

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

En Ecuador, según estadísticas del INEC (1965 a 1997 y 2002), la demanda del tomate de mesa muestra un aumento constante al considerar que la superficie cosechada se incrementó en 218% de 1965 a 1997; sin embargo, los rendimientos por hectárea muestran una reducción constante y considerable, de 25 t/ha en 1965 a 9,7 t/ha en 1997 y una recuperación a 22 t/ha en el 2002.

Entre las causas de la disminución del rendimiento se aducen a un incremento de la incidencia de enfermedades, insectos plagas y nematodos agalladores (*Meloidogyne incognita* y *Nacobbus aberrans*). En cambio, la recuperación del rendimiento registrada en el 2002, se debería a que a partir del año 2000, esta hortaliza empezó a cultivarse bajo cubierta (invernadero) en la sierra, cuya superficie se estimó en 400 ha, presentando un constante crecimiento y desarrollo tecnológico (AGRIPAC, 2000).

Si bien las condiciones bajo cubierta favorecen el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo, por su protección contra la acción destructiva de los vientos, lluvias, granizos y heladas, a la baja incidencia de enfermedades e insectos en relación a campo abierto y a la facilidad de su control porque los productos químicos aplicados no son lavados por las lluvias; en cambio, en el caso de nematodos agalladores y específicamente de *M. incognita*, su incidencia y severidad se incrementa constantemente por las siembras continuas de tomate de mesa

(monocultivo) que los productores realizan para recuperar la inversión de construcción de los invernaderos.

Bajo condiciones de invernadero, *M. incognita* ocasiona 36, 43 y 47% de pérdidas, en las variedades de tomate de mesa Sheila, Sahel y Charleston, respectivamente, en Yuyucocha, Imbabura, pérdidas que demuestran que este parásito constituye un factor limitante de dicho cultivo (Revelo *et al.*, 2006).

Para el control de *Meloidogyne incognita*, se han desarrollado variedades resistentes mediante la incorporación del gene Mill de *Lycopersicon peruvianum*, que a pesar de estar asociado a características indeseables, en algunas países ha economizado millones de dólares a los productores de tomate en campo abierto; sin embargo, en Imbabura, donde los agricultores realizan monocultivo intenso, la siembra continua de variedades resistentes en invernadero, haría que la resistencia sea vencida por el nematodo por la fuerte presión de selección de razas que esta práctica ejerce.

En Ecuador, el método generalizado de control de nematodos en tomate, es mediante la aplicación de los nematicidas Furadan[®] (carbofuran), Mocap[®] (ethoprophs) y Namacur[®] (fenamiphos), siendo el más usado el Furadan[®]. Con estos productos, el control es parcial, temporal y ocasiona un alto egreso de divisas por concepto de importación de los mismos, incrementa los costos de producción, afecta la salud humana y contamina el ambiente (INIAP, 1982; Eguiguren, *et al.* 1992; Suquilanda, 1996).

La alternativa más conveniente para controlar a *M. incognita* en tomate de mesa en invernadero, se considera el control biológico que no afecta el ecosistema ni la salud humana. Este método de control implica el uso de enemigos biológicos como bacterias, hongos, animales depredadores y plantas antagónicas o sus extractos (Dropkin, 1989).

En la actualidad en el mercado se dispone de productos de naturaleza biológica y botánica para controlar nematodos; sin embargo, la eficiencia de control, la calidad y su rentabilidad, requieren ser evaluadas experimentalmente, para lo cual se debe considerar el género y especie de nematodo, el cultivo de interés y su variedad y las condiciones ambientales de la zona donde se cultive el mismo.

El manejo integrado que combina el uso de variedades resistentes, el uso racional de productos químicos, las buenas prácticas de cultivo y la utilización de medidas que favorezcan el desarrollo de sus enemigos naturales, es el sistema de control más eficiente.

Lo anotado, aunado a la importancia del cultivo de tomate de mesa en Imbabura y considerando la visión del manejo integrado de nematodos, motivó a planificar y ejecutar el presente proyecto de investigación con el siguiente objetivo:

Determinar la eficiencia y rentabilidad de los productos biológicos: Nemater[®], Intercept[®], Biostat[®], Micosplag[®] y Bioway[®], el de naturaleza botánica Neem-X[®] y los de naturaleza química Rugby[®] (cadusafos) y Furadan 10G[®] (carbofuran) en el control de *M. incognita* en el cultivo de tomate de mesa.

La hipótesis de trabajo fue: al menos uno de los productos nematicidas, de naturaleza biológica o botánica, es eficiente y rentable en el control de *M. incognita* en tomate de mesa cultivado bajo invernadero, en relación a los nematicidas químicos Furadan[®] y Rugby[®] y al sistema de control del agricultor.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades e importancia del tomate de mesa

A pesar que el centro de origen del tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) y la historia primitiva de su domesticación no se conocen con claridad, las evidencias sugieren que México fue el probable centro de origen. Los exploradores de plantas han encontrado parientes silvestres del tomate en los bosques pluviales tropicales de América del Sur, así como en regiones áridas de su México nativo (Villareal, 1982).

El tomate pertenece a la familia de las solanáceas y es la hortaliza más extensivamente cultivada en el mundo, después de la papa, por su alta demanda para consumo en fresco y por la industria. Es fuente importante de vitaminas A y C.

En fresco, esta hortaliza se la consume cruda en tajadas, en emparedados o en trozos para ensaladas y también cocinada, horneada, estofada, sometida a vapor o en salsa para diversos alimentos (Villareal, 1982; Jano, 2006).

Con el tomate, la industria prepara los siguientes productos: enlatado, pulpa o puré, pasta, jugos, salsa, salsa picante, polvo de tomate para reconstituirse como jugo, dulces y encurtidos (Villareal, 1982; Jano, 2006).

El potencial de esta hortaliza en las zonas de los trópicos es grande. Comercialmente se producen 45 millones de toneladas métricas por año, en 2,2 millones de hectáreas.

La expansión de su cultivo, generaría empleo rural, estimularía el empleo urbano, aumentaría las exportaciones, mejoraría la nutrición de la gente e incrementaría el ingreso de los agricultores (Villareal, 1982; Jano, 2006).

En Ecuador, según estadísticas del INEC (1965 a 1997, 2002), la demanda de esta hortaliza muestra un aumento constante al registrar la superficie cosechada un incremento de 218% de 1965 a 1997; sin embargo, los rendimientos por hectárea muestran una reducción constante y considerable, de 25 t/ha en 1965 a 9,7 t/ha en 1997 y una recuperación de 22 t/ha en el 2002.

Entre las causas de la constante disminución del rendimiento, se aducen a un incremento en incidencia de las enfermedades: fusariosis (*Fusarium oxysporum*), tizón tardío (*Phytophthora infestans*), tizón temprano (*Alternaria solani*), moho gris o botritis (*Botrytis cinerea*), oidio (*Oidium lycopersicum*), oidio polvoso (*Leveillula taurina*), moho foliar (*Fulvia fulva*), septoriosis (*Septoria* sp.), mancha foliar (*Stemphylium solani*), sclerotinosis (*Sclerotinia* sp.), pudrición del tallo (*Didymella lycopersici*), roya (*Puccinia* sp.), virus (virus del mosaico del tomate), damping-off (*Phytophthora* sp., *Phytophthora* sp., *Rhizoctonia solani*), de las plagas: mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), enrollador (*Scrobipalpula absoluta*), minador de la hoja (*Liriomyza quadrata*), trozador (*Agrotis* sp.), ácaros o araña roja (*Tetranychus* sp.), trips (*Frankliniella occidentales*), trozador (*Agrotis* sp.) y nematodos agalladores de la raíz (*Meloidogyne incognita* y *Nacobbus aberrans*) (INIAP, 1982; MAG; 1986; Eguiguren *et al.* 1992; AGRIPAC, 2000; Suquilanda y Lalama, 2003; Asociación de Agrónomos Indígenas de Cañar, 2003).

2.2. Generalidades sobre los fitonematodos y *Meloidogyne* spp.

Los nematodos son gusanos filiformes del grupo de los nematelmintos, con el cuerpo sin segmentar, revestidos de una piel dura (cutícula) y con simetría bilateral, de entre

1 y 3 mm de longitud. Penetran en las células vegetales perforando la membrana y se alimentan de su contenido. Producen deformaciones, necrosis y podredumbre en los órganos vegetales especialmente del sistema radical y, en el caso de ataques graves, la progresiva reducción de los rendimientos, cuyo efecto generalmente es aducido a cansancio o fatiga del suelo y a una mala nutrición de la planta (Agrios, 1988).

Para su alimentación los fitonematodos se orientan mediante los anfidios (órganos sensoriales). Estos animales localizan y se aproximan a la raíz siguiendo el gradiente de secreciones de la raíz; luego con el estilete perforan las paredes de las células e inyectan secreciones de sus glándulas esofágicas. En el caso de *M. incognita*, estas secreciones causan un agrandamiento de las células en el cilindro vascular y aumentan la porción de la división celular en el periciclo, dando lugar a la formación de células gigantes que forman las diferentes nudosidades (Taylor y Sasser, 1983; Parada, 1994). Además de la formación de agallas, causan la disminución de pelos absorbentes de las raíces, debido a las lesiones que producen y al asocio con otros patógenos como bacterias y hongos (Taylor y Sasser, 1983; CATIE, 1990; Parada, 1994).

2.2.1. Importancia económica

La presencia de fitonematodos en los cultivos puede ocasionar la reducción de las cosechas tanto en cantidad como en calidad.

La importancia económica se determina al evaluar las pérdidas ocasionadas en los cultivos, las cuales dependen de la especie del nematodo, de su densidad de población y de la variedad del cultivo; así, bajo condiciones de invernadero, *M. incognita* ocasiona 36, 43 y 47% de pérdidas, en las variedades de tomate de mesa Sheila, Sahel y Charleston, respectivamente, en Yuyucocha, Imbabura (Revelo *et al.*, 2006), lo que demuestra que este parásito es un factor limitante de la producción de esta hortaliza.

El nematodo agallador, *M. incognita*, es uno de los fitoparásitos de mayor importancia por el deterioro económico que produce, por su distribución mundial, su extenso grupo de hospederos y por su interacción con otros agentes como hongos y bacterias, constituyendo de esta forma uno de los mayores problemas para las plantas cultivadas en el mundo (INIAP, 1982).

Este nematodo ocasiona daños cuando su población se incrementa a niveles altos como consecuencia de un intenso monocultivo acompañado de prácticas culturales deficientes. Sin embargo Christie y Lordello citados por Revelo, (1991) señalan que las plantas bajo condiciones favorables de humedad, labores culturales adecuadas y oportunas pueden soportar altas infestaciones sin que su desarrollo sea seriamente afectado.

2.2.2. Distribución geográfica

El nematodo agallador *Meloidogyne spp.* se encuentra distribuido en todo el mundo, pero con mayor frecuencia y abundancia en regiones de clima cálido y tórrido e inviernos cortos y moderados. Atacan a más de 2000 especies de plantas incluyendo la mayoría de los cultivos (Agrios, 1988). No se conocen los hábitats originales de las especies del género *Meloidogyne*. La amplia distribución de material infectado por este nematodo, dificulta distinguir entre las especies nativas de una región y las ya adaptadas para vivir allí desde hace tiempo (Parada, 1994).

En Ecuador *Meloidogyne incognita* se halla distribuido en la Costa, Sierra y Oriente desde el nivel del mar hasta los 2800 msnm, atacando alrededor de 800 plantas hospedantes incluyendo malezas (Triviño y Quimí, 1984; Eguiguren *et al.*, 1992; Revelo, 2002).

Eguiguren *et. al.*, (1992) y Revelo (2002), señalan que este género está representado por cuatro especies cuya distribución y rango de hospederos es el siguiente:

Meloidogyne incognita se encuentra en las regiones de la costa, sierra y oriente. Parasita raíces de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum* Mill), tomate de árbol (*Cyphomandra betacea*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*), col (*Brassica oleraceae*), papaya (*Carica papaya*), pimiento (*Capsicum anum*), arveja (*Pisum sativum*), haba (*Vicia faba*), tabaco (*Nicotiana tabacum*), babaco (*Carica pentagona*), banano (*Musa x paradisiaca*), alfalfa (*Medicago sativa*), grama (*Anthoxanthum odoratum*), falsa naranjilla, guandul (*Cajanus cajan*), maíz (*Zea mays*), maní (*Arachis hypogaea*), rosas en invernadero (*Rosa spp.*), varias clases de flores de verano, naranjilla (*Solanum quitoense* Lam.) y muchas malezas.

Meloidogyne javanica se encuentra en ciertos sectores de la costa. Parasita caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill).

Meloidogyne hapla se encuentra en ciertas zonas de la sierra. Parasita papa (*Solanum tuberosum*) y actualmente rosas en invernadero (*Rosa spp.*).

Meloidogyne arenaria se encuentra en ciertos sectores e la sierra. Parasita raíces de piretro (*Crysanthemum cinerariáefolium*) y fréjol (*Phaseolus vulgaris* L.).

2.2.3. Síntomas

El nematodo daña las raíces de las plantas, formando nudos o agallas fáciles de ver a simple vista, que afectan la capacidad de absorción de agua y nutrientes, provocando un retardo en el crecimiento y síntomas de deficiencia de nitrógeno (clorosis) en la parte aérea, con tendencia a marchitarse durante los días calurosos. Los rendimientos disminuyen considerablemente y los frutos son de mala calidad. El daño puede ser

más severo cuando el nematodo interactúa con hongos y bacterias del suelo, formándose verdaderos complejos que disminuyen drásticamente la producción (Taylor y Sasser, 1983).

M. incognita produce varios síntomas: la parte aérea de las plantas muestra una reducción de crecimiento y síntomas similares a la falta de nutrientes y agua. En la raíz produce agallas o nudos, de los cuales emergen muchas raíces laterales, lo que da lugar a un sistema radical compacto anormalmente abundante y entrelazado y por consiguiente el follaje se presenta vigoroso y abundante (Taylor y Sasser, 1983).

En ocasiones produce acortamiento de raíces, reducción del número de raíces laterales y de los pelos absorbentes, lo cual causa detenimiento del crecimiento de la planta, marchites en los días soleados y síntomas de deficiencia de nutrientes, aún cuando el agua y nutrientes sean abundantes en el suelo (Taylor y Sasser, 1983).

2.2.4. Taxonomía

De acuerdo a Jepson (1987) citado por Parada (1994), la clasificación taxonómica de *Meloidogyne sp.* es la siguiente:

| | |
|----------------|----------------|
| Reyno: | Animal |
| Phylum: | Nematoda |
| Clase: | Secernentea |
| Orden: | Tylenchida |
| Sub orden: | Tylenchina |
| Super familia: | Heteroderoidea |
| Familia: | Meloidogynidae |
| Sub familia: | Meloidogyninae |
| Género: | Meloidogyne |

2.2.5. Ciclo de Vida

El ciclo de vida de *M. incognita*, es similar a la de todas las especies de este género, sin embargo, la tasa de desarrollo depende de la temperatura y del hospedante (CATIE, 1990).

Los huevos son puestos por la hembra en estado de célula simple; estos se encuentran embebidos en una masa gelatinosa glicoproteínica (matriz), que los protege de la deshidratación; son ovalados, algunas veces elipsoidales, levemente cóncavos y pueden medir de 30 a 52 micras de ancho por 67 a 128 micras de largo, la hembra oviposita un promedio de 500 a 1000 huevos, que breves horas después comienzan el desarrollo hasta que se observa una larva completamente formada, siendo este el primer estadio larvario; poco después ocurre la primera muda y se produce el estado de larva infectivo la cual corta con su estilete la cáscara del huevo para migrar e invadir las raíces justamente sobre la caliptra de la raíz (Taylor y Sasser, 1983; CATIE, 1990).

La larva presenta una segunda muda y da lugar a la tercera etapa larvaria, luego ocurre una tercera muda y se desarrolla una cuarta etapa larvaria, en la cual es posible distinguirlo ya como individuo macho o hembra. El macho sufre la cuarta y última muda y emerge de la raíz como un macho adulto vermiforme, el cual vive libremente en el suelo. La hembra de la cuarta etapa larvaria continúa aumentando de grosor y un poco más de longitud, sufre la última muda y se desarrolla en una hembra adulta, la cual continúa hinchándose y, fecundada o no por el macho, forma huevecillos que deposita en una cubierta protectora (matriz). El ciclo de vida puede concluir al cabo de 3 o 4 semanas, bajo condiciones ambientales óptimas (Taylor y Sasser, 1983).

Esta especie, al igual que todas las especies de nematodos, se reproduce sexualmente, pero cuando las condiciones no son apropiadas o favorables lo hacen

partenogénicamente (asexual). Produce muchas generaciones durante el ciclo del cultivo, incrementando su población al final del mismo y, de esta forma, el inóculo para la siguiente siembra.

2.2.6. Interacciones

En campo, el ataque de plantas únicamente por *Meloidogyne* es prácticamente imposible debido a que en la zona de la rizosfera conviven bacterias, hongos y virus que dependen unos de otros. Taylor y Sasser (1983), mencionan que todos los cambios fisiológicos que ocasiona la presencia del nematodo en los tejidos del hospedero provocan una predisposición del hospedero al ataque de otros organismos.

Cuando se produce el ingreso del nematodo en la raíz del hospedero, este puede interactuar tanto con patógenos endógenos como con los de características exógenas, de tal forma que la interacción puede ser sinérgica, aditiva o antagónica (Taylor y Sasser, 1983; Revelo, 1991). Wallace citado por Revelo (1991) anota que muchas de las enfermedades de sintomatología compleja se puede deber a este tipo de interacciones, por lo que la utilidad de los postulados de Koch está empezando a cuestionarse y actualmente es necesario examinar muchos factores simultáneamente para dilucidar la etiología de algunas enfermedades.

2.2.7. Medidas de control

Generalmente la población de nematodos está en el suelo, pero también puede encontrarse en el material de propagación de las plantas (plántulas para trasplantes, tubérculos, bulbos y rizomas) o en las raíces de las plantas en incremento.

El objetivo básico, dentro del control de *Meloidogyne*, es económico y está orientado a incrementar la calidad y la cantidad de las cosechas (Taylor y Sasser, 1983).

Triviño y Quimi (1984) y Revelo (1991), señalan que la finalidad del control de nematodos consiste básicamente en reducir y mantener su población a niveles bajos que no afecten económicamente al cultivo, ante la imposibilidad de erradicarlos.

El control mediante la aplicación de nematicidas químicos sintéticos es usado por el 95 a 100% de los agricultores del valle del Chota y Pimampiro en Ecuador. El producto más utilizado es Furadan (carbofuran) y en poca proporción Mocap (ethoprophos) (Revelo, *et al.* 2006). Este tipo de control proporciona un control efectivo pero temporal de nematodos, ocasiona un egreso alto de divisas por concepto de importación de nematicidas, incrementa los costos de producción, afecta la salud del hombre y contamina el ambiente (Silva, 1985; Thrumpp, 1985).

Se ha demostrado que el método más eficiente para el control de nematodos es el uso de variedades resistentes, según Taylor y Sasser citados por Revelo, (1991) y Silva, (1984).

Al respecto, las variedades Diva, Victoria, Rocio, Chibli, Gina, Thomas y Fortaleza presentan un comportamiento resistente tolerante al parasitismo de *M. incognita*; Sahel presenta un comportamiento resistente no tolerante; Paronset, FA1418, E2532067, Titán, Suncret y Nemoneta, presentan un comportamiento susceptible tolerante y Charleston, Sheila, Stacatto, Ikram, Sweet y Don José, un comportamiento susceptible no tolerante (Revelo *et al.*, 2006).

Según Agrios, (1988) en relación a la práctica de rotación de cultivos, indica que es ineficaz debido a la falta de información sobre el rango de hospederos de este nematodo.

2.2.8. Control biológico

Desde 1888 se conoce de la existencia de hongos que se alimentan de nematodos. En la mayoría de los casos casi la totalidad de las especies de hongos controladores de nematodos provienen de materia orgánica en descomposición, sin embargo, en 1954 se demostró que estos hongos también son comunes en el suelo (Jatala, sf).

Davide (1983), reporta que en Filipinas se aislaron hongos nematófagos de compost de paja de arroz y estiércol de pollo. Así en 1967 fueron observados los hongos *Arthrobotrys sp.*, y *Dactyllela sp.*, alimentándose de nematodos, posteriormente a *Arthrobotrys oligospora*, *Trichothecium musiformis*, *Catenaria anguillulae*, *acrostalagmus oboyatus* y *Stylopaga sp.* Concluye indicando que pruebas de invernadero mostraron que estos hongos redujeron la infección del nematodo del nudo de la raíz en tomate de 38.3 a 70.8% siendo *Arthrobotrys* el más efectivo.

Experimentos de control biológico en campo e invernadero fueron realizados empleando 14 aislamientos de diferentes hongos, incluyendo cuatro de Filipinas y a *P. lilacinus* de Perú, para el control de *Meloidogyne incognita* en tomate. El aislamiento de Perú dio un control de 90 a 91%, mientras que el de Filipinas dio un control de 75 a 82%, seguido por *Arthrobotrys cladodes* con un control de 49 a 79%, el resto de los hongos probados fueron menos efectivos (Davide, 1983).

Por otra parte en la actualidad se están utilizando hongos micorrizógenos como control biológico de patógenos en plantas. Las micorrizas arbusculares son componentes claves del ecosistema suelo-planta. Se estima que colonizan más del 80% de especies de plantas con raíz.

Los nematicidas biológicos disponibles en el mercado, son Intercept[®], Biostat[®], Bioway[®], Nemaplus[®], Nemater[®] y Micosplag[®]. Los nematicidas de naturaleza botánica disponibles son Econeem[®], Nemasosburg[®], Neem X[®] y Nemaval[®].

2.2.8.1. Productos de naturaleza biológica

2.2.8.1.1. Productos a base de bacterias

La bacteria *Bacillus* sp., actualmente denominada como *Pausteria* sp., constituye un género de bacteria antagonista, la cual, al colonizar y desarrollarse en todo el sistema radical, libera compuestos antagónicos como la subtilina que provoca exclusión competitiva y genera un ambiente hostil para los nematodos. Produce quitinazas que son enzimas que degradan la quitina de la pared celular de los huevos del nematodo, evitando su desarrollo (Subsan, 2003). Las esporas de la bacteria parasitan las larvas y hembras de *Meloidogyne* sp., lo que impide que el nematodo produzca huevos, dando como resultado, la reducción de la población del nematodo (Mankua, 1975).

El producto Bioway[®] contiene a *Bacillus. penetrans*, *B. subtilis* y *B. cereus*, de presentación sólida y constituye un acondicionador biológico del suelo; es un producto obtenido de la fermentación aeróbica de materiales orgánicos, en el cual se alcanzan temperaturas sobre los 70°C, eliminando los microorganismos patógenos y activando la vida microbiana benéfica del suelo, los cuales actúan sobre insectos, hongos patógenos y nematodos del suelo. Además, por su contenido de materia orgánica mejora la estructura, permeabilidad, retención de humedad y nutrientes del suelo (INDIA, s.f.). Bioway[®] reduce la población de nematodos del género *Meloidogyne* sp. en cultivos de banano, lechuga y tomate riñón.

Nemaplus[®], además de *Bacillus* sp., contiene al hongo *Paecilomyces lilacinus* y endomicorrizas que son organismos simbióticos que entregan nutrientes a la planta a

cambio de carbohidratos, promoviendo el crecimiento radicular e incrementando el desarrollo vegetativo. Constituye un producto con alta concentración de microorganismos benéficos, los cuales se multiplican e incrementan la vida en el suelo, permitiendo el control biológico de los nematodos (Subsan, 2003).

Biorgán[®] contiene *Bacillus subtilis* y *Trichoderma harzianum*.

Las bacterias del género *Pseudomonas* aplicadas a las semillas y raíces de plantas, han inducido una menor incidencia de enfermedades y un mayor incremento del crecimiento y producción de varios cultivos. Al parecer los factores que determinan su efectividad al inhibir a los patógenos del suelo, son la producción de antibióticos y la competencia por el hierro (Agrios, 1988).

Intercept[®] es un producto estimulante y fungicida-nematicida biológico, de presentación sólida (en base a turba) o líquida, que contiene razas seleccionadas de la bacteria *Pseudomonas cepacia*. Colonizan el sistema radicular, entrando en simbiosis e interfiriendo física (efecto de barrera) y químicamente (producción de antibióticos) en la instalación de hongos (damping off) y nematodos fitopatógenos. Estimula la emisión de nuevas raíces con lo que hay una más amplia superficie de absorción de nutrientes del suelo, dando como resultado plantas más fuertes y de rendimientos mayores.

En un estudio realizado por Sánchez (1999), determinó que Intercept[®] aplicado en dosis de 1,0 ml/litro de agua, mantuvo bajas las poblaciones de nematodos y en banano incrementó el rendimiento de frutos al propiciar un crecimiento vigoroso de sus raíces.

2.2.8.1.2. Productos a base de hongos

El hongo *Paecilomyces lilacinus* parasita principalmente huevos y hembras adultas de *Meloidogyne* sp., se nutre de sus fluidos interiores causándoles la muerte. Bajo ciertas condiciones el hongo es capaz de producir toxinas que afectan al sistema nervioso de los nematodos. Reduce la población del nematodo en un rango de 80 a 90% (Eguiguren, 1995).

Al respecto, Chávez (1999) determinó que *Paecilomyces lilacinus* y *Paecilomyces fumosoreoseus*, aplicados a una concentración de 1×10^{-7} unidades formadoras de conidias por litro, mostraron una eficacia de 20,78% y de 10,88% de control de *Meloidogyne* sp., en el cultivo de rosas.

El hongo *Paecilomyces lilacinus* sobrevive por lo menos un año en el suelo, se desarrolla a temperaturas altas de 20 a 30°C y en una amplia gama de acidez del suelo, constituye un factor importante para climas tropicales donde los nematodos del nudo de la raíz son comunes (Jatala y Kaltenbach, 1980). Para obtener resultados satisfactorios con este hongo, es aconsejable utilizar cepas locales, es decir, adaptadas al medio.

Algunos de los productos que contiene al hongo antagonista *Paecilomyces lilacinus* son Nemaplus® (Subsan, 2003) y Micosplag®, éste último que también posee los hongos entomopatógenos, *Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana* (Corpocultivos, 2003).

Los productos Biostat® y Bionema® contienen *Paecilomyces lilacinus* y este último también posee la bacteria *Pseudomonas* sp.

2.2.8.1.3. Productos que contienen micorrizas.

Micorriza es la asociación simbiótica que se establece entre varios géneros de hongos del suelo y la mayoría de las raíces de las plantas vasculares; el hongo suministra a la planta compuestos inorgánicos (sales minerales) para su nutrición y la planta aporta al hongo compuestos orgánicos (azúcares- fotosintatos) (Barea, 1999).

Las micorrizas afectan el establecimiento de microorganismos de la rizósfera, al producir cambios cualitativos y cuantitativos en los exudados radicales. Interactúan con diferentes microorganismos, entre ellos los usados para control biológico como *Trichoderma*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, etc., dando como resultado el incremento de la tolerancia y resistencia a hongos y nematodos patógenos de la raíz, por lo que se los denomina como agentes multifuncionales de biocontrol (González, *et al.* 1998).

Las endomicorrizas arbusculares contribuyen a la reducción de la infección de nematodos, debido a cambios fisiológicos (barrera fisicoquímica) causados por la micorriza; además, considerando que la mayoría de nematodos se encuentra dentro de las raíces, puede presentarse competencia por nutrientes y afectar al desarrollo y reproducción de los mismos.

En razón de que las micorrizas no es posible multiplicarlas en medios de cultivo, es necesario contar con un inóculo altamente eficiente procedente de segmentos de raíz colonizados y del suelo o sustrato donde se desarrolló la planta hospedante, para aplicarlo al trasplante o pos-trasplante (González, *et al.* 1998). Uno de los productos que contiene endomicorrizas es Nemaplus[®].

2.2.8.1.4. Productos de naturaleza botánica

Los extractos de vegetales son productos que alteran el comportamiento de varios grupos de insectos plagas, hongos y nematodos, con efectos de inapetencia, disuasión, repelencia y toxicidad (Mareggiani, 1997).

Los extractos de vegetales que controlan poblaciones de nematodos provienen de plantas como el ají, barbasco, guanto rojo, marigold, higuera, Neem y la combinación de extracto de ají y ajo; estos extractos de planta contienen alcaloides, saponinas, taninos, glicósidos, flavonoides, triterpenoides y esteroides (Velasteguí, 1997).

2.2.8.1.5. Compuestos a base de Neem

La planta de neem (*Azadirachta indica*) es originaria de la India, pertenece a la familia Meliaceae, es un árbol de 7 a 20 m de altura, posee una copa globosa de 5 a 10 m de diámetro, siempre verde y con un crecimiento rápido, produce frutos del tamaño del grano de café y tiene la capacidad de controlar más de 100 insectos plaga, ácaros y nematodos (Wendt, 1989).

En las semillas se encuentra la “azadiractina” y otras sustancias químicas que actúan como repelentes, alterando el ciclo de vida, inhibiendo el crecimiento y reduciendo la fecundidad de los organismos. No tiene efecto de contacto, sino por ingestión, por eso no mata directamente a los insectos plaga ni a los insectos benéficos. Estas sustancias no tienen ninguna toxicidad contra el ser humano o animales de sangre caliente (Wendt, 1989).

Las sustancias insecticidas se las obtiene haciendo varios extractos de las semillas en torta de Neem, y con menor frecuencia en el aceite; los ingredientes activos son poco

solubles en agua pero con buena solubilidad en solventes orgánicos como alcoholes (Centro Manabita de Desarrollo Comunitario, 1994).

Para el control de nematodos se puede incorporar al suelo la torta de Neem, que es el residuo de la producción de aceite, o hacer un sustrato acuoso de ella, ya que contiene las sustancias activas casi completas a más de N, P, Ca y Mg. Mejora los suelos, protege a los cultivos contra nematodos y termitas, e inhibe la desnitrificación (Centro Manabita de Desarrollo Comunitario, 1994). La torta se aplica 2 semanas antes de sembrar o trasplantar; mientras que la hoja picada o la semilla molida se incorpora al suelo 4 a 6 semanas antes de la siembra o trasplante, para obtener una buena descomposición del material y la liberación de las sustancia activas del Neem.

El producto comercial Neem-X[®], contiene como ingrediente activo la azadirachtina más 23 limonoides activos (reguladores de procesos). Es un insecticida-nematicida botánico de categoría IV, cuyo modo de acción es de contacto y sistémico-translaminar. Inhibe el proceso de muda del nematodo al bloquear la síntesis de la hormona ecdysona que controla los cambios fisiológicos cuando el nematodo muda no permitiendo que la cutícula se renueve, por lo que el nematodo muere (ECUAQUÍMICA, 2002).

2.2.8.1.6. Compuestos a base de piretro

El Piretro (*Crysanthemum cinerariaefolium*), crisantemo o narciso, pertenece a la familia Compositae. De los pétalos de las flores se extrae la piretrina que tiene propiedades insecticidas-nematicidas. Su modo de acción es de contacto, sistémico-translaminar, tiene propiedades repelentes al provocar en el parásito rechazo a la ingestión de alimento y ataca al sistema nervioso del patógeno. Es uno de los insecticidas más viejos y seguros, disponibles (Plantas alelopáticas. www.webcolombia.com).

Es inofensivo para el hombre, los animales domésticos y las plantas, porque no deja residuo sobre los órganos tratados, circunstancia que si bien es ventajosa, no lo hace apto para combatir plagas que requieran poder residual (FITOSANIDAD. www.usuarios.lycos.es). Al respecto Lagunes y Rodríguez (1992) señalan que la piretrina es altamente biodegradable porque muestra un periodo de persistencia que va desde pocas horas hasta dos días.

Actualmente se dispone de sustancias sintéticas más estables como el ácido hidroxipropenal sulfínico. Econem[®] es el producto comercial que contiene esta sustancia y es considerado como un nematicida ecológico, sistémico, de aplicación foliar y radicular, con acción residual. Su modo de acción consiste en penetrar en el organismo de la plaga, movilizarse por el sistema nervioso, circulatorio y reproductor, causando el colapso del metabolismo y la inmovilidad total del nematodo. Es efectivo para nematodos endoparásitos. El producto es absorbido por las raíces y luego es translocado a toda la planta donde permanece por varias semanas, dependiendo de la dosis y de las condiciones del suelo (PUNTOQUÍMICA, 2002).

2.2.8.1.7. Otros compuestos

Nemaval[®] es un producto líquido a base de extractos de algas (*Ascophillum nodosum*), yuca (*Yuca schidigera*) y de semillas de sésamo, cuya degradación produce fenoles, ácidos butírico, propiónico, acético y amoníaco, sustancias tóxicas que inhiben el desarrollo de la población de nematodos (GYMAGRO, 2003).

Nemarosburg[®] es un nematicida ecológico, líquido, que contiene sal del ácido succínico al 37%, procedente de extractos vegetales, cuyo modo de acción es de contacto y sistémico. Por contacto permite el paso de los iones Cl del suelo al interior del nematodo, impidiendo su movimiento normal, provocándoles la muerte por

inanición y deshidratación; además, genera un gas que los nematodos asimilan por ingestión lo que provoca su explosión.

Melaza es un producto líquido, muy denso, de naturaleza orgánica, a base de extractos de plantas de caña (*Sacharum officinarum*), cuya industrialización y degradación produce carbohidratos, fenoles, etc., sustancias nutritivas que dan a la melaza la característica de aglutinante, la misma que actúa en los nematodos como un verdadero nemastático (inmovilización de nematodos) (GYMAGRO, 2003).

En un experimento de control de nematodos realizado en cultivo de rosas bajo invernadero, se determinó que la utilización de la melaza en forma de drench (180 l de agua/cama), a una dosis de 5ml/l, y con aplicaciones mensuales, se mantuvo bajas las poblaciones del nematodo durante 120 días consecutivos y la gallinaza produjo el menor índice de nudosidad 45,82% a diferencia del testigo absoluto quién presentó un índice del 76,43% y tallos más cortos en comparación con el resto de tratamientos (López, 1989)

En la literatura disponible, no se encontraron estudios que ilustren el grado de eficiencia de control de *Meloidogyne sp.* en el cultivo de tomate de mesa, de los productos bionematicidas disponibles en el mercado, y de igual forma son escasos los estudios realizados en otros cultivos, es decir, no se han realizado suficientes pruebas en campo para comprobar si realmente estos productos son eficientes en el control de nematodos.

En un estudio realizado por Vergara (2005), quién evaluó la eficiencia de ocho productos de origen biológico o botánico, en el control de *Meloidogyne sp.*, en tomate de árbol crecido bajo invernadero, durante tres meses que duró el experimento, determinó que los productos que mejor control mostraron fueron Neem X[®], Bioway[®] y Nemasbur[®], con índices de incremento de la población de 3.8, 4.3 y 5.0 veces,

respectivamente; incrementos que si bien fueron mayores al incremento registrado en el testigo químico (carbofuran) de 2,0 veces, éstos fueron menores al índice de incremento de la población registrado en el testigo absoluto de 15,0 veces. Los productos Econem[®], Nemaval[®], Intercep[®], Namaplus[®] y Micosplag[®], registraron incrementos de 7.0, 9.0, 10.4, 11.2 y 12.5 veces, respectivamente.

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área donde se realizó el experimento

El presente estudio se realizó de enero a julio del 2006, en un invernadero de la zona de Socapamba de la Parroquia Priorato, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura y en el laboratorio de Nematología de la Estación Experimental Santa Catalina del INIAP, localizada en Cutuglahua, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha.

El invernadero se encuentra ubicado a 00°24'10" de latitud Norte, 78°07'00" de longitud Oeste y a una altitud de 2217 m.s.n.m. Presenta clima de estepa caliente del valle del Chota y mesotérmico húmedo seco de la hoya interandina, con temperatura media anual de 16°C y precipitación media anual de 600 mm; suelo de textura franca-arenosa, con drenaje bueno, topografía 0% de pendiente y cultivo anterior tomate de mesa variedad Titán.

La temperatura promedio del invernadero durante el periodo de experimentación fue de 21 °C, con un mínimo de 18 °C, máximo de 26 °C y humedad ambiente media de 60% (estimados).

3.2. Procedimiento

3.2.1. Tratamientos

Se evaluaron 10 tratamientos: 5 nematocidas de origen biológico (Nemater[®], Intercept[®], Biostat[®], Micosplag[®] y Bioway[®]), 1 de origen botánico (Neem-X[®]), 2 de origen químico (Rugby[®] y Furadan 10G[®]) y dos testigos: sistema de control del agricultor (Furadan 4F[®]) y sin control (Cuadro 1).

Cuadro 1. Tratamientos evaluados para determinar la eficiencia de nematocidas de origen biológico, botánico y químico, en el control de *Meloidogyne incognita* en tomate de mesa bajo invernadero.

| No. | Descripción | Origen | Microorganismos / ingrediente activo |
|-----|--------------|--------------------------------------|---|
| T1 | Nemater | Biológico | <i>Myrothecium Verrucaria</i> |
| T2 | Intercept | Biológico | <i>Pseudomonas cepacia</i> |
| T3 | Biostat | Biológico | <i>Paecilomyces lilacinus</i> |
| T4 | Micosplag | Biológico | <i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>P. lilacinus</i> , <i>Beauveria bassiana</i> |
| T5 | Bioway | Biológico | <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Bacillus cereus</i> , <i>Pseudomonas aeruginosas</i> , <i>P. stutzeri</i> , <i>Proteus sp.</i> , <i>Actinomicetes</i> . |
| T6 | Neem-X | Botánico | Azadirachtina más 23 limonoides |
| T7 | Rugby | Químico | Cadusafos |
| T8 | Furadan 10 G | Químico | Carbofuran |
| T9 | Testigo 1 | Control del agricultor (Furadan 4 F) | |
| T10 | Testigo 2 | Sin control | |

3.2.2. Diseño experimental y unidad experimental

Se utilizó el diseño completamente al azar (DCA) con 10 tratamientos y 4 repeticiones. La unidad experimental o parcela se delimito en camas ya establecidas; el tamaño de la parcela fue de 0,90 m² (2,0 m x 0,45 m) con 10 plantas de tomate var. Titán plantadas a doble hilera y a 0,22 m entre si. La parcela neta se consideró a las 6

plantas centrales con un área de 0,54 m². Entre camas se dejó calles de 1 m y entre parcelas 0,66m.

3.2.3. Establecimiento del experimento y labores culturales

Semillas de la variedad de tomate de mesa Titán, susceptible a *M. incognita*, se hicieron germinar en cajas de madera (40 cm x 30 cm x 10 cm) conteniendo un sustrato compuesto por tierra negra de páramo y arena de río en una proporción de 2 a 1, desinfectado con vapor de agua a una temperatura de 80°C durante un tiempo de 45 minutos. El sustrato se fertilizó con 0,3 kg/m³ del fertilizante químico 10-30-10. Cuando las plántulas de tomate de mesa tuvieron una altura de 5cm y dos hojas verdaderas, se transplantaron a las parcelas experimentales.

Previo al trasplante se tomaron muestras de suelo de cada parcela para determinar la población inicial del nematodo. Posteriormente, según los niveles de población determinados, se distribuyeron los tratamientos de tal forma que cada uno abarcó niveles de población bajos, medios, altos y muy altos, es decir, todos los tratamientos quedaron expuestos bajo similar presión de poblaciones del nematodo (Anexo 1). Cabe destacar que si bien lo realizado está en contra de las reglas de la randomización, fue necesario considerar este aspecto a fin de que todos los tratamientos o productos muestren su eficiencia de control bajo niveles similares de población de nematodos.

La aplicación de los nematicidas se realizó siguiendo las especificaciones de sus respectivas casas comerciales (Cuadro 2) y fue de la siguiente forma:

Nemater[®]. Se realizaron 6 aplicaciones, la primera al trasplante y luego cada mes, en dosis de 0,028 g/l. La dosis del producto se mezcló en 2 litros de agua y se aplicó en drench.

Intercept[®]. Se realizaron 11 aplicaciones, la primera al transplante y luego cada 14 días. Se utilizó la dosis de 1,2 l/400 l/ha o 3 cc/l. La dosis del producto se mezcló en 2 litros de agua y se aplicó en drench.

Biostat[®]. Se realizaron 6 aplicaciones, la primera al transplante y luego cada mes. Se utilizó la dosis comercial de 0,2g/m². La dosis del producto se mezcló en 2 litros de agua y se aplicó en drench.

Micosplag[®]. Se realizaron 6 aplicaciones, la primera al transplante y luego cada mes. Se utilizó la dosis comercial de 0,005 g/l. La dosis del producto se mezcló en 2 litros de agua y se aplicó en drench.

Bioway[®]. Se realizaron 2 aplicaciones, la primera al transplante y la segunda a los 3 meses. Se utilizó la dosis comercial de 1758g/m². Para su aplicación, primero se realizó un rascadillo y luego se colocó el producto al voleo.

Neem-X[®]. Se realizaron 3 aplicaciones, la primera al transplante y luego cada 2 meses. Se utilizó la dosis comercial de 1,5-2,5 l/ha o 0,144 cc/l. La dosis del producto se mezcló en 2 litros de agua y se aplicó en drench.

Rugby[®]. Se realizó 1 aplicación al transplante. Se utilizó la dosis comercial de 15g/m². Antes de su aplicación se realizó un rascadillo o escarificado y luego se aplicó el producto de manera uniforme en la parcela experimental.

Furadan 10G[®]. Se realizó 1 aplicación al transplante, en dosis comercial de 2,5 g/m². Antes de su aplicación se realizó un rascadillo o escarificado, luego se aplicó el producto de manera uniforme en la parcela experimental.

Sistema de control de nematodos del agricultor. Se registró la dosis y frecuencia de aplicación del producto que utiliza el agricultor para controlar a *Meloidogyne* sp. El producto utilizado fue Furadan 4F[®] con la dosis comercial 1 l/ha. Este producto fue aplicado al momento de la preparación del suelo (3 días antes de la siembra) y la segunda aplicación se realizó al momento del transplante mediante el sistema de riego por goteo.

Cuadro 2. Número y frecuencia de aplicaciones de nematocidas biológicos, botánico y químico para evaluar su eficiencia en el control de *Meloidogyne incognita* en tomate de mesa. Socapamba, Imbabura, 2006.

| Código | Producto | MESES | | | | | | | | | | | | | | | | | | Aplicaciones No. |
|--------|--------------------------|-------|--|---|---|--|---|---|--|---|---|--|---|---|--|----|----|--|--|------------------|
| | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | |
| T1 | Nemater | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | 6 |
| T2 | Intercept | 1 | | 2 | 3 | | 4 | 5 | | 6 | 7 | | 8 | 9 | | 10 | 11 | | | 11 |
| T3 | Biostat | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | 6 |
| T4 | Micosplag | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | 6 |
| T5 | Bioway | 1 | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | 2 |
| T6 | Neem-X | 1 | | | | | | 2 | | | | | | | | | 3 | | | 3 |
| T7 | Rugby | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| T8 | Furadan 10G | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| T9 | Testigo1 Furadan 4F | 1 | | 2 | | | | | | | | | | | | | | | | 2 |
| T10 | Testigo 2 Sin control | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |

Antes de la aplicación de los productos se realizó un riego hasta cerca de la capacidad de campo para permitir que estos penetren en el suelo. Además se realizaron riegos frecuentes para mantener la humedad a capacidad de campo. El riego y la fertilización se realizaron mediante un equipo de fertirrigación.

3.2.3.1. Manejo del cultivo.

Las labores culturales que se realizaron en el ensayo, fueron aquellas que el agricultor, propietario del invernadero, normalmente realiza para cultivar tomate de mesa bajo invernadero como: deshierba, aporque, tutorado de plantas, poda de ejes, poda de brotes, poda de hojas bajas, fertirrigación, controles fitosanitarios, fertilización foliar y cosecha (Anexo 2).

Para el control de enfermedades y plagas, se realizaron monitoreos permanentes y los productos se aplicaron con una bomba de mochila.

3.2.4. Medición de las variables estudiadas

3.2.4.1 Incremento de la población del nematodo en el suelo

Para medir esta variable se cuantificó la población de nematodos en el suelo, al inicio y al final del experimento, y se relacionaron mediante la fórmula desarrollada por Seinhorst (1970):

$$\mathbf{I = Pf / Pi}$$

donde:

I = incremento

Pf = Población final

Pi = Población inicial

Con este propósito, la población de *M. incognita* en el suelo, al inicio (Pi) y al final del experimento (Pf), se determinó de la forma siguiente: en cada unidad experimental se tomaron muestras de suelo conformadas por 25 punciones (submuestras), tomadas en espiral hasta 20 cm de profundidad mediante un barreno, se colocaron en bolsas plásticas, correctamente etiquetadas, y se llevaron al laboratorio, donde, previa homogenización, se procesaron 100 cc de suelo mediante el método del Elutriador de Oostembrink y filtro de algodón (Oostembrink, 1960) citado por Van Eck, *et al.* (1984). Posteriormente y mediante un estéreo microscopio, se determinó la cantidad de nematodos presentes en una alícuota de 5cc tomada de un volumen de 100 cc. Los resultados se expresaron en nematodos por 100 cc de suelo.

3.2.4.2. Población de nematodos en el suelo y de huevos y estados larvales j2 en el sistema radical.

Se realizaron muestreos de suelo y de raíces a los 2 y 4 meses del transplante y al final del cultivo. El procedimiento de muestreo y el método de extracción de nematodos del suelo, fue el mencionado anteriormente y la población se expresó en nematodos por 100 cc de suelo. La extracción de larvas y huevos de las raíces, se realizó por el método de Hussey y Barker (1973), para lo cual se procesó una muestra de 10g del sistema radical y la población se expresó en huevos y estados larvales J2 por gramo de raíz.

Con los datos de población inicial, población obtenida a los 2 y 4 meses y de población final, se elaboraron gráficas para observar la fluctuación de la población del nematodo en el suelo y en el sistema radical, en cada tratamiento.

3.2.4.3. Eficiencia de los tratamientos

La eficiencia de los tratamientos se determinó mediante la fórmula propuesta por Henderson-Tilton (1981):

$$(1 - P_{fa} / P_{ia} \times P_{ib} / P_{fb}) \times 100$$

donde: P_{ia} = población inicial del tratamiento

P_{fa} = población final del tratamiento

P_{ib} = población inicial del testigo 2, sin control

P_{fb} = población final del testigo 2, sin control

Es decir, los datos de población inicial y final del nematodo en el suelo de cada tratamiento, se relacionaron con los datos de población inicial y final del nematodo en el suelo registrados en el testigo 2, sin control.

3.2.4.4. Rendimiento

En cada cosecha se registró el número de frutos y su peso en kg. El rendimiento total resultó de la suma de todas las cosechas y se expresó en número de frutos/parcela, en kg/parcela y luego se transformó a t/ha.

3.2.4.5. Costos que varían

Como costos que varían se consideraron el número de aplicaciones de los nematicidas, el costo de los productos y el costo de mano de obra.

3.2.5. Análisis estadístico

Para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos, en la variable incremento de la población, se realizó el análisis de variancia con datos transformados a $\sqrt{x+1}$.

La comparación de medias para esta variable y la de rendimiento, se realizó mediante la prueba de Tukey al 5%.

3.2.6. Análisis económico

Se realizó mediante el análisis de presupuesto parcial del CIMMYT (1988), para lo cual se consideró los costos que varían de cada tratamiento. Para medir como los beneficios netos aumentan en los tratamientos, se calculó la tasa de retorno marginal.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Incremento de la población de *Meloidogyne incognita* en el suelo

El análisis de variancia realizado para la variable incremento de la población en el suelo (Cuadro 3), muestra diferencias altamente significativas (1%) entre tratamientos, diferencias que son corroboradas por la prueba de Tukey (5%) que muestra dos rangos (Cuadro 4); en el primer rango (A) se ubican los tratamientos T10 (testigo2, sin control) con un incremento de 1, 64 veces la población inicial del nematodo y el tratamiento T9 (testigo 1, sistema de control del agricultor, Furadan 4F[®]) con un incremento de 0,75 veces la población inicial. En el segundo rango (B) se ubican el resto de tratamientos en el siguiente orden: T4 (Micosplag[®]), T2 (Intercep[®]), T7 (Rugby[®]), T6 (Neem-X[®]), T8 (Furadan 10G[®]), T1 (Nemater[®]), T5 (Bioway[®]) y T3 (Biostat[®]), con incrementos de: 0.13, 0.25, 0.05, 0.04, 0.01, 0.04, 0,01 y 0.00, en su orden, de los cuales, el que alcanza el menor incremento (numéricamente) fue Biostat[®] (*Paecilomyces lilacinus*) con 0,00 veces de incremento de la población inicial del nematodo en el suelo, resultado que concuerda en gran parte con aquel reportado por Eguiguren (1983) quién señala que *P. lilacinus*, reduce la población de *M. incognita* en un rango de 80 a 90%.

Los incrementos de la población del nematodo en el suelo registrados en los nematicidas de naturaleza biológica y de extracto de plantas, en un rango de 0,25 a 0,00, indican que ejercieron mayor control del nematodo que aquel encontrado por Vergara (2005), quién, al evaluar la eficiencia de ocho productos de origen biológico

o botánico, en el control de *Meloidogyne sp.*, en tomate de árbol crecido en macetas bajo invernadero durante tres meses, determinó que los productos que mejor control mostraron fueron Neem X[®], Bioway[®] y Nemasbur[®], con índices de incremento de la población de 3.8, 4.3 y 5.0 veces, respectivamente; incrementos que si bien fueron mayores al incremento registrado en el testigo químico (carbofuran) de 2,0 veces, éstos fueron menores al índice de incremento de la población registrado en el testigo absoluto de 15,0 veces. Los productos Econem[®], Nemaival[®], Intercep[®], Nemaplus[®] y Micosplag[®], registraron incrementos de 7.0, 9.0, 10.4, 11.2 y 12.5 veces, respectivamente. Estos resultados se consideran no muy confiables porque algunos de los productos, únicamente fueron aplicados por dos ocasiones y no en la frecuencia indicada por los fabricantes.

Según los resultados obtenidos, los nematicidas de naturaleza biológica, botánica y de síntesis química (Rugby[®] y Furadan 10G[®]), estadísticamente ejercen similar efecto de control de las poblaciones del nematodo *M. incognita*, y mejor control que el sistema del productor que aplica Furadan 4F[®] por dos ocasiones.

Cuadro 3. Análisis estadístico para la variable incremento de la población de *Meloidogyne incognita* en el suelo con datos transformados ($\sqrt{x+1}$), registrada en los tratamientos para determinar la eficiencia de nematicidas de origen biológico, botánico y químico, en el control del nematodo en tomate de mesa. Socapamba, Imbabura, 2006.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrados medios | F calculada | F Tabular | |
|----------------------|--------------------|-------------------|------------------|-------------|-----------|------|
| | | | | | 0,05 | 0,01 |
| Total | 39 | 50,73259 | | | | |
| Tratamientos | 9 | 27,93609 | 3,10 | 4,08** | 2,21 | 3,07 |
| Error Exp. | 30 | 22,7965 | 0,76 | | | |

$\bar{X} = 0.55$
CV = 156.92%

Cuadro 4. Prueba de Tukey (5%) para la variable incremento de la población de *Meloidogyne incognita* en el suelo, registrada en los tratamientos para determinar la eficiencia de nematicidas de origen biológico, botánico y químico, en el control del nematodo en tomate de mesa. Socapamba, Imbabura, 2006.

| Tratamientos | | Incremento | | Rangos de significación |
|--------------|------------------------|--------------|---|-------------------------|
| Código | Descripción | Datos reales | Datos transformados ($\sqrt{x+1}$) | |
| T3 | Biostat | 0,00 | 0.10 | B |
| T5 | Bioway | 0,01 | 0.12 | B |
| T1 | Nemater | 0,03 | 0.16 | B |
| T8 | Furadan 10 G | 0,01 | 0.19 | B |
| T6 | Neem X | 0,04 | 0.19 | B |
| T7 | Rugby | 0,05 | 0.32 | B |
| T2 | Intercept | 0,25 | 0.39 | B |
| T4 | Micosplag | 0,13 | 0.50 | B |
| T9 | Testigo 1 ¹ | 0,75 | 0.59 | B A |
| T10 | Testigo 2 ² | 1,64 | 3.02 | A |

¹ = Sistema de control del agricultor, Furadan 4F

² = Sin control

4.2. Fluctuación de la población de *Meloidogyne incognita* en el suelo y de estados larvales j2 y huevos en el sistema radical.

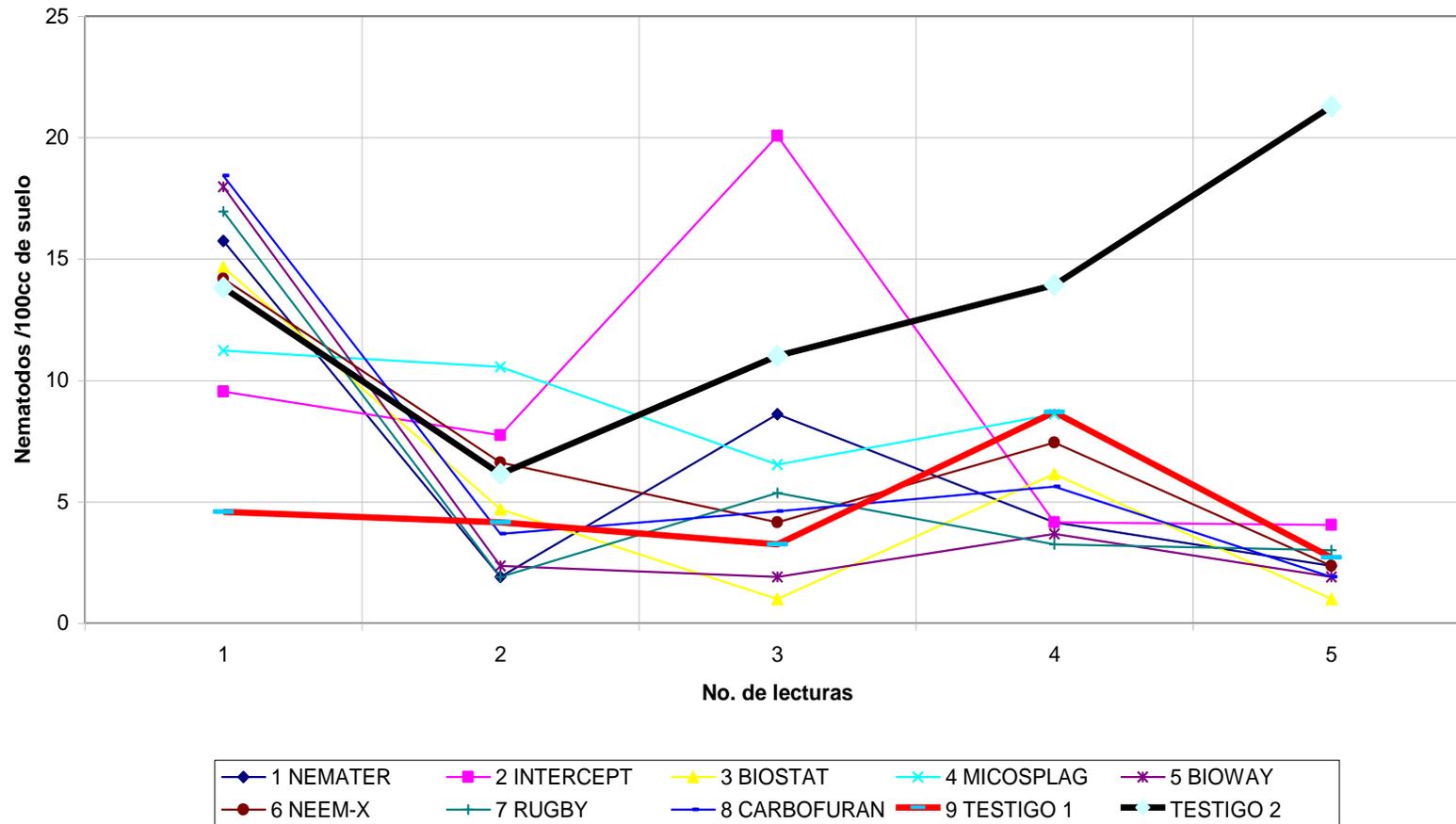
En el Grafico 1 podemos observar que en las lecturas 2, 3, 4 y 5, todos los tratamientos presentan la tendencia a reducir la población inicial de nematodos en el suelo determinada en la primera lectura, con excepción del tratamiento T10 (testigo 2, sin control), en el cual la población se incrementa de forma constante en todas las lecturas a partir de la segunda lectura; sin embargo, en el caso del tratamiento T2

(Intercept[®]), la población se incrementa en la tercera lectura y luego desciende en la quinta lectura.

En el Grafico 2 se observa que en la segunda lectura de estados larvales j2 y huevos en el sistema radical, todos los tratamientos tienden a reducir la población determinada en la primera lectura, excepto en el tratamiento T3 (Biostat[®]) que la incrementa, pero luego la reduce en la tercera lectura conjuntamente con los tratamientos T1 (Nemater[®]), T5 (Bioway[®]), T2 (Intercep[®]) y T4 (Micosplag[®]); el resto de tratamientos muestran una tendencia a incrementar la población, especialmente el tratamiento T10 (testigo2, sin control), T8 (Furadan 10G[®]) y T9 (testigo 1, sistema de control del agricultor, Furadan 4F[®]). En los dos últimos tratamientos, la tendencia a incrementar la población, ratifica el efecto temporal de los nematicidas químicos como el Furadan, aspecto que concuerda con los reportes de INIAP (1982), Eguiguren, *et al.* (1992) y Suquilanda (1996). .

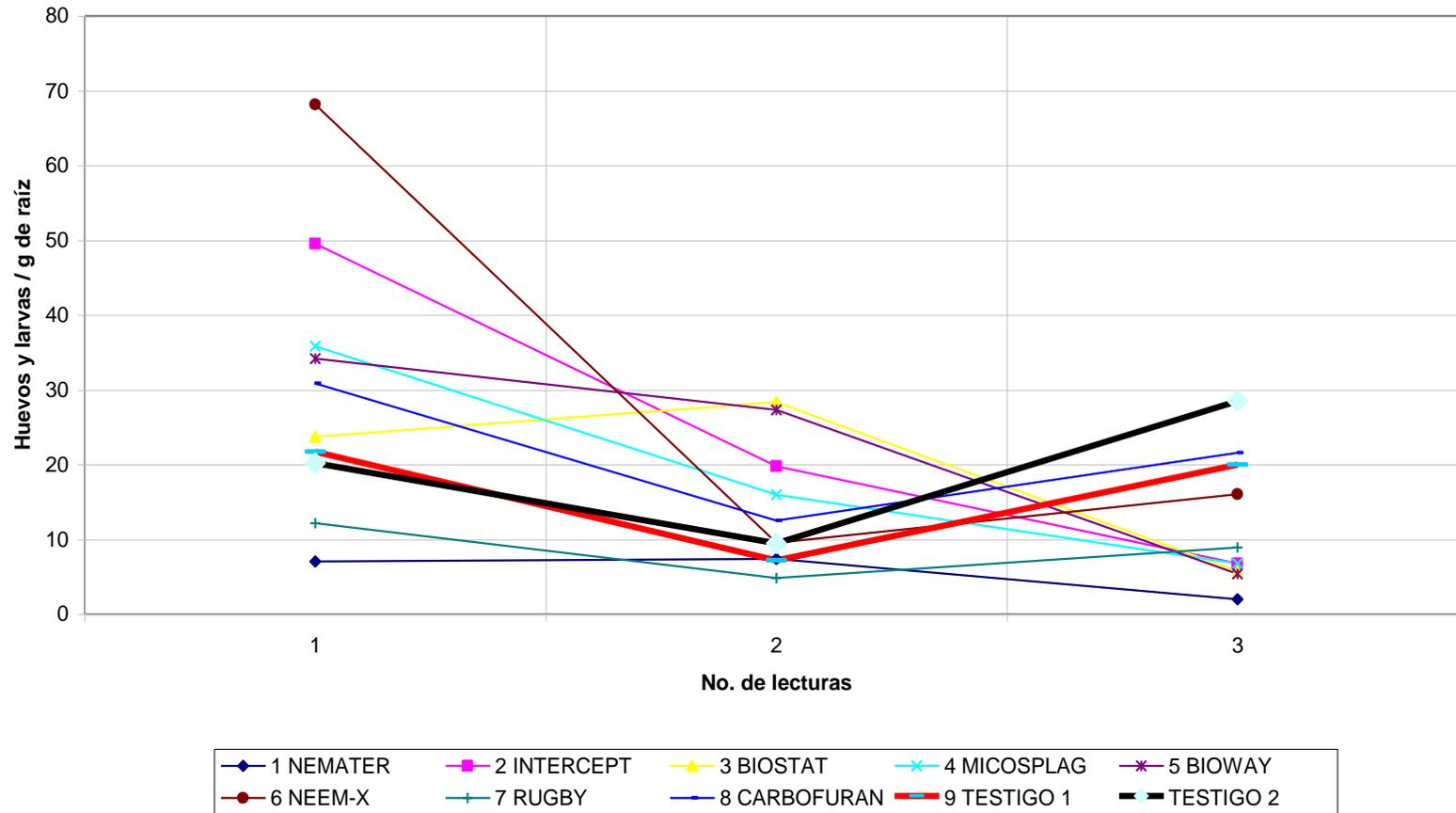
Según los resultados de fluctuación de la población de *M. incognita* en el suelo y en el sistema radical del tomate de mesa, se puede decir que los nematicidas que mejor reducen la población son los involucrados en los tratamientos T3 (Biostat[®]), T1 (Nemater[®]), T5 (Bioway[®]), T2 (Intercep[®]) y T4 (Micosplag[®]), observación que concuerda con lo mostrado por el análisis de variancia y por la prueba de Tukey (5%).

Grafico 1. Fluctuación poblacional del nematodo *Meloidogyne incognita* en el suelo registrada en los tratamientos evaluados. Socapamba, Imbabura. 2006



Testigo 1= Sistema de control del agricultor
 Testigo 2= Sin control

Grafico 2. Fluctuación poblacional del nematodo *Meloidogyne incognita* en la raíz del tomate de mesa registrada en los tratamientos evaluados. Socapamba, Imbabura. 2006



Testigo 1= Sistema de control del agricultor
 Testigo 2= Sin control

4.3. Eficiencia de los tratamientos.

En el Cuadro 5 se observa que el grado de eficiencia de control de la población de *M. incognita* en el suelo, mostrado por los nematicidas de naturaleza biológica y botánica, en algunos casos es mayor y en otros casos es similar o ligeramente menor a la eficiencia de los nematicidas de naturaleza química, y fluctúa en un rango de 72,40 % en el tratamiento T2 (intercept®) a 95,57 % en el tratamiento T3 (Biostat®), eficiencia que también es mayor a la del tratamiento T1 (testigo 1, sistema de control del agricultor). El nematicida Biostat®, de naturaleza biológica, presenta la mayor eficiencia de control de *M. incognita*, que los demás nematicidas y que el sistema de control del productor.

Cuadro 5. Eficiencia de los nematicidas de origen biológico, botánico y químico en el control de *Meloidogyne incognita* determinada con datos promedios transformados ($\sqrt{x+1}$) de población inicial (Pi) y final (Pf) en el suelo y relacionada con el incremento. Socapamba, Imbabura, 2006.

| Tratamientos | | Población inicial (Pi) | Población final (Pf) | Incremento (I = Pf/Pi) | Eficiencia (%) |
|--------------|------------------------|-----------------------------|----------------------|------------------------|----------------|
| No. | Descripción | (nematodos/100 cc de suelo) | | | |
| T3 | Biostat | 14,67 | 1,00 | 0.10 | 95,57 |
| T8 | Furadan 10G | 18,43 | 1,90 | 0.19 | 93,30 |
| T5 | Bioway | 17,97 | 1,90 | 0.12 | 93,13 |
| T1 | Nemater | 15,74 | 2,35 | 0.16 | 90,30 |
| T6 | Neem X | 14,20 | 2,35 | 0.19 | 89,30 |
| T7 | Rugby | 16,95 | 3,00 | 0.32 | 88,50 |
| T4 | Micosplag | 11,23 | 3,90 | 0.50 | 77,50 |
| T2 | Intercept | 9,53 | 4,05 | 0.39 | 72,40 |
| T9 | Testigo 1 ¹ | 4,58 | 2,70 | 0.59 | 62,00 |
| T10 | Testigo 2 ² | 13,82 | 21,29 | 3.02 | 00,00 |

¹ = Sistema de control del agricultor, Furadan 4F

² = Sin control

Estos resultados permiten aceptar parcialmente la hipótesis de trabajo de que al menos uno de los productos nematocidas, de naturaleza biológica o botánica, es eficiente y rentable en el control de *M. incognita* en tomate de mesa cultivado bajo invernadero, en relación a los nematocidas químicos Furadan® y Rugby® y al sistema de control del agricultor; es decir, se conoce la eficiencia de los nematocidas de origen biológico y botánico, y queda por analizar su rentabilidad, aspecto que se describe más adelante.

4.4 Rendimiento

El análisis estadístico realizado para las variables número de frutos/parcela neta y peso en kg/parcela neta, como indicadores del rendimiento (Cuadro 6), establece que no existen diferencias estadísticas entre tratamientos, es decir, el número de frutos y el peso registrados en los tratamientos T1 (Nemater®), T2 (Intercep®), T3 (Biostat®), T4 (Micosplag®), T5 (Bioway®), T6 (Neem-X®), T7 (Rugby®) y T8 (Furadan 10G®), estadísticamente son similares a los valores registrados en los tratamientos T9 (testigo 1, sistema de control del agricultor, Furadan 4F®) y T10 (testigo 2, sin control).

Los coeficientes de variación de 14,88 y 13,82% obtenidos para número de frutos y peso, respectivamente, se consideran adecuados para este tipo de variables, por lo que los resultados obtenidos se consideran confiables (Cuadro 6).

Los rendimientos obtenidos en los tratamientos, estadísticamente similares (Cuadro 7), indican que los niveles de población de *M. incognita* presentes en el desarrollo del experimento, no afectaron el rendimiento del cultivo, en especial el del tratamiento T10 (Testigo 2, sin control) en el cual los niveles de población del nematodo fluctuaron de 20 a 680 nematodos/100 cc de suelo (Cuadro 7, Anexo 1). Este fenómeno se aduce, por una parte, a las buenas condiciones de humedad, a las labores culturales adecuadas y oportunas proporcionadas al cultivo (Anexo 2), y, por otra

parte, al comportamiento de la variedad Titán como susceptible tolerante al parasitismo de *M. incognita* (Revelo, *et al.*, 2006), comportamiento que le permitió soportar el ataque de los niveles de población inicial del nematodo, sin que su rendimiento sea afectado estadísticamente.

Cuadro 6. Análisis de variancia para las variables número de frutos y peso en kg/parcela neta, registradas en los tratamientos para determinar la eficiencia de nematicidas de origen biológico, botánico y químico, en el control de *Meloidogyne incognita* en tomate de mesa. Socapamba, Imbabura, 2006.

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Frutos (número/0,45 m ²) | | Peso (kg/0,45 m ²) | |
|----------------------|--------------------|---|-----------|-----------------------------------|-----------|
| | | C. M. | F cal | C. M. | F cal |
| Total | 39 | | | | |
| Tratamientos | 9 | 316,17 | 0,65 n.s. | 2,58 | 0,36 n.s. |
| Error experimental | 30 | 488,36 | | 7,23 | |
| \bar{X} | | 148,55 | | 19,5 | |
| CV (%) | | 14.88 | | 13,82 | |

Los datos son medias de 4 observaciones

C. M. = cuadrados medios

n.s. = no significativo

F tabular (0,05) = 2,21

Cuadro 7. Datos de población inicial y Prueba de Tukey (5%) para datos promedios de rendimiento (t/ha) registrados en los tratamientos para determinar la eficiencia de nematocidas de origen biológico, botánico y químico, en el control de *Meloidogyne incognita* en tomate de mesa. Socapamba, Imbabura, 2006.

| Tratamientos | | Población inicial ³ (nematodos/100 cc de suelo) | | X ⁴ (t/ha) | Rangos de significación |
|--------------|------------------------|---|----------|--------------------------|-------------------------|
| No. | Descripción | \bar{X} | Rango | | |
| T8 | Furadan 10 G | 455 | 40 a 900 | 159 | A |
| T3 | Biostat | 285 | 20 a 760 | 159 | A |
| T6 | Neem X | 240 | 60 a 600 | 158 | A |
| T5 | Bioway | 430 | 40 a 900 | 156 | A |
| T1 | Nemater | 285 | 60 a 620 | 153 | A |
| T7 | Rugby | 394 | 20 a 858 | 151 | A |
| T4 | Micosplag | 190 | 20 a 620 | 149 | A |
| T9 | Testigo 1 ¹ | 20 | 20 a 40 | 149 | A |
| T2 | Intercept | 100 | 20 a 180 | 145 | A |
| T10 | Testigo 2 ² | 280 | 20 a 680 | 142 | A |

¹ = Sistema de control del agricultor, Furadan 4F

² = Sin control

³ = Promedio de 4 repeticiones, datos originales

⁴ = Rendimientos ajustados (- 10%)

Respecto a la tolerancia de la variedad Titán, cabe señalar que su comportamiento fue determinado en un experimento realizado en la granja Yuyucocha de la Universidad Técnica del Norte ubicada en Ibarra-Imbabura, en el 2006. La variedad incrementó 1,7 veces la población inicial inoculada de *M. incognita* (10 nematodos/g de suelo o 1000 nematodos/100 cc de suelo), mostrando su susceptibilidad, mientras que los rendimientos obtenidos de 1,2 y 1,1 kg/planta, en plantas sin inocular e inoculadas, respectivamente, y cuyas medias fueron similares estadísticamente, mostraron su tolerancia al nematodo (Revelo, *et al.*, 2006).

Tolerancia se considera a la capacidad de un genotipo de un cultivo dado (cultivar, línea, clon, variedad, etc.), de mantener su nivel de rendimiento, cuando es atacado por nematodos, es decir no ocurren pérdidas significativas. La tolerancia puede ocurrir en genotipos resistentes como en genotipos susceptibles (Ortuño, *et al.*, 2005).

4.5. Análisis económico de presupuesto parcial

Según el análisis económico de presupuesto parcial realizado para los tratamientos evaluados (Cuadro 8), el análisis de dominancia muestra que los tratamientos T6 (Neem-X[®]), T1 (Nemater[®]), T7 (Rugby[®]), T4 (Micosplag[®]), T3 (Biostat[®]), T2 (Intercept[®]) y T5 (Bioway[®]), fueron dominados por los tratamientos T10 (testigo 2, sin control), T9 (testigo 1, sistema de control del agricultor, Furadan 4F[®]) y T8 (Furadan 10G[®]), que presentan los mejores beneficios netos y los menores costos que varían; es decir, a pesar que los tratamientos T10 (testigo 2, sin control) y T9 (testigo 1, sistema de control del agricultor, Furadan 4F[®]) presentan rendimientos menores que varios de los tratamientos dominados, éstos presentan beneficios netos más convenientes.

En el Cuadro 9, se presentan los resultados del análisis marginal de los tratamientos no dominados, para conocer como los beneficios netos de un tratamiento aumentan al incrementar la cantidad a invertir en los mismos, se observa que para pasar del tratamiento T10 (testigo 2, sin control) al tratamiento T9 (testigo 1, sistema de control del agricultor, Furadan 4F[®]), se requiere invertir 48,67 USD/ha, inversión que proporciona un beneficio neto adicional de 2152 USD/ha y una tasa de retorno marginal de 44,21, es decir, permite recuperar los 48,67 USD/ha invertidos y obtener 44, 21 USD/ha adicionales por cada uno de los 48, 67 USD/ha invertidos.

En el mismo Cuadro 9 se observa que para pasar del tratamiento T9 (testigo 1, sistema de control del agricultor, Furadan 4F[®]) al tratamiento T8 (Furadan 10G[®]), se requiere invertir 11,67 USD/ha, inversión que proporciona un beneficio neto adicional de 2916 USD/ha y una tasa de retorno marginal de 249,87, es decir, permite recuperar los 11,67 USD/ha invertidos y obtener 249,87 USD/ha adicionales por cada uno de los 11,67 USD/ha invertidos.

Según los resultados del análisis marginal, se puede decir que usar Furadan 10G[®] para controlar a *M. incognita*, es más rentable que usar Furadan 4F[®] y mucho más que usar los nematicidas de origen biológico y botánico, por su menor costo de inversión (Cuadro 9); sin embargo, es necesario considerar el aspecto de la contaminación ambiental y de la protección de la salud humana.

De acuerdo con los resultados del análisis económico de presupuesto parcial, se puede concluir que los costos de los nematicidas de naturaleza biológica, botánica y el de síntesis química (Rugby[®]), son mayores que los costos del nematicida Furadan, lo que hace que sean menos rentables.

Estos resultados permiten, por una parte, aceptar parcialmente la hipótesis de que al menos uno de los productos nematicidas, de naturaleza biológica o botánica, es eficiente en el control de *M. incognita* en tomate de mesa cultivado bajo invernadero, en relación a los nematicidas químicos Furadan y Rugby[®] y al sistema de control del agricultor, y por otra parte, rechazar parcialmente dicha hipótesis al considerar que los nematicidas de naturaleza biológica y botánica presentan costos más altos que los del nematicida Furadan 10G[®] y que el sistema de control del agricultor que aplica por dos ocasiones Furadan 4F.[®]

Un aspecto importante que muestran los resultados obtenidos, al considerar los rendimientos y los beneficios netos del tratamiento T10 (testigo 2, sin control) como adecuados y rentables para el agricultor, es que no es necesario realizar gastos adicionales para controlar a *M. incognita* con nematicidas, porque la tolerancia de la variedad Titán, evita que los rendimientos sean afectados significativamente por el nematodo.

Cuadro 8. Análisis de dominancia para determinar la rentabilidad de nematicidas de origen biológico, botánico y químico, en el control de *Meloidogyne incognita* en tomate de mesa. Socapamba, Imbabura, 2006.

| Tratamientos | | Rendimiento medio (kg/ha) | Rendimiento ajustado (kg/ha) | Beneficio ³ neto (\$/ha) | Costo nematicidas (\$/ha) | Costo mano de obra (\$/ha) | Total costos que varían (\$/ha) | Beneficios netos (\$/ha) |
|--------------|------------------------|---------------------------|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------|
| Código | Descripción | | | | | | | |
| T10 | Testigo 2 ² | 157737 | 141963 | 42589 | 00,00 | 00,00 | 00,00 | 42589 |
| T9 | Testigo 1 ¹ | 165707 | 149136 | 44741 | 33,25 | 15,42 | 48,67 | 44682 |
| T8 | Furadan 10G | 176507 | 158856 | 47657 | 46,84 | 13,01 | 59,84 | 47597 |
| T6 | Neem-X | 175403 | 157863 | 47359 | 103,87 | 32,52 | 136,39 | 47222 D ⁴ |
| T1 | Nemater | 169491 | 152542 | 45762 | 41,08 | 97,56 | 138,64 | 45624 D |
| T7 | Rugby | 167835 | 151052 | 45315 | 280,96 | 13,01 | 221,97 | 45094 D |
| T4 | Micosplag | 165943 | 149349 | 44805 | 166,50 | 97,56 | 264,06 | 44541 D |
| T3 | Biostat | 176192 | 158572 | 47572 | 228,80 | 97,56 | 326,36 | 47245 D |
| T2 | Intercept | 161056 | 144950 | 43485 | 481,80 | 119,24 | 601,04 | 42884 D |
| T5 | Bioway | 173511 | 156160 | 46848 | 1317,14 | 43,37 | 1360,51 | 45487 D |

¹ = Sistema de control del agricultor, Furadan 4F

² = Sin control

³ = Precio de venta del kg de tomate en el campo 0,30 \$

⁴ = D = un tratamiento es dominado cuando tiene beneficios netos menores o iguales a los de un tratamiento de costos que varían más bajos

Cuadro 9. Análisis marginal de los tratamientos no dominados para determinar la rentabilidad de nematicidas de origen biológico y botánico en el control de *Meloidogyne incognita* en tomate de mesa. Socapamba, Imbabura, 2006.

| Tratamientos | | Costos que varían (USD/ha) | Costos marginales (USD/ha) | Beneficios netos (USD/ha) | Beneficios netos marginales (USD/ha) | Tasa de retorno marginal |
|---------------------|------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|---|---------------------------------|
| Código | Descripción | | | | | |
| T10 | Testigo 2 ² | 00,00 | | 42589 | | |
| | | | 48,67 | | 2152 | 44,21 |
| T9 | Testigo1 ¹ | 48,67 | | 44741 | | |
| | | | 11,67 | | 2916 | 249,87 |
| T8 | Furadan 10G | 59,84 | | 47657 | | |

¹ = Sistema de control del agricultor, Furadan 4F

² = Sin control

Esta observación concuerda en parte con lo indicado por Taylor y Sasser citados por Revelo, (1991) y Silva, (1984), de que el método más eficiente y rentable para el control de nematodos es el uso de variedades resistentes, aspecto que en la presente investigación, se determina también la utilidad de usar variedades tolerantes.

Finalmente, según los resultados obtenidos bajo las condiciones en que se desarrollo el presente experimento, se puede concluir que los nematicidas de origen biológico, botánico y de síntesis química, deben usarse principalmente para proteger a las variedades de tomate susceptibles no tolerantes y no para proteger a las variedades susceptibles tolerantes; sin embargo, al considerar la costumbre de los agricultores del Valle del Chota y de Pimampiro que realizan siembras consecutivas de tomate, el uso de nematicidas de naturaleza biológica resultaría una práctica conveniente, porque una vez establecido el agente biocontrolador, hongo o bacteria, evitarían que las poblaciones de nematodos se incrementen a niveles tan altos que podrían sobre pasar el nivel de tolerancia de la variedad y causarle pérdidas significativas.

En otras palabras, en un sistema de producción de tomate de mesa bajo invernadero, la siembra de variedades tolerantes, acompañadas con la aplicación de nematicidas de origen biológico como el Biostat[®] (*Paecilomyces lilacinus*), sería lo más recomendable para controlar a *Meloidogyne incognita*.

CAPITULO V

CONCLUSIONES

Con base a los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

- 1- Los nematicidas de origen biológico Nemater[®], Intercept[®], Biostat[®], Micosplag[®], Bioway[®] y el de origen botánico Neem X[®], presentan mayor o similar eficiencia de control de *M. incognita* en tomate de mesa cultivado bajo invernadero, en relación a los nematicidas químicos Furadan[®] y Rugby[®] y al sistema de control del agricultor, pero, por los costos de los productos y de la mano de obra para su aplicación, no son rentables como Furadan[®]; sin embargo, es necesario considerar el efecto que causan al ambiente y a la salud humana; los nematicidas biológicos y botánicos causan un bajo efecto y los nematicidas de síntesis química son nocivos.
- 2- Los rendimientos similares (estadísticamente), obtenidos en los tratamientos, indican que los niveles de población de *M. incognita* presentes en el experimento, no afectaron el rendimiento del cultivo, debido a la tolerancia de la variedad Titán al parasitismo del nematodo.
- 3- El hecho de que el tratamiento sin control del nematodo resultó ser el más rentable, se aduce a la tolerancia de la variedad Titán al parasitismo del nematodo.

- 4- El nematicida biológico que ejerció mayor control dentro del cultivo de tomate de mesa fue el Biostat[®] con una eficiencia del 95.57%, con una inversión de 326.36 \$/ha y un beneficio neto de 47245 \$/ha.

CAPITULO VI

RECOMENDACIONES

- 1- Para un sistema de producción de tomate de mesa bajo invernadero, lo más recomendable para evitar el daño del nematodo, mediante reducción de la población de *Meloidogyne incognita* a niveles bajos, sería realizar siembras alternadas de variedades tolerantes como la Titán, más la aplicación del nematicida biológico Biostat[®] (*Paecilomyces lilacinus*).
- 2- Evaluar los nematicidas biológicos y botánicos con variedades de tomate de mesa susceptibles no tolerantes al ataque de *Meloidogyne incognita* para determinar si presentan similar eficiencia de control y rentabilidad.
- 3- Realizar experimentos de campo para determinar el grado de establecimiento de los microorganismos biocontroladores de los productos biológicos evaluados.

RESUMEN

EFICIENCIA DE NEMATICIDAS BIOLÓGICOS EN EL CONTROL DE *Meloidogyne incognita* EN TOMATE DE MESA (*Lycopersicon esculentum* Mill.) BAJO INVERNADERO, EN SOCAPAMBA IMBABURA

El nematodo del nudo de la raíz, *Meloidogyne incognita*, se encuentra en la mayoría de las zonas productoras de tomate de mesa (campo e invernaderos) de Imbabura y Carchi, causando pérdidas de 36, 43 y 47%, en las variedades Sheila, Sahel y Charleston, respectivamente, constituyendo un factor limitante de dicho cultivo.

Dentro del contexto de la protección del ambiente y de la salud humana, el uso de variedades resistentes y la aplicación de nematicidas de naturaleza biológica y botánica es lo más conveniente para controlar a este nematodo, pero es necesario evaluar experimentalmente la eficiencia y rentabilidad de los productos disponibles.

Lo anterior, más la importancia del cultivo y la necesidad de reducir el uso de productos químicos, justificaron la realización de la presente investigación, con el objeto de determinar la eficiencia y rentabilidad de nematicidas de naturaleza biológica y botánica.

La investigación se realizó en el 2006, en un invernadero ubicado en la zona de Socapamba de la Parroquia Priorato, Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura.

Se evaluaron 5 nematicidas de origen biológico, 1 de origen botánico, 2 de origen químico y dos testigos, para un total de 10 tratamientos: T1 = Nematicid[®] (*Mycrothecium Verrucaria*); T2 = Intercept[®] (*Pseudomonas cepacia*); T3 = Biostat[®] (*Paecilomyces lilacinus*); T4 = Micosplag[®] (*Metarhizium anisopliae*, *P. lilacinus*, *Beauveria bassiana*); T5 = Bioway[®] (*Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *P. stutzeri*, *Proteus sp.*, *Actinomicetes*.); T6 = Neem X[®] (Azadirachtina más 23 limonoides); T7 = Rugby[®] (Cadusafos); T8 = Carbouran 10G[®] (Carbofuran); T9 = Testigo 1, sistema de control del agricultor, Furadan 4F[®] aplicado por dos ocasiones en fertirriego; T10 = Testigo 2, sin control.

Para evaluar los tratamientos, se utilizó el diseño experimental completamente al azar (DCA) con 4 repeticiones. Las unidades experimentales fueron de 0,90 m² (2,0 m x 0,45 m) con 10 plantas de tomate variedad Titán sembradas a doble hilera y a 0,22 m entre planta. La parcela neta se consideró a las 6 plantas centrales con un área de 0,54 m². Entre camas se dejaron calles de 1 m y entre parcelas 0,66 m.

La dosis y la frecuencia de aplicación de los nematicidas (recomendadas por sus casas comerciales) fueron: Nemater[®], 6 aplicaciones en drench, al transplante y cada mes, en dosis de 0,028 g/l; Intercept[®], 11 aplicaciones en drench, al transplante y cada 14 días, en dosis de 1,2 l/400 l/ha o 3 cc/l; Biostat[®], 6 aplicaciones en drench, al transplante y luego cada mes en dosis de 0,2g/m²; Micosplag[®], 6 aplicaciones en drench, al transplante y cada mes, en dosis de 0,005 g/l; Bioway[®], 2 aplicaciones al voleo, al transplante y a los 3 meses, en dosis de 1758g/m²; Neem-X[®], 3 aplicaciones en drench, al transplante y cada 2 meses, en dosis de 1,5-2,5 l/ha o 0,144 cc/l; Rugby[®], 1 aplicación al voleo al transplante, en dosis de 15g/m²; Furadan 10G[®], 1 aplicación al transplante, en dosis comercial de 2,5 g/m²; sistema de control del agricultor, dos aplicaciones de Furadan 4F[®], 3 días antes de la siembra y al transplante, en dosis de 1 l/ha, mediante el sistema de riego por goteo.

Se consideraron las variables: incremento de la población de nematodos en el suelo; población de nematodos en el suelo y de huevos y estados larvales j2 en el sistema radical, expresados en nematodos/100 cc de suelo y en huevos y J2/g de suelo, respectivamente; eficiencia de los tratamientos en %; rendimiento en número de frutos por parcela neta (0,54m²) y peso en kg/parcela neta y en t/ha; costos que varían en USD.

El incremento de la población de nematodos se determinó mediante la fórmula $I = Pf/Pi$ de Seinhorst (1970), donde I = incremento, Pf = población final y Pi = población inicial, para lo cual se tomaron muestras de suelo antes del transplante y al final del cultivo. Para conocer la población de nematodos en el suelo y de huevos y estados larvales j2 en el sistema radical, se realizaron muestreos de suelo y de raíces a los 2 y 4 meses del transplante y al final del cultivo. La extracción de nematodos del suelo se realizó mediante el método del Elutriador de Oostembrink y filtro de algodón de Oostembrink (1960) y la extracción de huevos y J2 del sistema radical se realizó mediante el método de macerado en hipoclorito de sodio y tamizado de Hussey y Barker (1973).

La eficiencia de los tratamientos se determinó mediante la fórmula propuesta por Henderson-Tilton (1981): $(1 - Pfa / Pia \times Pib / Pfb) \times 100$, donde: Pia = población inicial del tratamiento, Pfa = población final del tratamiento, Pib = población inicial del testigo 2, sin control, Pfb = población final del testigo 2, sin control.

Las variables incremento y rendimiento se analizaron estadísticamente y la separación de medias se realizó mediante la prueba de Tukey (5%). Los costos que varían fueron utilizados para determinar la tasa de retorno marginal de los tratamientos mediante la metodología del análisis de presupuesto parcial del CIMMYT (1988), para conocer su rentabilidad.

Los resultados obtenidos permitieron concluir que los nematicidas de origen biológico Nemater[®], Intercept[®], Biostat[®], Micosplag[®], Bioway[®] y el de origen botánico Neem X[®], presentan mayor o similar eficiencia de control de *M. incognita*, que los nematicidas químicos Furadan y Rugby[®] y que el sistema de control del agricultor, pero, por los costos de los productos y de la mano de obra para su aplicación, no son rentables como Furadan[®]; sin embargo, los nematicidas biológicos y botánicos no causan ningún efecto al ambiente y a la salud humana y los nematicidas de síntesis química son nocivos.

También se concluye que los rendimientos obtenidos en los tratamientos, estadísticamente similares, indican que los niveles de población inicial de *M. incognita* presentes en el experimento y que fueron altos en el testigo sin control (20 a 680 nematodos/100 cc de suelo), no afectaron el rendimiento del cultivo, debido a la tolerancia de la variedad Titán, al parasitismo del nematodo, hecho que además determinó que el tratamiento sin control sea el más rentable.

De acuerdo con estos resultados, para un sistema de producción de tomate de mesa bajo invernadero y para evitar el daño del nematodo mediante reducción de la población de *Meloidogyne incognita* a niveles bajos, lo más recomendable sería realizar siembras alternadas de variedades tolerantes como la Titán, más la aplicación del nematicida biológico Biostat[®] (*Paecilomyces lilacinus*).

Se recomienda, además, evaluar los nematicidas biológicos y botánicos con variedades de tomate de mesa susceptibles no tolerantes al ataque de *Meloidogyne incognita*, para determinar si presentan similar eficiencia de control y rentabilidad, y realizar experimentos de campo para determinar el grado de establecimiento de los microorganismos biocontroladores de los productos biológicos evaluados.

SUMMARY

EFFICIENCY OF BIOLOGICAL NEMATOCIDAS IN THE CONTROL OF *incognita Meloidogyne* IN TOMATO OF TABLE (*Lycopersicon esculentum* Mill.) UNDER CONSERVATORY, IN SOCAPAMBA IMBABURA

Nematode of the knot by the root, *incognita Meloidogyne*, is in most of the producing zones of tomato of table (field and conservatories) of Imbabura and Carchi, causing losses of 36, 43 and 47%, in the varieties Sheila, Sahel and Charleston, respectively, constituting a limitant factor of this culture.

Within the context of the protection of the atmosphere and the human health, the use of resistant varieties and the application of nematocidas of biological and botanical nature are most advisable to control to this nematode, but it is necessary experimentally to evaluate the efficiency and yield of products available.

The previous thing, plus the importance of the culture and the necessity to reduce the chemical agent use, justified the accomplishment of the present investigation, with the intention of determining the efficiency and yield of nematocidas of biological and botanical nature.

The investigation was made in the 2006, in a conservatory located in the zone of Socapamba of the Parish of Priorato, Ibarra Corner, Province of Imbabura.

5 nematocidas of biological origin, 1 of botanical origin, 2 of chemical origin and two witnesses were evaluated, for a total of 10 treatments: T1 = Nemater[®] (Mycrothecium Verrucaria); T2 = Intercept[®] (Pseudomona cepacia); T3 = Biostat[®] (Paecilomyces lilacinus); T4 = Micosplag[®] (Metarhizium anisopliae, P. lilacinus, bassiana Beauveria); T5 = Bioway[®] (Bacillus subtilis, Bacillus cereus, Pseudomonas aeruginosas, P. stutzeri, Proteus sp., Actinomicetes.); T6 = Neem X[®] (Azadirachtina more 23 limonoides); T7 = Rugby[®] (Cadusafos); T8 = Carbouran 10G[®] (Carbofuran); T9 = Witness 1, system of control of the agriculturist, Furadan 4F[®] applied by two occasions in fertirriego; T10 = Witness 2, without control.

In order to evaluate the treatments, the experimental design at random (DCA) with 4 repetitions was used completely. 0.90 m² the experimental units were of m² (2.0 m x 0.45 m) with 10 plants of tomato seeded variety Titan to double row and 0.22 m.

between plant. The net parcel was considered to the 6 central plants with an area of 0.54 m^2 . Between beds 0.66 m were left streets of 1 m and between parcels

The dose and the frequency of application of the nematicidas (recommended by its commercial houses) were: Nemater[®], 6 applications in drench, to the transplant and every month, in 0.028 doses of g/l; Intercept, 11 applications in drench, to the transplant and every 14 days, in l/ha or 3 1.2 doses of l/400 cc/l; Biostat[®], 6 applications in drench, to the transplant and soon every month in dose of $0,2\text{g}/\text{m}^2$; Micosplag[®], 6 applications in drench, to the transplant and every month, in 0.005 doses of g/l; Bioway[®], 2 applications to the voleo, the transplant and the 3 months, in dose of $1758\text{g}/\text{m}^2$; Neem-X[®], 3 applications in drench, to the transplant and every 2 months, in l/ha or 0.144 doses of 1,5-2,5 cc/l; Rugby[®], 1 application to the voleo to the transplant, in dose of $15\text{g}/\text{m}^2$; Furadan 10G[®], 1 application to the transplant, in 2.5 commercial dose of g/m²; system of control of the agriculturist, two applications of Furadan 4F[®], 3 days before seedtime and to the transplant, in dose of 1 l/ha, by means of the system of irrigation by dripping.

The variables were considered: increase of the population of nematodes in the ground; population of nematodes in the ground and eggs and larval states j2 in the radical system, expressed in nematodos/100 cc of ground and eggs and J2/g of ground, respectively; efficiency of the treatments in %; yield in number of fruits by net parcel ($0,54\text{m}^2$) and net weight in kg/parcela and t/ha; costs that vary in USD.

The increase of the population of nematodes I determine by means of formula $I = \text{Pf}/\text{Pi}$ de Seinhorst (1970), where I = increase, Pf = final population and Pi = initials, for which samples were taken from ground before the transplant and at the end of the culture. In order to know the larval population of nematodes in the ground and eggs and states j2 in the radical system, samplings of ground and roots to the 2 and 4 months of the transplant were made and at the end of the culture. The extraction of nematodes of the ground was made by means of the method of the Elutriador de Oostembrink and filter of cotton of Oostembrink (1960) and the extraction of eggs and J2 of the radical system was made by means of the method of macerated in hipoclorito of sodium and sifted of Hussey and Barker (1973).

The efficiency of the treatments was determined by means of the propose formula by Henderson-Tilton (1981): $(1 - \text{Pfa}/\text{Pia} \times \text{the GIP}/\text{Pfb}) \times 100$, where: Pia = initials of the treatment, Pfa = final population of the treatment, the GIP = initials of witness 2, without control, Pfb = final population of witness 2, without control.

Variable the increase and yield were analyzed statistically and the separation of averages was made by means of the test of Tukey (5%). The costs that vary were used to determine the rate of marginal return of the treatments by means of the

methodology of the analysis of partial budget of the CIMMYT (1988), to know their yield.

The obtained results allowed to conclude that the nematicidas of biological origin Nemater[®], Intercept[®], Biostat[®], Micosplag[®], Bioway[®] and the one of botanical origin Neem X[®], present/display greater or similar efficiency of control of *incognita M.*, that the chemical nematicidas Furadan[®] and Rugby[®] and that the system of control of the agriculturist, but, by the costs of products and the manual labor for their application, are not profitable like Furadan; nevertheless, the biological and botanical nematicidas do not cause any effect to the atmosphere and to the human health and the nematicidas of chemical synthesis they are injurious.

Also one concludes that the yields obtained in the treatments, statistically similar, indicate that the levels of initials of *incognita M.* presents in the experiment and that they were high in the witness without control (20 to 680 nematodos/100 cc of ground), they did not affect the yield of the culture, due to the tolerance of the variety Titan, to the parasitism of nematode, done that in addition determined that the treatment without control is most profitable.

In agreement with these results, for a production system of tomato of table under conservatory and to avoid the damage of nematode by means of reduction of the population of incognito *Meloidogyne* at low levels, most recommendable it would be to make alternated sowings of tolerant varieties like the Titan, plus the application of the biological nematicida Biostat[®] (*Paecilomyces lilacinus*).

It is recommended, in addition, to evaluate the biological and botanical nematicidas with varieties of nontolerant susceptible tomato of table to the attack of *incognita Meloidogyne*, to determine if they present/display similar efficiency of control and yield, and to make field experiments to determine the degree of establishment of the biocontroladores microorganisms of evaluated biological products.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGRIOS, G. (1988). Fitopatología. Traducido del Inglés por Manuel Guzmán Ortiz. Editorial Limusa, México. 756 pp
2. AGRIPAC S.A. 2000. Producción de tomate bajo invernadero. Quito, Ecuador. 67 pp
3. ASOCIACIÓN DE AGRÓNOMOS INDÍGENAS DE CAÑAR. 2003. El cultivo de tomate riñón en invernadero. Editores: Miguel Caguango, Bolívar Quindí, Edwin Robayo. Cañar, Ecuador. 59 pp
4. BAREA, J. 1999. Potencialidad de las micorrizas como biofertilizantes y bioprotectores en eco-agrosistemas degradados. In: Lombricultura y abonos orgánicos. Simposium Internacional y Primera Reunión Nacional Universidad Autónoma de Chapingo. Colegio de Postgraduados. México. pp 39-46.
5. CAÑADAS, L. (1983). Mapa bioclimático y ecológico del Ecuador. Quito, MAG-PRONAREG.
6. CENTRO MANABITA DE DESARROLLO COMUNITARIO. 1994. Manual técnico del Neem. GTZ. Manabí 24 pp.

7. CIMMYT. 1988. La formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos: Un manual metodológico de evaluación económica. Edición completamente revisada. México, CIMMYT. 79 pp.
8. COLOMBIA. www.webcolombia.com
9. CORPOCULTIVOS. 2003. Ficha técnica de Micosplag. s. e. Quito s. p.
10. CATIE. 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate. Turrialba, CR. Programa de Mejoramiento de Cultivos Tropicales. 138 pp.
11. CHÁVEZ, A. 1999. Manejo biológico de *Meloidogyne* sp. mediante la aplicación de extractos vegetales en el cultivo de rosas. Quito, Inversiones Florícola pp. 40-48
12. DROPKIN, V. 1989. Introduction to plant nematology. 2ed. New York. Jhon Wiley and Sons. 304 pp.
13. ECUAQUÍMICA. 2002. Productos Ecológicos. 2da. ed. Quito (Ec). pp. 28, 33, 34, 36.
14. EGUIGUREN, R. 1983. Avances de investigación sobre el género *Meloidogyne* sp. en el Ecuador. In. Reserch and Planning Conference on Root – Knot nematodes, *Meloidogyne* sp. Lima (Perú), Mar. 22 – 26. CIP. pp. 66-90.
15. ----- 1995. Control de *Meloidogyne incognita* y *Nacobbus* sp. con *Paecylomices lilacinus* en invernadero y el efecto de nematicidas sobre el hongo. En Informe Anual del departamento de Nematología, EESC, INIAP

16. EGUIGUREN, R y DEFAZ, M. 1992. Principales fitonematodos en el Ecuador, su descripción, biología y combate. Quito (Ec): INIAP. Manual N° 21. pp.14, 21.
17. FITOSANIDAD. www.usuarios.lycos.es.
18. GYMAGRO. 2003. Ficha técnica de Nemaval. Quito.
19. GONZÁLEZ, M., FERRERA, R.y PÉREZ, J. 1998. Biotecnología de la micorriza arbuscular en fruticultura. México D.F. (Méx.). Coedición del Colegio de Postgraduados y la Universidad Autónoma de Tlaxcala. 131pp.
20. HUSSEY, R.y BARKER, K. 1973. Comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp. including new techniques. Dist. Rep. 57: 1025 – 1028.
21. INDIA. sf. Bioway[®]. Quito: s.e., s.p.
22. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC). 1965-1997. Encuesta Nacional de Superficie y Producción Agropecuaria por Muestreo y Área. INEC. Quito. pp. 31-33.
23. INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS Y CENSOS (INEC). 2002. III Censo Nacional Agropecuario; resultados nacionales incluye resúmenes provinciales. Quito. INEC-MAG-SICA. v.1. pp.107.
24. INIAP. 1982. Informe Anual de Actividades de Fitopatología. Quito, E. E. Santa Catalina. pp. 26-29

25. JANO, F. 2006. Cultivo y producción de tomate. Ediciones RIPALME. Lima, Perú. 136 pp.
26. JATALA, P. sf. Control Biológico con el hongo *Paecilomyces lilacinus*. Logros actuales y posibilidades de investigación colaborativa entre el CIP y el IPM.
27. JATALA, P. y KALTENBACH, R. 1980. Un hongo como control biológico del nematodo del nudo de la raíz. Circular CIP (8) 19 1-3.
28. LÓPEZ, J. 1989. Cultivo del rosal en invernadero. Madrid, Mundi Prensa, pp. 309-313.
29. LAGUNES, T. y RODRÍGUEZ. 1992. Manejo de insecticidas agrícolas. s.p. s.e. 50 p. (In: Manejo de plaguicidas botánicos. www.colpocrach.com)
30. MANKUA, R. 1975. *Bacillus penetrans* causing a virulent disease of plant parasitic nematodes. Nematologica 21: 89-94. In: Taylor, A. y Sasser, Y. 1983. Biología, identificación y control de los nematodos del nudo de la raíz (*Meloidogyne* sp.) Trad. del inglés por el CIP. Raligh, Carolina del Norte (USA): Universidad de Carolina del Norte. 95pp.
31. MAREGGIANI, G. 1997. Plantas insecticidas: las aliadas de la huerta orgánica, Informe de fruti horticultura, Lima s.e. pp. 2-3.
32. MAG. 1986. Inventario de plagas, enfermedades y malezas del Ecuador. Quito, MAG, Programa Nacional de Sanidad Vegetal / GTZ. p. 124-126.

33. ORTUÑO, N. et al.. 2005. Desarrollo del manejo integrado del nematodo rosario de la papa *Nacobbus aberrnas* en Bolivia. Documento de trabajo No. 26. Fundación PROINPA-Proyecto PAPA ANDINA. Cochabamba. 124pp.
34. PARADA, R. 1994. Evaluación de los extractos acuosos de "ajo" (*Alium sativa*), "papaya" (*Carica papaya*) y "pasto barrenillo" (*Cynodon dactylon*), para determinar efectos nematocidas en *Meloidogyne incognita* en el cultivo de "frijol" (*Phaseolus vulgaris*) var. Centa Cuscatleco. San Salvador.
35. PUNTOQUÍMICA. 2002. Pesticidas ecológicos. s.e. Quito (Ec.) sp.
36. REVELO, J. 1991. Influencia de *Pratylenchus pratensis* en el desarrollo de la pudrición de la raíz del maíz causada por *Fusarium moliniforme* var. *subglutinans*, su dinámica poblacional y respuesta de cinco híbridos. Tesis de Maestro en Ciencias, Especialista en Fitopatología. México: Colegio de Postgraduados, Centro de Fitopatología. 88pp.
37. REVELO, J. 2002. Nematodos parásitos de las plantas. Apuntes de la Cátedra de Fitopatología.
38. REVELO, J. et al 2006. Avances del proyecto "Estudio epidemiológico del "nematodo del rosario" o "falso nematodo del nudo" (*Nacobbus* sp.) en el cultivo de tomate de mesa en el valle del Chota para optimizar su control". INIAP-UTN-SENACYT. Quito. 28pp.
39. SÁNCHEZ, M. 1999. Respuesta de banano (*Musa* sp.) a la aplicación de insecticidas naturales. Hojas informativas de Ecuaquímica. Quevedo (Ec.). s.p.

40. SEINHORST, J. 1970. Dynamic of population of plant parasitic nematodos. Anual review.
41. SUBSAN. 2003. Ficha técnica de Nemaplus. s.e. Quito (Ec.). s. p.
42. SUQUILANDA, M. 1996. Agricultura orgánica. Ediciones UPS – FUNDAGRO. pp. 77-79.
43. SUQUILANDA, M. y LALAMA, M. 2003. Producción orgánica de tomate. En Producción orgánica de hortalizas en sierra norte y central del Ecuador. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador, Programa de modernización de los servicios agrícolas (PROMSA), Ministerio de Agricultura y Ganadería. Quito, Ecuador. pp. 1-64.
44. TAYLOR, J y SASSER, J. 1983. Biología e identificación y control de los nematodos del nudo de la raíz (especies de *Meloidogyne*). Trad. del Inglés por el CIP. Raligh. Universidad Carolina del Norte. 111pp.
45. TRIVIÑO, C y QUIMI, V. 1984. Los nematodos agalladores de raíces del género *Meloidogyne* . Guayaquil, INIAP, Est. Exp. "Boliche". (INIAP: Cuadernillo No. 157). pp. 6-7.
46. VAN ECK, A. et al 1984. Técnicas de Laboratorio en Nematología. Quito, INIAP, E. E. Santa Catalina. Boletín técnico no 54. Quito, pp. 5-7.
47. VILLAREAL, F. 1982. Tomates. Trad. Edilberto Camacho. IICA, Serie de Investigación y Desarrollo No. 6. 184 pp.

48. VELASTEGUÍ, R. 1997. Control físico de problemas fitosanitarios. Quito (Ec): Universidad Central del Ecuador. pp. 107-111.
49. VERGARA, D. 2005. Evaluación de productos ecológicos en el control de *Meloidogyne* sp. en tomate de árbol (*Solanum betaceum* CAV.) bajo invernadero, Tumbaco, Pichincha. Tesis Ing. Agr. Quito, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. 110 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Distribución de los tratamientos según el nivel de la población de *M. incognita* determinado en las unidades experimentales. Socapamba, Imbabura. 2006.

| Tratamientos | | Población inicial (Nematodos/100 cc de suelo) | | | |
|--------------|----------------------|--|-----|-----|-----|
| | | Repeticiones | | | |
| | | I | II | III | IV |
| T1 | Nemater | 60 | 180 | 280 | 620 |
| T2 | Intercept | 20 | 100 | 100 | 180 |
| T3 | Biostat | 20 | 120 | 240 | 760 |
| T4 | Micosplag | 20 | 40 | 80 | 620 |
| T5 | Bioway | 40 | 80 | 700 | 900 |
| T6 | Neem-X | 60 | 120 | 180 | 600 |
| T7 | Rugby | 20 | 80 | 620 | 858 |
| T8 | Furadan 10 G | 40 | 80 | 800 | 900 |
| T9 | Testigo ¹ | 20 | 20 | 20 | 40 |
| T10 | Testigo ² | 20 | 20 | 400 | 680 |

¹ = Sistema de control del agricultor, Furadan 4F[®]

² = Sin control

Anexo 2. Productos, frecuencia y dosis utilizadas, de fertilizantes, fungicidas e insecticidas en el desarrollo del cultivo en el experimento. Socapamba, Imbabura. 2006.

Fertilización:

Cada 24 horas y mediante el sistema de fertirriego se aplicó al cultivo una dilución de Nitrato de K (3000gr) + Nitrato de Mg (2000 cc) + Acido Fosfórico (100 cc), en 5000 l de agua distribuidos para 78 camas de 17,5 m² cada una. Adicional a esto, junto con los productos mencionados, se aplicó una vez por semana Nitrato de Ca (3000 cc).

Una vez al mes se realizó un riego por gravedad en los caminos de todo el invernadero, para evitar el levantamiento de polvo y posterior acumulación de este en las hojas de las plantas.

Se aplicaron los siguientes fertilizantes foliares:

Engromax K-500[®], para engrosamiento y aumento de la producción, en dosis de 1kg/200 l de agua, antes de la prefloración.

Max Foliar[®], para floración y engrose, en dosis de 2 a 3 cc/l de agua, en la fase de prefloración.

DF Micromix[®], fertilizante completo de micro nutrientes para follaje y fertirriego, en dosis de 250 g/200 l de agua, al inicio de floración.

Kel Amin[®] (Manganeso + Nitrógeno), fertilizante quelatado con aminoácidos, en dosis de 1 kg/3500 m², previo a la floración.

Nuta K-40[®]: (40% K₂O), engrosador de frutos y semillas, en dosis de 1 – 2 l/200 l agua, a la floración.

Nutra Fos-50[®]: (50% P₂O₅), para estimular la emisión de raíces, caída de racimos florales, acelerar la maduración, en dosis de 1-2 l/200 l agua. A la formación de racimos florales.

Fertallsol[®] (Kelatos líquidos – KSO): K (K₂O) y agente quelatante, para caída prematura de flores y frutos. Dosis: 300-500 cc/200 l de agua. Frecuencia: en las últimas 6 semanas de maduración.

K – fol[®] (P₂O₅) (K₂O) (Mg) (S) (B) y fitohormonas: fertilizante foliar alto en K. Dosis: 1-3 kg dependiendo del estado del cultivo. Frecuencia: en las últimas semanas de maduración.

Kelin-K[®] (K 50%): corrector de carencias de potasio. Dosis: 150-250cc/100 l de agua.

Control de insectos plagas y enfermedades:

Los insectos plagas: gusano enrollador de la hoja (*Scrobipalpula absoluta*), minador de la hoja (*Liriomyza quadrata*) y mosca blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), se controlaron aplicando en forma alternada los insecticidas Lannate[®] (metomilo) en dosis de 0,8 l/ha y Cipermetrina 200[®] (cipermetrina 200 g/l) en dosis de 200 cm³/ha. También NewMectin[®] (abamectina 1,8% EC.) en dosis de 25 cc/100 l de agua. La mezcla de Lannate[®] (metomilo) + NewMectin[®] (abamectina 1,8% EC) en dosis de 0,8 l/ha y 25 cc/100 l de agua, respectivamente. Utilizados de acuerdo a la incidencia de las dos plagas.

Para el control del gusano trozador (*Agrotis* sp.), se aplicó el insecticida Cañón[®] (clorpirifos) en dosis de 1cc/l de agua.

Para el control de la pudrición de la raíz o fusariosis (*Fusarium* sp.) se realizaron dos aplicaciones del fungicida Corso 50 PM[®] (carbendazim) en dosis de 60 g/100 l de agua.

Oidio (*Oidium* sp.) se controló con aplicaciones de los fungicidas Corso 50 PM[®] (carbendazim) en dosis de 60 g/100 l de agua, Nimrod[®] (bupirimato) en la dosis de 100 cc/200 l de agua, la mezcla de Nimrod[®] (bupirimato) + Oxithane[®] (mancozeb + oxiclورو de Cu + complejo férrico) en dosis de 100 cc/l de agua y 500 g/500 l de agua respectivamente, la mezcla de Corso 50PM[®] (carbendazim) + Fitoraz 76PM[®] (propineb + cimoxanil) en dosis de 60 g/100 l de agua y 1,5 kg/ha, respectivamente y Topas[®] (penconazol) en la dosis de 0,300-0,500 l/ha.

Para el control de tizón temprano (*Alternaria solani*) se aplicó el fungicida Champion[®] (hidróxido cúprico) en la dosis de 2,4 kg/ha. Se realizaron dos aplicaciones a lo largo de todo el ciclo de cultivo dependiendo de la incidencia de la enfermedad.

Para tizón tardío (*Phytophthora infestans*) se aplicó Mancozeb[®] (mancozeb) en la dosis de 500 g/100 l de agua, alternado con 2 aplicaciones de Fitoraz 76 PM[®] (propineb + cymoxanil) en la dosis de 1,5 kg/ha y una aplicación de la mezcla Nimrod[®] (bupirimato) + Oxithane[®] (mancozeb + oxiclورو de Cu + Complejo férrico) en dosis de 100 cc/l de agua y 500 g/500 l de agua.

Para moho gris (*Botrytis cinerea*) y mancha foliar (*Stemphylium solani*), se aplicó una mezcla de Novak M[®] 70% (tiofanato metílico) + Fitoraz 76PM[®] (propineb + cimoxanil) en dosis de 100 g/200 l de agua y 1,5 kg/ha, respectivamente. Se realizó una sola aplicación al aparecer la primera enfermedad. Se aplicó la mezcla de Corso 50PM[®] (carbendazim) + Fitoraz 76PM[®] (propineb + cimoxanil) en dosis de 60 g/100 l de agua y 1,5 kg/ha, respectivamente, al aparecer la segunda enfermedad.