

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

“EFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN CON *Brassica Carinata* Y DE LA SOLARIZACIÓN SOBRE NEMATODOS (*Meloidogyne incógnita*) EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Lycopersicon esculentum*)”

**DOCUMENTO FINAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE
INGENIERO AGRÓNOMO**

BYRON PAUL CHILUIZA MOPOSITA

TUTOR

ING. WILFRIDO YANEZ

CEVALLOS – 2017

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

El suscrito CHILUIZA MOPOSITA BYRON PAUL, portador de la cédula de identidad de número: 1804730784, libre y voluntariamente declaro que el informe final del Proyecto de Investigación titulado: “EFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN CON *Brassica Carinata* Y DE LA SOLARIZACIÓN SOBRE NEMATODOS (*Meloidogyne incógnita*) EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Lycopersicon esculentum*)” es original, auténtico y personal.

En tal virtud, declaro que el contenido es solo de mi responsabilidad legal y académica, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas.

CHILUIZA MOPOSITA BYRON PAUL

DERECHOS DE AUTOR

Al presentar este informe final del proyecto de investigación titulado “EFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN CON *Brassica Carinata* Y DE LA SOLARIZACIÓN SOBRE NEMATODOS (*Meloidogyne incógnita*) EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Lycopersicon esculentum*)” como uno de los requisitos previos para la obtención del título de grado de Ingeniero Agrónomo, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Ambato, autorizo a la Biblioteca de la Facultad, para que este documento esté disponible para su lectura, según las normas de la universidad.

Estoy de acuerdo en que se realice cualquier copia de este Informe Final, dentro de las regulaciones de la Universidad, siempre y cuando esta reproducción no suponga una ganancia económica potencial.

Sin perjuicio de ejercer mi derecho de autor, autorizo a la Universidad Técnica de Ambato a la publicación de este Informe Final, o de parte de él.

CHILUIZA MOPOSITA BYRON PAUL

“EFECTO DE LA BIOFUMIGACIÓN CON *Brassica Carinata* Y DE LA SOLARIZACIÓN SOBRE NEMATODOS (*Meloidogyne incógnita*) EN EL CULTIVO DE TOMATE RIÑÓN (*Lycopersicon esculentum*)”

REVISADO POR:

Ing. Agr. Mg. Wilfrido Yánez
TUTOR

APROBADO POR LOS MIEMBROS DE CALIFICACIÓN

FECHA

Ing. Agr. Mg. Paul Ortiz
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE CALIFICACIÓN

Ing. Agr. Mg. Mariana Cajas
MIEMBRO DEL TRIBUNAL CALIFICACIÓN

AGRADECIMIENTO

A Dios por cuidarme y permitirme disfrutar del más grande regalo que es la vida, a mis padres por su apoyo incondicional en las etapas de mi vida estudiantil, porque siempre han sido mi pilar de mi inspiración y superación personal.

A la Universidad Técnica de Ambato, en especial a la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Ingeniería Agronómica quien me recibió en cada una de sus aulas dándome así la oportunidad de adquirir conocimientos y experiencias, las cuales serán de gran importancia para mi desempeño profesional.

A cada uno de los docentes de la carrera de Carrera de Ingeniería Agronómica, quienes compartieron sus conocimiento, fundamentales para mi formación académica, en especial al Ing. Wilfrido Yáñez tutor de la investigación, por su amistad y apoyo en el proceso de mi trabajo de investigación.

A todos mis compañeros y docentes con quienes compartí muchas experiencias y momentos importantes durante este tiempo en la universidad con quienes llevo una amistad que mantendrá con el pasar del tiempo.

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo de titulación a mi familia en general, especialmente a mis padres Gustavo y Soledad, a mis hermanas Vero y Sandra y a mis sobrinos Pepe y Pancho.

Y a todas las personas que fueron parte de mi vida en diferentes momentos, Dios me permita mantener la confianza y el cariño depositada en mi persona, además es mi compromiso ser un ingeniero agrónomo que apoye al desarrollo rural porque el que “No sirve para servir no sirve para Vivir”

Paul

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN.....	1
-------------------	---

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. Antecedentes investigativo.....	3
2.2. Categorías fundamentales o marco conceptual.....	5

CAPITULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS.....	29
3.1 Hipótesis.....	29
3.2 Variables de la hipótesis.....	29
3.3 Objetivos.....	29
3.3.1 Objetivo general.....	29
3.3.2 Objetivos específicos.....	29

CAPITULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS	30
4.1. Ubicación del ensayo.....	30
4.2. Características del lugar.....	30
4.2.1Clima.....	30
4.2.2 Suelo.....	31
4.3 Materiales y equipo.....	31
4.4. Factores de estudio	32

4.5	Tratamientos.....	32
4.6	Diseño experimental.....	34
4.7.	Variables respuesta.....	34
4.7.1	Población y genero de nematodos.....	34
4.7.2	Biofumigación.....	35
4.7.3	Solarización.....	35
4.8	Procesamiento de la información.....	35
CAPÍTULO V		
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		36
5.1	Población inicial de nematodos.....	36
5.2	Población final de nematodos.....	37
5.3	Temperaturas Max. Alcanzadas.....	38
CAPÍTULO VI		
CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS		
6.1	CONCLUSIONES.....	41
6.2.	BIBLIOGRAFÍA.....	42
6.3.	ANEXOS.....	47
CAPÍTULO VII		
PROPUESTA.....		56
7.1	TÍTULO.....	56
7.2	DATOS INFORMATIVOS.....	56
7.3	ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	56
7.4	JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	57
7.5.	OBJETIVO.....	57
7.6.	ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD.....	58
7.7	FUNDAMENTACION.....	58
7.8	METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO.....	59

7.8.1 Selección del área.....	59
7.8.2 Incorporación de nabo mostaza.....	59
7.8.3 Colocación del polietileno.....	59
7.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN.....	60

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de las estrategias de alimentación de nematodos parásitos de plantas.....	21
Tabla 2. Tratamientos.....	32
Tabla 3. Población inicial de nematodos parásitos y saprófitos.....	36
Tabla 4. Cuadro resumen de población final de nematodos.....	37
Tabla 5. Temperaturas máximas en los tratamientos	39

INDICE DE GRAFICOS

Grafico 1. Nematodos ectoparásitos.....	12
Grafico 2. Nematodo semiendoparásito.....	13
Grafico 3 Nematodos Endoparásito Migratorio.....	14
Grafico 4 Nematodo Endopárasito Sedentario.....	16
Grafico 5 Nematodos de Tallo y Bulbo.....	18
Grafico 6 Nematodos de semilla.....	19
Grafico 7 Nematodo Foliar.....	20
Grafico 8 Comportamiento de temperatura en el ensayo.....	40

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la provincia de Tungurahua, Cantón Píllaro, Parroquia San Miguelito, Valle Quillan. El objetivo fue evaluar el efecto de la biofumigación con *bassica carinata* y la solarización para reducir la población de *Meloidogyne incógnita*. El ensayo se realizó en un invernadero dedicado a la producción intensiva de tomate riñón, donde las plantas presentaban nódulos en las raíces. Para asegurar la presencia del patógeno se realizó un análisis de población de nematos mediante el método del “elutriador de Oostembrink” y “filtro de algodón” en 100gr de suelo dando como resultado una población media de *Meloidogyne incognita*. Los tratamientos se instalaron utilizando las mismas camas del cultivo en lo cual se procedió a incorporar dos calibres de polietileno en dosis de 5 y 10 kg/m² de nabo mostaza. Las variables consideradas para el análisis fueron: población inicial y final de nematodos y temperatura. Para el análisis se utilizó un diseño en parcelas divididas, siendo la parcela principal el factor polietileno, y las subparcelas a la dosis de nabo mostaza con 5 repeticiones. Los resultados no presentaron diferencias significativas en los tratamientos pero si se redujo la población de muestra inicial en relación a nematodos parásitos en cambio nematodos saprofitos aumentaron considerablemente.

PALABRAS CLAVES: Biofumigación, Solarización, *Meloidogyne incógnita*, Nematodos saprofitos.

SUMMARY

This research was carried out in the province of Tungurahua, Canton Pillaro, San Miguelito Parish, Valle Quillan. The objective was to evaluate the effect of biofumigation with *bassica carinata* and solarization to reduce the population of *Meloidogyne incognita*. The experiment was carried out in a greenhouse dedicated to the intensive production of kidney tomato, where the plants had nodules in the roots. In order to ensure the presence of the pathogen, a population analysis of nematodes was performed using the "Oostembrink elutriator" and "cotton filter" method in 100gr of soil resulting in a mean population of *Meloidogyne incognita*. The treatments were installed using the same beds of the culture in which two polyethylene gauges were added in doses of 5 and 10 kg / m². The variables considered for the analysis were: initial and final population of nematodes and temperature. For the analysis, a split plot design was used, the main plot being the polyethylene factor, and the subplots at the dose of turnip mustard with 5 replicates. The results did not present significant differences in the treatments but if the initial sample population was reduced in relation to parasitic nematodes in contrast saprophyte nematodes increased considerably.

KEYWORDS: Biofumigation, Solarization, *Meloidogyne incognita*, Nematodes saprophytes.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La presente investigación se refiere a una alternativa de control de nematodos por medio de la biofumigación y solarización, sabiendo que el cultivo de tomate riñón (*Lycopersicon esculentum*) es afectado por un gran número de enfermedades causadas por hongos del suelo y nematodos, en particular los cultivos en invernaderos, donde se hace uso intensivo del suelo o monocultivo, siendo un excelente hospedero de algunos géneros de nematodos, destacando *Meloidogyne incognita*, conocido como nemátodo de los nódulos, el cual provoca daños severos en campo. (Sepulveda y Morales. 2012),

Por otro lado la solarización es un mecanismo de control de inactivación térmica de hongos, nematodos, malezas, e insectos, desde antes que hubiera la disponibilidad general de plaguicidas; el método consiste en cubrir el suelo con mantas plásticas transparentes, las que se disponen sobre la superficie de suelo ya preparado y húmedo, por el lapso de 30 a 45 días, donde se alcanza una temperatura de 45 a 65⁰ C de la capa superior del suelo (hasta una profundidad de 10 cm), para así absorber la radiación solar y al crear un ambiente de altas temperaturas en el suelo la mayoría de larvas, esporas y semillas se inactivan dando un control adecuado y alternativo para el control químico que se venía dando por los agricultores. (Abu Irmaileh. 2012)

Además la biofumigación es una técnica de desinfestación, mediante la acción de sustancias volátiles producidas tras la biodescomposición de la materia orgánica. Esta técnica con crucíferas tiene efectos supresivos asociados a la liberación de isotiocianatos durante la hidrólisis de los glucosinolatos presentes en las Brassicas. Estos isotiocianatos tienen actividad biológica, siendo comparable a la del metamsodio, pesticida de amplio espectro y caracterizado por generar metil-isotiocianato. Considerando esta definición, se acentúa el interés por el aprovechamiento de dichos gases para el control de plagas y enfermedades del suelo, intentando abarcar, de una forma simple, un concepto para el fenómeno que incluye

los efectos alelopáticos observados durante siglos en asociación con las Brassicas.
(Mathessen y kirkegaard, 2006)

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la biofumigación con *brassica carinata* y la solarización para reducir la población de nematodos (*Meloidogyne incógnita*), con el propósito de disminuir la utilización de agroquímicos.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA O MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes investigativos

Bello, López y Díaz (2005) en su investigación determinaron que al realizar biofumigación conjuntamente con solarización, la temperatura optima debería ser superior a 20 °C; durante aproximadamente 30 días. En ciertas ocasiones se ha producido problemas de fitotoxicidad que reducen la fertilidad del suelo, pero se puede solucionar realizando una fertilización química. Además es recomendable alternar el empleo de residuos agrarios con abonos verdes, especialmente de brassicas, empleando 5 a 8 kg/m² de materia verde, aunque también se puede aplicar combinaciones de leguminosas con gramíneas.

Rodríguez, et al. (2010), en su investigación titulada “ Efecto de la biofumigacion con especies de brassicaceae y temperaturas fluctuantes en la inactivación de clamidosporas de phythophthora parasita en Murcia”, se obtuvo como resultado que las especies ensayadas como fumigantes solo inactivan totalmente las clamidosporas de *P. parasítica* cuando se combinan con temperaturas fluctuantes relativamente elevadas, siendo *Brassica carinata* la excepción, como también, se comprobó que las temperaturas elevadas sin biofumigante (solarización), no inactivan totalmente el inoculo, y tampoco ninguna de las especies biofumigantes ensayadas en condiciones de temperatura fluctuantes bajas. Por tanto los resultados indican que solo la combinación de solarización biofumigación (biosolarización) seria eficaz para controlar la densidad del inoculo de *P. parasítica* en el suelo.

Chango y Curay (2015), en su trabajo de investigación titulado “Efecto de la mostaza caliente en suelo hortícola infestado por nematodos”, obtuvieron como resultado que la incorporación de mostaza antes de la floración y sembrada al voleo, redujo la población de nematodos eliminados en 68,69 %, a diferencia del tratamiento con mostaza incorporada durante la floración y sembrada a chorro continuo, se redujo la población de nematodos eliminados 36,61 %, al tener la mostaza compuestos activos conocidos como glucosinolatos que cuando se hidrolizan por la acción de la enzima mirosinasa dan lugar a isotiocianatos que son capaces de controlar efectivamente la cantidad de nematodos presentes en el suelo, debido a las crucíferas que tienen compuestos tóxicos como el ácido erúico.

Vuelta y Lorenzo (2014), en su investigación observaron que la biofumigación conserva parte de la microflora del suelo y elimina diversos tipos de plagas, fundamentalmente nematodos. Las dificultades que presenta son el largo tiempo de tratamiento (hasta 2 meses) y cuando se combina con la solarización es eficaz porque se utiliza una cubierta plástica que no permite el escape de los gases que se generan a partir de la descomposición de los residuos de cosecha de col, por lo que se logra disminución en el grado de infestación.

Perniola, et al. (2012), En la investigación titulada “Biofumigación con Brassicáceas: actividad supresora sobre *Fusarium graminearum*”. Realizaron la determinación in vitro y el efecto biofumigante de mostaza parda (*Brassica juncea* L. Czerniak) y de mostaza blanca (*Sinapis alba* L.), en el estadio de plena fructificación, sobre el crecimiento de *Fusarium graminearum* Schwabe, patógeno ampliamente difundido. Dando como resultado que las dosis utilizadas no tienen diferencias significativas por tanto sugieren que *B. juncea* y *S. alba* presentan un potencial para inhibir el crecimiento in vitro de *F. graminearum*.

2.2. Categorías fundamentales o marco conceptual

2.2.1. Variable dependiente: Nematodos patógenos y saprofitos

Los nemátodos presentan altos niveles reproductivos, con cinco y seis generaciones anuales. Pueden depositar miles de huevos, formando paquetes. Los nemátodos no participan directamente en la descomposición de la materia orgánica. Por el contrario, son saprófitos o depredadores. Los nemátodos de vida libre consumen microorganismos, mientras que los otros se alimentan de rotíferos y protozoos. Estos patógenos pueden consumir hasta 5,000 células por minuto, ayudan a regular las poblaciones microbianas del suelo y son parasitados, a su vez, por otros organismos del suelo, es decir son consumidos como parte de la cadena alimenticia en el suelo (Talavera, 2003).

El nivel de daño que causan los nematodos depende de una amplia gama de factores tales como su densidad poblacional, la virulencia de las especies o aislados, y la resistencia (habilidad de la planta de reducir la población del nematodo) o tolerancia (habilidad de la planta de rendir una cosecha a pesar del ataque del nematodo) de la planta huésped. Otros factores que también contribuyen, de una u otra manera, son el clima, disponibilidad de agua, condiciones edáficas, fertilidad del suelo, y la presencia de otras enfermedades y plagas. Sin embargo, aunque se tenga conocimiento de la relación nematodo-planta y los factores que la influyen, este espacio es más complejo de lo que se puede percibir. Por ejemplo, en la mayoría de los casos se desconoce los umbrales del nematodo que causan daño en diversos cultivos en varias partes del mundo y la amenaza que estos representan para los mismos (Talavera, 2003).

2.2.1.1. Morfología

Los nematodos Fito patógenos son organismos pequeños de 300 a 100 micras, siendo algunos mayores a 4 micras de longitud de 15 a 35 micras, de ancho. Su diámetro pequeño hace que no sean observables a simple vista, pero se pueden ver con facilidad en el microscopio. Los nematodos tienen, en general, forma de anguila y en corte transversal se ven redondos, presentan cuerpos lisos no segmentados y carecen de patas u otros apéndices. Sin embargo, las hembras de algunas especies se hinchan en la madurez y adquieren la forma de una pera o de cuerpos esferoides. (Agrios, G. 1995)

2.2.1.2. Anatomía

Frapolli (2000) señala que el cuerpo de un nematodo es más o menos transparente., la extremidad inferior suele ser ahusada y termina en una cabeza con una región labial. La extremidad posterior es cónica o redondeada. En algunas especies existe dimorfismo sexual, teniendo las hembras el cuerpo muy ensanchado, con cuello acusado. En la boca presenta un estilete a modo de aguja hipodérmica, de tamaño y forma variables., los nematodos tienen un sistema excretor consistente en un tubo que desemboca en un poro excretor, situado en la parte anterior, carecen de sistema circulatorio y respiratorio (respiran a través de la cutícula), el sistema nervioso está formado por un collar nervioso alrededor del esófago, así como órganos táctiles y quimiorreceptores repartidos por el cuerpo.

Agrios (1995) indica que la cavidad del cuerpo contiene un líquido a través del cual se efectúa la circulación y respiración del nematodo. El sistema digestivo es un tubo hueco que se extiende desde la boca, pasando por el esófago hasta el lefisisino, el recto y el ano. A menudo, seis labios rodean a la teca. Todos los nematodos Fito parásitos poseen un estilete hueco de lanza que obstaculizan para perforar las células vegetales.

Los sistemas reproductivos están bien desarrollados, los nematodos hembras tienen uno o dos ovarios seguidos por un oviducto y un útero que termina en una vulva. La estructura reproductora del macho es semejante a la de la hembra pero hay un testículo, una vesícula seminal y termina en un orificio común con el intestino. En el macho hay también un par de espículas copulatorias sobresalientes. La reproducción se efectúa por medio de huevecillos y puede ser sexual, hermafrodita o partenogénica. En muchas especies faltan los individuos machos. (Agrios, G. 1995)

2.2.1.3. Ciclo de vida

El ciclo de vida de la mayoría de los nematodos Fito parásitos es, por lo general. Bastante semejante. Los huevecillos se incuban y se desarrollan en larvas, cuya apariencia y estructura es comúnmente similar a la de los nematodos adultos. Todos los nematodos tienen cuatro etapas larvianas y la primera muda a menudo se produce en el huevecillo. Después de la última muda. Los nematodos se diferencian en hembras y machos adultos. La hembra puede entonces producir huevecillos fértiles una vez que se ha apareado con un macho o, en ausencia de machos partenogénicamente, o bien producen esperma por sí misma (Agrios, G. 1995).

El ciclo de vida comprendido desde la etapa de huevecillo a otra igual puede concluir al cabo de 3 o 4 semanas bajo condiciones ambientales óptimas, en especial la temperatura, pero tardará más tiempo en concluir en temperaturas frías. En algunas especies de nematodos la primera o segunda etapa larvaria no puede infectar a las plantas y sus funciones metabólicas se realizan en expensas de la energía almacenada en el huevecillo. Sin embargo, cuando se forman las etapas infectivas, deben alimentarse de un hospedante apropiados ocasiona la muerte de todos los individuos de ciertas especies de nematodos al cabo de unos cuantos meses, pero en otras especies las etapas larvianas pueden desecarse y permanecer en reposo, o bien los

huevecillos pueden permanecer en reposo en el suelo durante años. (Agrios, G. 1995).

2.2.1.4. Ecología y distribución

Agrios (1995), señala que la mayoría de los nematodos fitopatógenos viven parte de su vida en el suelo, alimentándose superficialmente de las raíces y tallos subterráneos de las plantas, pero aun en el caso de los nematodos sedentarios especializados, los huevecillos, las etapas larvianas pre parasitas y los machos se encuentran en el suelo durante toda su vida o gran parte de ella. Los nematodos se encuentran con mayor abundancia en la capa de suelo comprendida entre los 0 y 15 cm de profundidad, aunque cabe mencionar que su distribución en los suelos cultivados es irregular y es mayor en torno a las raíces de las plantas susceptibles, a las que en ocasiones siguen hasta las profundidades considerables (de 30 a 150cm o más).

Rivera (2007) señala que los nematodos se mueven pocos centímetros al año por sus propios medios, lo cual quiere decir que el desarrollo explosivo de epidemias es raro. A cortas distancias los nematodos se dispersan básicamente en el suelo que queda adherido a los implementos usados en la preparación del terreno, suelo adherido a animales, botas e implementos agrícolas. También el movimiento del suelo por acción del viento y el agua de irrigación son métodos comunes de dispersión de estos organismos. Sin embargo, su dispersión a largas distancias se debe principalmente al movimiento de plantas o partes de plantas infectadas.

2.2.1.5. Interface raíz- suelo

Rivera (2007) considera que la planta representa un elemento de gran importancia en el ecosistema del suelo. A través de la fotosíntesis provee energía para las demás actividades biológicas que ahí se presentan. Las raíces son la fuente primaria de

alimento para los nematodos Fito parásitos, pero también pueden modificar el ambiente del suelo mediante: cambios de concentración de minerales, pH, humedad y ambiente gaseoso (CO₂/O₂). Diversos compuestos orgánicos e inorgánicos son liberados de las raíces, cuyo efecto puede ser positivo (atractivo) o negativo (repelente) sobre poblaciones de nematodos. Este ambiente que circunda las raíces, es denominada rizosfera y es el principal hábitat de la mayoría de los nematodos Fito parásitos. En ausencia de un hospedero susceptible, los nematodos pasan a formar parte de la masa del suelo, pero tan pronto el cultivo es sembrado, tienden a abrigarse cerca de sus raíces.

2.2.1.6. Estrategias de supervivencia de los nematodos

Se podría pensar en el suelo como un medio ambiente seguro, pero para un nematodo microscópico es un mundo hostil lleno de peligro. Un nematodo debe lidiar con depredadores voraces, cambios en la temperatura y humedad del suelo, y la muerte de su planta huésped. Para que una población de nematodos pueda sobrevivir, debe ser capaz de eludir estos obstáculos. Los nematodos evaden estos obstáculos bióticos y abióticos empleando una combinación de estrategias de supervivencia conductual y fisiológica. (Lambert y Bekal. 2002)

Mientras que todos los nematodos se alimentan de otros organismos, el suelo está lleno de bacterias, hongos y otros nematodos que con mucho gusto consumirían un nematodo parásito vegetal rico en nutrientes. Aunque los nematodos poseen una cutícula gruesa que puede proporcionar cierta protección contra la depredación, este tipo de defensa es fácilmente rota por patógenos especializados en nematodos. El método más común que los nematodos de plantas usan para evadir la depredación es viviendo dentro del tejido vegetal o limitando su movilidad en el ambiente del suelo. Al pasar menos tiempo moviéndose en el suelo, un nematodo puede reducir su probabilidad de "correr" contra un depredador o patógeno.

Algunos nematodos de las plantas pasan la mayor parte de su tiempo en el suelo (ectoparásitos) y otros están mayormente contenidos dentro del tejido vegetal (endoparásitos). Los nematodos que viven dentro de las plantas tienen algún grado de protección contra la depredación, pero corren el riesgo de morir si su planta huésped sucumbe a la enfermedad. Por el contrario, los nematodos que se mueven de huésped a huésped reducen el riesgo de perecer con su huésped, pero tienen una mayor probabilidad de encontrarse con un depredador o un patógeno. (Lambert, K. Bekal. 2002).

La supervivencia de los nematodos no se ve afectada sólo por factores bióticos, sino también por factores abióticos como la temperatura y la disponibilidad de agua. El inicio del invierno o el secado del suelo pueden ser desastroso para un nematodo. Curiosamente, muchos nemátodos están bien adaptados al estrés abiótico y son capaces de criptobiosis (vida oculta): la capacidad de entrar en un estado de actividad metabólica suspendida durante condiciones ambientales desfavorables (secado, calor, frío). Aunque no todos los nematodos son capaces de criptobiosis, los que son a menudo pueden sobrevivir durante años en un estado criptobiótico en espera de condiciones favorables que desencadenará su avivamiento. La capacidad de los nematodos para sufrir criptobiosis es una razón por la que algunas especies de nematodos son muy difíciles de erradicar de un campo. (Lambert, K. Bekal. 2002).

2.2.1.7. Interacciones Planta-Nematodo

Los nematodos se alimentan de todas las partes de la planta, incluyendo raíces, tallos, hojas, flores y semillas. Los nematodos se alimentan de plantas de varias maneras, pero todos usan una lanza especializada llamada estilete. El tamaño y la forma del estilete se utilizan para clasificar nemátodos y también se puede utilizar para inferir su modo de alimentación. (Lambert y Bekal. 2002).

A menudo los nematodos retiran el contenido de las células vegetales, matándolos. Cuando se produce este tipo de alimentación, se forman grandes lesiones en el tejido vegetal. Algunos nemátodos no matan a las células vegetales que se alimentan, sino "engañar" a las células vegetales para ampliar y crecer, por lo tanto, producir una o más células nutritivas ricas en nutrientes para el nematodo. Estas células de alimentación permiten asociaciones de alimentación a largo plazo y se forman por división nuclear repetida en ausencia de división celular (células gigantes) o por la incorporación de células adyacentes en un sitio formado por la ruptura de paredes celulares vecinas. (Lambert y Bekal. 2002).

2.2.1.8. Clasificación de nematodos

Según Lambert y Bekal (2002) clasifica a los nematodos fito patógenos por su tipo de alimentación

a. Ectoparásitos

El primer tipo de alimentación es el modo ectoparasitario, en el que el nematodo permanece fuera de la planta y utiliza su estilete para alimentarse de las células de las raíces de las plantas. Los nematodos que utilizan esta estrategia pueden pastar en numerosas plantas, lo que facilita el cambio de anfitrión, pero su movilidad añadida las hace muy susceptibles a las fluctuaciones del medio ambiente ya los depredadores. Los nematodos ectoparásitos pueden tener estilos extremadamente largos, que les ayudan a alimentarse profundamente dentro de la raíz de la planta en células vegetales ricas en nutrientes.

Algunos de estos nematodos inducen a la planta a formar una o más células ampliadas a las que el nematodo se alimenta durante un período prolongado de tiempo. Obsérvese que en todos los diagramas de ciclo de vida de este artículo la

abreviatura J = juvenil y el número se refiere a la etapa del nematodo y M = muda y se refiere a cuántas muda el nematodo ha completado.

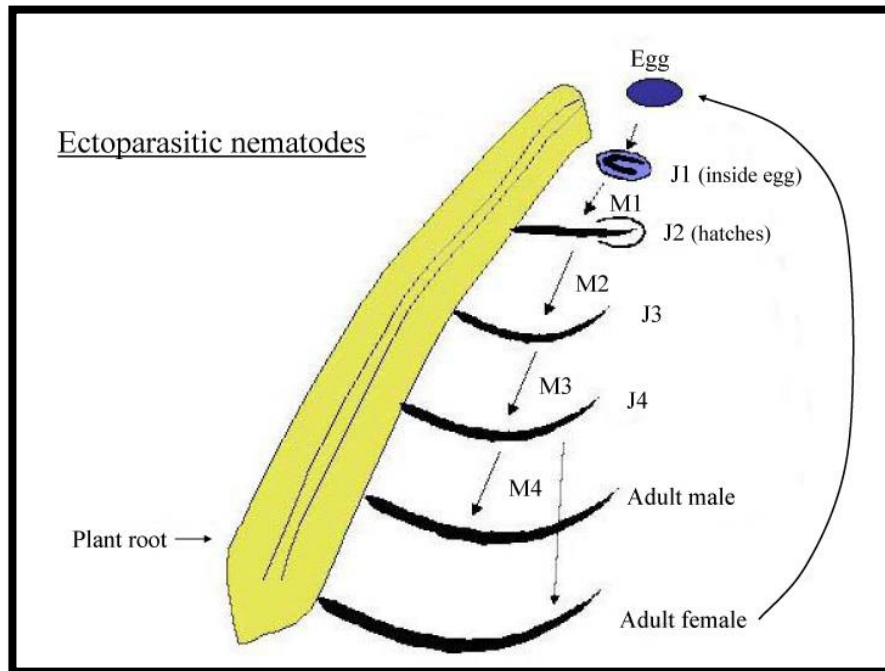


Grafico 1. Nematodos ectoparásitos
Fuente: Lambert, K. Bekal. (2002)

El ciclo de vida anterior es típico de un nematodo de la clase Enoplea, pero la mayoría de los nematodos de la clase Chromadorea experimentan su primera muda en el huevo y eclosionan como J2. Todas las etapas de nematodos móviles son capaces de alimentarse desde la planta. Los nematodos se alimentan, se someten a cuatro mudas en adultos, se acoplan y ponen huevos.

b. Semi endoparásitos

Los nematodos que se alimentan como semi-endoparasitas son capaces de penetrar parcialmente en la planta y alimentarse en algún momento de su ciclo de vida. Normalmente la cabeza del nematodo penetra en la raíz y permite que el nematodo forme una célula de alimentación permanente. Estos nematodos se hinchan y no se mueven una vez que han entrado en la fase endoparásita de su ciclo de vida. Al renunciar a su movilidad, los nematodos pueden morir si su planta huésped muere,

pero también se benefician de la formación de un sitio de alimentación permanente, lo que aumenta su captación de nutrientes y su potencial reproductivo.

Un nematodo típico con este ciclo de vida es *Rotylenchulus reniformis*, y *Tylenchulus semipenetrans*. Como es común en los sistemas biológicos, a menudo es difícil clasificar con precisión a los animales debido a la variación en su comportamiento. Fieles a esta regla, varias especies de nematodos ectoparásitos (por ejemplo, *Helicotylenchus*) son también capaces de penetrar parcialmente en la raíz y alimentarse. Sin embargo, no clasificamos estos nematodos como semi-endoparásitos porque no presentan un comportamiento de alimentación endoparasítico consistente.

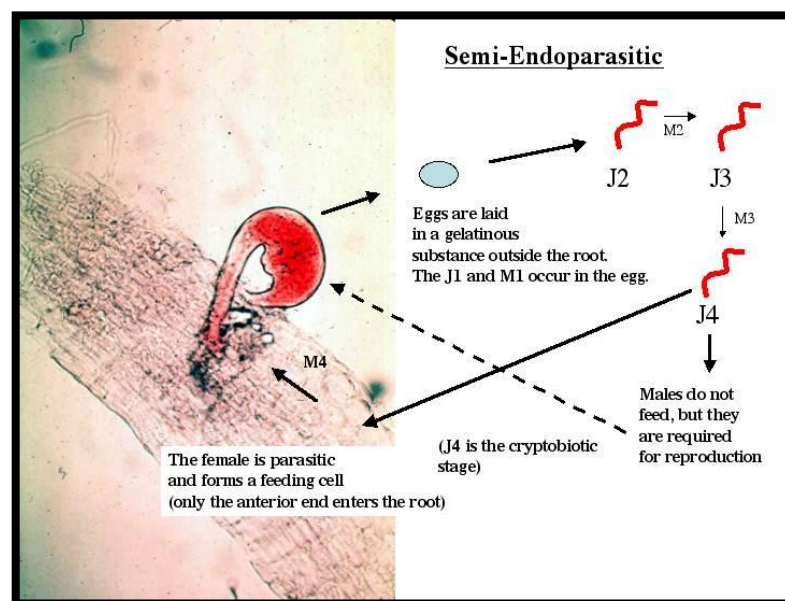


Grafico 2. Nematodo semiendoparasito
Fuente: Lambert, K. Bekal. (2002)

c. Endoparásitos migratorios

Los nematodos endoparásitos migratorios pasan gran parte de su tiempo migrando a través de los tejidos radiculares alimentándose destructivamente de las células vegetales. Estos nematodos causan una necrosis masiva de tejidos vegetales debido a su migración y alimentación. Cuando se alimentan de la planta, simplemente

succionar el citoplasma de células de la planta con su estilete, matando a la célula de la planta y avanzar por delante de la lesión. No hacen células de alimentación permanente. En un ciclo de vida típico, el nematodo brota del huevo como juvenil de segunda etapa y comienza a alimentarse en la planta. Los nematodos se alimentan, se mueven y se reproducen principalmente dentro del tejido vegetal.

Todas las etapas móviles son capaces de alimentarse de la planta y son capaces de moverse en el suelo en busca de nuevas raíces para invadir. Debido a que estos nematodos crean heridas extensas en la raíz de la planta, a menudo pueden producirse infecciones secundarias por bacterias y hongos, dañando aún más el sistema radicular.

A continuación se muestra un ciclo de vida típico de un endoparásito migratorio. Ejemplos de nematodos endoparásitos migratorios son *Pratylenchus* (nematodo de lesión), *Radopholus* (nematodos de madriguera) e *Hirschmanniella* (nematodo de raíz de arroz). (Lambert, K. Bekal. 2002).

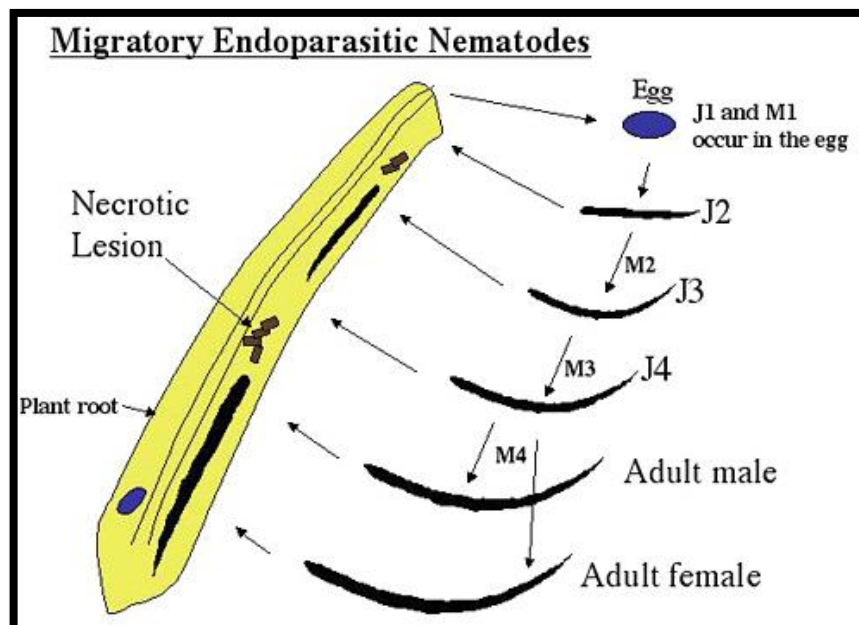


Grafico 3 Nematodos Endoparásito Migratorio
Fuente: Lambert, K. Bekal. (2002)

d. Endoparásitos sedentarios

Los nematodos más dañinos del mundo tienen un estilo de vida sedentario endoparasitario. Los dos nematodos principales en este grupo son los nematodos del quiste (Heterodera y Globodera) y los nematodos del nudo de la raíz (Meloidogyne). En estos nematodos, el J2 invade la planta cerca de la punta de una raíz y migra a través del tejido a las células vasculares en desarrollo. Estos nematodos están completamente incrustados en la raíz durante sus etapas iniciales de desarrollo, pero más tarde los nematodos del quiste sobresalen de la raíz.

Ciertos nematodos inyectan secreciones dentro y alrededor de las células vegetales para estimular la formación de células de alimentación grandes, que se alimentan de forma no destructiva a lo largo de su ciclo de vida. Las células de alimentación de los nemátodos del nudo de la raíz (células gigantes) se forman por división nuclear repetida en ausencia de división celular. Las células de alimentación de nematodos quistes se forman mediante la incorporación de células vecinas en un sitio formado por la ruptura de paredes celulares vecinas. Una vez que se forman las células de alimentación, el nematodo juvenil se convierte rápidamente en sedentario debido a que sus músculos somáticos se atrofian. Los juveniles se alimentan, se agrandan y se mueven tres veces hasta la etapa adulta. Las grandes células de alimentación formadas por estos nematodos tapan el tejido vascular de la planta haciéndolo susceptible al estrés hídrico.

Las endoparásitas sedentarias femeninas se agrandan considerablemente en forma de sacos y son capaces de depositar grandes cantidades de huevos. Los huevos se colocan típicamente fuera del nematodo en una masa gelatinosa del huevo, pero en nematodos del quiste la mayoría de los huevos se retienen dentro del cuerpo femenino. Ambos tipos de nematodos tienen la misma estrategia de alimentación básica, pero muchos nematodos de quiste tienen un ciclo sexual obligado, mientras que las especies más comunes de nematodos de nudos de raíz se reproducen en gran parte por partenogénesis.

A continuación, se describe el ciclo de vida del nematodo del quiste de la soja (*Heterodera glycines*). Los nematodos de quiste son extremadamente problemáticos porque tienen la capacidad de persistir durante un largo período de tiempo en un campo. Su notable persistencia se debe a su capacidad para producir un quiste, que es el cadáver endurecido del nematodo hembra que rodea los huevos. Los huevos en el quiste están en un estado inactivo y que eclosionan lentamente durante años en el campo, por lo general en respuesta a las señales de las raíces del huésped. (Lambert, K. Bekal. 2002).

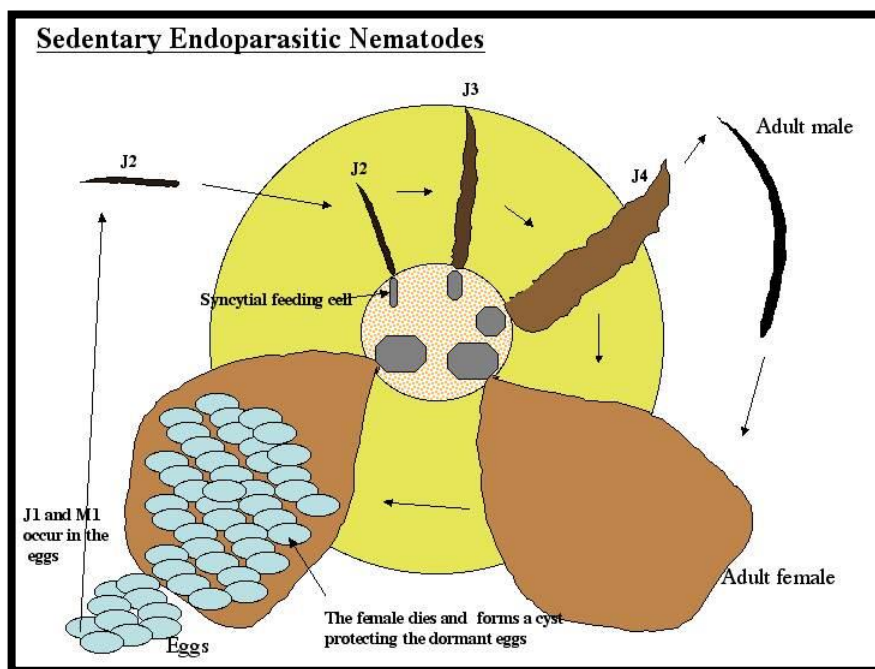


Grafico 4 Nematodo Endoparasito Sedentario
Fuente: Lambert, K. Bekal. (2002)

e. Nematodos de bulbo

Los nematodos de bulbo (*Ditylenchus* spp.) Son, como su nombre indica, nematodos que atacan las partes superior e inferior de las plantas. Ellos usan películas de agua para migrar hasta el tallo de la planta y por lo tanto son más perjudiciales en condiciones húmedas. La etapa infecciosa de los nematodos de tallo y bulbo es la cuarta etapa juvenil. Esta etapa a menudo entra en los tejidos vegetales emergentes bajo tierra, pero puede arrastrar los tallos en una película de agua y entrar en brotes a través de brotes, pecíolos o estomas. Una vez en la planta huésped, se alimentan de forma destructiva como endoparásitos migratorios, se mueven en adultos y se reproducen.

Los nematodos salen del huevo como J2 y continúan alimentándose, muda y se reproducen, macerando y distorsionando extensamente el tejido vegetal (Figura 18). Una vez que la planta es destruida o llega el invierno, los juveniles del nematodo del tallo y del bulbo arrestan su desarrollo en la etapa J4 resistente al medio ambiente y pasan el invierno. Las masas mullidas de *Ditylenchus* (cryptobiotic) secado se pueden ver en la superficie de bulbos y se conocen como "lana del nematodo." Una vez que las condiciones ambientales son favorables, el J4 criptobiótico se activa y su ciclo de vida se reanuda. (Lambert, K. Bekal. 2002).

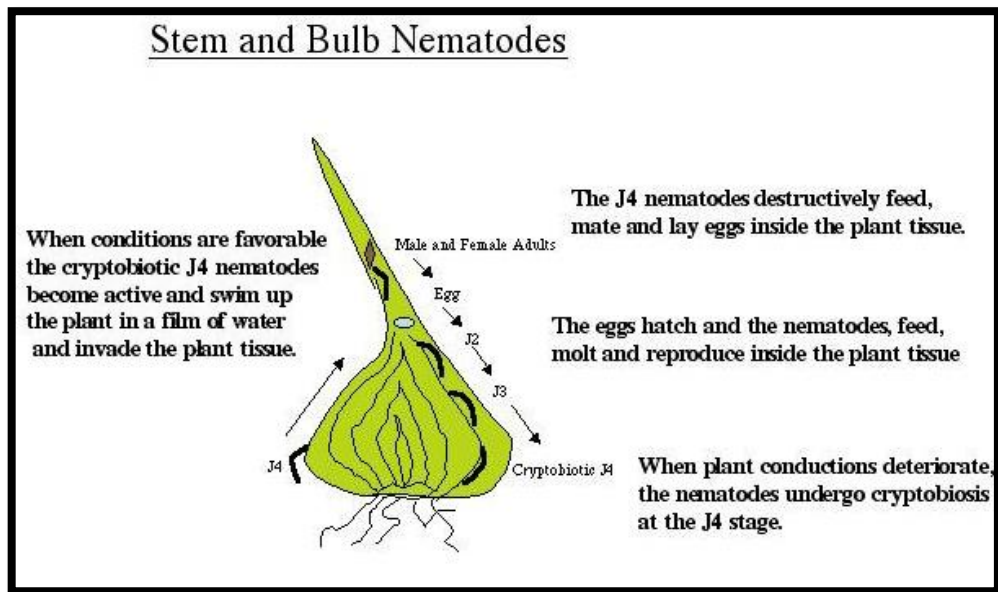


Grafico 5 Nematodos de Tallo y Bulbo
Fuente: Lambert, K. Bekal. (2002)

f. Nematodos de frijol de semilla

Estos nematodos emigran como J2s en películas de agua a las hojas de plantas donde se alimentan como ectoparásitos en las puntas, provocando distorsión de las hojas. Una vez que la planta comienza a florecer, la J2 penetra en los primordios florales y empieza a alimentarse de la semilla en desarrollo. Una vez en la semilla, el nematodo sufre su muda, continúa alimentándose, y eventualmente mata a la semilla para formar un "berberecho" ennegrecido.

Los adultos se reproducen sexualmente, los huevos eclosionan como J1 y luego se mueven rápidamente en una etapa de supervivencia J2. El J2 resistente al medio ambiente se seca con la hiel de semilla y pasa el invierno. Los nematodos de la semilla de la semilla pueden sobrevivir durante 30 años si se mantienen en un lugar seco. Cuando las condiciones adecuadas de humedad y temperatura se presentan, el J2 cryptobiotic se activa y comienza el ciclo de vida otra vez (Lambert, K. Bekal. 2002).

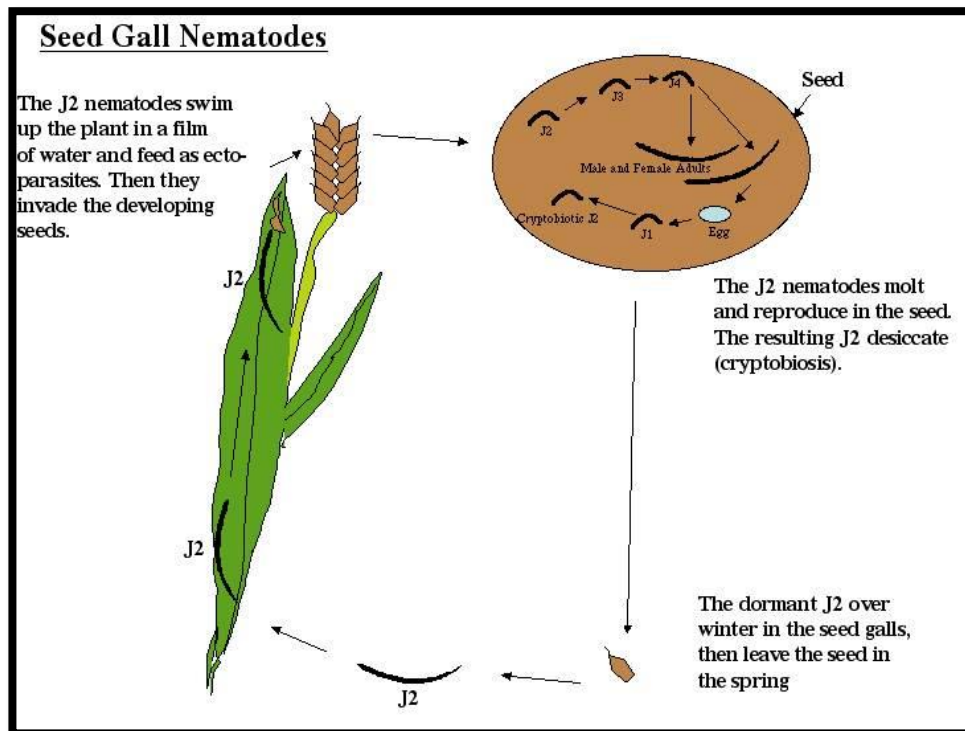


Grafico 6 Nematodos de semilla
Fuente: Lambert, K. Bekal. (2002)

g. Nematodos foliares

Los nematodos foliares pertenecen al género Aphelenchoides. Los nematodos adultos emigran en películas de agua sobre los tallos a las hojas de su planta huésped y penetran las hojas a través de aberturas naturales (estomas). Una vez en las hojas los nematodos migran, se alimentan destructivamente, mueven y ponen huevos. La actividad alimenticia de los nematodos provoca la clorosis y la necrosis características de la hoja, matándola en última instancia. Los nematodos son capaces de moverse de hoja a hoja si las condiciones ambientales adecuadas (húmedas) existen y pueden dañar gravemente una planta.

En el invierno los nematodos adultos persisten en las hojas muertas hasta que surjan condiciones favorables en la primavera. Si las hojas muertas, infestadas de nematodos se mueven o soplado alrededor de esto ayudará a dispersar el nematodo cerca de nuevas plantas huésped.

Foliar Nematodes

Nematodes can move from leaf to leaf destroying the plant cells and forming lesions.

The nematodes penetrate the leaf through the stomata and lay eggs in the leaves. The eggs hatch and the nematodes molt four times to form adults inside the leaves.

Adult nematodes swim up the plant in a film of water.

Adult nematodes undergo cryptobiosis to survive the winter

Adults come out of dormancy

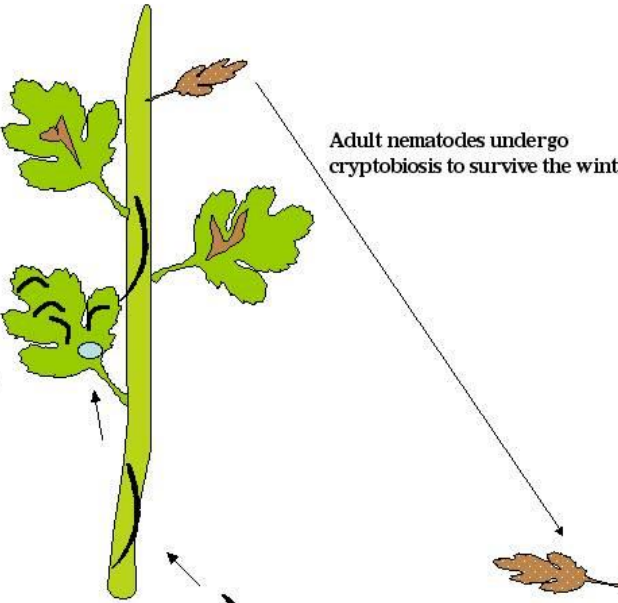


Grafico 7 Nematodo Foliar
Fuente: Lambert, K. Bekal. (2002)

Tabla 1. Resumen de las estrategias de alimentación de nematodos parásitos de plantas

Resumen de las Estrategias de Alimentación de Nematodos Parásitos de Plantas					
Estrategia de alimentación	Géneros de ejemplo	Orden	Etapa infecciosa	Etapa resistente	Notas
Ectoparásitos	Belonolaimus	Rhabditida	J2-adulto		Vector de virus
	Xiphenema	Dorylaimida	J2-adulto		
	Trichodorus	Triplonchida	J2-adulto		
Semi-Endoparásitos	Rotylenchulus	Rhabditida	J4	J4	
Endoparásitos	Tylenchulus	Rhabditida	J2	J2	
Endoparásitos Migratorios	Pratylenchus	Rhabditida	J2-adulto	*	
Endoparásitos Sedentarios	Meloidogyne	Rhabditida	J2	Huevos/ quistes	
	Heterodera	Rhabditida	J2		
	Nacobus	Rhabditida	J2		
Nematodos de Tallo y Bulbo	Bursaphelenchus	Rhabditida	J4	J3	J4 vectores de insectos
	Ditylenchus	Rhabditida	J4	J4	
Nematodos foliares	Aphelenchoides	Rhabditida	J2-adulto	Adulto	

Fuente: Lambert, K. Bekal¹. (2002)

➤ Nematodos saprofitos

Centeno (2016) manifiesta que los nematodos saprofitos son también conocidos como descomponedores porque descomponen los materiales orgánicos en el suelo, liberan nutrientes para el uso de las plantas y mejoran la estructura del suelo. Aumentan la capacidad de retención de agua del suelo, y el drenaje. Por lo general son el tipo más abundante de nematodos en el suelo.

¹ Huevos, todas las etapas juveniles y los adultos pueden sobrevivir el invierno, pero no las hembras productoras de huevo.

La FAO (2014), clasifica en base a su fuente de alimentación los nemátodos pueden ser divididos en cinco grupos, a saber:

- Se alimentan de bacterias
- Se alimentan de hongos
- Predadores
- Omnívoros
- Se alimentan de raíces

Los nemátodos predadores se alimentan de todos los tipos de nemátodos y protozoarios. Los más pequeños son ingeridos completamente y los más grandes son heridos hasta que pueden ser extraídas las partes internas.

Los nemátodos omnívoros forman un grupo que puede tener una dieta diferente en cada etapa de su vida. Cuando los nemátodos que se alimentan de bacterias, de hongos y predadores están presentes en cantidades favorables, los que se alimentan de raíces tienen dificultad para establecerse y su presencia es escasa. Además de la liberación de los nutrientes de las plantas, los nemátodos ayudan a distribuir las bacterias y hongos a través del suelo y a lo largo de las raíces, llevando microorganismos vivos o latentes en su superficie y en su aparato digestivo. (FAO. 2014).

Los nemátodos son comidos por otros predadores, tales como nemátodos predadores, microartrópodos e insectos. Algunos hongos también atacan a los nemátodos. Al igual que los otros organismos, los nemátodos están concentrados cerca de sus fuentes de alimentación. Esto significa que los que se alimentan de bacterias están concentrados en la zona de las raíces, donde existe la más alta concentración de bacterias. Los que se alimentan de hongos se encuentran cerca de la biomasa de hongos, los que se alimentan de raíces se concentran cerca de las plantas en condiciones de estrés y los nemátodos predadores son más propensos a encontrarse en suelos con gran cantidad de nemátodos y protozoarios. (FAO. 2014).

2.2.2. Variable independiente: Biofumigación con *brassica carinata* y solarización

2.2.2.1. Biofumigación

El término biofumigación fue propuesto por J.A. Kirkegaard (Kirkegaard et al., 1993) para hacer referencia a los efectos supresivos asociados a la liberación de isotiocianatos durante la hidrólisis de los glucosinolatos presentes en las Brassicas (Rosa et al, 1997; Kirkegaard y Matthiessen, 2004; Lazzeri et al., 2004; Matthiessen y Shackleton, 2005). Estos isotiocianatos tienen actividad biológica, siendo comparable a la del metamsodio, pesticida de amplio espectro y caracterizado (como se recoge en apartados anteriores) por generar metil-isotiocianato.

Considerando esta definición, se acentúa el interés por el aprovechamiento de dichos gases para el control de plagas y enfermedades del suelo, intentando abarcar, de una forma simple, un concepto para el fenómeno que incluye los efectos alelopáticos observados durante siglos en asociación con las Brassicas (Matthiessen y Kirkegaard, 2006).

Desde esta primera acepción, el adjetivo “biofumigante” ha entrado a formar parte del léxico empleado para el manejo de plagas ya que el concepto se amplía y se aplica al efecto beneficioso de los compuestos volátiles liberados en el suelo a partir de la descomposición de la materia orgánica y de los residuos agroindustriales (Bello, 1998; Bello et al., 2002; Stapleton, 2000). Tello y Bello (2002), definen biofumigación como “la acción de sustancias volátiles producidas en la biodegradación de la materia orgánica en el control de los patógenos de las plantas” aumentando la eficacia de la técnica cuando forma parte de un sistema de producción integrada. De esta forma, la biofumigación se considera una alternativa no química al BM (MBOTC, 1997) que regula la presencia de patógenos del suelo a través de los procesos de degradación de la materia orgánica (Bello et al., 1997 a; 1997 b).

Los gases obtenidos son el resultado de la biodescomposición de esta materia orgánica mediante el efecto biomejorador de los organismos del suelo o de aquellos que se encuentran asociados a las enmiendas orgánicas sin conocerse efectos negativos sobre el ambiente y la salud (Bello et al., 2000). Para prolongar el efecto de la biofumigación se precisa de un manejo adecuado del sistema agrario, especialmente de la relación plantas-medio ambiente. De ahí la necesidad de un diseño de manejo integrado que debería considerar la realidad social y económica de cada zona, e incluso un estudio de sus características agroecológicas particulares (Bello, 1998).

➤ **Biofumigación con Crucíferas.**

A la técnica de control de patógenos de suelo mediante la incorporación de materia orgánica se le llama biofumigación. *S. alba* es una especie capaz de producir in situ la biomasa necesaria para biofumigar, sin necesidad de transportarla, y hacerlo en poco tiempo. Por ello puede cultivarse expresamente para este fin. Además, nabo mostaza, y otras crucíferas, contienen importantes cantidades de glucosinolatos, que, al ser incorporados al suelo e hidrolizarse, dan lugar a sustancias que son tóxicas para nematodos, malas hierbas, insectos y patógenos del suelo. El resultado de la biofumigación con *Sinapis alba*, con elevada biomasa y elevado contenido de glucosinolatos, puede constituir una desinfección de suelo de bajo coste, debido a las escasas necesidades de cultivo y al coste cero de transporte del material biofumigante. El grado de eficacia va a depender de diversos factores, aún no bien cuantificados, como son la fenología de la planta, climatología, suelo, etc. (Saavedra, et al. 2015).

Obregon, et al. (2008), manifiesta que las crucíferas tienen altos contenidos en glucosinolatos en sus tejidos. Cuando se produce un daño en los tejidos de la planta, se libera una enzima llamada mirosinasa que es la encargada de descomponer los glucosinolatos en otros compuestos como isotiocianatos, tiocianatos y nitrilo. Estas sustancias son las responsables del poder biofumigante de las crucíferas ya que

muchas de ellas son volátiles y penetran en el suelo actuando de manera directa o indirecta sobre el hongo, permitiendo de esta manera el control de la enfermedad.

2.2.2.2. Solarización

Acerca de la solarización, se describe por primera vez por Katan et al. (1976) en Israel donde el método más usado hasta entonces para la desinfección de suelos era la fumigación siendo el alto coste de la misma su principal inconveniente, por lo que quedaba restringida a ciertos cultivos y épocas de cultivo. Se observó que al cubrir el suelo con láminas de polietileno transparente de baja densidad (entre 40 y 100 micrones, tipo cristal), durante las estaciones cálidas se incrementa su temperatura debido al calentamiento solar, lográndose una gran reducción en las poblaciones de determinados patógenos (principalmente hongos) que repercutía en la reducción de plantas afectadas por las enfermedades asociadas a los mismos.

Además, el efecto que ejerce el vapor de agua como desinfectante de suelos pudiendo matar a los patógenos pero dejando saprofitos competitivos se conocía de tiempo atrás, pudiendo actuar la solarización de forma similar, exceptuando las temperaturas máximas alcanzadas (que son menores) y el tiempo de tratamiento (que es mayor). Así, la solarización se consideraba como un tratamiento intermedio que en ocasiones sólo debilita o hiere a los patógenos sin matarlos (Elad et al., 1980; Katan et al., 1976).

➤ Solarización y Biofumigación

Stapleton, J.J. (1997) citado por Abu Irmaileh. (2012) señala que la solarización del suelo también incluye cambios en los compuestos volátiles del suelo. Diferentes tipos de materia orgánica tales como el abono animal y los residuos de los cultivos podrían ser combinados con la solarización del suelo para hacer la biofumigación de

modo de incrementar la temperatura del suelo por medio del calor generado por la descomposición de esos materiales y de incrementar la capacidad del suelo de mantener calor. Durante el proceso de solarización, cuando se calienta la materia orgánica se liberan compuestos volátiles biotóxicos. Los correctores orgánicos, especialmente los residuos vegetales y los abonos animales aumentan la actividad biocida de la biofumigación por medio de la producción de compuestos volátiles que emanan de la descomposición de los materiales orgánicos. Muchos compuestos volátiles biotóxicos se producen durante la descomposición de residuos de repollos, específicamente durante las tres primeras semanas de la solarización del suelo.

2.2.3. Unidad de análisis

➤ Brassica Carinata

Wright (2014), afirma que *Brassica carinata* es el nombre botánico de esta especie perteneciente a la familia Cruciferae y es conocida de forma común como: mostaza de abisinia y mostaza etíope.

a. Descripción general

Es una planta anual original de África del Norte (Etiopía) puede llegar a alcanzar un metro de altura. *Brassica carinata* se vale de antófilos para polinizar sus flores de color amarillo dotadas de unidades reproductivas hermafroditas.

b. Morfología

Hierba erecta, anual u ocasionalmente bienal o perenne hasta 150 (-200) cm de altura, normalmente ramificada. Hojas alternas, generalmente simples, inferiores a veces con 1 par de pequeños lóbulos laterales en la base; Estipulaciones ausentes; la inflorescencia es bastante parecida a un racimo de tipo umbela. Flores bisexuales, regulares, 4-merous; Pedicelo ascendente, 5-12 mm de largo; Sépalos oblongos, 4-6 (-7) mm de largo, verdes; Pétalos obovados, 6-10 mm de largo, agarrados, pálidos a amarillo brillante. Fruto un silique lineal 2.5-6 cm × 2-3.5 mm, a menudo un poco constreñido entre las semillas, con un pico cónico 2-6 (-7) mm de largo, dehiscente, hasta 20 semillas. Semillas globosas, de 1-1,5 mm de diámetro, finamente reticuladas, pálidas a marrón oscuro. (Mnzava & Schippers, 2007).

c. Requerimientos del cultivo

La especie *Brassica carinata* se desarrollará mejor en suelos con pH ácido, neutro o alcalino. Su parte subterránea crecerá con vigor en soportes con textura arenosa, franca o arcillosa, éstos se pueden mantener generalmente húmedos. Es de suma importancia regar teniendo en cuenta la información anterior, pero también factores tales como: exposición al sol, temperatura, textura del suelo, época del año, etc. Todo ello para buscar un equilibrio más o menos constante en la humedad del soporte. Un aspecto interesante a comentar es que no tolera los echarcamientos, por lo que la zona de plantación debe estar muy bien drenada. (Wright, D. 2014)

En cuanto a sus necesidades lumínicas, podemos aseverar que es medianamente exigente, puede situarse en un lugar con semisombra o con exposición directa al sol indistintamente.

Con respecto a su dureza contra condiciones adversas podemos decir que puede soportar heladas y su tasa de crecimiento en condiciones óptimas es rápida.

d. Plagas y enfermedades

Esta variedad está considerada como muy resistente a plagas. En cuanto a enfermedades es muy resistente, pero en condiciones desfavorables puede verse afectada por hongos.

e. Producción de biomasa

Las planta *brassica carinata* tienen un elevado potencial de producción de biomasa en suelos fértiles o fertilizados. La mayor cantidad de biomasa se produce si se realizan siembras tempranas, en seco, antes de las primeras lluvias, tal y como ocurre en la naturaleza. Sin embargo, puede reducirse mucho la biomasa debido a daños producidos durante la instalación y desarrollo de las plantas como son: depredación por pájaros, hormigas, residuos de herbicidas del cultivo anterior, etc. (Saavedra, et al. 2015).

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

3.1 Hipótesis

La biofumigación con *Brassica carinata* y la solarización ayuda a reducir la población de nematodos (*Meloidogyne incógnita*).

3.2 Variables de la hipótesis

Variable dependiente: Población de nematodos (*Meloidogyne incógnita*).

Variable independiente: Biofumigación con *Brassica carinata* y solarización.

3.3 Objetivos

3.3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de la biofumigación con nabo mostaza (*Brassica carinata*) y la solarización para reducir la población de nematodos (*Meloidogyne incógnita*)

3.3.2 Objetivos específicos

Establecer dosis de *brassica carinata* y calibre de polietileno en la biofumigación y solarización para el control de nematodos.

Determinar la temperatura en la solarización para la disminución de poblaciones de nematodos.

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del ensayo

El presente trabajo de investigación se realizó en la provincia de Tungurahua, cantón Píllaro, parroquia San Miguelito, barrio Valle Quillan, en la propiedad del Sra.: Piedad Chiluzza, las coordenadas geográficas son 01° 13' 18 S de latitud Sur y 078° 32' 17 de longitud Oeste, la altitud es de 2675msnm.

4.2. Características del lugar

El terreno presenta una pendiente del 5%, cuenta con invernadero de cubierta plástica, en periodo de descanso, siendo el cultivo anterior tomate hortícola, con riego por goteo.

4.2.1 Clima

Según los datos registrados en la estación meteorológica localizada en el colegio “Jorge Álvarez” el Cantón Píllaro el lugar de estudio presenta: temperatura media anual: 13.46 °C, precipitación media anual: 1468 mm, humedad relativa 86.6% y velocidad del viento de 2.6m/s.

4.2.2 Suelo

El suelo de la zona pertenece a la clase de los Mollisoles ya que poseen las siguientes características: no presentan lixiviación excesiva, son oscuros con buena descomposición de materia orgánica, son suelos productivos debido a su alta fertilidad. (PDOT- San Miguelito. 2011)

4.3 Equipos y materiales

4.3.1. Equipos

Balanza, bomba de agua para riego, GPS (Sistema de posicionamiento global)

4.3.2. Materiales

Lápiz, libreta, geotermómetro, azadón, pala jardinera, polietileno, machete, chaveta, fundas, barreno, etiquetas, cinta adhesiva, mangueras, cintas de goteo y semillas de nabo mostaza

4.4. Factores en estudio

En la presente investigación los factores en estudio fueron:

a) Solarización (Polietileno)

Plástico para la solarización (polietileno transparente de baja densidad)

P1 Polietileno de 50 micrones

P2 Polietileno de 100 micrones

b) Biofumigación (*Brassica carinata*)

Restos vegetales de *Brassica carinata* recolectada a los 60 días antes de la floración según recomienda Chango (2015).

D1 5kg/m²

D2 10kg/m²

T Tratamiento control

4.5. Tratamientos

Tabla 2. Tratamientos

	Nº	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
Parcela 1	1	P1R1D1	Polietileno de 50 micras + 5kg/m ² de <i>brassica carinata</i>
	2	P1R1D2	Polietileno de 50 micras + 10kg/m ² <i>brassica carinata</i>
	3	P1R2D1	Polietileno de 50 micras + 5kg/m ² de <i>brassica carinata</i>
	4	P1R2D2	Polietileno de 50 micras + 10kg/m ² de <i>brassica carinata</i>
	5	P1R3D1	Polietileno de 50 micras + 5kg/m ² de <i>brassica carinata</i>
	6	P1R3D2	Polietileno de 50 micras + 10kg/m ² de <i>brassica carinata</i>

	N°	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
	7	P1R4D1	Polietileno de 50 micras + 5kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	8	P1R4D2	Polietileno de 50 micras + 10kg/m2 de <i>brassica carinta</i>
	9	P1R5D1	Polietileno de 50 micras + 5kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	10	P1R5D2	Polietileno de 50 micras + 10 kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
Parcela 2	1	P2R1D1	Polietileno de 100 micras + 5kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	2	P2R1D2	Polietileno de 100 micras + 10kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	3	P2R2D1	Polietileno de 100 micras + 5kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	4	P2R2D2	Polietileno de 100 micras + 10kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	5	P2R3D1	Polietileno de 100 micras + 5kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	6	P2R3D2	Polietileno de 100 micras + 10kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	7	P2R4D1	Polietileno de 100 micras + 5kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	8	P2R4D2	Polietileno de 100 micras + 10kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	9	P2R5D1	Polietileno de 100 micras + 5kg/m2 de <i>brassica carinata</i>
	10	P2R5D2	Polietileno de 100 micras + 10 kg/m2 de nabo mostaza

4.6. Diseño experimental

Se utilizó un diseño en parcelas divididas, siendo la parcela principal el factor polietileno, y las subparcelas, la dosis de brassica carinata con 5 repeticiones.

4.7. Variables respuesta

4.7.1. Población y género de nematodos

El ensayo se realizó en un invernadero de 1000 m², ubicado en Píllaro, parroquia San Miguelito, valle Quillan, donde se cultivaba tomate riñón por 4 años aproximadamente, en el suelo no se incorporaba materia orgánica, solo se hacía un manejo por fertirrigación.

El muestreo inicial se realizó en zigzag en toda el área, aproximadamente se recolectó 25 sub muestras se mezcló para obtener una muestra compuesta de 500gr. La muestra final se recolectó 5 submuestras de cada tratamiento se mezcló y se obtuvo una muestra compuesta de 250 gr, en total 20 muestras para el análisis de población y género de nematodos a una profundidad de 15 cm.

La identificación de la población y género de nematodos patógenos y saprofitos se realizó en el departamento de Sanidad Vegetal en el área de Nematología de la estación experimental Santa Catalina del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), mediante el método del “elutriador de Oostembrink” y “filtro de algodón” en 100gr de suelo. (Van Ech y Eguiguren. 1984)

4.7.2. Biofumigación

Se incorporó a las camas los restos vegetales de *Brassica carinata* recolectada a los 60 días antes de la floración, el material vegetal de nabo mostaza se trituro hasta llegar a un tamaño de 2 a 3 cm y se aplicó en dosis de: 24 kg en los tratamientos de D1 y 48 kg en los tratamientos de D2 luego se humedeció a capacidad de campo por medio de sistema de riego a goteo

4.7.3. Solarización

Las camas fueron recubiertas con polietileno para la solarización de los calibres: 50 micrones y de 100 micrones. En cada cama (0.8m * 12m) se colocó un tipo de polietileno, hasta la mitad D1 y en la otra mitad D2 con 5 repeticiones alternando el lugar de las dosis, todo el ensayo se completó con 10 camas con una área total de 96 m² sin tomar en cuenta el área de caminos. Mediante un geotermómetro se tomó la temperatura del suelo cada tres días, en la tarde, realizando un agujero en el polietileno para que ingrese el bulbo del instrumento en distintos lugares del tratamiento a 10cm de profundidad.

4.8. Procesamiento de la información

Con los datos obtenidos en campo se procedió a realizar los Análisis Estadísticos; elaborando Análisis de Variancia (ADEVA), se realizó la Prueba de significación de Tukey al 5 %, utilizando el programa estadístico INFOSTAT versión 2016.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Población inicial de nematodos Fito patógenos y saprofitos

En la tabla 3 se observa que la población inicial de nematodos en este suelo está predominado por saprofitos (540) seguido de una población alta del género *Xiphinema* sp. (100) y una población media del género *Meloidogyne* sp.(80).

Tabla 3. Población inicial de nematodos parásitos y saprofitos

Nemátodos	Población inicial
<i>Meloidogyne</i>	80
<i>Xiphinema</i>	100
<i>Criconemoides</i>	0
<i>Trichodorus</i>	0
<i>Tylenchorhynchus</i>	0
<i>Saprofitos</i>	540

Fuente: INIAP 2016

La presencia de estos nematodos se justifica según Sepulveda y Morales (2012), por el uso intensivo del suelo (monocultivo) en invernaderos donde el cultivo de tomate es un excelente hospedero de algunos organismos para alimentarse.

5.2. Población final de nematodos Fito patógenos y saprofitos

Según se observa en la tabla 4 para la variable población final de nematodos fitopatógenos y saprofitos que no hay diferencias significativas ($p < 0,05$). En los

tratamientos P1D1 y P2D2 se ha reducido a 0 la presencia de nematodos del genero *Meloidogyne*; en cambio en los tratamientos P1D2 y P2D1 se reportó un promedio de 4 y 8 nematodos respectivamente. Los Nematodos del género *Criconemoides* se redujo a 0 en P1D2 y P2D1. Los nemátodos *Trichodorus* y *Tylenchorhynchus* se encontraron solo en el tratamiento P1D2 en una población no significativa. En cuanto a la población final de nematodos saprofitos, aumento considerablemente su población, siendo el tratamiento P1D1 donde se encontró la mayor cantidad de nematodos promedio llegando a 7014, de una muestra inicial de 500 (tabla 3),

Tabla 4. Cuadro resumen de población final de nematodos

Variable respuesta	P1D1	P1D2	P2D1	P2D2	EEM	C.V	p- valor
Meloidogyne	0 ^a	4 ^a	8 ^a	0 ^a	4.47	24.21	0.2165
Criconemoides	4 ^a	0 ^a	0 ^a	4 ^a	2.83	20.71	0.1950
Trichodorus	0 ^a	4 ^a	0 ^a	0 ^a	2	15.42	0.3436
Tylenchorhynchus	0 ^a	8 ^a	0 ^a	0 ^a	2.45	18.82	0.1412
Saprofitos	7104 ^A	6888 ^A	6728 ^A	5000 ^A	1317.59	15.7	0.5819

Medias iguales entre filas no difieren significativamente (P<0.05). C.V: coeficiente de variación. P1D1: Polietileno de 50 micras + 5kg/m2 de brassica carinata, P1D2: Polietileno de 50 micras + 10kg/m2 brassica carinata, P2D1: Polietileno de 100 micras + 5kg/m2 de brassica carinata, P2D2: Polietileno de 100 micras + 10kg/m2 de brassica carinata

La población de nematodos se redujo por medio de la combinación de biofumigación y solarización, no se logró bajar la población a cero ya que como manifiestan Lambert y Bekal (2002) la supervivencia de estos nematodos posiblemente se debe a que muchos de estos están bien adaptados al estrés abiótico (temperatura y humedad) y son capaces de criptobiosis (vida oculta), sobreviviendo durante años en un estado criptobiótico en espera de condiciones favorables que desencadenará su avivamiento. La capacidad de los nematodos para sufrir criptobiosis es una razón por la que algunas especies son muy difíciles de erradicar de un campo. Como manifiesta Obregon, et al. (2008), la biofumigación da resultados por el alto contenido de glucosinolatos que presenta brassica carinata, que al producirse un daño en los tejidos de la planta, se libera una enzima llamada

mirosinasa que es la encargada de descomponer los glucosinolatos en otros compuestos como isotiocinatos, tiocinatos y nitrilo como también por la temperatura generada por el polietileno.

También los residuos vegetales, al ser incorporados al suelo, en acción de los microorganismos se logró una descomposición que produce una gran cantidad de productos químicos que pueden actuar en el control de nematodos como el amonio, nitratos, sulfídrico y un gran número de sustancias volátiles y ácidos orgánicos pueden producir una acción nematicida directa o afectar a la eclosión de los huevos o la movilidad de los juveniles de nematodos (Rojo, 2010). El incremento de nemátodos del género saprófitos se produce según Bello, et al (1998), por el proceso de biofumigación y solarización que además de producir compuestos volátiles letales, también se libera compuestos que estimulan los antagonistas saprofitos del suelo, tales como los aldehídos, alcoholes, y o toxinas alelopáticas, los cuales ayudan al incremento de una microflora beneficiosa.

5.3. Temperatura máxima alcanzada en el proceso de biofumigación y solarización

Según se observa en la tabla 5 las medias de las temperaturas máximas alcanzadas para los tratamientos no presentan diferencias, manteniéndose en un rango de 39 a 40 °C.

Tabla 5. Temperaturas máximas en los tratamientos

Tratamientos	T Max
P1D1	39.72
P1D2	39.64
P2D1	40.04
P2D2	39.78

T max: Medias de la temperatura máxima °C

P1D1: Polietileno de 50 micras + 5kg/m² de brassica carinata, P1D2: Polietileno de 50 micras + 10kg/m² brassica carinata, P2D1: Polietileno de 100 micras + 5kg/m² de brassica carinata, P2D2: Polietileno de 100 micras + 10kg/m² de brassica carinata

Las temperaturas obtenidas fueron adecuadas para reducir la población de nematodos (*Meloydogine* y *Criconemoides*), en cuanto a esto Katan (1995) señala que la mayoría de los organismos nocivos del suelo tienen un carácter mesofílico, es decir no resisten temperaturas por encima de 32 °C en el suelo, por lo que su eliminación es factible si se logra tales niveles térmicos en el suelo. Además según manifiesta Godoy, et al. (2013), el suelo húmedo a capacidad de campo conduce mejor el calor lo cual permite una distribución uniforme tanto de calor como de las sustancias que se liberan durante la descomposición de la materia orgánica, lo que favorece un aumento en la eficiencia para disminuir población de nematodos, quienes se encuentran con mayor abundancia en la capa del suelo comprendida entre los 0 y 15 cm de profundidad (Agrios. 1995).

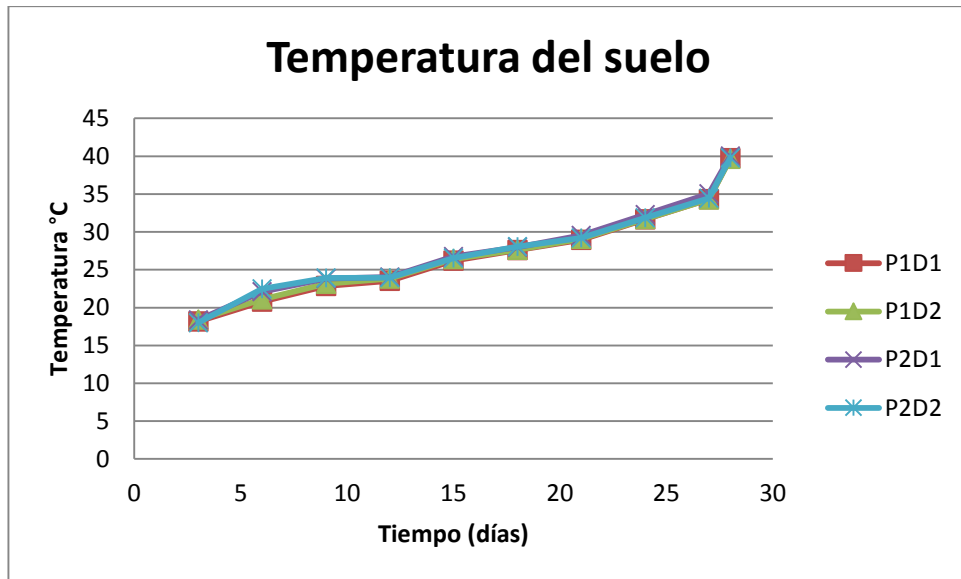


Grafico 8. Curva de comportamiento de la temperatura máxima en un periodo de 28 días²

Como se observa en el gráfico 8 la temperatura promedio inicial de los tratamientos fue de 18°C, subiendo gradualmente en 28 días hasta 40 °C al final del ensayo.

La técnica de la solarización basada en la utilización de una manta transparente de polietileno, permite el paso 18 de los rayos solares como: U.V (ultravioleta), en su mayoría, Radiación visible e infrarroja, que son absorbidos por el suelo húmedo incrementando la temperatura del suelo (Katan, 1995).

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1 CONCLUSIONES

Se determinó que la combinación de dos técnicas alternativas de control (solarización y biofumigación), son efectivas en el rango utilizado de 50 a 100 micras de polietileno transparente y 5 a 10 kg/m² de residuos vegetales de *brassica carinata*, ya que estos factores no presentaron diferencias significativas en los tratamientos pero si hubo un control alto a la muestra inicial de *Meloidogyne*.

Las temperaturas máximas alcanzadas durante el ensayo fueron: como mínima de 39,64 °C, y como máxima de 40,04 °C, lo que indica que se puede lograr un ambiente adecuado para reducir nematodos.

Se observó también un incremento considerable de nematodos saprofitos, que ayudan a descomponer la materia orgánica y se alimenta de esporas de hongos.

6.2 BIBLIOGRAFÍA

- Agrios, G. (1995). *Fitopatología*. España.
- Adric Van Eck, A., Eguigure, R., Défaz, M., & Cedeño, J. (1984). Técnicas del laboratorio de nematología. INIAP. Boletín N 54. 2,6.
- Abu Irmaileh. (2012). Solarización del suelo. Manejo de malezas. FAO. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/007/y5031s/y5031s0g.htm#TopOfPage>
- Bello, J.A. López-, L. Díaz. (2005) biofumigación y solarización como alternativas al bromuro de metilo Dpto Agroecología, CCMA, CSIC. Serrano 115 dpdo 28006 Madrid. Recuperado de http://www.motril.es/fileadmin/areas/medioambiente/ae/biofumigacion_solarizacion.pdf
- Bello A., J.A. González, M. Arias, R. Rodríguez-Kábana. (1998). *Alternatives to Bromide for the Southern European Countries*. Phytoma-España, DG XI EU, CSIC, Valencia, Spain, 404 pp.
- Centeno. (2016). Descripción general de Nematodos. Universidad del salvador. 33 paginas Recuperado de <http://es.slideshare.net/OSCARJAVIERCRUZCENTE/nematodos-65678220>
- Curay, C. P. (2015). *Repositorio uta*. Retrieved 05 01, 2016, from <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/1830>
- FAO. (2014). Materia orgánica y actividad biológica. Conservación de los recursos naturales para una Agricultura sostenible. Recuperado de http://www.fao.org/ag/Ca/Training_Materials/CD27-Spanish/ba/organic_matter.pdf
- Frapolli, E. (2000). Los nematodos Fito parásitos. España. Monograf.

- Godoy, H. Salvador, H. Villalobos, G. Medina, J. Marín, E. Aguilar, M. Maya, Á. (2013). BIOSOLARIZACIÓN Técnica para el control de patógenos del suelo en invernadero. INIFAP. Primera Edición 2013 Folleto Técnico Núm. 18. Pags 36. Recuperado de http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4081/01020883300041058_CIRCE.pdf?sequence=1
- Katan, J & J. E. DeVay. (1991). (eds.) Soil Solarization. CRC Publications, Boca Raton: 159-170.
- Katan J. (1995). Solar heating (Solarization) of Soil for Contyrol of Soil Borne Pests- Ann. Review Phytopathology. 1981. 19.211-36.
- Kirkegaard, J. A.; Matthiessen, J. N. (2004). Developing and refining the biofumigation concept. Agroindustria 3: 233-239.
- Lambert, K. Bekal. (2002). Introduction to Plant-Parasitic Nematodes. The American Phytopathological Society (APS). Recuperado de <http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/PathogenGroups/Pages/IntroNematodes.aspx>
- Maldonado, I. Valiente, J. (2015). Control de nemátodos: solarización y biofumigación como tratamiento del suelo. argentina. Boletín INTA. Recuperado de http://www.aianer.com.ar/noticias/652_control-de-nematodos-solarizacion-y-biofumigacin-como-tratamiento-del-suelo.html#.WHWMdFPhC1s
- Mnzava, N.A. & Schippers, R.R., (2007). **Brassica carinata** A.Braun. [Internet] Record from PROTA4U. van der Vossen, H.A.M. & Mkamilo, G.S. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. Recuperado de <http://www.prota4u.org/search.asp>
- Michel, V. V.; Lazzeri, L. (2008). Biofumigation to control Verticillium wilt influenced by plant species and soil types. In Proceedings of the Third International Biofumigation Symposium. Canberra, Australia. p. 62.

- Obregon S., Bejarano J., Saavedra M., & Haro A. (2008). Cruciferae plant species for biofumigation in Mediterranean conditions. 5th ISHS International Symposium on Brassicas. 172.
- Perniola, O., Staltari, S., Chorzempa, S., Molina, M. (2012). Biofumigación con Brassicáceas: *actividad supresora sobre Fusarium graminearum*. Buenos Aires. Repositorio de la UNLP. Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/41887>
- Parker, N.; A. C. Haywards; G. R. Stirling. (1988). Effect of chitinolytic soil bacteria on root-knot nematode eggs. Fifth International Congress of Plant Pathology, Abstracts of Paper, Kyoto, 157.
- PDOT- San Miguelito. (2011). Plan de ordenamiento territorial – Gad. San Miguelito.
- Rojo, M. (2010). Bases agronómicas para la utilización de restos agrarios en biodesinfección de suelos. Madrid. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado de http://oa.upm.es/4153/1/MIGUEL_ANGEL_DIEZ_ROJO.pdf
- Rodríguez, J. Toro, P., Morales, Osorio, P., Núñez, P., & Plasencia, L. (2010). Efecto de la biofumigación con especies de brassicaceae y temperaturas diarias fluctuantes en la inactivación de clamidosporas de phytophthora parasítica en Murcia. 05/04/2016, DE IFAPA Sitio web: <http://centrodeinvestigacionlaorden.gobex.es/archivos/poster/EFEECTO%20DE%20LA%20BIOFUMIGACION%20CON%20ESPECIES%20DE%20BRASSICACEAE.pdf>
- Rivera, G. (2007). Conceptos introductorios a la fitopatología. (1era ed). Costa Rica. EUNED.
- Stapleton, J.J. (1997). Modes of action of solarization and biofumigation. pp. 78-88. En: Stapleton, J.J., DeVay, J.E. & Elmore, C.L., eds. *Proc. of the Second Int. Conference on Soil Solarization and Integrated Management of*

Soil-borne pests. Aleppo, Syrian Arab Republic. 16-21 March 1997. FAO, Plant Protection and Production Paper No. 147. Rome, 1998.

- Saavedra, M., Castillo, F., Pérez, J.D., Hidalgo, J.C., Alcántara, C. (2015). Características de *Sinapis alba* subsp. *mairei* como Cubierta Vegetal y para Biofumigación. Córdoba. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, 2015. 1-27 pp.
- Sepulveda y Morales. (2012). Nematodos y hongos del suelo que afectan al cultivo de tomate. INIA-Chile. Recuperado de http://platina.inia.cl/ururi/informativos/Informativo_INIA_Ururi_70.pdf
- Souza, J. (2009). La problemática del uso de plaguicidas en argentina. Modelos productivos e impacto en el ambiente. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas de América Latina, RAP-AL. Argentina. Recuperado de http://www.rap-al.org/articulos_files/Plaguicidas_Argentina.pdf
- Triviño, C. (2005). Control biológico de nematodos en el Ecuador. Estacion experimental Boliche (INIAP). Recuperado de http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/Control_biologico_nematodos_Ecuador.pdf
- Universo. (2015). Agricultores, en riesgo por el uso de los agroquímicos. Publicado el Domingo, 10 de mayo, 2015. Recuperado de <http://www.eluniverso.com/noticias/2015/05/10/nota/4853501/agricultores-riesgo-uso-agroquimicos>
- Valenzuela, (2006). Obtención de Quitosano de Pota (*Dosidicus Gigas*) empleando altas dosis de Radiación Gamma. Peru. Ingeniería química. E.A.P. DE QUÍMICA. Recuperado de http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/cybertesis/2113/1/Valenzuela_cc.pdf
- Van Ech y Eguiguren. (1984). Técnicas de laboratorio en Nematología INIAP. Boletín 54.

Vuelta Lorenzo, D. R. (2014). LA BIOFUMIGACIÓN Y LA SOLARIZACIÓN
COMO ALTERNATIVAS AL MANEJO DE PLAGAS DEL SUELO.
Ciencia en su PC, 12. recuperado de
<http://www.redalyc.org/pdf/1813/181331235002.pdf>

Wright, D. (2014). Weed Risk Assessment for Brassica carinata A. Braun
(Brassicaceae) – Ethiopian mustard. EEUU. Version 1. USDA. Recuperado
de
https://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/weeds/downloads/wra/Brassica-carinata.pdf

6.3 ANEXOS

ANEXO 1. POBLACION DE NEMATODOS DEL GENERO MELODOIGYNE

Tratamientos	REPETICIONES				
	1	2	3	4	5
P1D1	0	0	0	0	0
P1D2	0	0	0	0	20
P2D1	0	0	40	0	0
P2D2	0	0	0	0	0
inicial	80				

ANEXO 2. POBLACION DE NEMATODOS DEL GENERO XIPHIDEMA

Tratamientos	REPETICIONES				
	1	2	3	4	5
P1D1	0	0	0	0	0
P1D2	0	0	0	0	0
P2D1	0	0	0	0	0
P2D2	0	0	0	0	0
Inicial	100				

ANEXO 3. POBLACION DE NEMATODOS DEL GENERO CRICONEMOIDES

Tratamientos	REPETICIONES				
	1	2	3	4	5
P1D1	0	0	0	0	20
P1D2	0	0	0	0	0
P2D1	0	0	0	0	0
P2D2	0	20	0	0	0
Inicial	0				

ANEXO 4. POBLACION DE NEMATODOS DEL GÉNERO TRICHODORUS

Tratamientos	REPETICIONES				
	1	2	3	4	5
P1D1	0	0	0	0	0
P1D2	0	20	0	0	0
P2D1	0	0	0	0	0
P2D2	0	0	0	0	0
Inicial	0				

ANEXO 5. POBLACION DE NEMATODOS DEL GENERO
TYLENCHORHYNCHUS

Tratamientos	REPETICIONES				
	1	2	3	4	5
P1D1	0	0	0	0	0
P1D2	20	0	0	0	20
P2D1	0	0	0	0	0
P2D2	0	0	0	0	0
Inicial	0				

ANEXO 6. POBLACION DE NEMATODOS SAPROFITOS

Tratamientos	REPETICIONES				
	1	2	3	4	5
P1D1	11020	6360	7720	5240	5180
P1D2	4120	6120	5980	7940	10280
P2D1	6880	6260	7020	6140	7340
P2D2	240	4260	3440	6760	10300
Inicial	540				

ANEXO 7 ANALISIS DE LABORATORIO

- Análisis de población de nematos




INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PROTECCION VEGETAL
Teléfono: 3006433

RESULTADOS Nº - 113 -132

Fecha de identificación: 16 - 09 - 2016	Remitente: Egresado: Byron Paúl Chiluza Moposita
Volumen de la muestra: 100 cc de suelo	
Método utilizado: Suelo: Elutriador de Oostembink más filtro de algodón	

Cultivo	Parte Analizada	Larvas en 100 cc de suelo						Saprófitos
		Meloidogyne sp	Xiphinema sp.	Cricenemoides sp	Trichodorus sp	Tylenchorhynchus sp		
P1R1D1	Suelo	0	0	0	0	0	0	11020
P1R1D2	Suelo	0	0	0	0	0	20	4120
P1R2D1	Suelo	0	0	0	0	0	0	6360
P1R2D2	Suelo	0	0	0	0	20	0	6120
P1R3D1	Suelo	0	0	0	0	0	0	7720
P1R3D2	Suelo	0	0	0	0	0	0	5980
P1R4D1	Suelo	0	0	0	0	0	0	5240
P1R4D2	Suelo	0	0	0	0	0	0	7940
P1R5D1	Suelo	0	0	20	0	0	0	5180
P1R5D2	Suelo	20	0	0	0	0	20	10280
P2R1D1	Suelo	0	0	0	0	0	0	6880
P2R1D2	Suelo	0	0	0	0	0	0	240
P2R2D1	Suelo	0	0	0	0	0	0	6260
P1R2D2	Suelo	0	0	20	0	0	0	4260
P2R3D1	Suelo	40	0	0	0	0	0	7020
P2R3D2	Suelo	0	0	0	0	0	0	3440
P2R4D1	Suelo	0	0	0	0	0	0	6140
P2R4D2	Suelo	0	0	0	0	0	0	6760
P2R5D1	Suelo	0	0	0	0	0	0	7340
P2R5D2	Suelo	0	0	0	0	0	0	10300
Inicial	Suelo	80	100	0	0	0	0	540

Observaciones: En el análisis se determinó la presencia de población baja de *Meloidogyne* sp., en las muestras (P1R5D2, P2R3D1).

Se determinó una población media para establecer cultivos en la muestra inicial de *Meloidogyne* sp., que constituye un parásito de leguminosas, solanáceas, caricáceas, tomate, cultivo de flores ente otros. y una población alta de *Xiphinema* sp., nematodo parásito de uvas y tomates.

Los nematodos saprofitos en su mayoría, son *Rhabditídeos* y *Doryaimídeos* que ayudan en la descomposición de la materia orgánica.



Lcda. Katherine Orbe
RESP. DPTO. PROTECCION VEGETAL



Lcdo. NÉSTOR CASTILLO
LABORATORISTA

- Análisis de suelo

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

DATOS DEL PROPIETARIO			DATOS DE LA PROPIEDAD			PARA USO DEL LABORATORIO			
Nombre :	Paul Chiluitza		Nombre :	Tungurahua		Cultivo Actual :			
Dirección :	Pillaro		Provincia :	Pillaro		Fecha de Muestreo :	29/08/2016		
Ciudad :			Cantón :	San Miguelito		Fecha de Ingreso :	30/08/2016		
Teléfono :			Ubicación :			Fecha de Salida :	09/09/2016		
Fax :									

N° Muest. Laborat.	Identificación del Lote	pH	ppm			meq/100ml			ppm				
			NH ₄	P	S	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Fe	Mn	B
105449	A. Testigo Antes	6,71 PN	102,00 A	162,00 A	49,00 A	2,31 A	19,50 A	5,98 A	3,8 M	16,0 A	74,0 A	4,7 B	1,70 M
105450	Ensayo Después	7,30 PN	133,00 A	142,00 A	39,00 A	1,74 A	17,90 A	6,44 A	3,1 M	16,0 A	34,0 M	5,0 M	1,50 M

INTERPRETACION			
pH		Elementos	
Ac = Acido	N = Neutro	B = Bajo	
LAc = Liger. Acido	LAl = Lige. Alcalino	M = Medio	
PN = Prac. Neutro	Al = Alcalino	A = Alto	
	RC = Requieren Cal	T = Tóxico (Boro)	

METODOLOGIA USADA			
pH = Suelo: agua (1:2,5)	P K Ca Mg = Olsen Modificado		
S, B = Fosfato de Calcio	Ce Fe Mn Zn = Olsen Modificado		
	B = Curcumina		


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA

REPORTE DE ANALISIS DE SUELOS

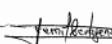
DATOS DEL PROPIETARIO				DATOS DE LA PROPIEDAD				PARA USO DEL LABORATORIO				
Nombre :	Paul Chiluitza			Nombre :	Tungurahua			Cultivo Actual :				
Dirección :	Pillaro			Provincia :	Pillaro			Fecha de Muestreo :	29/08/2016			
Ciudad :				Cantón :	San Miguelito			Fecha de Ingreso :	30/08/2016			
Teléfono :				Ubicación :				Fecha de Salida :	09/09/2016			
Fax :												

N° Muest. Laborat.	meq/100ml			dS/m	(%)	Ca	Mg	Ca+Mg	meq/100ml	%	ppm	Textura (%)			Clase Textural
	Al+H	Al	Na	C.E.	M.O.	Mg	K	K	Σ Bases	NTot	Cl	Arena	Limo	Arcilla	
105449					2,50 B	3,26	2,59	11,03	27,79						
105450					2,50 B	2,78	3,70	13,99	26,08						

INTERPRETACION			
Al+H, Al y Na	C.E.		M.O. y Cl
B = Bajo	NS = No Salino	S = Salino	B = Bajo
M = Medio	LS = Lig. Salino	MS = Muy Salino	M = Medio
T = Tóxico			A = Alto

ABREVIATURAS		
C.E. = Conductividad Eléctrica		
M.O. = Materia Orgánica		
RAS = Relación de Adsorción de Sodio		

METODOLOGIA USADA		
C.E. = Pasta Saturada		
M.O. = Dicromato de Potasio		
Al+H = Titración NaOH		


 RESPONSABLE LABORATORIO


 LABORATORISTA

ANEXO 8. RESUMEN DE LOS ANÁLISIS DEL CONTENIDO DE NUTRIENTES DE LA MUESTRA INICIAL Y FINAL DEL ENSAYO.

Análisis	Unidad	Análisis de suelo	
		Inicial	Final
Ph		6.71	7.30
NH4	Ppm	102	133
MO	%	2.5	2.5
P	Ppm	162	142
K	Meq/100g	2.31	1.74
Ca	Meq/100g	19.5	17.9
Mg	Meq/100g	5.98	6.44
Cu	Ppm	16	16
Mn	Ppm	4.7	5
Zn	Ppm	3.8	3.1
Ca/Mg	Meq/100g	3.26	2.78
Mg/k	Meq/100g	2.59	3.7
Ca+Mg/k	Meq/100g	11.03	13.99

ANEXO 9. DATOS DE TEMPERATURA

TIEMPO (días) /TRATAMIENTOS	3	6	9	12	15	18	21	24	27	28
P1D1	18.18	20.8	22.84	23.54	26.2	27.58	28.94	31.66	34.32	39.72
P1D2	18.4	21.06	23.14	23.82	26.39	27.64	29.06	31.71	34.28	39.64
P2D1	18.38	22.08	23.82	24.02	26.74	27.98	29.54	32.28	35.04	40.04
P2D2	18	22.46	23.92	23.94	26.54	28.06	29.2	31.86	34.44	39.78



Cultivo de brassica carinata



Pesaje de las dosis y trituración del nabo mostaza



incorporacion al suelo



Colocacion del polietileno



Toma de datos de temperatura



Camas desinfectadas



Recolección de muestras

CAPÍTULO VII

PROPUESTA

7.1 TÍTULO

“USO DE LA BIOFUMIGACION CON BRASSICA CARINATA Y DE LA SOLARIZACIÓN SOBRE NEMATODOS (*Meloidogyne incógnita*).

7.2 DATOS INFORMATIVOS

El presente trabajo de investigación se realizara en la provincia de Tungurahua, cantón Píllaro, parroquia San Miguelito, Valle Quillan, en la asociación de productores agroecológicos, sus coordenadas geográficas son 01° 13' 18 S de latitud Sur y 078° 32' 17 de longitud Oeste, la altitud es de 2675msnm. Los responsables tanto administrativos como técnicos son la Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias en especial la Carrera de Ingeniería Agronómica, por medio del proyecto de vinculación con la comunidad.

7.3 ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

De acuerdo a los resultados de la investigación se recomienda la solarización y biofumigacion con polietileno transparente de baja densidad con un rango de 50 a 100 micras y 5 a 10 kg/m² de residuos vegetales de *brassica carinata*. Como un método alternativo de desinfestación del suelo.

7.4 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

Los productores agroecológicos del valle Quillan requieren métodos alternativos a los químicos, para poder producir productos sanos y lograr la certificación de la UCALT.

Los nematodos tienen una gran importancia en la agricultura del país. *Meloidogyne Incógnita*, causa grandes pérdidas económicas especialmente en leguminosas, hortalizas y frutales. Estos nematodos están en interacción con otros géneros de nematodos y patógenos. El control es indispensable y en la actualidad se buscan alternativas más duraderas y con menos uso de nematicidas. La aplicación de materia orgánica y agentes biológicos controladores es una medida más duradera y sostenible. (Triviño, 2005).

Comúnmente se combatía a los nemátodos y otras plagas del suelo mediante la aplicación de productos químicos y/o fumigantes de alta toxicidad, como el bromuro de metilo. A partir de la prohibición de éste último, debido principalmente a su efecto destructor de la capa de ozono, se han comenzado a investigar diferentes alternativas de control, y en este sentido, la solarización y la biofumigación aparecen como herramientas efectivas y de bajo impacto ambiental. (Maldonado y Valiente, 2015).

7.5 OBJETIVO

Utilizar la biofumigación con nabo mostaza (*Brassica carinata*) y la solarización para reducir la población de nematodos (*Meloidogyne incognita*).

7.6 ANÁLISIS DE FACTIBILIDAD

La biofumigación y solarización son técnicas que surgen como alternativa de desinfección de suelos con productos químicos. Este sistema destaca por ser limpio, eficaz, fácil de aplicar, respetuoso con las exigencias medioambientales, al no tener efectos negativos para el medio ambiente y la salud de los consumidores. Esta técnica no tiene limitación en su uso, ya sea en producción integrada o en agricultura limpia.

7.7 FUNDAMENTACION

Souza, J. (2009) manifiesta que la agricultura moderna ha ido aumentando progresivamente la utilización de productos químicos, no sólo con la finalidad de aumentar la productividad de los sistemas agrícolas, sino también para evitar su disminución debido a prácticas de manejo inadecuadas. Esta tendencia generó paquetes tecnológicos, en los cuales el uso de insumos químicos es el principal componente del sistema productivo. En tal sentido, los plaguicidas corresponden a un amplio espectro de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas utilizadas para el control de plagas y enfermedades en las actividades agropecuaria y forestal.

Los agricultores han venido haciendo uso indebido de nematicidas como desinfectante para suelos, ocasionando la pérdida de la vida microbiana suelo y generando dependencia al suelo de insumos químicos, por lo que cada vez en una agricultura intensiva (monocultivo) va disminuyendo el porcentaje de rentabilidad, al mismo tiempo que van causando serios daños a la salud por el mal manejo de productos químicos., en el Ecuador según el Universo. (2015), menciona que en el 2011, el 49,2 % de los 2.527 casos registrados correspondió a intoxicaciones por plaguicidas (insecticidas, fungicidas, larvicidas, nematicidas). El almacenamiento inadecuado o la aplicación incorrecta detonan el problema.

7.8 METODOLOGÍA, MODELO OPERATIVO

7.8.1 Selección del área

Se seleccionará un terreno infestado por nematodos (*Meloidogyne sp*), donde se sembrara el nabo mostaza hasta que empiece la floración y se recolectara una dosis de 5 a 10 kg/m² para el área requerida.

7.8.2 Incorporación de nabo mostaza

Realizar la incorporación del material vegetal del nabo mostaza triturando en pedazos de 2 a 3 cm, luego según el área infestada colocar, esparcir y mezclar hasta 25 cm de profundidad.

7.8.3 Colocación del polietileno

Se cubre toda el área incluyendo caminos, realizando un hueco alrededor para tapar correctamente el plástico y no permitir escapar sustancias volátiles que genera la biofumigación, se recomienda utilizar un rango de polietileno transparente de 50 a 100 micras por el tiempo de 25 días,. La siembra del cultivo comercial se puede realizar inmediatamente después de acabar con el proceso.

7.9 PREVISIÓN DE LA EVALUACIÓN

Después de 1 año se realizara una evaluación a los productores donde se realizó la investigación con el fin de medir el nivel de aplicación de la propuesta.