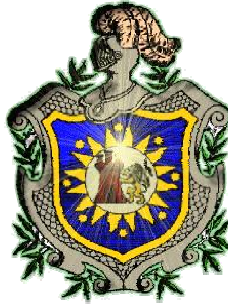


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA-LEÓN
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA
CARRERA DE INGENIERÍA EN AGROECOLOGÍA TROPICAL



IDENTIFICACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE NEMATODOS ASOCIADOS A DOS CULTIVOS DE LA FAMILIA SOLANACEAE Y VALIDACIÓN DE ALTERNATIVAS AGROECOLÓGICAS PARA EL MANEJO DE NEMATODOS FITOPATÓGENOS EN TOMATE CICLO AGRICOLA 2008-2009.

PRESENTADO POR:

Br. MANUEL ANTONIO MONTIEL MORALES.
Bra. ARELLYS JACOBETH REYES GUTIÉRREZ

Previo a optar el título de Ingeniero en Agroecología Tropical

TUTOR:

M.Sc WILBER SALAZAR ANTON

León, Noviembre, 2009

AGRADECIMIENTO

En primer lugar a DIOS por habernos guiado por el camino del bien y brindarnos sabiduría para vencer los obstáculos que se nos presentaron en la realización de este estudio.

A nuestros padres por brindarnos apoyo moral y económico para poder concluir nuestros estudios universitarios.

A nuestro tutor M.Sc Wilber Salazar Antón por darnos la oportunidad de realizar esta investigación y transmitirnos sus conocimientos. A los Ing. David Estrada y Vernonn Berrios por brindarnos su apoyo y tiempo en el transcurso de este trabajo de tesis.

A nuestros compañeros de clases por compartir sus conocimientos, triunfos y tristezas en el transcurso de nuestra carrera.

A la Cuenta Reto del Milenio por el apoyo financiero a esta investigación.

Y a todas y cada una de las personas que no mencionamos, pero que no dejan de ser importantes para nosotros, gracias por su colaboración y por la ayuda desinteresada que nos brindaron.

DEDICATORIA

A DIOS por concedernos la vida, protegernos ante las dificultades y habernos brindado una hermosa familia.

A nuestros padres quienes son la base de nuestra familia por habernos llenado de valores morales, amor al prójimo y respeto a nuestros semejantes.

A nuestras hermanas por su apoyo y ejemplo de superación.

A nuestro tutor MSc. Wilber Salazar Antón por brindarnos su valioso tiempo, conocimientos y guiarnos en la realización de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimiento	i
Dedicatoria	ii
Índice de Gráficos	iii
Índice de tablas	iv
Resumen	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. HIPÓTESIS	4
IV. MARCO TEÓRICO	5
4.1. <i>Cultivos evaluados</i>	5
4.1.1. <i>Tomate</i>	5
4.1.2. <i>Chiltomo</i>	6
4.2. <i>Nematodos fitopatógenos</i>	9
4.3. <i>Alternativas agroecológicas de manejo de nematodos</i>	11
V. MATERIALES Y MÉTODOS	15
5.1 <i>Ubicación del estudio</i>	15
5.2 <i>Descripción del estudio</i>	15
5.3 <i>Presencia de nematodos fitopatógenos en los cultivos de tomate y chiltomo en León y Chinandega</i>	15
5.4 <i>Validación de alternativas agroecológicas para el control de nematodos</i>	17
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
6.1 <i>Identificación y cuantificación de nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de tomate y chiltomo en los departamentos de León y Chinandega</i>	20
6.2 <i>Validación de estrategias botánicas y biológicas para el manejo de nematodos Fitopatógenos</i>	25
6.3 <i>Relación costo-beneficio del cultivo de tomate bajo cada tratamiento</i>	28
VII. CONCLUSIONES	31
VIII. RECOMENDACIONES	32
IX. Bibliografía	33
Anexos	36

ÍNDICE DE GRÁFICOS

- Gráfico 1.** Población promedio de nematodos asociados a los cultivo de tomate y Chiltomo en los departamentos de León y Chinandega 2009. 21
- Gráfico 2.** Efectos de cuatro tratamientos sobre las poblaciones de nematodos fitopatógenos en el cultivo de tomate 2009. 26

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Número de submuestras por área de muestreo recomendada por Shurtleff y Averre (2000)	16
Tabla 2. Descripción de los tratamientos alternativos evaluados para el control de nematodos utilizados en el estudio	18
Tabla 3. Géneros de nematodos más comunes encontrados en los departamentos de León y Chinandega, asociados al cultivo del tomate 2009.....	23
Tabla 4. Géneros de nematodos más comunes encontrados en los departamentos de León y Chinandega, asociados al cultivo de Chiltomo. 2009	24
Tabla 5. Separación de media según Duncan al 0.05% realizada a poblaciones de nematodos bajo el efecto de diferentes metodos de control	27
Tabla 6. Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados para el control de nematodos en el cultivo de tomate.	29
Tabla 7. Análisis costo /beneficio de los tratamientos aplicados en el cultivo del tomate, para el control de nematodos fitopatógenos 2009.	30

RESUMEN

Los nematodos fitopatógenos afectan el sistema radical de las plantas y reducen el rendimiento de las mismas. El presente estudio pretende validar alternativas no químicas para el control de nematodos que reduzcan los costos de producción e incrementen los rendimientos del cultivo del tomate. El estudio estuvo compuesto de dos fases, en la primera se realizó un estudio de nematodos asociados al tomate y chiltoma. Para este fin se muestrearon 3 comunidades productoras de hortalizas en León y 3 comunidades en Chinandega. Durante el muestreo se utilizó el método de zig-zag donde el número de muestras dependió del área a muestrear. En la segunda fase se estableció una parcela experimental en el Campus Agropecuario de la UNAN –León, donde se validó los tratamientos *Trichoderma harzianum*/trasplante, *Paecilomyces lilacinus*/trasplante, ácido piroleñoso 10 días antes del trasplante, *Tagetes erecta*/asocio y el testigo. Los productos comerciales utilizados fueron TRICHOZAM® 8.3 WP, PAZAM® 8.3 WP, Ácido Piroleñoso y Flor de San Diego. La extracción de nematodos se realizó mediante el método del embudo de Baermann. De acuerdo a los promedios calculados, los nematodos más comunes en 100 g de suelo en tomate fueron: *Pratylenchus* sp. con 41, *Rotylenchulus* sp. con 14 y *Tylenchus* sp. con 9. Los nematodos más comunes en chiltoma fueron: *Pratylenchus* sp. y *Rotylenchulus* sp. con 10 y *Tylenchus* sp. con 6. Los tratamientos que lograron el mayor control sobre las poblaciones de nematodos fueron *Paecilomyces* sp. con promedio de 438 y *Tagetes erecta* con promedios 505 en 100 g de suelo. El testigo presentó promedios de 1075 nematodos. Se recomienda el uso de *P. lilacinus* y *T. erecta* para el control de nematodos en tomate.

I. INTRODUCCION

En la mayoría de los países en desarrollo, como Nicaragua, los granos básicos han sido prioridad de investigación y producción. La poca atención que otros cultivos han recibido, como es el caso de las hortalizas, puede ser explicada debido a que los esfuerzos han estado enfocados en garantizar la seguridad alimentaria para satisfacer las crecientes demandas alimenticias poblacionales, que aumentan a ritmos extremadamente altos (INTA, 2004).

La producción de hortalizas en Nicaragua se concentra principalmente en el Norte del país. En el caso particular de la chiltomo, en el ciclo agrícola 2004-2005 se cultivaron entre 415 y 467 hectáreas de chiltomo, de éstas más de la mitad se encontraban en la Región de Sébaco, Matagalpa (INTA, 2004). El cultivo del tomate ha presentado un comportamiento similar al chiltomo en cuanto a las zonas de producción.

En Nicaragua el tomate y chiltomo son cultivados principalmente por pequeños y medianos productores, quienes siembran parcelas de aproximadamente 0.3 hectárea, hasta áreas de tres o cuatro hectáreas destinadas para los mercados locales, siendo fuente de ingresos para éstos, con rendimientos promedios de 15 t/ha (INTA, 2004).

Sin embargo, durante los últimos años se han aumentado las áreas de producción hortícola en el Occidente de Nicaragua, especialmente áreas de siembra de los cultivos de tomate y chiltomo. Para el ciclo agrícola 2005-2006 el área sembrada con hortalizas en Chinandega fue de 170 mz y en León 82 mz, lo que representa un aumento en el área dedicada a la producción hortícola del área total de tierra sembradas en el Occidente del país (CRM-Nicaragua, 2007).

El incremento en el área hortícola ha aumentado los problemas de plagas en las zonas donde las hortalizas están en expansión, elevando también el uso de agroquímicos para su control. Estas prácticas incrementan los costos de producción; los riesgos a la salud humana y el medio ambiente. Sólo en el cultivo del banano el uso de nematicidas ha causado en la zona de Chinandega cáncer al 31% de la población de mujeres expuesta, mientras en el resto del país el promedio es del 1% (ENLACE, 2005).

Esta tendencia, de uso inapropiado de pesticidas para el control de nematodos se puede trasladar a las hortalizas, debido al alto uso de pesticidas que demanda en la actualidad este rubro. Por lo anterior se hace necesario identificar estos organismos patógenos y validar su susceptibilidad a diferentes alternativas biológicas y botánicas, que sean amigables con el ambiente, sostenibles y eficientes.

II. OBJETIVOS

General

- Identificar y cuantificar nematodos asociados a dos cultivos de la familia solanácea y validar alternativas agroecológicas para el manejo de nematodos fitopatógenos asociados a tomate.

Específicos

- Identificar y cuantificar los nematodos fitopatógenos más comunes en los cultivos de tomate y chiltomo en 6 comunidades de los departamentos de León y Chinandega.
- Validar estrategias botánicas y biológicas para el manejo de nematodos fitopatógenos en el cultivo del tomate.
- Determinar la relación costo-beneficio de las estrategias de manejo de nematodos en el cultivo de tomate.

III. HIPÓTESIS

Ho: Ninguno de los tratamientos evaluados disminuye significativamente las poblaciones de nematodos fitopatógenos asociados a los cultivos de tomate.

Ha: Al menos uno de los tratamientos evaluados disminuye significativamente las poblaciones de nematodos fitopatógenos asociados a los cultivos de tomate.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Cultivos evaluados

4.1.1. Tomate

Generalidades del cultivo

El tomate es originario de los Andes Sudamericanos (Perú, Bolivia y Ecuador). Durante la época pre-incaica, fue distribuido al Centro y Norte de América. En 1554 fue conocido en todo el mundo, los italianos fueron los primeros europeos en cultivarlo y consumirlo, para 1800, estaba difundido por toda Europa (Montes, s.f.).

Taxonomía según Peralta y Spooner, (2000)

Clase: Angiosperma

Orden: Polemoniales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *lycopersicum*

Botánica.

Sistema radicular: Tiene una raíz principal de la que salen raíces laterales y fibrosas, formando un conjunto que puede tener un radio hasta de 1.5 m.

El 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.

Las hojas: Son pinnadas compuestas. La hoja típica de plantas cultivadas mide hasta 50 cm de largo, tienen un folíolo terminal y hasta 8 grandes folíolos laterales.

Las flores: Son hermafrodita, con inflorescencia en forma de racimo, flores pequeñas, medianas o grandes, de coloración amarilla en diferentes tonalidades.

El fruto: El fruto consiste en una baya de forma, dimensión y número de lóculos variable, según el cultivar, pueden ser redondeados, aplanados, ovalados, semiovalados, alargados.

La semilla: Es pequeña, con dimensiones alrededor de 5 x 4 x 2 mm. Su forma puede ser aplanada larga, en forma de riñón, redondeada y pubescente (INTA, 2004).

Condiciones agroclimáticas

Suelos: Prefiere suelos sueltos de textura silíceo-arcillosa, ricos en materia orgánica, profundos (mayor de 50 cm), con pendientes menores de 5%, y pH entre 5.5 – 7.

Radiación: El tomate es un cultivo que no responde a las horas luz del día (fotoperíodo), pero requiere una excelente iluminación (IICA, 2005).

Humedad relativa: La humedad relativa óptima para el tomate oscila alrededor del 70% .La humedad relativa (HR) del aire mayor del 90% es perjudicial para el cultivo de tomate, favorece el desarrollo de enfermedades (INTA, 2004).

Temperatura: La temperatura óptima está entre 20 y 30° C durante el día y entre 1° C y 17° C por la noche; temperaturas superiores a los 30-35° C afectan la fructificación (IICA, 2005).

Manejo agronómico.

Variedades de tomate: A continuación se presentan algunas variedades de tomate que son utilizadas comúnmente por productores de tomate en Nicaragua según el INTA (2004).

- TY4: Crecimiento semideterminado, es de ciclo intermedio y tolera virosis.
- Gem pride: Crecimiento semideterminado, ciclo intermedio, tolera virus TYLC, *Fusarium* sp, nematodo agallador.
- Chiro: Se caracteriza por tener crecimiento semideterminado

Siembra: Puede ser directa o indirecta, la primera no es aconsejable en el trópico por el exceso de calor y la competencia de las malezas, la siembra en bandeja es más recomendable por que hay un menor gasto en semillas (Montes, s.f.).

Trasplante: puede realizarse a todas horas.

Tutoreo: Permite mantener las plantas erectas y evita que los frutos entren en contacto con el suelo y por tanto evita que se presenten pudriciones (INTA, 2004).

Riego: Los requisitos hídricos del tomate son del orden de 630 mm de agua por ciclo del cultivo. Deben descartarse para el riego las aguas con posible contenido de sales.

Fertilización: Se requieren 360 kg de N, 70 kg de P₂O₅ y 500 kg de K₂O, para producir 75000 kg de tomate. Se recomienda poner todo el fósforo, el potasio y 1/3 del nitrógeno a la siembra. Los otros 2/3 aplicarlos en 3 momentos diferente (Montes, s.f.).

Insectos y enfermedades

Según Arguello *et al.* (2007), entre los principales insectos que atacan al tomate tenemos: Mosca Blanca (*Bemisia tabaci*), gusano alfiler (*Keiferia lycopersicella*), minador de la hoja (*Liriomyza* sp), áfidos (*Aphis gossypii*, *A. Nerii*), gusano de los frutos (*Helicoverpa zea*), Complejo *Spodoptera*, gusano cortador (*Agrotis subterranea*, *Feltia subterranea*).

Las principales enfermedades que afectan al tomate son: Mal del talluelo (*Rhizoctonia* spp., *Pythium* spp., *Phytophthora* spp, *Fusarium* spp.), baqueta del tomate (*Sclerotium* sp), tizón temprano (*Alternaria solani*), tizón tardío del tomate (*Phytophthora infestans*), marchitez vascular (*Fusarium* sp., *Verticillium* sp.) y moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (INTA, 2004).

4.1.2. Chiltomo

Generalidades del cultivo

Es originaria de las regiones tropicales y subtropicales de América (Bolivia y Perú), se han encontrado semillas de formas ancestrales de más de 7000 años. Llevado a España por Colón en su primer viaje (1493) y en el siglo XVI, se distribuyó al resto de Europa y del mundo con la colaboración de los portugueses (INTA, 2006).

Taxonomía según CENTA

Clase: Dicotiledóneas

Orden: Polemoniales

Familia: Solanácea

Género: *Capsicum*

Especie: *annun*

Botánica.

Planta: Es una planta herbácea, de ciclo anual, porte variable entre los 0.5 m y 2 m. El ciclo vegetativo varía de 65 a 110 días (INTA, 2004).

Raíz: Tiene raíz pivotante, que luego desarrolla un sistema radicular lateral muy ramificado que puede llegar a cubrir un diámetro de 0.90 a 1.20 m.

Tallo: Puede tener forma cilíndrica o prismática angular, glabro, erecto y con altura variable (CENTA, s.f.).

Hoja: Son simples, alternas, pequeñas, con limbo oval lanceolado de bordes lisos, color verde oscuro, aovadas, enteras. El haz es glabro (INTA).

Flores: Están localizadas en los puntos donde se ramifica el tallo o axilas, encontrándose en número de una a cinco por cada ramificación (CENTA, s.f.).

Fruto: El fruto es una baya, con dos a cuatro lóbulos, con una cavidad entre la placenta y la pared del fruto, siendo la parte aprovechable de la planta (CENTA, s.f.).

Semillas: Son redondeadas, ligeramente reniformes, de color amarillo pálido y longitud variable entre tres y cinco milímetros (INTA, 2006).

Manejo agronómico.

Siembra: La siembra se puede hacer de forma directa (poco común por el lento crecimiento en los primeros 30 días) (Montes, s.f.).

Trasplante: Las plántulas provenientes del almácigo deben colocarse en el hoyo de siembra con el cuello ligeramente por encima del nivel del suelo (CENTA, s.f.).

Tutoreo: El sistema de tutoreo empleado en tomate es fácilmente adaptable a este cultivo.

Fertilización: Demanda 200 kg de N, 160 kg de P₂O₅, 100 kg de K₂O (Montes, s.f.).

Insectos y enfermedades

Los insectos que más afectan al cultivo son: Picudo de la chiltoma (*Anthonomus eugenii*): mosca blanca (*Bemisia tabaci*) y ácaros (*Polyphagotarsonemus latus*) (INTA, 2006).

Según el CENTA, (s.f.), las enfermedades que más inciden en el cultivo son: Cercospora (*Cercospora capsici*), mancha bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*), podredumbre blanda (*Erwinia carotovora* pv. *carotovora*).

4.2. Nematodos fitopatógenos

Características.

Son organismos cilíndricos, lisos, no segmentados, que miden menos de 1 a 2 mm de largo y tienen un aspecto similar al de una lombriz. Las especies fitoparasíticas se alimentan de las células de las plantas al extraer su contenido por medio de un estilete (Carballo, 2004).

Anatomía

Cuerpo: es casi transparente, cubierto por una cutícula incolora, generalmente está marcado por estrías. La cutícula muda cuando pasan a través de sus estados larvales.

Sistema digestivo: Consiste en un tubo hueco que se extiende desde la boca, a través del esófago, intestino recto y ano.

Sistema reproductivo: Está bien desarrollado, las hembras poseen uno o dos ovarios, seguido de un oviducto, el útero y terminando en la vulva. La estructura reproductiva del macho es similar a la hembra pero posee testículos y una vesícula seminal (Shurtleff y Averre, 2000).

Ciclos de vida.

Los huevos eclosionan produciendo larva, estas pasan por cuatro estados larvales, la primera muda ocurre en el huevo. Después de la última muda se diferencian sexualmente. Una hembra puede producir huevos después de aparearse con un macho o en ausencia de éste. Un ciclo de vida se puede completar de 3 a 4 semanas (Castaño, s.f.).

Ecología y diseminación.

Ecología: Casi todos los nematodos fitopatógenos viven parte de su vida en el suelo, alimentándose superficialmente sobre raíces y tallos subterráneos. La temperatura, la humedad y la aireación afectan su sobrevivencia y movimientos, los nematodos se encuentran en mayor abundancia en los primeros 15 cm de la capa arable del suelo, en mayor concentración en la región de las raíces.

Diseminación: Se diseminan a través del suelo muy lentamente, la distancia total cubierta por un nematodo no excede probablemente más de 1 m por estación. Los equipos agrícolas, irrigación, animales y tormenta de polvos constituyen los agentes diseminadores más importantes, a distancias largas la diseminación se efectúa principalmente por tejido vegetal (Shurtleff y Averre, 2000).

Clasificación taxonómica

Por su taxonomía: Pertenecen al filum Nematelminthos, clase Nematoda. La mayoría de los géneros parasíticos pertenecen a la subclase Secernentea, Orden Tylenchida. Sólo cuatro géneros importantes pertenecen a la subclase Adenophorea, Orden Dorylaimida.

De acuerdo a su hábitat alimenticio: Pueden ser ectoparásito y endoparásito, a su vez los nematodos de estos dos grupos pueden ser sedentarios o migratorios (Shurtleff y Averre, 2000).

Síntomas causados por nematodos.

Los síntomas se expresan en toda la planta:

Raíces: Se expresan nódulos, agallas, lesiones, excesiva producción de raíces, daños al ápice y cuando el ataque es asociado a hongos y bacterias se produce una pudrición radical.

Parte aérea de la planta: Se reduce el crecimiento, amarillamiento del follaje, excesivo marchitamiento en tiempos caliente o secos, disminución del rendimiento. Hay especies como *Aphelenchoides besseyi* y *Ditylenchus dipsaci*, que invaden las partes aéreas causando agallas, malformaciones y pudriciones de hojas y tallos (Castaño, s.f.).

Modo de acción de los nematodos.

Durante su alimentación perforan la pared celular, inyectan saliva dentro del citoplasma, succionan parte del contenido celular y se movilizan en segundos (Shurtleff y Averre, 2000).

Otros se alimentan más lento y pueden permanecer horas y hasta días, estos nematodos al igual que las hembras que se establecen permanentemente inyectan saliva intermitentemente.

Este proceso causa una reacción de las células, lo que resulta en la muerte o debilitamiento del ápice de las raíces y ramificaciones (Castaño, s.f.).

Muestreo de nematodos.

El reconocimiento de una infestación de nematodos se hace a través de un monitoreo:

- Revisión visual de plantas y lotes.
- Revisión de partes afectadas de plantas individuales.
- Recolección de muestras de raíces y suelo para su extracción, identificación y conteo de nematodos. Esto se realiza en laboratorios especializados (Domínguez, s.f.)

4.3. Alternativas agroecológicas de manejo de nematodos.

4.3.1. *Paecilomyces lilacinus*.

Taxonomía según Noyd (2000).

División: Eumycota
Clase: Deuteromycetes
Orden: Moniliales
Familia: Moniliaceae
Genero: *Paecilomyces*
Especie: *lilacinus*

Características generales

Es un hongo de suelo parasita huevos, juveniles y adultos de nematodos. 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 presenta de 2 a 4 divisiones ovaladas antes de las conidias.

Modo de acción.

Las esporas producen enzimas que diluyen la cutícula y penetran al interior del nematodo, cuando ingresa en el 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. En pH ligeramente ácidos, se producen toxinas que afectan el sistema nervioso de los nematodos (Tronsmo, 1996).

4.3.2. *Trichoderma harzianum*.

Taxonomía según Noyd (2000).

Clase: Deuteromycete
Orden: Moniliales
Familia: Moniliaceae
Genero: *Trichoderma*
Especie: *harzianun*

Características generales

Trichoderma harzianum compete y coloniza las raíces de las plantas impidiendo de esta manera la presencia de hongos patógenos, estimula el crecimiento de 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.

Reproducción: Pertenece a la clase Deuteromicetes la cual se caracteriza por reproducirse de manera asexual. Su reproducción consiste en la producción de estructuras reproductivas llamadas conidias las cuales son formadas en un conidióforo simple (Tronsmo, 1996).

Modo de acción

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: En la medida en que *Trichoderma harzianum* 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 hiperparásito, las hifas del parásito crecen de una forma atípica dirigiéndose directamente hacia el lugar donde el parásito se encuentra.
- Reconocimiento: Consiste en que el hongo reconoce al patógeno que va a parasitar (es selectivo).

- 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. (Tronsmo, 1996).
- Degradación de pared celular del hospedero: Esto se debe a que libera enzimas que degradan la quitina de las células de los hongos fitopatógenos.

4.3.3. Flor de Muerto o San Diego.

Taxonomía según Mondragón (2007).

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Asterales.

Familia: Asteraceae

Género: *Tagetes*

Especie: *erecta*

Características generales.

Se cultiva ampliamente para fines ornamentales como medicinales y como complemento del alimento de aves de corral o como tintórea no solo en México, sino a nivel mundial. Es especialmente importante como planta ritual en los países budistas.

Botánica según (Mondragón, 2007).

Hábito y forma de vida: Planta erecta.

Tamaño: De hasta 1.8 m de alto

Tallo: Estriado, a veces acostillado, glabro o pubescente.

Hojas: Opuestas en la parte inferior, alternas en la parte superior; de hasta 20 cm de largo, pinnadas, de 11 a 17 foliolos, de hasta 5 cm de largo y 1.5 cm de ancho (Mondragón, 2007).

Inflorescencia: Cabezuelas solitarias o agrupadas por varias, sobre pedúnculos de hasta 15 cm de largo, provistos de brácteas pinnadas con segmentos cerdiformes en el ápice.

Cabezuela: de 13 a 20 mm de alto y 9 a 25 mm de ancho, con 5 a 11 brácteas, glabras y de ápices triangulares, con dos hileras de glándulas.

Flores: Liguladas: 5 a 8, o más frecuentemente numerosas, amarillas a rojas, sus láminas oblanceoladas a obovadas de 1 a 2 cm de largo.

De disco: 150 a 250 en las cabezuelas sencillas, en las "dobles" muestra diferentes grados de transformación en lígulas, corolas amarillas a anaranjadas, de 8 a 10 mm de largo.

Frutos y semillas: Aquenios lineares de 7 a 10 mm de largo, glabros o hispídulos en los ángulos, vilano de 1 o 2 escamas acuminadas de 6 a 12 mm de largo y 2 o 3 escamas romas de 3 a 6 mm de largo, más o menos unidas entre sí.

Raíz: Fibrosa. Las raíces de estas plantas atraen nematodos, razón por la que se han utilizado para combatirlos directamente en el campo.

4.3.4. Ácido Piroleñoso

El ácido piroleñoso ha sido definido como “la savia elaborada de las plantas, extraída mediante la deshidratación o quemado de partes vegetales, convertida en líquido a través de la condensación de gases” (INPRHU, s.f.).

Este producto puede usarse como insecticida foliar para controlar plagas y ayudar el desarrollo de la planta, en concentración de un litro de producto diluido entre 300 litros de agua. Como desinfectante al suelo antes de la siembra, para control de hongos y nematodos, en concentración de un litro de producto diluido en cinco litros de agua. De esto, se recomienda aplicar dos a tres litros por metro cuadrado. Como desinfectante al suelo se recomienda utilizar cuando el cultivo está establecido, en concentración de un litro de producto en 100 litros de agua, en dosis de dos a tres litros por metro cuadrado entre planta (Bentley y Boa 2006).

Los componentes del ácido piroleñoso, fuera del agua, son alquitranes de madera, tanto los solubles en agua como los insolubles, el ácido acético, el metanol, la acetona y otros complejos químicos en menores cantidades. Si se lo deja en reposo, el ácido piroleñoso se separa en dos capas consistentes en el alquitrán insoluble en el agua y la capa acuosa que contiene los otros productos químicos. La capa acuosa contiene los alquitranes solubles en agua que son un complejo de productos químicos alquitranosos, ácido acético, metanol, acetona y metilacetona y pequeñas cantidades de ácidos más complejos y otras sustancias (FAO, 1983).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación del estudio.

El estudio se realizó en dos fases : la primera se llevó a cabo en comunidades hortícolas de los departamentos de León y Chinandega, las cuales, se encuentran en la parte occidental de Nicaragua. El departamento de Chinandega tiene una superficie de 4926 km² y León 5107 km². Esta zona del país tiene temperaturas medias de entre 21° C y 30° C y máximas hasta 41° C Se caracteriza por una estación seca de noviembre a abril, la precipitación anual máxima es de 2.000 mm y la mínima entre 700 y 800 mm anuales.

La segunda fase se realizó en el Campus Agropecuario de la UNAN-León, ubicado de la entrada a La Ceiba 1 ½ km al este en el departamento de León. El terreno tiene una topografía plana, el suelo es franco arenoso, altitud de 94 msnm, los vientos oscilan entre 10 y 30 km/h con dirección predominante de noreste al sur oeste, presenta una humedad relativa de 75%.

5.2. Descripción del estudio.

El estudio presentó un enfoque fitosanitario, compuesto de dos fases. En la primera fase se realizó un estudio de nematodos asociados a los cultivos de tomate y chiltomo, para tal fin se muestrearon un total de 6 comunidades productoras de hortalizas en León y Chinandega. En la segunda fase se estableció una parcela experimental en el Campus Agropecuario de la UNAN-León, validando tratamientos biológicos y botánicos para el manejo de nemátodos fitopatógenos en el cultivo de tomate.

5.3. Determinación de la presencia de nematodos fitopatógenos en tomate y chiltomo en León y Chinandega

Esta parte del estudio consistió en muestrear 6 comunidades hortícolas, 3 comunidades en el departamento de León y 3 comunidades en el departamento de Chinandega. El criterio de selección fue que las fincas tuvieran cultivos de tomate y chiltomo. Solamente en una finca (El Valle 3) poseía únicamente tomate. En estas fincas se realizaron muestreos nematológicos de suelo y raíces de tomate y chiltomo, con el fin de conocer los géneros y densidades poblacionales de los nematodos fitopatógenos asociados.

Fase de Campo.

Las muestras fueron colectadas de noviembre 2008 a enero 2009. El número de submuestras que se extrajo dependió del área a muestrearse en cada finca. Con una cinta métrica se midieron las parcelas de las fincas y para determinar el número de submuestra se tomó como referencia la metodología recomendada por Shurtleff y Averre III (2000) (Tabla 1).

Tabla 1. Número de submuestra por área de muestreo recomendada por Shurtleff y Averre III (2000).

Área a Muestrear	Número de Muestra
500 m ²	8 – 10
500 m ² – 0.4 Ha	11 – 20
0.4 Ha – 4 Ha	20 – 25

Para seleccionar los puntos de muestreo se utilizó el método de Zig-zag con el fin de obtener muestras representativas de la zona en estudio.

Para extraer la muestra se realizaron los siguientes pasos:

- 1- Se midió el área a muestrear para determinar el número de submuestra a tomar.
- 2- Se verificó que el suelo tuviera una humedad adecuada (50-60%), se limpió aproximadamente entre 5-7 cm de la superficie del suelo, posteriormente se realizaron muestreos dirigidos a 20 cm de distancia de la planta y una profundidad de 15 cm.
- 3- La muestra se tomó cerca de la planta, específicamente en la rizósfera de la planta. Se extrajo una submuestra de 100 g de suelo y luego se mezcló el suelo de todos los puntos de muestreo.
- 4- Luego se seleccionó una muestra de 300 g de suelo en cada finca muestreada.
- 5- La muestra fue colocada en bolsas plásticas limpias, las que fueron etiquetadas con la fecha, nombre de la parcela, cultivo previo y actual, variedad, edad del cultivo, localidad y muestreador.

Fase de Laboratorio

- 1- Se homogenizaron las muestras, eliminando rastrojos, piedras, terrones y raicillas.
- 2- Se pesaron 100 g de suelo con la ayuda de una balanza analítica, en el caso de raíces se pesaron 20 g.
- 3- Una vez que el suelo fue pesado, este fue colocado en un embudo de Baermann, tal como fue descrito por Shurtleff y Averre (2000).

- 4- Después de 48 horas se tomó un beaker y se vertió 100 ml de solución conteniendo los nematodos, de donde posteriormente se extrajeron 20 ml los que se colocaron en el plato de Syracuse para su cuantificación.
- 5- El plato de Syracuse se puso en el estereoscopio para extraer, con la ayuda de un gotero, los nematodos.
- 6- Luego los nematodos fueron colocados en el microscopio para identificarlos y sexarlos. La identificación se llevó a cabo tomando en cuenta características morfométricas tales como tipo de estilete, forma del esófago, tipo y forma de la cola, posición de la vulva (en las hembras), entre otras características particulares de cada especie.

Una vez extraídos todos los nematodos de los 20 ml se prosiguió a hacer una regla de tres para sacar la relación de nematodos en los 100 ml que corresponden a los 100 g de suelo.

5.4. Validación de alternativas agroecológicas para el control de nematodos

5.4.1. Diseño experimental

El estudio se estableció en un área de 400m². Se utilizó el Diseño de Bloque Completamente Aleatorio (DBCA), con 4 repeticiones y 6 tratamientos, para un total de 24 unidades experimentales en cada cultivo en estudio. La distribución de los tratamientos en campo se realizó de manera aleatoria.

El área de estudio fue de 20 m de largo por 20 m de ancho. La distancia entre bloque fue de 1.5 m y entre tratamiento 0.5 m., al igual que en los bordes, cada tratamiento midió 13.5 m² (Ver en anexo /mapa de campo). La distancia de siembra fue 1.2 m entre surco y 0.35 m entre plantas teniendo una densidad 32 plantas por unidad experimental y un total de 960 plantas.

5.4.2. Tratamientos evaluados.

Tabla 2. Descripción de los tratamientos alternativos evaluados para el control de nematodos utilizados en el estudio.

Producto	Ingrediente activo	Presentación	Dosis	Aplicación
TRICHOZAM® 8.3 WP	<i>Trichoderma harzianum</i>	1.25 x 10 ⁹	240 g/ha.	Trasplante
PAZAM® 8.3 WP	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	3 x 10 ⁹	240 g/ha.	Trasplante
Ácido Piroleñoso	Líquido de humo destilado.		2 l/ha	10 días antes del trasplante
Flor de San Diego	<i>Tagetes erecta</i>		En asocio 1 por planta	Trasplante, altura de la planta 10 cm.
Testigo				

5.4.3. Variables a Medir

Número de nematodos: Se cuantificó el número de nemátodos asociados a los cultivos de tomate y chiltomo, con la ayuda del estereoscopio, se anotaron en una matriz de control para su posterior procesamiento.

Identificación de Nematodos: Fueron identificados de acuerdo a sus características morfométricas.

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

Análisis económico: Se determinó la relación beneficio/costo de cada tratamiento.

5.4.4. Análisis estadístico

Para la realización de los análisis estadísticos se utilizó el programa estadístico “Statistical Package for the Social Sciences” (SPSS, 11.5). Realizando un Análisis de Varianza (ANDEVA), para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos, posteriormente se realizó las separaciones de medias según Duncan, el nivel de significancia exigido fue de 0.05.

5.4.5. Análisis económico

Consistió en un análisis de costos variables para cada tratamiento obteniendo un presupuesto parcial y la relación beneficio/costo de cada tratamiento.

5.4.6. Manejo agronómico

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

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Identificación y cuantificación de nematodos fitopatógenos asociados al cultivo de tomate y chiltoma en los departamentos de León y Chinandega.

En el gráfico 1 se observan las densidades poblacionales de nematodos encontrados en los cultivos de tomate y chiltoma en los departamentos de León y Chinandega.

Los muestreos nematológicos realizados en los departamentos de León y Chinandega indican que los mayores niveles de incidencia de nematodos fueron encontrados en la comunidad Eugenio Pérez con promedios de 512 nematodos en 100 g de suelo, de los cuales 381 fueron de vida libre y 131 fitopatógenos. En segundo lugar se ubicó la comunidad El Almendro donde se extrajeron un promedio de 447 nematodos en 100 g de suelo, de este total 321 nematodos fueron de vida libre y 131 fitopatógenos. El Campus Agropecuario de la UNAN-León, se ubicó en tercer lugar en cuanto al número de nematodos encontrados con poblaciones de 131 nematodos en 100 g de suelo, de los cuales 116 fueron de vida libre y 15 fitopatógenos. Estos tres sitios de muestreo fueron los que presentaron los niveles poblacionales más altos de nematodos. Esto se debió principalmente al mal manejo de riego en las parcelas donde se encontraba establecido el cultivo y a la siembra continua de hortalizas que caracterizan estas áreas de siembra, condiciones que han sido reportadas por Castaño (s.f.) como favorables para el incremento en las poblaciones de nematodos. Es importante destacar que las 3 comunidades corresponden al departamento de León.

La comunidad que se ubicó en cuarto lugar en cuanto a densidades poblacionales de nematodos fue El Manzano ubicada en el departamento de Chinandega la cual presentó una población de 111 nematodos, reportándose 33 nematodos fitopatógenos y 78 nematodos de vida libre. Es importante mencionar que en esta comunidad se practica rotación de cultivos durante todo el año lo que disminuye considerablemente la población de nematodos en el suelo. Se ha reportado que rotaciones de cultivos que incluyan cultivos con características nematostáticas como el espárrago, la flor de muerto y algunas gramíneas reducen las poblaciones de nematodos. Esto se debe a que liberan ciertas sustancias en el suelo que son tóxicas para varios nematodos fitoparásitos y cuando se rotan con cultivos susceptibles a estos patógenos, reducen el número de nematodos del suelo y de las raíces de las plantas de esos cultivos (Carranza 2004).

La comunidad Las Peñas presentó un total de 52 nematodos en promedio en 100 g de suelo, encontrando 47 nematodos de vida libre y 5 nematodos fitopatógenos y finalmente en El

Valle 3 perteneciente al municipio de Chichigalpa, Chinandega, fue donde menos nematodos se extrajeron, obteniéndose 30 en promedio por cada 100 g de suelo, de los cuales 27 son de vida libre y sólo 3 fitopatógenos. Ambas comunidades son zonas hortícolas nuevas (aproximadamente un año de siembra de tomate). Asimismo, en estas áreas se utilizan nematicidas como Vydate los que según Verdejo-Lucas (2009) es letal para los estadios vermiformes de los nematodos que se encuentran en el suelo. Con ello se consigue reducir los niveles iniciales de estos organismos patógenos y por tanto, el número de individuos que invaden las raíces es reducido.

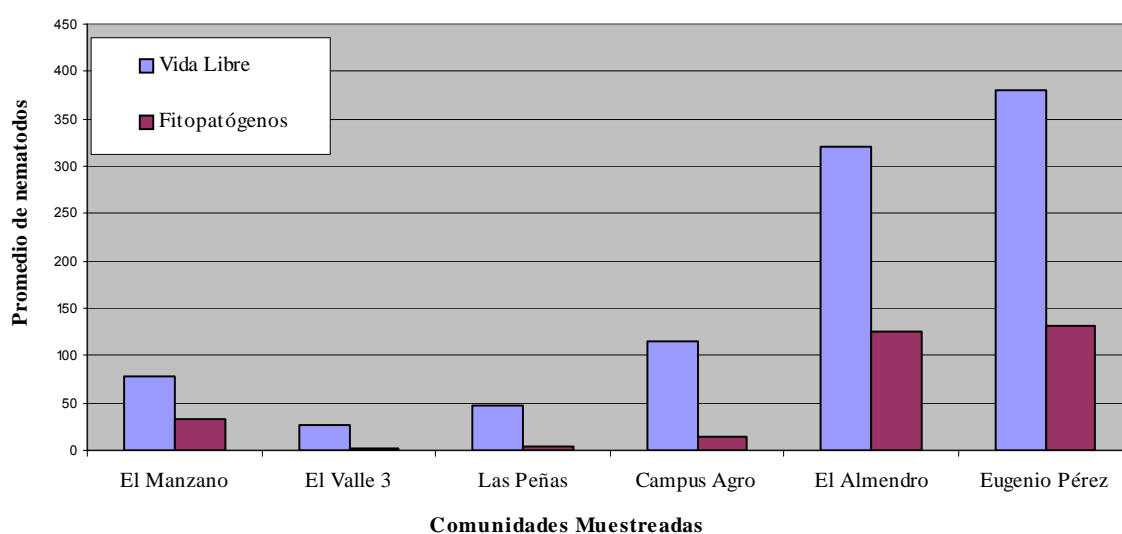


Gráfico 1. Población promedio de nematodos asociados a los cultivos de tomate y chiltoma en los departamentos de León y Chinandega. 2009.

Nematodos fitopatógenos y vida libre asociados al cultivo de Tomate en León y Chinandega.

En el cultivo de tomate se aisló un total de 8 géneros de nematodos fitopatógenos en las seis comunidades muestreadas. Entre los géneros que se han presentado en un mayor número de comunidades y que presentaron mayores poblaciones está *Pratylenchus* sp con 41 nematodos en promedio, encontrándose en 4 de las 6 comunidades muestreadas. El estudio indica que en las 3 comunidades muestreadas de León está presente este género de nematodo, mientras en el caso de Chinandega solamente se presentó en una de las tres comunidades muestreadas. *Rotylenchulus* sp se aisló en promedio 14 nematodos por 100 g de suelo, además estuvo presente en 3 de las 6 comunidades muestreadas, de las cuales dos pertenecen al departamento de León y una al departamento de Chinandega. Se aislaron 9 nematodos del género *Tylenchus* sp en el estudio, el cual fue encontrado en las comunidades Eugenio Pérez y El Almendro

ambas pertenecientes al departamento de León. El nematodo *Helycotylenchus* sp. fue encontrado solamente en una comunidad con un promedio de 5 nematodos. Por último, el nematodo *Xiphinema* sp. fue el nematodo menos frecuente con solamente 1 individuos en promedio encontrados únicamente en la comunidad Las peñas.

Shurtleff y Averre III. (2000), reportan al cultivo de tomate como hospedero de *Pratylenchus* sp, *Rotylenchulus* sp, *Helycotylenchus* sp y *Tylenchus* sp. Sin embargo, las poblaciones de nematodos de los diferentes géneros no sobrepasan los niveles de daños económicos en ninguna de las comunidades muestreadas, con excepción de *Pratylenchus* sp el cual en las comunidades de El Almendro y Eugenio Pérez sobrepasa los niveles de daño económico, que es de 100 o más nematodos por 100 gr de suelo (Antonio Jaco, comunicación personal).

En la Tabla 3 se observa también, que entre las comunidades que presentan mayor diversidad de nematodos, están El almendro con 6 géneros de un total de 8 que se han encontrado en el estudio, mientras que en la comunidad Eugenio Pérez se aislaron 4 géneros de nematodos fitopatógenos diferentes. Estas poblaciones de nematodos representan un peligro potencial para los productores de tomate y chiltomo de estas comunidades debido a que según reporta Caballinas *et al*, (1999), la siembra continua de cultivos susceptibles a nematodos fitopatógenos provoca un aumento exponencial de estos organismos ciclo tras ciclo. Lo que implica que aunque en estos momentos y bajo las condiciones presentes en el estudio se encuentran las poblaciones debajo de los niveles críticos, estos pueden elevarse a niveles que pueden causar daño económico en pocos años.

Algunos autores afirman que las poblaciones de nematodos una vez establecidas en el campo son difíciles de erradicar y que pueden permanecer indefinidamente en un área particular, debido a la presencia de malezas hospederas, uso de maquinaria infestada, y riego inadecuado (Stetina *et al*, 2007). Lo anterior confirma que es necesario tomar medidas para reducir las poblaciones de nematodos fitopatógenos y evitar que pasen el umbral de daño económico.

Tabla 3. Géneros de nematodos más comunes encontrados en los departamentos de León y Chinandega, asociados al cultivo del tomate 2009.

Comunidad	Géneros de Nematodos								
	Vida Libre	<i>Pratylenchus</i> sp.	<i>Rotylenchulus</i> sp.	<i>Tylenchus</i> sp.	<i>Helicotylenchus</i> sp.	<i>Tylenchorhynchus</i> sp.	<i>Meloidogyne</i> sp.	Fam: <i>Paratilenchidae</i>	<i>Xiphinema</i> sp.
El Manzano	105	-	5	-	-	-	10	-	-
El Valle 3	52	3	-	-	-	-	-	-	-
Las Peñas	51	-	-	-	-	-	-	-	3
Campus Agro	145	20	-	-	-	8	-	-	-
El Almendro	330	100	10	20	30	10	-	10	-
Eugenio Pérez	150	120	70	35	-	5	-	-	-
Total	833	243	85	55	30	23	10	10	3
Promedio	140	41	14	9	5	4	2	2	1

Nematodos fitopatógenos y vida libre asociados al cultivo de Chiltoma en León y Chinandega

En la Tabla 4 se puede observar que nueve géneros de nematodos fitopatógenos fueron encontrados asociados al cultivo de chiltomo en las comunidades muestreadas en los departamentos de León y Chinandega, los géneros que presentaron los promedios poblacionales más altos por 100 g de suelo fueron *Rotylenchulus* sp. (10), *Pratylenchus* sp (10), *Tylenchus* sp. (6), y *Helicotylenchus* sp. (2).

Shurtleff y Averre III. (2000), reportan al cultivo de Chiltomo como hospedero de *Rotylenchulus* sp. y *Tylenchus* sp, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio donde fueron encontrados estos nematodos asociados al cultivo del chiltomo. Saha, *et al*, (2007), reportan a *Pratylenchus* sp y *Helicotylenchus* sp. atacando a cultivos del género *Capsicum*, por lo que se puede afirmar que los resultados del estudio coinciden con lo reportado en la literatura científica. A pesar de que estos nematodos fueron encontrados asociados a chiltomo, ninguno de estos géneros de nematodos fitopatógenos sobrepasó el umbral de daño económico de 100 nematodos / 100 gr de suelo (Antonio Jaco, comunicación personal).

El género *Pratylenchus sp.* está distribuido en 4 de las 5 comunidades muestreadas lo que lo convierte en el nematodo con mayor presencia en León y Chinandega. En segundo lugar fue ubicado el nematodo *Rotylenchulus sp.*, que fue aislado en 3 de las 5 comunidades.

Es importante señalar que en la comunidad El Manzano fueron aislados 7 géneros de nematodos fitopatógenos de un total de 9 encontrados en los departamentos de León y Chinandega. En la comunidad El Almendro fueron encontrados 4 géneros diferentes, lo que representa un peligro para siembras posteriores en estas comunidades de cultivos susceptibles a estos nematodos.

El Campus Agropecuario fue el único sector donde no se encontraron nematodos fitopatógenos asociados al cultivo del chiltomo. Esto se podría deber a que el área que estaba siendo utilizada viene de un período prolongado de barbecho, el cual según Caballinas *et al*, (1999), tiene un efecto perjudicial sobre las poblaciones de nematodos ya que se reducen y tienden a presentarse al final del ciclo del cultivo en bajas poblaciones.

Tabla 4. Géneros de nematodos más comunes encontrados en los departamentos de León y Chinandega, asociados al cultivo de Chiltomo 2009.

Comunidad	Géneros de Nematodos									
	Vida Libre	<i>Pratylenchus sp.</i>	<i>Rotylenchulus sp.</i>	<i>Tylenchus sp.</i>	<i>Helicotylenchus sp.</i>	<i>Meloydogyne sp.</i>	<i>Aphelenchoide sp.</i>	<i>Aphelenchus sp.</i>	<i>Nacobbus sp.</i>	<i>Heterodera sp.</i>
El Manzano	48	23	8	-	-	8	3	3	2	2
Las Peñas	40	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Campus Agro	85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
El Almendro	310	10	30	20	10	-	-	-	-	-
Eugenio Pérez	610	10	10	10	-	-	-	-	-	-
Total	1093	48	48	30	10	8	3	3	2	2
Promedio	219	10	10	6	2	2	1	1	1	1

6.2. Validación de estrategias botánicas y biológicas para el manejo de nematodos fitopatógenos.

El proceso de cuantificación de nematodos realizado en el Laboratorio de Fitopatología de la UNAN-León indica que a los 27 días después del trasplante (ddt), el tratamiento correspondiente a *Paecilomyces sp* presentaba la densidad poblacional más baja de nematodos con un promedio de 10 individuos en 100 g de suelo, seguido de Acido Piroleñoso con 90 nematodos en 100 g de suelo, el testigo fue en el que se aisló las poblaciones más altas con un promedio de 160 nematodos en 100 g de suelo.

A los 50 ddt se realizó el segundo muestreo, en el que se encontró que el tratamiento *Paecilomyces sp* continuó presentando las poblaciones más bajas con promedio de 240 nematodos, en segundo lugar encontramos a *Tagetes erecta* con un promedio de 270 nematodos, seguido de *Trichoderma sp* con 460 nematodos y en el testigo se aisló el mayor número de nematodos con promedio de 790 nematodos.

En el tercer muestreo efectuado a los 71 ddt, se encontró que *Paecilomyces sp* nuevamente presentó las poblaciones más bajas con promedio de 1080 nematodos, seguido de Acido Piroleñoso con 1120 nematodos, en tercer lugar encontramos a *Tagetes erecta* con una densidad poblacional de 1460 nematodos, en orden ascendente se encontro *Trichoderma sp* se aislaron 1560 nematodos en 100 g de suelo y en último lugar el testigo presentó una densidad poblacional de 2260 nematodos en 100 g de suelo.

El último muestreo se realizó a los 96 ddt, en el tratamiento *Tagetes erecta* se aislaron el menor número de nematodos fitopatógenos con promedio de 170 en 100 g de suelo, seguido de *Trichoderma sp* con 230 nematodos en 100 g de suelo, en tercer lugar *Paecilomyces sp* obtuvo un promedio de 420 nematodos y los dos que presentaron las densidades poblacionales más altas fueron Acido Piroleñoso y el testigo con promedios de 620 y 1090 nematodos en 100 g de suelo respectivamente (Gráfico 2).

La disminución en la población de nematodos en el último muestreo pudo ser causada por varios factores entre estos la falta de riego, lo que ocasionó que el área de la rizósfera de la planta se encontrara seca y esto provocó que los nematodos se profundizaran para poder sobrevivir lo que ocasionó que al momento de realizar los muestreos estos no se encontraran presentes en el área de muestreo que fue de 20 cm de profundidad. Según Castaño (s.f.) la temperatura del suelo, la humedad y la aireación del suelo afectan la sobrevivencia y movimiento de los nematodos en el suelo.

La falta de fertilización principalmente nitrogenada también contribuyó a que las poblaciones de estos organismos bajaran considerablemente ya que la planta en ausencia de este elemento reduce la producción de raicillas que sirven de alimento a los nematodos fitopatógenos. De igual manera la disminución en la aplicación de fertilización nitrogenada afecta a los nematodos debido a que los tejidos epidérmicos radiculares se vuelven coriáceos en ausencia de nitrógeno en el suelo, reduciendo su capacidad de alimentación debido a la difícil penetración del estilete en las raíces (Viaene, *et al*, 2006).

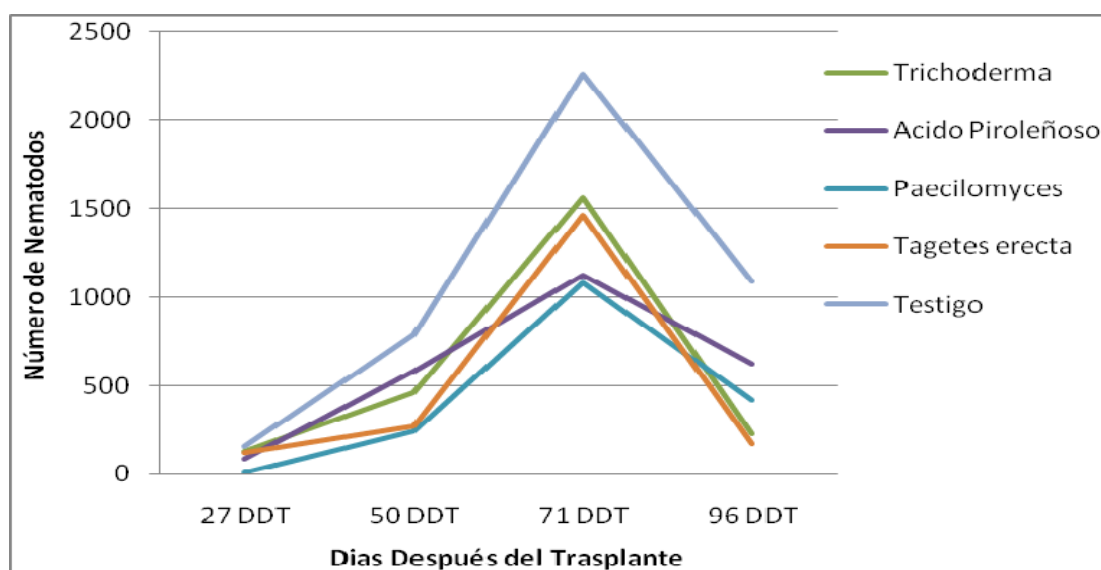


Gráfico 2. Efectos de cuatro tratamientos sobre las poblaciones de nematodos fitopatógenos en el cultivo de tomate. 2009.

Se realizó un análisis estadístico para determinar si hubo diferencia significativa en los tratamientos, para esto se realizó un análisis de varianza y se obtuvo, con un alfa de 0.05, una significancia de 0.019, menor que 0.05, esto indica que hay diferencias significativa entre los tratamientos (Anexo 3).

Seguidamente se realizó un análisis de separación de medias, según Duncan, y los tratamientos fueron divididos en dos grupos (Tabla 5). El primer grupo está formado por los cuatro tratamientos que se aplicaron en la parcela y el segundo por el testigo.

Esto indica que los cuatro tratamientos ejercieron control sobre las poblaciones de nematodos en comparación con el testigo.

Tabla 5. Separación de media según Duncan al 0.05%, realizada a poblaciones de nematodos bajo el efecto de diferentes metodos de control.

Tratamientos	N	Subset for alpha = .05	
		1	2
<i>Paecilomyces</i>	16	437,5000	
<i>Tagetes erecta</i>	16	505,0000	
<i>Trichoderma</i>	16	595,0000	
Acido Piroleñoso	16	602,5000	
Testigo	16		1075,0000
Sig.		,460	1,000

Los resultados de este estudio coinciden con el realizado por Castaño y Guido, (2002), en el cual *Paecilomyces sp* mantiene controladas a las poblaciones de nematodos principalmente a los géneros *Meloidogyne spp.*, *Pratylenchus spp.* y *Radopholus spp.* Los dos primeros géneros de nematodos se presentaron en este estudio siendo efectivamente controlados por el hongo nematófago *Paecilomyces lilacinus*.

Los resultados del estudio también coinciden con lo reportado por Cepeda y Gallego, (2003), que señalan a *Paecilomyces* controlando a *Meloidogyne spp.*, *Pratylenchus spp* y *Ditylenchus spp.*, reduciendo las poblaciones de estos nematodos en más de 6 veces después de cada aplicación. *Paecilomyces sp* parasita huevos y hembras de nematodos, causando deformaciones, destrucción de ovarios y eliminando la eclosión de huevos; a la vez se ha comprobado que en condiciones de pH ligeramente ácido, producen toxinas que afectan el sistema nervioso de los nematodos (Cepeda y Gallego, 2003).

En este estudio las poblaciones de nematodos se incrementaron consistentemente durante el ciclo fenológico de la planta. A pesar que los tratamientos utilizados en el presente estudio han sido formulados para realizarse en una sola aplicación se observó que estos perdían paulatinamente su efecto controlador al acercarse la planta a su estado de madurez fisiológica. Se pudo apreciar que los tratamientos aplicados tendieron a perder su efecto controlador, debido posiblemente a condiciones ambientales adversas como falta de humedad en el suelo y altas temperaturas, por eso Castaño y Guido, (2002) y Cepeda y Gallego, (2003), han sugerido realizar más de una aplicación de productos de control en el ciclo de desarrollo de los cultivos.

En el caso del tratamiento *Tagetes spp.*, es reportada por Krueger *et al*, (s.f), como una planta supresora de 14 géneros de nematodos fitopatógenos entre los que destacan *Pratylenchus spp.*

y *Meloidogyne* spp, los cuales son reportados como nematodos altamente susceptibles a los efectos de esta planta.

Según Nivsarkar *et al*, (s.f.), el efecto controlador de *Tagetes* spp., se debe al ingrediente activo Alfa-tertienilo, el cual es un excelente insecticida y nematicida. Esta sustancia es activada en la planta por el efecto de la luz ultra violeta y genera radicales de oxígenos que tienen la capacidad de inhibir varias enzimas. Sin embargo afirma que el efecto de *Tagetes* spp. cuando es colocada en asocio con otro cultivo es relativamente bajo, pero en este estudio fue el segundo tratamiento que mejor controló y uno de los que mostró diferencia significativa con respecto al testigo.

6.3. Relación costo-beneficio del cultivo de tomate bajo cada tratamiento.

Presupuesto parcial

Los únicos costos que variaron en el estudio fueron los precios de los tratamientos usados, la mano de obra invertida en la aplicación, la cosecha y el transporte del tomate al mercado. Utilizando un precio de venta de C\$ 8 por kilogramo de tomate (C\$ 200 la cajilla de 25 kg), en el mercado La Terminal.

El tratamiento que presentó el menor costo de producción fue el testigo sin aplicación. Seguido de *Trichoderma* sp con C\$ 13,496.40 por ha., luego el tratamiento *Paecilomyces* sp con C\$ 15,562.00 y finalmente el tratamiento que tuvo el más alto costo de producción fue Ácido Piroleñoso con costos de C\$ 19,016.80.

El testigo tiene los menores costos que varían porque no lleva ninguna aplicación, no se incurren en gastos de productos y mano de obra adicional, aunque si gastos de cosechas y transporte de tomate. Con respecto a los otros tratamientos, *Trichoderma* sp a pesar de tener costos de aplicación similares que *Paecilomyces* sp, varían porque el primero obtiene una producción menor que el segundo, esto hace que los costos de cosecha y transporte del tomate sean menores. *Tagetes erecta* y Ácido Piroleñoso, tienen los costos más altos debido a que los tratamientos son de mayores costos, además de las variaciones en la producción.

En la siguiente tabla se muestra el presupuesto parcial de los tratamientos evaluados para el control de nematodos en el cultivo de tomate.

Tabla 6. Presupuesto parcial de los tratamientos evaluados para el control de nematodos en el cultivo de tomate.

TRATAMIENTOS	Kg / h _a			C\$ / h _a									
	Rendimiento bruto	Rendimiento ajustado al 10 %	Precio de venta (C\$/kg)	Beneficio Bruto en Campo.	<i>Trichoderma</i> sp. (240 g / h _a)	<i>Paecilomyces</i> sp. (240 g / h _a)	Acido Piroleñoso (370 l)	<i>Tagetes erecta</i> (23809 plántulas)	Mano de obra	Cosecha	Transporte	Total de Costos que Varían	Beneficio Neto
Testigo	46283	41654.7	8.00	333237.6	0	0	0	0		8331.00	4998.60	13329.60	319908.00
<i>Trichoderma</i> sp.	45370	40833.0	8.00	326664	400	0	0	0	30	8166.50	4899.90	13496.40	313167.60
<i>Paecilomyces</i> sp.	52541	47286.9	8.00	378295.2	0	400	0	0	30	9457.50	5674.50	15562.00	362733.20
Acido piroleñoso	51448	46303.2	8.00	370425.6	0	0	4170	0	30	9260.50	5556.30	19016.80	351408.80
<i>Tagetes erecta</i>	48089	43280.1	8.00	346240.8	0	0	0	4761.8	30	8656.00	5193.60	18641.40	327599.40

Tasa de cambio: C\$ 20 por 1 US\$

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 en el tratamiento *Paecilomyces* sp.es decir, que por cada C\$ 1 invertido se obtiene C\$3.94 córdobas es decir una utilidad de 394%, Ácido Piroleñoso tubo una utilidad de 363%, en tercer lugar el testigo con una utilidad de 348%.

Tabla 7. Análisis beneficio/costo de los tratamientos aplicados en el cultivo de tomate, para el control de nematodos fitopatógenos. 2009.

Tratamiento	(C\$/ha)					Beneficio/ costo
	Costos variables	Costos comunes	Costos totales	Ingreso bruto	Utilidad	
Testigo	13329.60	61020.6	74350.20	333237.6	258887.40	3.48
<i>Trichoderma</i> sp	13496.40	61020.6	74517.00	326664	252147.00	3.38
<i>Paecilomyces</i> sp	15562.00	61020.6	76582.60	378295.2	301712.60	3.94
Ácido Piroleñoso	19016.80	61020.6	80037.40	370425.6	290388.20	3.63
<i>Tagetes erecta</i>	18641.40	61020.6	79662.00	346240.8	266578.80	3.35

Tasa de cambio: C\$ 20 por 1 US\$.

VI. CONCLUSIONES

1. Los nematodos más comunes en tomate en 100 g de suelo fueron: *Pratylenchus* sp. con promedios de 41, *Rotylenchulus* sp. con promedios de 14 nematodos y *Tylenchus* sp. con promedios de 9 nematodos.
2. Los nematodos más comunes en chiltomo en 100 g de suelo fueron: *Pratylenchus* sp. con promedios de 10 nematodos, *Rotylenchulus* sp. con promedios de 10 nematodos y *Tylenchus* sp. con promedios de 6 nematodo.
3. Los tratamientos que lograron el mayor control sobre las poblaciones de nematodos fueron *Paecilomyces* sp. con promedio de 438 nematodos por cada 100 g de suelo y *Tagetes erecta* con promedios 505 nematodos por 100 g de suelo
4. El tratamiento que presentó mayor rentabilidad fue *Paecilomyces* sp con un beneficio costo de C\$ 3.94.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar muestreos nematológicos previos a la siembra de los cultivos de tomate y chiltomo, en las zonas de León y Chinandega.
2. Utilizar *Paecilomyces* sp. para el control de nematodos fitopatógenos en el cultivo de tomate, debido a que presentó los menores niveles poblacionales de nematodos y la mejor relación beneficio costo.
3. Validar la utilización de extractos *Tagetes erecta* para el control de nematodos en tomate en lugar de su siembra en asocio.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Arguello, H, Lastres, L, Rueda, A; y Rivera M. 2007. Guía para el reconocimiento y manejo de virosis en cultivos hortícolas. Programa de Manejo Integrado de Plagas en América Central (PROMIPAC-ZAMORANO- COSUDE). Carrera de Ciencia y Producción Agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 88p.

Bentley, J y Boa, E. 2006. Nicaragua 31 hojas volantes para agricultores. Puestos para plantas Nicaragua. FUNICA - INTA - DGPSA - CLÍNICA GLOBAL DE PLANTAS.

Caballinas, E.; Bradford, J. y Smart J. 1999. Efecto del sistema de labranza, tipo de suelo, condición del cultivo y la secuencia de cultivo en los nematodos reniformes, después de la cosecha. *Nematropica* 29: 137-146.

Carballo, M; Guharay, F y López J. 2004. Control Biológico de Plagas Agrícolas. Managua: CATIE (Serie técnica manual técnico # 53). 232 p.

Carranza A.2004. Evaluación de tres productos botánicos (*crotalaria longirostrata*, *tagetes tenuifolia* y *asparagus officinalis*) y dos concentraciones para control del nematodo *meloidogyne sp.* en el cultivo de zanahoria(*daucus carota*); a nivel de invernadero. Lic. Universidad de San Carlos de Guatemala.Pag.14

Castaño, J. s.f. Principios básicos de fitopatología. Honduras, ZAMORANO. Pp. 287-299.

Castaño J. y Guido F. 2002. Evaluación de alternativas para el manejo de nematodos fitopatógenos en plátano dominico hartón (En línea). Universidad de Caldas. Colombia. Consultado el 25 de febrero del 2009. Disponible en: <http://acad.ucaldas.edu.co/jcg/fitotecnia/boletin/68/68.pdf>

Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). s.f. Guía Técnica cultivo de Chile Dulce. El Salvador, CENTA. 50p.

Cepeda, M. y Gallegos G. 2003. Evaluación de la efectividad biológica, de biostat *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samsom, para el control de nematodos en papa (*Solanum tuberosum* L.) en Navidad, Galeana, Nuevo, León. (En línea) México. Consultado el 25 de febrero del 2009. Disponible en: www.uaaan.mx/DirInv/Rdos2003/papa/evalbiost.pdf

CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México D.F., México: CIMMYT.

CRM-Nicaragua (Cuenta Reto del Milenio-Nicaragua). 2007. Oportunidades para la agricultura en León-Chinandega. Managua, Nicaragua, CRM. 38 p.

Domínguez, H. s.f. Práctica de campo: El muestreo de nematodos. Honduras, ZAMORANO. 12 p.

ENLACE, 2005. Nicaragua: víctimas del nemagón en marcha sin retorno. No.69. Editado por Rap-Chile.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 1983. Métodos simples para fabricar carbón vegetal (En línea). Roma, Italia. Consultado el 12 de abril de 2009. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/X5595S/X5595S00.htm>

IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). 2005. Tomate: Guía práctica para la exportación a EEUU. Managua, Nicaragua, IICA. 16 p.

INPRHU, s.f. Proyecto productivo: Jugo o Vinagre de Madera. Concurso Mesoamericano de Sistematización Prácticas Innovadoras en Proyectos de Desarrollo Rural

INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2004. Manejo Integrado de Plagas: Cultivo de Tomate. Managua, Nicaragua, INTA. 63 p.

INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 2004. Manejo Integrado de Plagas: Cultivo de Chiltoma. Managua, Nicaragua, INTA. 32 p.

Jatala, P.; R. Kaltenbach y M. Bocangel. 1979. Biological control of *Meloidogyne incognita acrita* and *Globodera pallida* on potatoes. *Journal of Nematology*.11:303.

Krueger, R; Dover K. E; McSorley, R y Wang, K.H. s.f. Marigolds (*Tagetes* spp.) for Nematode Management (En línea). Universidad de Florida. Estados Unidos. Consultado el 15 de diciembre del 2008. Disponible en: <http://edis.ifas.ufl.edu/NG045>

Montes, A. s.f. Cultivo de Hortalizas en el Trópico. Honduras, ZAMORANO. 207p.

Mondragón, J. 2007. Malezas de México: *Tegetes erecta*. (En Línea). México. Consultado el 12 de noviembre de 2008. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/tagetes-erecta/fichas/ficha.htm>

Nivsarkar, M; Cherian, B y Padh H. s.f. Alpha-terthienyl: A plant-derived new generation insecticide (en línea). India. Consultado el 18 de diciembre del 2008. Disponible en: <http://www.ias.ac.in/currsci/sep252001/667.pdf>

Noyd, R. 2000. Mycology Reference Cards. The American Phytopathological Society. 4 ed.

Peralta, I.E. Spooner, D.M. 2000. Classification of wild tomatoes: a review. *Kurtziana*. 2000, v. 28, no. 1, p. 45-54.

Rumano, S. y Sánchez. 2003. Enciclopedia práctica de la Agricultura y Ganadería. MCMXCIX Océano grupo editorial S.A. España. 633-634 p.

Shurtleff, M. y Averre, C. 2000. Diagnosing Plant Diseases Caused by Nematodes. 1 ed. The American Phytopathological Society. St. Paul, Minnesota, USA. P 187.

Stetina, S. R; Young L.D; Pettigrew W.T y Bruns H. A. 2007. Impacto de la Rotación de Maíz y Algodón en Poblaciones del Nematodo Reniforme y en la Producción. *Nematropica* 37:237- 248.

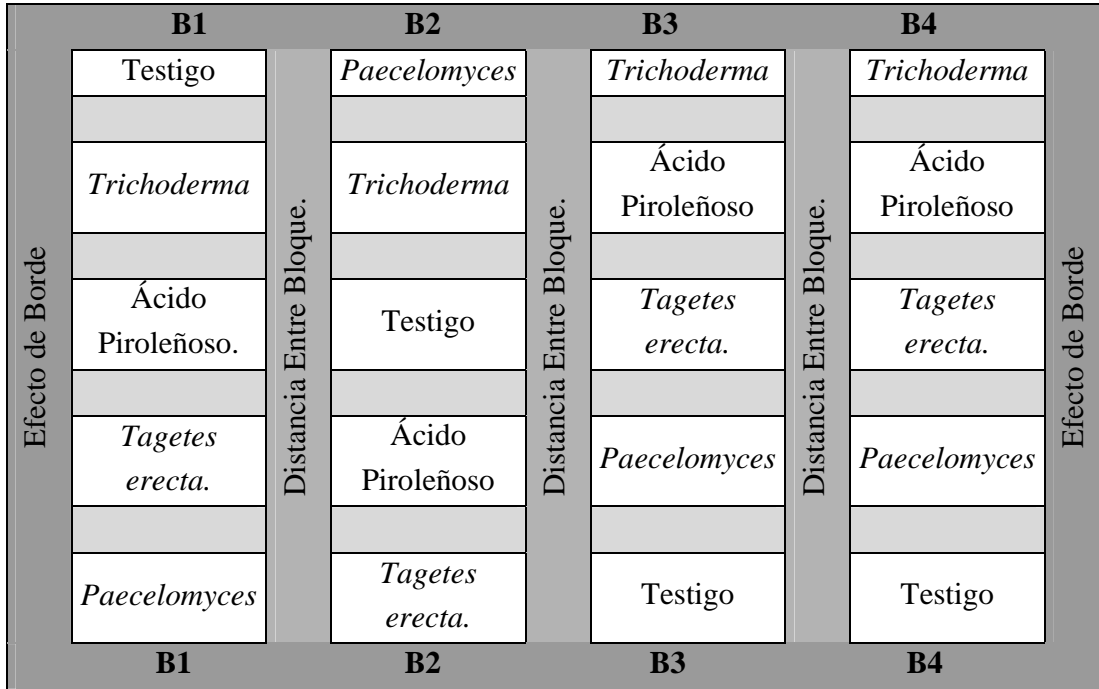
Tronsmo A. 1996. *Trichoderma harzianum* in biological control of fungal disease. In Principles and practice of managing soilborne plant pathogens. Editor Robert Hall. American Phytopathological Society Press

Verdejo-Lucas, S. 2009. Manejo Integrado de Nematodos. Seminario DuPont, 11 y 12 de marzo, Murcia y Almería. P 5.

Viaene N., Coyne D y Ferry B. 2006. Biological and cultural management. In: Perry R, Moens M, editors. Plant Nematology. CABI, UK. 346-369 p.

ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Campo.



Características del Área de Estudio

Área Total: 400 m²

Área de Parcelas: 13.5 m²

Distancia entre Bloques: 2.4 m.

Distancia entre Parcelas: 0.5 m.

Distancia entre surco: 1.2 m.

Distancia entre Planta: 0.35 m.

Anexo 2. Presupuesto

COSTO DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE TOMATE					
DESCRIPCION	U DE M	CANT	P.UNIT	TOTAL	TOTAL (\$)
Insumos de siembra					
Semilla de Tomate Var. Chiro.	Sobre	5	1248.32	6241.6	312.08
Insumos Fitozsanitarios					
Insecticidas	Lote	1	5000	5000	250
Fungicidas	Lote	1	5000	5000	250
Sencor	Lts	1	700	700	35
Fisilade	Lts	1	600	600	30
Fertilizantes Solubles					
Nitrato de Potacio	Kg	396	40	15840	792
Fosfato monoamonico	Kg	106	49	5194	259.7
Urea	QQ	7	650	4550	227.5
Nitrato de Calcio	Saco	2	1072.5	2145	107.25
Nitrato de Magnecio	Saco	2	1075	2150	107.5
Fertilizantes Edaficos					
0-0-60	QQ	7	800	5600	280
18-46-0	QQ	4.5	1000	4500	225
Fertilizantes Foliares					
Mega Fol (Aminoacidos)	Lts	2	300	600	30
Triple 19 (Polly - Feed)	Kg	10	50	500	25
Boro	Lts	2	300	600	30
Zinc	Lts	2	300	600	30
Kalex	Lts	2	300	600	30
Crop Up	Lts	2	300	600	30
TOTAL				61020.6	3051.03

Cambio del Dólar: \$1=C\$20

Anexo 3. Análisis de Varianza de los tratamientos.

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	4029480,000	4	1007370,000	3,140	,019
Within Groups	24062600,000	75	320834,667		
Total	28092080,000	79			