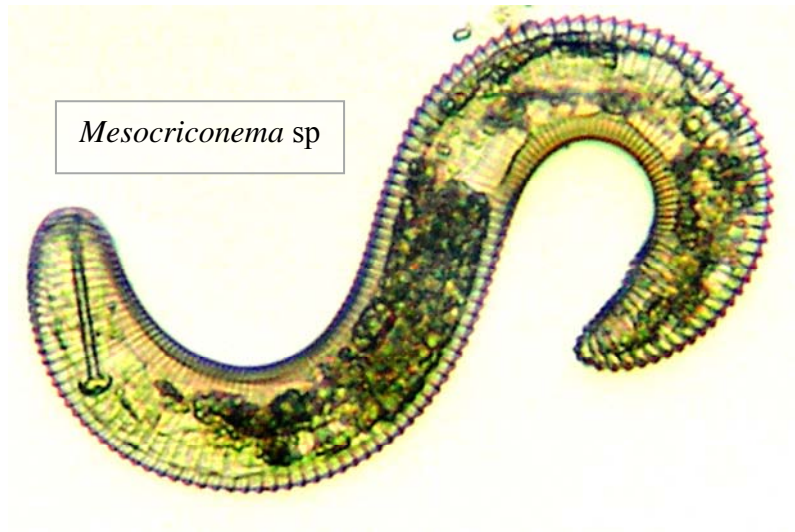
Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 78m ²	Costo por ha	Costo (%)
Aplicación	0.37	hr	6.21	2.3	266.25	24.6
<i>Trichoderma</i>	5.1	g	1.77	9.05	816.5	75.4
TOTAL					1082.75	100%

Anexo 5. Costos que varían para el tratamiento con aplicación de *Paecilomyces* siembra/*Paecilomyces* trasplante en C\$.

Descripción	Cantidad	Unidad	Costo por unidad	Costo en 78m ²	Costo por ha	Costo (%)
Aplicación	0.37	hr	6.21	2.3	266.25	24.6
<i>Paecilomyces</i>	5.1	g	1.77	9.05	816.5	75.4
TOTAL					1082.75	100%

Anexos 6. Fotos de nematodos más comunes





MAPA DE CAMPO

I	II	III	IV
101 S = Trichoderma T= Paecilomyces	202 S = Paecilomyces T= Trichoderma	303 S = Trichoderma T= Trichoderma	404 S = Paecilomyces T= Paecilomyces
102 S = Paecilomyces T= Trichoderma	205 S = Trichoderma + Paecilomyces T= Paecilomyces+ Trichoderma	301 S = Trichoderma T= Paecilomyces	402 S = Paecilomyces T= Trichoderma
103 S = Trichoderma T= Trichoderma	206 Testigo	305 S = Trichoderma + Paecilomyces T= Paecilomyces+ Trichoderma	403 S = Trichoderma T= Trichoderma
104 S = Paecilomyces T= Paecilomyces	201 S = Trichoderma T= Paecilomyces	304 S = Paecilomyces T= Paecilomyces	405 S = Trichoderma + Paecilomyces T= Paecilomyces+ Trichoderma
105 S = Trichoderma + Paecilomyces T= Paecilomyces+ Trichoderma	204 S = Paecilomyces T= Paecilomyces	306 Testigo	406 Testigo
106 Testigo	203 S = Trichoderma T= Trichoderma	302 S = Paecilomyces T= Paecilomyces	401 S = Trichoderma T= Paecilomyces

