



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



**Trabajo experimental, presentado al H. Consejo directivo de la  
Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

**“Evaluación de la capacidad hospedera de la Chía (*Salvia hispanica*) a los nematodos *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne graminicola* y *Pratylenchus sp*”, bajo condiciones controladas.**

**AUTOR:**

**Enoc Leonel Ramírez Bajaña**

**TUTORA:**

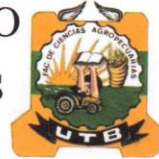
**Dra. Carmen Triviño Gilces**

**Babahoyo - Los Ríos - Ecuador**

**2017**



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA



Trabajo experimental, presentado al H. Consejo directivo de la  
Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**TEMA:**

“Evaluación de la capacidad hospedera de la Chía (*Salvia hispanica*) a los nematodos *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne graminicola* y *Pratylenchus* sp”, bajo condiciones controladas.

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Ing. Agr. Joffre León Paredes, MBA.

**PRESIDENTE**

  
Ing. Agr. Rosa Guillén Mora

**VOCAL PRINCIPAL**

  
Ing. Agr. Yary Ruiz Parrales, MAE.

**VOCAL PRINCIPAL**

La responsabilidad por la investigación, análisis, resultados, conclusiones y recomendaciones presentadas y sustentadas en este Trabajo Experimental son de exclusividad del autor.

Enoc Ramírez Bajaña

**Enoc Leonel Ramírez Bajaña**

---

## **DEDICATORIA**

El presente Trabajo Experimental es dedicado:

Primeramente a Dios Padre, Hijo y Espíritu Santo el Creador de mi vida, mi mejor amigo fiel y ayudador en los momentos difíciles, todo Él lo hizo posible.

A mi padre Gabriel Ramírez Zambrano y a mi madre Liliana Bajaña Rodríguez que son los que me han motivado a llegar a ser este sueño realidad, a mi hermana Gabriela Ramírez que es una ayuda en mi formación profesional.

A mi esposa Amalia Dávila Pineda que forma parte de mí de mi vida y comparte conmigo cada victoria obtenida.

**Enoc Leonel Ramírez Bajaña.**

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios por su infinito amor y misericordia, por ser el autor de mi vida y salvación, por la fuerza, salud, sabiduría, inteligencia y conocimiento, Él me ha permitido alcanzar la meta que he esperado.

A mi padre Gabriel Ramírez Zambrano un hombre que me ha enseñado a ser fuerte en los momentos más difíciles de mi vida y por enseñarme a dar un buen ejemplo en la sociedad.

A mi madre Liliana Bajaña Rodríguez que me ha enseñado a perseverar en todas las áreas de mi vida y por motivarme a hacer siempre las cosas bien.

A toda mi familia como mis primos, primas, tíos, tías y abuelitas: Luz Rodríguez y Agustina Zambrano que me ha brindado su apoyo y confianza, para demostrarles que si se puede llegar a la meta y alcanzar todo lo que se quiere con la ayuda de Dios.

A mi prestigiosa U.T.B y a la FA.CI.AG junto a todos los docentes Ingenieros, Master, Doctores Ph.D que la conforman, por haber impartido del conocimiento y la formación académica en mi vida profesional, a la Dra. Carmen Triviño por su gran apoyo, confianza y motivación para que yo pueda culminar mi Trabajo Experimental.

A mis compañeros de clases, que nos hemos apoyado mutuamente como: mi amiga ilustre Diana Sotomayor, Freddy Martínez, Edgar Riera, Jerlyne Silva, Walter Gil, Lisbeth Burgos entre algunos amigos más.

Muchas gracias a todos por marcar una nueva etapa en mi vida profesional y que Dios me los bendiga en todo lo que emprendan.

**Enoc Leonel Ramírez Bajaña.**

# ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| I. INTRODUCCIÓN.....  | 1  |
| 1.1. OBJETIVOS.....   | 2  |
| II. MARCO TEORICO.....  | 3  |
| III. MATERIALES Y MÉTODOS.....  | 11 |
| 3.1. Ubicación del ensayo.....  | 11 |
| 3.2. Características climáticas.....  | 11 |
| 3.3. Materiales y Equipos.....  | 11 |
| 3.3.1. Materiales de invernadero:.....  | 11 |
| 3.3.2. Materiales de Laboratorio:.....  | 12 |
| 3.4. Material Genético.....   | 13 |
| 3.5. Factores estudiados.....   | 13 |
| 3.6. Unidad Experimental.....   | 13 |
| 3.7. Tratamientos.....  | 13 |
| 3.8. Diseño experimental.....   | 13 |
| 3.9. Análisis de la varianza.....   | 14 |
| 3.10. Análisis Funcional.....   | 14 |
| 3.11. Manejo del ensayo.....  | 14 |
| 3.11.1. Obtención de suelo libre de nematodos mediante solarización.....  | 14 |
| 3.11.2. Obtención del inóculo de <i>M. incognita</i> , <i>M. graminicola</i> y <i>Pratylenchussp.</i> .....                       | 14 |
| 3.11.3. Siembra de la Chía.....   | 15 |
| 3.11.4. Inoculación de nematodos en las plantas de Chía.....  | 16 |
| 3.12. Datos evaluados.....  | 16 |
| 3.12.1. Peso total de raíces por planta.....  | 16 |
| 3.12.2. Número de agallas en las raíces por planta.....   | 17 |
| 3.12.3. Densidad poblacional de nematodos en raíces.....  | 17 |
| 3.12.4. Densidad poblacional de nematodos en suelo.....   | 17 |
| 3.12.5. Índice de reproducción de <i>M. graminicola</i> .....   | 18 |
| IV. RESULTADOS.....   | 19 |
| 4.1. Daños que causa a la Chía los nematodos <i>Meloidogyne incognita</i> , <i>M. graminicola</i> y <i>Pratylenchus sp.</i> ..... | 19 |
| 4.1.1. Peso de raíces por planta.....   | 19 |

|  |    |
|--|----|
| <b>4.2. Susceptibilidad de la Chía a los nematodos <i>Meloidogyne incognita</i>, <i>M. graminicola</i> y <i>Pratylenchus</i> sp.</b> ..... | 20 |
| <b>4.2.1. Número de agallas por planta</b> .....   | 20 |
| <b>4.2.2. Densidad poblacional de <i>M. incognita</i>, <i>M. graminicola</i> y <i>Pratylenchus</i> en raíces</b> .....                     | 20 |
| <b>4.2.3. Densidad poblacional de nematodos en suelo de la rizósfera de las plantas</b> . ....   | 22 |
| <b>4.2.4. Índice de reproducción de <i>M. incognita</i> y <i>Pratylenchus</i> sp.</b> .....  | 22 |
| <b>V. DISCUSIÓN</b> .....  | 24 |
| <b>VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....  | 26 |
| <b>VII. BIBLIOGRAFÍA</b> .....   | 29 |
| <b>ANEXOS</b> .....  | 32 |

## I. INTRODUCCIÓN

La chía (*Salvia hispanica*) es una especie vegetal anual cuya producción, consumo y demanda se ha incrementado en los últimos años. Es nativa del sudoeste de México, norte de Guatemala y uno de los granos más importantes para las culturas precolombinas. Actualmente se admite que el desarrollo y la economía de muchos pueblos y regiones de Latinoamérica pueden mejorar notablemente con el cultivo y la producción de especies autóctonas que están siendo revalorizadas a nivel mundial por sus propiedades nutritivas y saludables.

En el Ecuador, la siembra de este cultivo se está incrementando tanto en la región andina como en la costa; en época de secano se siembra especialmente en la provincia de Los Ríos y actualmente los ecuatorianos están consumiendo la semilla por las propiedades que posee como fuente de vitaminas, minerales y antioxidantes, lo que significa más demanda que va relacionada con la utilización de un paquete tecnológico según la región.

En ciertas áreas de la provincia de Los Ríos, como en zonas del cantón Montalvo, cantón Baba y en ciertas áreas de la parroquia Febres Cordero se han observado grandes plantaciones de chía en campos donde previamente han sido sembradas con arroz, soya, o maíz. Por lo general, estos suelos están infestados con los nematodos *Meloidogyne graminicola*, *Meloidogyne incognita* y *Pratylenchus* spp, cuyas densidades poblacionales varían de la frecuencia de siembra de los cultivos antes mencionados respectivamente.

La mayoría de los cultivos comerciales son susceptibles a los nematodos fitoparásitos, por lo que no hay mucha opción en la selección de plantas resistentes para utilizarlos en rotación, con fines de reducir la incidencia poblacional. Se tiene muy claro que los nematodos son una de las plagas difíciles de manejar, debido a que no hay opciones eficaces para utilizar, además en nuestro país, los nematicidas químicos que son pocos los que están en el mercado no pueden ser utilizados en cultivos de ciclo corto y en general en otro cultivo que no sea banano.

Lo antes mencionado justifica la realización de este trabajo, debido a que no se conoce el grado de susceptibilidad o resistencia que tiene el cultivo de chía hacia los nematodos mencionados. Solamente conociendo estas dos características se podría tomar alguna



medidas de control contra los nematodos mencionados, si fuese hospedero de éstos microorganismos; o, se podría utilizar como planta alternante para reducir las poblaciones de nematodos si fuese resistente.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo General**

Evaluar bajo condiciones controladas la capacidad hospedera de la Chía a los nematodos “agalladores” de raíces, *Meloidogyne incognita* y *M. graminicola*, y al nematodo “lesionador” *Pratylenchus* sp.

### **1.1.2. Objetivos Específicos:**

- Determinar el daño que causan a la Chía los nematodos agalladores de raíces, *Meloidogyne incognita* y *M. graminicola*, y al nematodo lesionador *Pratylenchus* sp.
- Establecer el grado de susceptibilidad y/o resistencia de la Chía a los nematodos en estudio.

## II. MARCO TEORICO

### 2.1. Cultivo de Chía

Según Moran (2015), la Chía silvestre de la variedad “semilla negra” es una planta oleaginosa que se caracteriza por tener el tallo cubierto de pelillos recostados sobre la superficie y dirigidos hacia abajo. Las hojas son opuestas, ovaladas, miden de 4 a 8 cm de largo y de 3 a 5 de ancho. Las flores son hermafroditas, purpúreas y aparecen en ramilletes terminales. Las semillas tiene aproximadamente 2 mm de largo por 1.5 mm de ancho, son ovaladas y lustrosas de color pardo grisáceo oscuro tendiente a negro.

### Clasificación Taxonómica de la Chía

(Chisiquiza, 2015) Presenta la siguiente clasificación taxonómica de esta leguminosa:

|                |  |
|----------------|--|
| Reino          | Plantae                                  |
| Sub –reino     | <i>Tracheobionta</i> -Planta vascular    |
| Superdivisión: | <i>Spermatophyta</i> -Planta de Semillas |
| División:      | <i>Magnoliopsida</i> –Planta con Flores. |
| Clase:         | <i>Magnoliopsida</i> –Dicotiledonea      |
| Sub –clase:    | <i>Asteridae</i>                         |
| Orden:         | <i>Laminales</i>                         |
| Familia:       | <i>Lamiaceae</i> (Familia de la menta)   |
| Género:        | <i>Salvia</i>                            |
| Especie:       | <i>S.hispanica</i>                       |

La caída de plántulas es provocada por varios hongos, siendo los más comunes *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp., y *Phytophthora* spp. Estos patógenos pueden encontrarse en el suelo o en las semillas, dominando unas especies sobre otras según la temperatura y las condiciones de humedad. Puede afectar tanto a las semillas como a las plántulas, produciéndose los daños en los semilleros. Las semillas infectadas no germinan y llegan a pudrirse. En las plantitas afectadas se observan manchas marrones justo por encima y por debajo de la línea del suelo. La parte basal del tallo se estrecha y ablanda, no pudiendo

soportar la plántula, la cual cae, se marchita y muere. El sistema radicular se reduce y se pudre, con muy pocas o ninguna raíz secundaria. (Sánchez & Vega, 2015)

En Ecuador, el cultivo se viene desarrollando desde su introducción en el año 2005, a través de la corporación internacional Chía S.A., llevando acabo la explotación en la zona norte del país y región costa central. La producción es exportada a diferentes países del mundo. En el Ecuador, a 2200 msnm, el rendimiento promedio ha sido de 1200 kg/ha y a 1300 msnm se han registrado datos de 450 kg/ha. (Santana , 2013)

## **2.2. Características de los nematodos en estudio**

### **2.2.1. *Meloidogyne graminicola***

El nematodo agallador de raíces del arroz, *Meloidogyne graminicola*, es un serio problema fitosanitario en plantaciones de arroz en la mayoría de países asiáticos y Africanos (Jain *et al.*, 2012; Cabasan, Bellafiore, Kumar, & De Waele, 2016).

Según estudios, la sensibilidad de los cultivares de arroz de África son similares a los de Asia, también se ha determinado que la temperatura se debe considerar en el manejo de *M. graminicola*, especialmente en las principales áreas donde se siembra arroz en las Filipinas y en otras regiones tropicales donde la temperatura con frecuencia es de 34 °C (Bebber *et al.*, 2013).

Durante la última década, el nematodo del nudo de la raíz del arroz *Meloidogyne graminicola*, se ha convertido en uno de los patógenos más comunes e importantes del arroz asiático (*Oryza sativa* L.) en el sur y sudeste de Asia. Este endoparásito sedentario puede ocurrir en todos los sistemas de producción basados en arroz, tanto en las tierras bajas como en las tierras altas, de regadío y de secano, y en aguas profundas. (Cabasan, Kumar, Bellafiore, & Waele, 2016)

Según manifiesta (Soriano, Claude, & M, 2002) el nudo de la raíz del arroz, *Meloidogyne graminicola*, causa pérdidas de rendimiento en el arroz de tierras altas y el arroz de secano de secano. También se observa con frecuencia en el arroz de regadío.

Todas las especies de *Meloidogyne* inicia en un huevo (ovoide alargado cerca de los dos veces más largo que ancho) en estado unicelular, que la hembra lo deposita en forma de una masa gelatinosa que puede tener entre 500 a 1200 huevos. Aproximadamente 10 días después de haber ovipositado tiene lugar de ecdisis del huevo para indicar la primera muda que da lugar al segundo estadio larval o también llamado juvenil 2 en donde quedan libre en el suelo listo para buscar las radículas y poder causar daño a las plantas. Cuando completa el segundo estadio y tercer estadio solo aumenta de tamaño. Mientras que en el cuarto estadio en ambos sexos los órganos reproductores aparecen.

### **Hospederos de *Meloidogyne* spp.**

En Ecuador los hospederos favoritos de *Meloidogyne* son melón, pepino, achocha, sandía, tomate, pimiento, berenjena, zanahoria, lechuga, coliflor, zapallo, haba pallar, fréjol, caupí, arvejas, soya, papaya, babaco, naranjilla, tomate de árbol, maíz, caña de azúcar. El nivel de daño en las raíces “agallamiento” depende del grado de susceptibilidad del cultivo y de la incidencia poblacional del nematodo (Torres, 2012).

Según Reyes (2013), *Meloidogyne graminicola* específicamente prefiere hospederos que sean cereales. Todos los materiales comerciales de arroz, son hospedantes del nematodo; también lo son el maíz, sorgo, caña de azúcar, arroz rojo (negro) y las malezas *Echinochloa crusgalli* (moco de pavo), *Echinochloa colonum* (paja de patillo), *Sorghum bicolor* (Sorgo), *Eleusine indica* (Pata de gallina), Avena sativa, *Brachiaria mutica* (paja Pará).

### **Distribución en Ecuador**

*Meloidogyne graminicola* está presente en el 89 % de muestras de raíces y suelo colectadas en plantaciones de las principales áreas arroceras del país. Esta distribuido en plantaciones de Simón Bolívar, El Triunfo, Daule, Nobol, Taura, Palestina, General Vernaza, Puerto Inca, Naranjal, Samborondón, Santa Lucía, Yaguachi, Jujan, Mariscal Sucre (provincia del Guayas); Babahoyo, Montalvo, Mocache, Palenque, Quevedo, Valencia, Vinces, Pueblo Viejo, San Juan (provincia de Los Ríos); en los cantones de Rocafuerte y

Sucre en la provincia de Manabí; Santa Rosa y Arenillas en la provincia de El Oro; en Macará y Zapotillo en la provincia de Loja; y en sectores arroceros de la Provincia del Cañar.

Esta especie de nematodo ha registrado altas densidades poblacionales que en algunos casos superan los 20000 nematodos/10 g de raíces (Triviño, Navia y Velasco, 2016).

Este nematodo del nudo de la raíz, *Meloidogyne graminicola* también está extendido en muchas partes del mundo y es capaz de causar retraso en el crecimiento de las plántulas de arroz en semilleros de vivero (Triviño, Navia y Velasco, 2016).

### **Control**

Las prácticas culturales, como la preparación del suelo con algunos días de anticipación a la siembra, permite que un gran número de juveniles y huevos del nematodo se deshidraten y mueran al estar expuesto al sol. Limpiar el suelo que queda adherido en las llantas del tractor, arado, rastra, cosechadora y otros equipos agrícolas, inmediatamente después de concluir la labor. Efectuar un oportuno control de malezas gramíneas. La paja de patillo, moco de pavo y el arroz rojo son hospederos de este nematodo.

La siembra a trasplante permite un excelente manejo del arroz rojo y como resultado se reduce la cantidad del nematodo en el suelo, y no sembrar maíz o sorgo en campos arroceros infestados con *M. graminicola*. Lo más aconsejable, es rotar durante dos o más ciclos continuos con plantas resistente al nematodo como soya, fréjol, tomate, pimiento, melón, sandía, ajonjolí, marigol, entre otras ( Reyes, 2013).

El bromuro de metilo (BM) ha sido uno de los fumigantes del suelo clave en el desarrollo de la agricultura moderna y muy especialmente en los cultivos hortícolas debido a su acción rápida, amplio espectro de actividad frente a patógenos, eficacia alta como fumigante en el suelo para el control de enfermedades de origen edáfico, penetración rápida y efectiva en el suelo y facilidad de aplicación y eliminación después del tratamiento (Lopez , Arias, Sanz, & Escuer, 2003)

### 2.2.2. *Meloidogyne incognita*

En el Ecuador, *M. incognita* es la especie más diseminada en especies cultivados y no cultivadas. El 80 % de las poblaciones de *Meloidogyne* del país están identificadas como *M. incognita*, es cosmopolita ya que está presentes en las regiones costa, sierra, oriente amazónico y región Insular. Este nematodo es endoparásito sedentario, al alimentarse de los tejidos de las raíces inyecta enzimas tóxicas por la cual las células reaccionan provocando hipertrofia e hiperplasia lo que provoca la formación de agallas o nódulos de diferentes tamaños según la planta hospedante (Velasco, 2013).

Los nematodos cecidógenos, que forman agallas en las raíces, son las especies del grupo llamado *Meloidogyne* spp. Los nematodos radicícolas están presentados principalmente por el género *Pratylenchus*. Pasan la mayor parte de su existencia en el interior de las raíces y sólo las abandonan cuando éstas empiezan a pudrirse (Pérez, 2007).

*Meloidogyne* spp. es uno de los géneros de nematodos más importantes debido a las pérdidas que produce en los cultivos, ya que induce alteraciones en las raíces provocando agallas. Para esto, rompe las células de la planta, disuelve las paredes celulares o induce cambios fisiológicos en los tejidos radicales como resultado de la inyección de sustancias fitotóxicas a través de su estilete. Estas afecciones provocan una predisposición de la planta al ataque de otros microorganismos patógenos como hongos, bacterias y virus que penetran la planta a través de las heridas ocasionadas por el nematodo (Dagatti, Becerra, & Herrera, 2014).

El primer estadio juvenil de *Meloidogyne* sp., se desarrolla en el huevo y eclosiona un segundo estadio el cual es el único infectivo. Este estadio encuentra a las raíces y migra intra e intercelularmente hasta alcanzar el punto de crecimiento donde se establece. Cuando afecta a raíces viejas la cabeza de la larva se localiza en el periciclo. Las células corticales y de la endodermis, cerca del punto de entrada, comienzan a crecer hasta formar células gigantes que contienen muchos núcleos sin pared celular. Las células gigantes resultan por la acción de la sustancia que contiene la saliva secretada por el nematodo.

La agalla se forma por la hipertrofia e hiperplasia del parénquima, del periciclo y de las células de la endodermis situadas alrededor de las células gigantes y por el crecimiento del nematodo el cual pasa a su estado adulto. Cuando la hembra llega a su estado adulto,

coloca sus huevos en un saco gelatinoso llamado matriz, el cual queda expuesto en la superficie de la corteza de la raíz o parcialmente cubierta, dependiendo de la posición del nematodo. Con frecuencia las nudosidades o agallas son afectadas por hongos patógenos que debilitan las raíces, causando una enfermedad más severa. El macho no es indispensable para la reproducción (Torres, 2012).

El segundo estadio ingresa a la raíz, se mueve especialmente entre las células y finalmente se ubican con la cabeza en el interior del tejido y con su cuerpo cerca de la corteza. Con el estilete perfora las paredes de las células, inyectan secreciones de su glándula esofágica (enzimas hidrolíticas), y en 48 horas aproximadamente forman agallas o hinchazones (Sánchez L. E., 2011) *Meloidogyne incognita* afecta la absorción de agua y nutrientes, lo que resulta en un crecimiento pobre y bajo rendimiento (Oliviera, Ribeiro, & Resplandes, 2016).

Sugirió dos posibles ventajas en la competencia que involucra a *Meloidogyne* spp. y *Pratylenchus* spp. Las hembras de *Meloidogyne* producen, en promedio, de cuatro a seis veces el número de huevos producidos por las hembras *Pratylenchus*, lo que podría ser una ventaja significativa. Los huevos de *Meloidogyne* están protegidos de los enemigos naturales y de la desecación de los huevos secretados por la hembra. Esto no ocurre con los huevos de *Pratylenchus*, que deposita los huevos en los huecos en el suelo o en el tejido de la planta. Por otro lado, en el caso de una alta infestación inicial por *Pratylenchus*, muchas raíces sufrirán necrosis y *Meloidogyne* tendrá dificultades para establecer un sitio de alimentación funcional, que es necesario para completar el ciclo de vida (Fontana *et al.*, 2015).

Este mismo autor también menciona que los síntomas típicos que produce *Meloidogyne*, son las agallas en las raíces de las plantas infectadas, por lo que la absorción de agua y nutrientes se ve afectada. Como consecuencia de esto, el crecimiento de la planta se retarda, las hojas presentan deficiencia de nutrientes, marchitez, amarillamiento y necrosis, la floración se puede reducir y consecuentemente el número de frutos es menor. La aparición de estos síntomas es más rápida en verano que en otras estaciones dado que los requerimientos de nutrición y agua son mayores. (Dagatti, Becerra, & Herrera, 2014).

Los nematodos agalladores (*Meloidogyne* spp.) son plagas muy destructivas y causan pérdidas sustanciales de rendimiento principalmente en áreas tropicales y subtropicales. Los

nematodos agalladores tienen un amplio rango de hospederos y son parásitos obligados de las raíces de miles de especies de plantas, incluidas plantas herbáceas y monocotiledóneas y dicotiledóneas. Los nematodos agalladores se consideran como uno de los tres géneros de nematodos fitoparásitos más dañinos desde el punto de vista económico en cultivos hortícolas y de campo (Zeng, Ye, & Kerns, 2014).

### **Control biológico**

Klamic es un bionematicida desarrollo en el CENSA, a base de la cepa seleccionada IMI SD 187 de *Pochonia chlamydosporia* var. *Catenulata*, el cual ha mostrado ser un potencial Agente de Control Biológico de nematodos formadores de agallas del género *Meloidogyne* spp. en cultivos hortícolas (Hernández, Arévalo, & Cerio, 2015).

Los efectos de estas plagas son más allá con circunstancias agravantes por la gama amplia de hospederos, el efecto y su distribución geográfica es extensa. Desde que ellos son difíciles controlar, es necesario adoptar prácticas apuntadas a la dirección integrada (Roldi *et al.*, 2013)

Para el manejo de los nematodos se puede utilizar, organismos como los hongos *Pochonia chlamydosporia* var. *Catenulata* *Trichoderma* spp. y las bacterias *Bacillus thuringiensis* y *Tsukamurella paurometabola* han sido introducidos en dichos sistemas productivos junto a prácticas como la rotación de cultivo, enmiendas al suelo con materia orgánica, solarización, uso de plantas trampa, biofumigación, uso conjunto de micorrizas y cultivares resistentes (Rodríguez & Hidalgo, 2007)

#### **2.2.3. *Pratylenchus* spp.**

Según el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2007), *Pratylenchus* es un género de nematodo endoparásito migratorio, hembras, machos y juveniles tienen forma de lombriz, miden 0.9 mm de longitud y ovipositan y se alimentan dentro del sistema radical. El maíz, la soya y arroz son cultivos susceptibles de este nematodo, pero no se ha comprobado si son las mismas especies que atacan al arroz.

En la provincia de Los Ríos este nematodo fue encontrado en el 71 % de un total de 57 plantaciones muestreadas y las densidades poblacionales variaron de 1561 a 4418



nematodos en 10 g de raíces. Las poblaciones más altas fueron encontradas en Montalvo, Mocache, Palenque, Valencia y Quevedo (Triviño, Navia y Velasco, 2016).

### **Síntomas**

Las lesiones se forman por la oxidación que ocurre en las células cuando el nematodo inyecta enzimas hidrolíticas al momento de alimentarse. El nematodo migra en las células; al inicio las lesiones son pequeñas de color rojizo y pueden ser muy superficiales, después se profundizan y se vuelven necróticas por la invasión acelerada de patógenos secundarios como hongos y bacterias (Triviño, Navia y Velasco, 2016).

Todas las especies de este género colonizan los tejidos del córtex de la raíz y el rizoma del banano, plátano y abacá, en cuyos tejidos se nutren y multiplican. Todas los estadíos que ocurren durante su desarrollo invaden los tejidos de las raíces y rizomas donde depositan los huevos. Su ciclo biológico es inferior a 30 días a 25-30 ° C. La infección se manifiesta con síntomas similares a los de *R. similis*: necrosis extensiva de color negro o violáceo en los tejidos epidérmicos y corticales de las raíces, que provocan lesiones y ruptura de las raíces. Igualmente, se pueden encontrar lesiones necróticas en el rizoma.

Este daño radicular produce una falta de crecimiento de las plantas, una reducción en el peso de los racimos, el alargamiento del ciclo de producción y la caída o el volcamiento de las plantas. El fenómeno de caída de plantas puede verse acentuado de forma considerable en suelos pobres y deficientes en el contenido de nutrientes (Sánchez L. E., 2011).

Los nematodos lesionadores son comunes a nivel mundial y no parece que el clima influya mucho en su distribución. Es posible que algunas especies se adapten a regiones frías y otras a regiones cálidas, los informes sugieren que, en general son algo más numerosos en las partes cálidas de las zonas templadas que en los trópicos y subtrópicos. Los nematodos fitoparásitos del suelo ocasionan daños mecánicos o provocan alteraciones en la actividad de las células, *Pratylenchus* spp., tanto en el suelo como en la planta y todos los estados son infestantes. (Aroca, 2016)

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación del ensayo

El presente trabajo experimental se ejecutó, en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el kilómetro 7 <sup>1</sup>/<sub>2</sub> de la vía Babahoyo-Montalvo.

Las características georeferenciadas del invernadero se indican a continuación:

|            |                    |
|------------|--------------------|
| Provincia: | Los Ríos           |
| Cantón:    | Babahoyo           |
| Parroquia: | Clemente Baquerizo |
| Sitio:     | San Pablo          |
| Altitud:   | 8 msnm             |
| Latitud:   | 9°810.117 UTM      |
| Longitud:  | 668.674 UTM        |

#### 3.2. Características climáticas

La zona presenta un clima tropical húmedo con una temperatura media anual de 25.7 °C, y precipitación media anual de 1845 mm, humedad relativa de 76 % y 804,7 horas de heliografía promedio anual<sup>1</sup>.

#### 3.3. Materiales y Equipos

##### 3.3.1. Materiales de invernadero:

- Maceteros plásticos de capacidad para 3 kg
- Regaderas
- Suelo franco arcilloso (extraído en la zona del Rcto. San Román, Parroquia Febres cordero)

---

<sup>1</sup>Datos tomados en la Estación Meteorológica de la FACIAG de la UTB. INAMHI, 2012.

- Baldes
- Palín
- Marcadores
- Etiquetas
- Fundas plásticas transparentes

### **3.3.2. Materiales de Laboratorio:**

- Especímenes de *M. incognita*, fueron obtenidos en una plantación de tomate ubicada en la Estación Experimental Litoral Sur del INIAP, *M. graminicola* lo obtuvimos en una plantación de arroz en la zona del Rcto. San Román, Parroquia Febres Cordero y *Pratylenchus* sp. se colecto en una plantación de maíz ubicado en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo. Se recolecto 25000 individuos por cada uno de los tratamientos.
- Estereomicroscopio
- Microscopio invertido
- Cajas Petri de plástico tamaño mediano
- Pinzas de punta fina
- Papel facial
- Goteros
- Pipetas
- Picetas
- Tamices de bronce No 60, 100 y 500
- Licuadora común
- Vasos de precipitación graduados de vidrio y plástico No 100, 250, 500
- Contador chequeador
- Cámaras contadoras de nematodos
- Platos de aluminio.

### 3.4. Material Genético

Se utilizó semilla de Chía silvestre de la variedad “semilla negra”.

### 3.5. Factores estudiados

Los factores estudiados fueron las tres especies de nematodos y el cultivo de chía.

### 3.6. Unidad Experimental

La unidad experimental estuvo constituida por la maceta plástica donde se sembró una planta de chía inoculada con uno de los nematodos en estudio. Todo el ensayo estuvo formado por 30 macetas.

### 3.7. Tratamientos

Los tratamientos estuvieron formados por tres especies de nematodos, como se detalla a continuación:

| Tratamientos |                                | N° de individuos/tratamiento |
|--------------|--------------------------------|------------------------------|
| T1           | <i>Meloidogyne incognita</i>   | 25000 individuos/tratamiento |
| T2           | <i>Meloidogyne graminícola</i> | 25000 individuos/tratamiento |
| T3           | <i>Pratylenchus</i> sp.        | 25000 individuos/tratamiento |

### 3.8. Diseño experimental

Los tratamientos estuvieron distribuidos en el “invernadero” en un Diseño Completamente al Azar, con tres tratamientos y 10 repeticiones.

### 3.9. Análisis de la varianza

Se utilizó el siguiente esquema del análisis de la varianza (ANDEVA):

| Fuente de variación | Grados de libertad |
|---------------------|--------------------|
| Tratamientos (t-1)  | 2                  |
| Error t (r-1)       | 27                 |
| Total (r x t) – 1   | 29                 |

### 3.10. Análisis Funcional

Para realizar la comparación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Rango Múltiple de Duncan al 5 % de significancia.

### 3.11. Manejo del ensayo

#### 3.11.1. Obtención de suelo libre de nematodos mediante solarización

Para realizar este trabajo, se colectó suelo de un campo donde con frecuencia se siembra soya, en cantidad suficiente para llenar las 30 macetas plásticas con las dimensiones antes mencionadas. Este suelo se vació sobre un plástico y se dejó expuesto al sol por varios días hasta que estuvo completamente seco y libre de nematodos.

#### 3.11.2. Obtención del inóculo de *M. incognita*, *M. graminicola* y *Pratylenchussp.*

***Meloidogyne incognita*:** Para obtener la cantidad necesaria de juveniles del segundo estadio (J2) de *M. incognita*, se colectó en una plantación de tomate, plantas infestadas con el nematodo agallador de raíces. La identificación de ésta especie se realizó mediante cortes perineales utilizando hembras adultas, ya que podría existir *M. javanica*. Para el efecto, de las agallas se extrajeron al azar 20 hembras y con un bisturí se realizó un corte cuadrado sobre la cutícula de cada una, alrededor de la región perineal (queda cerca de la vulva y ano), estos pedacitos cuadrados de cutículas se observaron en un microscopio compuesto y según la forma de las estrías se determinó la especie *M. incognita* (Taylor y Sasser, 1978).

Una vez determinada la especie requerida, de las agallas de las plantas colectadas se extrajo con una pinza punta fina aproximadamente 40 masas de huevo. Estas se colocaron en una caja Petri, para eclosión de los huevos; después de 2-3 días de la extracción de las masas, se recogió la solución agua-nematodos (J2) contenida en la caja Petri y se depositó en un vaso de precipitación aforándolo en 200 mL.

***Meloidogyne graminicola*:** Para obtener la cantidad necesaria de juveniles del segundo estadio de *M. graminicola*, se buscó un campo sembrado con arroz infestado con *Meloidogyne*, que se reconoce por presentar pequeñas agallas en las raíces (la especie que ataca al arroz es *M. graminicola*). De éstas plantas, con una tijera se cortaron aproximadamente 30 gramos de raíces con agallas, se licuaron durante 10 segundos en dos tiempos, el licuado se pasó por dos tamices de arriba abajo de números 100 y 500, el primer tamiz se lavó con suavidad y el sobrenadante del último tamiz conteniendo los nematodos se recogió con una piceta en un vaso de precipitación y se aforó en 200 mL<sup>2</sup>.

***Pratylenchus sp.*** Para obtener la cantidad necesaria de *Pratylenchus sp.*, se buscaron tres plantaciones de maíz en campos donde con frecuencia se siembra la gramínea. Es común encontrar a este nematodo en las raíces de maíz y en el suelo de la rizósfera. Se extrajeron aproximadamente 20 plantas en tres plantaciones, y a la vez varias muestras de suelo de la rizósfera de las plantas extraídas. Con un cuchillo bien afilado se cortaron las raíces en pedazos de 1 cm aproximadamente, se licuaron durante 10 segundos en dos tiempos, el licuado se pasó por dos tamices de arriba abajo de números 100 y 500, el primer tamiz se lavó con suavidad y el sobrenadante del último tamiz conteniendo los nematodos se recogió con una piceta en un vaso de precipitación y se aforó en 100 mL<sup>3</sup>.

### 3.11.3. Siembra de la Chía

Primeramente se realizó un semillero de Chía en suelo libre de nematodos. Cuando las plantas tuvieron aproximadamente 10 cm de altura, se trasplantaron dos plantas en cada maceta. A los cinco días de trasplante se dejó solo la mejor planta desarrollada y

---

<sup>2</sup>Según información personal proporcionada por la Dra. Carmen Triviño, el día 05 de Junio del 2017.

<sup>3</sup>Según información personal proporcionada por la Dra. Carmen Triviño, el día 05 de Junio del 2017.

posteriormente pasando dos días, se procedió a realizar la inoculación con los nematodos investigados.

#### **3.11.4. Inoculación de nematodos en las plantas de Chía**

La solución agua de *Meloidogyne incognita* colectada en el vaso de precipitación se agitó con una bombita de aire (la que se usa en peceras). De esta solución se extrajo 1 mL con una pipeta y se colocó en cinco cajas Petri pequeñas de plástico rayadas para cuantificar los nematodos. Se llevó a un estereomicroscopio y con la ayuda de un contador-chequeador, se cuantificó el número de nematodos existentes en la alícuota. Se hizo un cálculo matemático para colocar 2500 nematodos en 10 mL de agua por planta, en las 10 repeticiones. El mismo procedimiento se utilizó para *M. graminicola* y *Pratylenchus*.

#### **3.12. Datos evaluados**

A los 60 días de la inoculación de las plantas de chía, se extrajeron las plantas con mucho cuidado para que las raíces salieran completas. En éstas se tomaron los siguientes datos:

- Peso de la masa radical por planta.
- Número de agallas por planta (para el caso de *Meloidogyne*).
- Densidad poblacional de nematodos/planta.
- Densidad poblacional de nematodos/10 g raíces.
- Densidad poblacional de nematodos/100 cm<sup>3</sup> de suelo.
- Índice de reproducción de las tres especies de nematodos investigadas.

##### **3.12.1. Peso total de raíces por planta**

Las raíces de cada planta se lavaron con cuidado sobre un tamiz No. 20 y después de escurrido el agua, se registró el peso en gramos.

### **3.12.2. Número de agallas en las raíces por planta**

A las mismas plantas evaluadas anteriormente, se les contó el número de agallas/planta. Para realizarlo, se cortaron las raíces a nivel del cuello del tallo, y a lo largo de cada raicilla se cuantificó el número de agallas o nódulos con la ayuda de un estereomicroscopio y un contador-chequeador.

### **3.12.3. Densidad poblacional de nematodos en raíces**

Las raíces se cortaron en pedazos de 1 cm, se mezclaron y se pesaron 10 gramos. Para la extracción de los nematodos de las raíces se utilizó el método “Licuado-Tamizado” (Triviño, Navia, Velasco, 2013). Para el efecto, los 10 g de raíces se licuaron durante 20 segundos en una licuadora utilizando velocidad baja. El licuado se vertió sobre tres tamices de N° 60 (250  $\mu\text{m}$ ), 100 (150 $\mu\text{m}$ ) y 500 (25 $\mu\text{m}$ ), colocados de arriba hacia abajo; el primero y segundo tamiz se lavaron con una ducha tipo teléfono durante un minuto cada uno y el contenido agua-nematodos recogido en el tamiz 500 se colocó en un vaso de precipitación con ayuda de una piceta y se aforó en 100 mL.

Se homogenizó la muestra con una pequeña bomba de aire (para pecera), se extrajeron alícuotas de 4 mL y se colocaron en cámaras contadoras para cuantificar el número de nematodos, para el cual se utilizó un microscopio invertido y un contador-chequeador. Por cálculo matemático se obtuvo la densidad poblacional de nematodos en cada planta.

### **3.12.4. Densidad poblacional de nematodos en suelo**

Después de la extracción de las plantas de las macetas, este suelo se homogenizó y se colectó en una funda plástica aproximadamente 200  $\text{cm}^3$  de suelo por cada repetición. En el laboratorio cada muestra se depositó en una bandeja plástica, se mezcló nuevamente y se midió 100  $\text{cm}^3$  para la extracción de los nematodos. Se utilizó el método de “Incubación” (Triviño, Navia, Velasco, 2013), para el cual el suelo se colocó en dos platos de aluminio superpuestos de los cuales el primero es calado y el segundo con base, sobre el primero se colocó una malla fina plástica y una hoja de papel facial; se adicionó agua común y se dejó la muestra en incubación por tres días.



Transcurrido ese tiempo, se eliminó el suelo que estuvo en el primer plato y el contenido agua – nematodos se colectó en un vaso de precipitación graduado. De cada muestra o vaso, se eliminó el agua excedente a 100 mL (después de estar en reposo por 1 día o de pasar el agua por un tamiz No. 500), se homogenizó la solución agua-nematodos con una bomba de aire como en las raíces, se extrajeron alícuotas de 4 mL, se colocaron en cámaras contadoras para cuantificar el número de nematodos para el cual se utilizó un microscopio invertido y un contador-chequeador. Por cálculos matemáticos se obtuvo la densidad poblacional de nematodos existentes en 100 cm<sup>3</sup> de suelo.

### **3.12.5. Índice de reproducción de *M. graminicola***

El índice de reproducción del nematodo por tratamiento, se determinó dividiendo la población final (pf) entre la población inicial (pi),  $IR = pf/pi$ , obtenida en 10 gramos raíces.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Daños que causa a la Chía los nematodos *Meloidogyne incognita*, *M. graminicola* y *Pratylenchus* sp.

#### 4.1.1. Peso de raíces por planta

En el Cuadro 1 y Anexo Cuadro 7, se observa el peso de raíces por planta a 60 días de inoculación, el análisis de varianza reportó diferencias altamente significativas entre tratamientos (Anexo Cuadro 8). El promedio general fue de 1.7 g y el coeficiente de variación 12.17 %.

El mayor peso de raíces (2.2 g) lo obtuvo el tratamiento de chíá inoculado con *Meloidogyne incognita*, estadísticamente igual al tratamiento *Meloidogyne graminicola* (1.7 g) y superiores estadísticamente al peso de las plantas inoculadas con *Pratylenchus* sp (1.1 g).

Cuadro 1. Peso de raíces por planta de chíá a 60 días de inoculación, con *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne graminicola* y *Pratylenchus* sp”. FACIAG, UTB. 2018

| Tratamientos                      | Peso de raíces |
|-----------------------------------|----------------|
| Susceptibilidad de chíá a:        | g/planta       |
| 1. <i>Meloidogyne incognita</i>   | 2.2 a          |
| 2. <i>Meloidogyne graminicola</i> | 1.7 a          |
| 3. <i>Pratylenchus</i> sp.        | 1.1 b          |
| Promedio general                  | 1.7            |
| Significancia estadística         | **             |
| Coeficiente de variación (%)      | 12.17          |

Para el análisis estadístico los datos se transformaron a  $\sqrt{x+1}$ . Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan a 5% de significancia. \*\*= Altamente significativo.

## 4.2. Susceptibilidad de la Chía a los nematodos *Meloidogyne incognita*, *M. graminicola* y *Pratylenchus* sp.

### 4.2.1. Número de agallas por planta.

Los valores de número de agallas por planta de chía se presentan en el Cuadro 2. El tratamiento con *Meloidogyne incognita* presentó un promedio de 104 agallas/planta, lo que según la escala de Taylor y Sasser, la chía es altamente susceptible a esta especie de nematodo, mientras que las plantas inoculadas con *Meloidogyne graminicola* no presentaron agallas lo que significa que esta especie vegetal es inmune a este nematodo agallador.

Cuadro 2. Número de agallas por planta de chía, expuestas a la inoculación de *Meloidogyne incognita*, *M. graminicola* y *Pratylenchus* sp. FACIAG, UTB. 2018

| Tratamientos<br>Susceptibilidad de chía a: | Número de agallas/planta |     |     |    |    |    |     |     |    |     | Promedio |
|--|--------------------------|-----|-----|----|----|----|-----|-----|----|-----|----------|
| <i>Meloidogyne incognita</i>               | 120                      | 119 | 159 | 73 | 67 | 37 | 114 | 160 | 53 | 135 | 104 (AS) |
| <i>Meloidogyne graminicola</i>             | 0                        | 0   | 0   | 0  | 0  | 0  | 0   | 0   | 0  | 0   | 0 (I)    |

Escala de Taylor y Sasser: Inmune (I) = 0 agallas/planta; Resistente (R) = 1-3 agallas/planta; Moderadamente resistente (MR) = 4-10 agallas/planta; Moderadamente susceptible (MS) = 11-30 agallas/planta; Susceptible (S) = 31-100 agallas/planta; Altamente susceptible (AS) = > 100 agallas/planta.

### 4.2.2. Densidad poblacional de *M. incognita*, *M. graminicola* y *Pratylenchus* en raíces.

En lo referente a la densidad poblacional de las tres especies de nematodos por planta de chía (Cuadro 3), el análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas. El coeficiente de variación es de 8.97 % (Anexos Cuadros 9 y 10).

El tratamiento con *Meloidogyne incognita* presentó 5690 nematodos, estadísticamente superior a los otros dos tratamientos, donde las plantas de chía inoculadas con *Meloidogyne graminicola* no registraron presencia del nematodo.

Cuadro 3. Densidad poblacional de tres especies de nematodos por planta de chíá inoculadas con 2500 especímenes de ellos. FACIAG, UTB. 2018

| Tratamientos                           | Nematodos/planta |
|--|------------------|
| Susceptibilidad de chíá a:             |                  |
| 1. <i>Meloidogyne incognita</i> (J2)   | 5690 a           |
| 2. <i>Meloidogyne graminicola</i> (J2) | 0 c              |
| 3. <i>Pratylenchus</i> sp.             | 40 b             |
| Promedio general                       | 1910             |
| Significancia estadística              | **               |
| Coefficiente de variación (%)          | 8,97             |

Para el análisis estadístico los datos originales se transformaron a  $\text{Log } x + 1$ . Promedios con la misma letra no difieren significativamente, según la Prueba de Duncan al 5% de significancia. J2 = Segundo estadio juvenil de *Meloidogyne*, \*\*= altamente significativo.

Los promedios de densidad poblacional de las tres especies nematodos obtenidos en 10 gramos de raíces (Cuadro 4) demuestran que las plantas inoculadas con *Meloidogyne incognita* tuvieron un valor promedio de 27595 nematodos, estadísticamente superior a los otros dos tratamientos, donde las raíces de chíá inoculadas con *Meloidogyne graminicola* no registraron presencia de nematodos. El coeficiente de variación es de 8.50 % (Anexo Cuadros 11 y 12).

Cuadro 4. Densidad poblacional de tres especies de nematodos en 10 gramos de raíces por planta de chíá. FACIAG, UTB. 2018

| Tratamientos                      | Nematodos/10g de raíces |
|-----------------------------------|-------------------------|
| Susceptibilidad de chíá a:        |                         |
| 1. <i>Meloidogyne incognita</i>   | 27595 a                 |
| 2. <i>Meloidogyne graminicola</i> | 0 c                     |
| 3. <i>Pratylenchus</i> sp.        | 419 b                   |
| Significancia estadística         | **                      |
| Coefficiente de variación (%)     | 8,50                    |

Para el análisis estadístico los datos originales se transformaron a  $\text{Log } x + 1$ . Promedios con la misma letra no difieren significativamente según la Prueba de Duncan al 5 % de significancia. J2 = Segundo estadio juvenil de *Meloidogyne*. \*\*= altamente significativo.

#### 4.2.3. Densidad poblacional de nematodos en suelo de la rizósfera de las plantas.

En la densidad poblacional de las tres especies nematodos obtenidos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo (Cuadro 5), se determinó diferencias altamente significativas entre las especies de nematodos inoculadas. El coeficiente de variación es de 12.64 % (Anexo Cuadros 13 y 14). El mayor promedio lo obtuvo el tratamiento con *Meloidogyne incognita* (855 nematodos), estadísticamente superior a los demás tratamientos. *Meloidogyne graminicola* no se hospedó sobre la chíá, por el cual no se obtuvo ningún nematodo.

Cuadro 5. Densidad poblacional de tres especies de nematodos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo proveniente de plantas de chíá. FACIAG, UTB. 2018

| Tratamientos                 |                                |   |
|------------------------------|--------------------------------|---|
| Susceptibilidad de chíá a:   |                                | Nematodos en 100 cm <sup>3</sup> de suelo |
| 1                            | <i>Meloidogyne incognita</i>   | 855 a                                     |
| 2                            | <i>Meloidogyne graminicola</i> | 0 c                                       |
| 3                            | <i>Pratylenchus</i> sp.        | 145 b                                     |
| Significancia estadística    |                                | **  |
| Coeficiente de variación (%) |                                | 12.64                                     |

#### 4.2.4. Índice de reproducción de *M. incognita* y *Pratylenchus* sp.

En el Cuadro 6, se muestra el índice de reproducción de *M. incognita* y *Pratylenchus* sp. en base a la densidad poblacional final obtenida en raíces de las plantas de chíá. El índice de reproducción de *M. incognita* varió de 1.2 a 4.78 mientras que en *Pratylenchus* fluctuó de 0.01 a 0.03.

Cuadro 6. Índice de reproducción de *M. incognita* y *Pratylenchus* en base a la densidad poblacional obtenida en raíces por planta de chía. FACIAG, UTB. 2018

| Plantas de Chía | <i>M. incognita</i> (J2)/Planta |             | Índice de Reproducción (IR= Pf/Pi) | <i>Pratylenchus</i> /planta |            | IR= Pf/Pi   |
|-----------------|---------------------------------|-------------|------------------------------------|-----------------------------|------------|-------------|
|                 | Inicial (Pi)                    | Final (Pf)  |                                    | Inicial (Pi)                | Final (Pf) |             |
| 1               | 2500                            | 4625        | 1.85                               | 2500                        | 50         | 0.02        |
| 2               | 2500                            | 4325        | 1.73                               | 2500                        | 25         | 0.01        |
| 3               | 2500                            | 11950       | 4.78                               | 2500                        | 50         | 0.02        |
| 4               | 2500                            | 3000        | 1.20                               | 2500                        | 25         | 0.01        |
| 5               | 2500                            | 6100        | 2.44                               | 2500                        | 25         | 0.01        |
| 6               | 2500                            | 3125        | 1.25                               | 2500                        | 25         | 0.01        |
| 7               | 2500                            | 4500        | 1.80                               | 2500                        | 75         | 0.03        |
| 8               | 2500                            | 7500        | 3.00                               | 2500                        | 25         | 0.01        |
| 9               | 2500                            | 3050        | 1.22                               | 2500                        | 50         | 0.02        |
| 10              | 2500                            | 8725        | 3.49                               | 2500                        | 50         | 0.02        |
| <b>Promedio</b> | <b>2500</b>                     | <b>5690</b> | <b>2.30</b>                        | <b>2500</b>                 | <b>40</b>  | <b>0.02</b> |

J2 = Segundo estadio juvenil, IR = Índice de reproducción, Pi = Población inicial o población inoculada por planta, Pf = Población final, es decir la obtenida a los 60 días después de inoculación.

## V. DISCUSIÓN

Los nemátodos agalladores (*Meloidogyne* spp.) son plagas muy destructivas que causan pérdidas sustanciales de rendimiento principalmente en áreas tropicales y subtropicales. Estos nematodos tienen un amplio rango de hospederos y son parásitos obligados de las raíces de miles de especies de plantas, incluidas plantas herbáceas monocotiledóneas y dicotiledóneas y según este trabajo se incluye a la Chía como un excelente hospedero de *M. incognita*. A nivel mundial son considerados como uno de los tres géneros de nematodos fitoparásitos más dañinos desde el punto de vista económico en los cultivos como lo manifiesta Zeng, Ye y Kerns, 2014.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo experimental relacionado con la planta de chía silvestre de la variedad “semilla negra” el tratamiento con *Meloidogyne incognita* a 60 días de inoculación, presentó un promedio de 104 agallas/planta, lo que según la escala de Taylor y Sasser, la chía es altamente susceptible a esta especie de nematodo, mientras que las plantas inoculadas con *Meloidogyne graminicola* no presentaron agallas ni presencia del nematodo dentro de las raíces, lo que significa que esta especie vegetal es inmune al nematodo mencionado.

La densidad poblacional de *M. incognita* en las raíces de chía fue muy alta calculada por planta y en 10 g de raíces (5690 y 27595 respectivamente) y debido a ello la masa radical fue muy pobre, esto concuerda con lo publicado por Triviño, Navia y Velasco (2013), al mencionar que *M. incognita* es capaz de causar retraso en el desarrollo de raíces y crecimiento de las plántulas de arroz en semilleros y viveros.

De acuerdo con la densidad poblacional de nematodos en suelo de la rizósfera de las plantas de chía, se volvió a repetir en que el mayor promedio lo obtuvo el tratamiento con *Meloidogyne incognita* (855 J2/100 cm<sup>3</sup>) con una población que supera el umbral de daño económico de las hortalizas (300 J2/100 cm<sup>3</sup> suelo), mientras que la población de *M. graminicola* y *Pratylenchus* fueron completamente insignificantes.

Respecto, al índice de reproducción de estas tres especies de nematodos hasta los 60 días después de inoculación y en base a la densidad poblacional final obtenida en las raíces de la chía, se pudo observar que en *M. incognita* varió de 1.2 a 4.78, mientras que en

*Pratylenchus* fluctuó de 0.01 a 0.03, lo cual demuestra el grado de susceptibilidad que tienen estos microorganismos en la chía.



## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

- La planta de chíá silvestre de la variedad “semilla negra” es altamente susceptible al nematodo agallador de raíces, *Meloidogyne incognita*, e inmune a *M. graminicola*.
- La planta de chíá es un hospedero pobre del nemátodo lesionador de raíces, *Pratylenchus* sp.
- El índice de reproducción de *Meloidogyne incognita* en la chíá puede ser cinco veces más a la población inicial en tan solo 60 días.
- El índice de reproducción de *Pratylenchus* sp. en chíá es tan solo de 0.1 a 0.3 en 60 días.
- Las plantas de chíá inoculadas con *M. incognita* presentaron mucho amarillamiento en el follaje, a la misma vez las plantas perdieron la capacidad de realizar la fotosíntesis indispensable para todos los procesos fisiológicos de las plantas.

### Recomendaciones:

- Se recomienda realizar un muestreo de suelo para efectuar un análisis nematológico, para verificar si hay presencia de *Meloidogyne incognita* en el campo, antes de sembrar Chia.
- Realizar siembras de chíá en campos infectados con *Meloidogyne graminicola* como los dedicados
- Realizar este tipo de trabajo en otras zonas y condiciones climáticas, con la finalidad de observar el comportamiento de *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne graminicola* y *Pratylenchus* sp. en el cultivo de chíá.

## VII. RESUMEN

Los nematodos *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne graminicola* y *Pratylenchus* spp, son de mucha importancia económica para el Ecuador y en especial para la provincia de Los Ríos donde con frecuencia en el mismo campo se siembra arroz- soya- maíz, difícil de incluir otros cultivos en rotación con fines de manejo de estas tres especies de nematodos.

Esta investigación se realizó en la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Técnica de Babahoyo, ubicada en el kilómetro 7 <sup>1/2</sup> de la vía Babahoyo-Montalvo. El objetivo fue evaluar la capacidad hospedera de la Chía a los nematodos *Meloidogyne incognita*, *M. graminicola* y *Pratylenchus* sp en condiciones controladas.

Para cada especie de nematodos se utilizó 10 macetas llenas con suelo solarizado, en cada una se sembró una planta de chíá y se inocularon individualmente con 2500 especímenes de los nematodos mencionados. Las 30 macetas se distribuyeron en un diseño Completamente al Azar. A los 60 días de inoculación se evaluó peso de raíces por planta, número de agallas por planta (*Meloidogyne* spp.), densidad poblacional de nematodos en suelo y raíces e índice de reproducción de las tres especies de nematodos investigados.

La interpretación de la susceptibilidad de la chíá a *M. incognita* y *M. graminicola* se hizo con la escala de Taylor y Sasser; la extracción de los nematodos de las raíces se hizo con el método de “Licuado-tamizado” y de suelo por el método de “incubación”.

Según los resultados obtenidos, el cultivo de chíá silvestre de la variedad “semilla negra” es altamente susceptible al nematodo agallador de raíces, *Meloidogyne incognita*, e inmune a *M. graminicola*. Este cultivo se comportó como hospedero pobre de *Pratylenchus* sp (población maíz). El índice de reproducción de *Meloidogyne incognita* en 60 días fue cinco veces superior a la población inicial, y en *Pratylenchus* sp. fue de 0.3.

**Palabras claves:** inoculación, susceptibilidad, nematodos, capacidad hospedera, incubación.

## SUMMARY

The root-knot nematodes *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne graminicola* and the root lesion nematode *Pratylenchus* spp., are of great economic importance for Ecuador, and especially for The Ríos province where rice-soybean-corn are often planted in the same field, and difficult to include other crops in rotation for management purposes of these three species of nematodes.

This research was carried out in the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo, located at kilometer 7 ½ of the Babahoyo-Montalvo way. The objective was to evaluate the host capacity of the Chía to the nematodes *Meloidogyne incognita*, *M. graminicola* and *Pratylenchus* sp. in controlled conditions.

For each species of nematodes 10 pots filled with solarized soil were used, in each one a chia plant was planted and individually inoculated with 2500 specimens of the nematodes mentioned. The 30 pots were distributed in a Completely Random Design. After 60 days of inoculation, root weight per plant, number of galls per plant (*Meloidogyne* spp.), population density of nematodes in soil and roots, and reproduction index of the three species of nematodes investigated were evaluated.

The interpretation of the susceptibility of chia to *M. incognita* and *M. graminicola* was made with the Taylor and Sasser scale; The extraction of the nematodes from the roots was done with the method of "Liquefied-Sieved" and soil by the method of "Incubation".

According to the obtained results, the cultivation of wild chia of the variety "black seed" is highly susceptible to root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*, and immune to *M. graminicola*. This crop behaved as a poor host of *Pratylenchus* sp (corn population). The reproduction index of *Meloidogyne incognita* in 60 days was five times higher than the initial population, and in *Pratylenchus* sp it was 0.3.

**Key words:** inoculation, susceptibility, nematodes, host capacity and incubation.

## VII. BIBLIOGRAFÍA

- Aroca, A. (2016). *Nematodos fitoparasitos asociados al cultivo de Maíz ( Zea mayz L.) en la zona de Colimes, Provincia del Guayas*. Retrieved from Universidad Estatal de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/14367/1/Aroca%20Villamar%20Andr%c3%a9s%20Alexi.pdf>
- Lopez , Arias, Sanz, & Escuer. (2003). Evaluación De Alternativas Al Bromuro De Metilo Para El Control De Meloidogyne Incognita En Cultivo De Pepino. *NEMATROPICA* , 189.
- Rodríguez, & Hidalgo. (2007). Integración De Agentes De Control Biológico y Tácticas Culturales En El Manejo Integrado De Meloidogyne spp. En La Producción De Hortalizas En Cuba. *NEMATROPICA*, 164.
- Roldi, M., Dias, C. R., Severino, J. J., Santana, S., Santo, T., Marini, P., & Mattei, D. (2013). Use Of Organic Amendments To Control Meloidogyne Incognita On Tomatoes. *NEMATROPICA*, 46.
- Sánchez, F., & Vega, A. (2015). *Respuesta Agronómica Del Cultivo de Chia (Salvia hispanica L.) A Diferentes Densidades Poblacionales y Fertilización en la Granja El Triunfo Canton Caluma Provincia Bolivar*. Retrieved from Universidad Estatal De Bolivar: <http://dspace.ueb.edu.ec/bitstream/123456789/1261/1/167.pdf>
- Santana , S. (2013). *Estudio de adaptabilidad y densidades de siembra del cultivo de Chia ( Salvia hispanica) en la zona de Babahoyo, Provincia de Los Rios*. Retrieved from Universidad Tecnica de Babahoyo: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/49000/193/6/T-UTB-FACIAG-AGR-000056.pdf>
- Bellafiore, S., Kumar, A., & Nadong, T. (2016). The effect of temperature on resistance in African rice (*Oryza glaberrima* steud.) genotypes to the rice root-knot nematode *Meloidogyne graminicola*. *The Scientific Journal of the Organization of Nematologists of Tropical America*, 221.
- Bebber, D.P., M.A.T. Ramotowski, and S.J. Gurr. 2013. Crop pest and pathogens move polewards in a warning world. *Nature Climate Change* 3: 985-988.
- Cabasan, M.T., S. Bellafiore, A. Kumar and D. DeWaele. 2016. The effect of temperature on resistance in African rice (*oryza glaberrima* Steud.) genotypes to the rice root-knot nematode *Meloidogyne graminicola*. *Nematropica* 46 (2): 221-228.
- Dagatti, C. V., Becerra, V. C., & Herrera, M. E. (2014). Caracterización de daños producidos por Meloidogyne spp. (Nemata: Tylenchida) en la Vid en Mendoza, Argentina. 52. Argentina.
- Fontana, L. F., Dias, C. R., Mattei, D., Severino, J. J., Biela, F., & Oliveira, J. (Junio de 2015). Competition between *Pratylenchus zaeae* and *Meloidogyne incognita* on Sugarcane. 2. U.S.A.

- Hernández, M., Arévalo, J., & Cerio, W. (2015). Uso de Klamic en estrategias de manejo de *Meloidogyne incognita* en diferentes sistemas hortícolas de Cuba (use of Klamic in Management Strategies of *Meloidogyne incognita* at different vegetables production systems in Cuba. *NEMATROPICA*, 65.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) 2007. Manual del cultivo de arroz(Vol. 66). Boliche.
- Jain, R.M., M.R. Khan, and V. Kumar. 2012. Rice root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) infection in rice. Archives of Phytopathology and Plant Protection 45:635-645.
- Moran , D. F. (2015). Evaluación de tres niveles de fertilización química en la producción del cultivo de Chía (*Salvia hispanica*) en la zona de Ibarra, provincia de Imbabura
- Oliviera, F. S., Ribeiro, V., & Resplandes, P. (2016). Agronomic Performance of Selected Sweet Potato Cultivars Under Greenhouse and Field Infested With *Meloidogyne incognita* and Soilborne Insect Pest. *NEMATROPICA*, 97.
- Pérez, P. Y. (2007). Biblioteca de la Agricultura. Barcelona, España: Lexus.
- Reyes, I. B. (2013). “Determinación de la susceptibilidad de cuarenta materiales de arroz (*Oryza sativa* L.) a “*Meloidogyne graminicola*”. Babahoyo, Los Rios, Ecuador.
- Sánchez, L. E. (6 de Junio de 2011). “Desarrollo de alternativas orgánicas – biológicas para el manejo de nemátodos en bananeras orgánicas de las provincias de Guayas y Los Ríos”
- Soriano, I., Claude, J., & M, D. M. (2002). Expression of Tolerante for *Meloidogyne graminicola* in Rice Cultivars as Affected by Soil Type and Flooding. 309.
- Taylor, A.L. and J.N.Sasser. 1978. Biology, Identification and Control of Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). North Caroline State Univ. Graphics, 111pp.
- Torres, G. K. (2012). “Determinación de la patogenicidad de *Rotylenchulus reniformis* y *Meloidogyne incognita* en plantas de papaya (*Carica papaya* L.) cv. Maradol y maracuyá (*Passiflora edulis* Sims.) cv. Flavicarpa”. Babahoyo, Los Rios, Ecuador.
- Triviño, C., Navia-Santillán, D., & Velasco-Velasco, L. (2013). Guía para reconocer daño en raíces y métodos de muestreo y extracción de nematodos en raíces y suelo. INIAP Boletín Divulgativo No. 433, 2. Yaguachi, Guayas.
- Triviño, C.G, Navia-Santillán. D.F., Velasco, L.A. 2013. Guía para reconocer daño en raíces y métodos de muestreo y extracción de nemátodos en raíces y suelo. Yaguachi, EC. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental Litoral Sur Dr. Enrique Ampuero Pareja. Boletín Divulgativo No. 433. 17pp.
- Triviño, C., Navia-Santillan, D., & Velasco, L. (2016). Plant- Parasitic Nematodes Associated with rice in Ecuador. *NEMATROPICA*, 46 (1): 45-53.

Zeng, Y., Ye, W., & Kerns, J. (2014). First report and morphological and molecular characterization of *Meloidogyne incognita* From *Radermachera Sinica* in China. *NEMATROPICA*, 118.

# **ANEXOS**

Anexo 1

Cuadro 7. Pesos de raíces por planta de chíá a 60 días de inoculación con *M. incognita*, *M. graminicola* y *Pratylenchus* sp. FACIAG, UTB. 2018

| Tratamientos            | Repeticiones |     |     |     |     |     |     |     |     |     | Promedio |
|-------------------------|--------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------|
|                         | 1            | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |          |
| <i>M. incognita</i>     | 2,5          | 2,2 | 3,9 | 1,0 | 2,3 | 2,6 | 2,1 | 1,3 | 1,7 | 2,1 | 2,2      |
| <i>M. graminicola</i>   | 2,4          | 1,3 | 1,8 | 2,5 | 2,6 | 1,8 | 0,6 | 1,0 | 0,9 | 2,0 | 1,7      |
| <i>Pratylenchus</i> sp. | 1,0          | 1,1 | 0,7 | 1,8 | 0,8 | 1,8 | 1,0 | 0,9 | 0,7 | 1,2 | 1,1      |

Cuadro 8. Análisis de varianza de peso de raíces por planta de chíá inoculadas con *M. incognita*, *M. graminicola* y *Pratylenchus* sp. FACIAG, UTB. 2018

| F.V          | SC    | GL | CM   | F. cal  | F. Tab |      |
|--------------|-------|----|------|---------|--------|------|
|              |       |    |      |         | 5 %    | 1 %  |
| Tratamientos | 0,53  | 2  | 0,27 | 6,88 ** | 3,35   | 5,49 |
| Error        | 1,04  | 27 | 0,04 |         |        |      |
| Total        | 1,57  | 29 |      |         |        |      |
| CV (%):      | 12,17 |    |      |         |        |      |
| Media:       | 1,61  |    |      |         |        |      |

\*\*= significativo al 1 %

Cuadro 9. Densidad poblacional de tres especies de nematodos por planta de chíá inoculadas con 2500 especímenes de ellos. FACIAG, UTB. 2018

| Tratamientos            | Repeticiones |      |       |      |      |      |      |      |      |      | X    |
|-------------------------|--------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                         | 1            | 2    | 3     | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |      |
| <i>M. incognita</i>     | 4625         | 4325 | 11950 | 3000 | 6100 | 3125 | 4500 | 7500 | 3050 | 8725 | 5690 |
| <i>M. graminicola</i>   | 0            | 0    | 0     | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    | 0    |
| <i>Pratylenchus</i> sp. | 50           | 25   | 50    | 25   | 25   | 25   | 75   | 25   | 50   | 50   | 40   |



Cuadro 10. Análisis de varianza de la densidad poblacional de tres especies de nematodos por planta de chíá inoculadas con 2500 especímenes de ellos. FACIAG, UTB. 2018

| F.V          | SC    | GL | CM    | F. cal     | F. Tab |      |
|--------------|-------|----|-------|------------|--------|------|
|              |       |    |       |            | 5 %    | 1 %  |
| Tratamientos | 69,29 | 2  | 34,65 | 1386,12 ** | 3,35   | 5,49 |
| Error        | 0,67  | 27 | 0,02  |            |        |      |
| Total        | 69,97 | 29 |       |            |        |      |
| CV (%):      | 8,97  |    |       |            |        |      |
| Media:       | 1,76  |    |       |            |        |      |

\*\*= significativo al 1 %

Cuadro 11. Densidad poblacional de tres especies nematodos en 10 gramos de raíces por planta de chíá. FACIAG, UTB. 2018

| Tratamientos            | Repeticiones |       |       |       |       |       |       |       |       |       | X     |
|-------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | 1            | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |       |
| <i>M. incognita</i>     | 18500        | 19659 | 30641 | 30000 | 26522 | 12019 | 21429 | 57692 | 17941 | 41548 | 27595 |
| <i>M. graminicola</i>   | 0            | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     | 0     |
| <i>Pratylenchus</i> sp. | 500          | 227   | 714   | 139   | 312   | 139   | 750   | 278   | 714   | 417   | 419   |

Cuadro 12. Análisis de varianza de densidad poblacional de tres especies nematodos en 10 gramos de raíces por planta de chíá. FACIAG, UTB. 2018

| F.V          | SC    | GL | CM    | F. cal     | F. Tab |      |
|--------------|-------|----|-------|------------|--------|------|
|              |       |    |       |            | 5 %    | 1 %  |
| Tratamientos | 97,58 | 2  | 48,79 | 1260,14 ** | 3,35   | 5,49 |
| Error        | 1,05  | 27 | 0,04  |            |        |      |
| Total        | 98,63 | 29 |       |            |        |      |
| CV (%):      | 8,50  |    |       |            |        |      |
| Media:       | 2,31  |    |       |            |        |      |

\*\*= significativo al 1 %

Cuadro 13. Densidad poblacional de tres especies de nematodos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo proveniente de plantas de chí. FACIAG, UTB. 2018

| Tratamientos               | Repeticiones |     |      |      |     |     |     |     |     |      | X   |
|----------------------------|--------------|-----|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|
|                            | 1            | 2   | 3    | 4    | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10   |     |
| <i>M. incognita</i>        | 850          | 550 | 1700 | 1050 | 700 | 400 | 500 | 850 | 650 | 1300 | 855 |
| <i>M. graminicola</i>      | 0            | 0   | 0    | 0    | 0   | 0   | 0   | 0   | 0   | 0    | 0   |
| <i>Pratylenchus</i><br>sp. | 200          | 100 | 250  | 50   | 100 | 100 | 300 | 50  | 250 | 50   | 145 |

Cuadro 14. Análisis de varianza de densidad poblacional de tres especies de nematodos en 100 cm<sup>3</sup> de suelo proveniente de plantas de chí. FACIAG, UTB. 2018

| F.V          | SC    | GL | CM    | F. cal    | F. Tab |      |
|--------------|-------|----|-------|-----------|--------|------|
|              |       |    |       |           | 5 %    | 1 %  |
| Tratamientos | 44,45 | 2  | 22,23 | 508,18 ** | 3,35   | 5,49 |
| Error        | 1,18  | 27 | 0,04  |           |        |      |
| Total        | 45,63 | 29 |       |           |        |      |
| CV (%):      | 12,64 |    |       |           |        |      |
| Media:       | 1,65  |    |       |           |        |      |

\*\*= significativo al 1 %

### Trabajo de invernadero



Figura 1. Obtención de suelo para solarización.



Figura 2. Semilla de chíá para ser sembrado.



Figura 3. Semillero de chíá.



Figura 4. Extracción de plántulas para el trasplante.





Figura 5. Trasplante de plántulas en macetas sobre suelo solarizado.



Figura 6. Establecimiento del ensayo en invernadero.





Figura 7. Inoculación de plantas de chía con 2500 nematodos cada una.



Figura 8. Plantas inoculadas con *M. incognita* (M.i), *M. graminicola* (M.g) y *Pratylenchus* sp. (P).



Figura 9. Distribución de tratamientos      Figura 10. Revisión de ensayo por Docentes de la FACIAG.

### Trabajo de Laboratorio



Figura 11. Evaluación de poblaciones de los nematodos inoculados.





Figura 12. Extracción de nematodos de muestras de suelo por el método e incubación.



Figura 13. Raíces lavadas para evaluación de daño y población de nematodos.



Figura 14. Extracción de nematodos de las raíces por el método de licuado-tamizado.

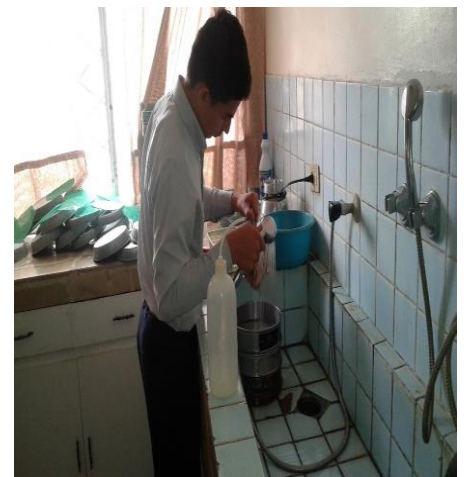




Figura 15. Raíz de chíá mostrando agallas causadas por *M. incognita*.



Figura 16. Segundo estado juvenil de *Meloidogyne*