



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



**TRABAJO EXPERIMENTAL**

**PRESENTADO AL H. CONSEJO DIRECTIVO, COMO REQUISITO  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Tema:**

**“Estudio de la capacidad reproductiva del nemátodo *Meloidogyne graminicola* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), bajo condición simulada de secano y riego”.**

**AUTORA:**

**Diana Valeria Sotomayor Padilla**

**TURORA:**

**Dra. Carmen Triviño Gilces**

**Babahoyo – Los Ríos – Ecuador**

**2017**



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



**TRABAJO EXPERIMENTAL**

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

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**“Estudio de la capacidad reproductiva del nemátodo *Meloidogyne  
graminicola* en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), bajo condición  
simulada de secano y riego”.**

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

Ing. Agr. Joffre León Paredes MBA

**PRESIDENTE**

Ing. Agr. Guillermo García Vázquez, MSc.

**VOCAL PRINCIPAL**

Ing. Agr. Cristina Maldonado Camposano MBA

**VOCAL PRINCIPAL**

El contenido del presente trabajo, su investigación, resultados, conclusiones y recomendación es de exclusiva responsabilidad de la autora.



---

**Diana Valeria Sotomayor Padilla**

## **DEDICATORIA**

El siguiente trabajo está dedicado a las personas que hicieron posible que mis estudios culminen de la mejor manera, haciendo de esta carrera un artífice para lograr mis metas, mis proyecciones y mis deseos de servir a la comunidad, esas personas son: mi padre Cesar, mi madre Marilú, mi hermano Paulo, parte esencial de este triunfo ya que sin su apoyo no sería posible.

Les agradezco por estar allí y ser mi más grande motivo de avanzar en este largo camino...

**Diana Sotomayor Padilla.**

## **AGRADECIMIENTO**

Según la Biblia en el libro de Salmos 1:1-3 dice lo siguiente: “Cuan bienaventurado es el hombre que no anda en el consejo de los impíos, ni se detiene en el camino de los pecadores, ni se sienta en la silla de los escarnecedores,”. que gran mensaje que nos deja este versículo, del cual aprendí a escoger a los verdaderos amigos y a quienes deseo agradecer por ayudarme en todo momento: Mi Esposo Andrés su ayuda y su esfuerzo es y será mi deseo de amarte cada día más, Jerlyne mi gran y única amiga, mi confidente de quien nunca me arrepentí de conocer, a la Sra. Lidia y su Esposo, nunca dejare de nombrar a mis padres Marilú y Cesar, mi hermano Paulo, ustedes mi razón mi todo, mi suegra Diana Jaramillo que en los momentos duros, difíciles y hasta en mi Trabajo experimental fue parte de mi vida y formamos un buen equipo de trabajo, mi amigo ilustre Enoc Ramírez, a la Dra. Carmen Triviño de quien aprendí que haciendo las cosas de manera difícil se aprende más que de forma fácil, créalo Dra. Usted es mi más grande inspiración dentro del mundo profesional, y a mis compañeros de aula, Don Antonio usted también se merece mis respetos, mis profesores quienes me enseñaron a formarme ética y profesionalmente: Ingenieros; Guillermo García, Cristina Maldonado, Joffre León, Eleonora Layana, Eduardo Colina, Adela Veloz, Pedro Vera, Rosita Guillen, Oscar Mora, Dalton Cadena, Maribel Vera, Sandrita Ochoa, entre otros que, aunque no los ponga ustedes saben que son la base de este éxito. Ante todo, no puedo olvidarme de Papa Dios nuestro creador, la Fe en él y de seguir su estricto y firme paso para alcanzar nuestros deseos.

**Diana Sotomayor Padilla.**

# ÍNDICE

<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1. OBJETIVOS</b> .....	<b>2</b>
1.1.1. General.....	2
1.1.2. Específicos .....	2
<b>II. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>3</b>
2.1. 1. Taxonomía del arroz .....	3
2.1.2. El cultivo de arroz en el Ecuador .....	3
2.1.3. Factores ambientales para el desarrollo del cultivo de arroz.....	4
2.1.3.1. Suelo .....	5
2.1.3.2. Temperatura.....	5
2.1.3.3. Radiación solar.....	6
2.1.3.4. Precipitación.....	6
2.1.4. Requerimientos de agua .....	6
2.1.5. Densidades de siembra en el cultivo de arroz .....	6
2.1.6. Características de la variedad INIAP 15 .....	7
2.2. Nematodos y su importancia para el hombre .....	7
2.2.1. Clasificación taxonómica de <i>Meloidogyne graminicola</i> .....	8
2.2.2. Características .....	8
2.2.3. Distribución geográfica.....	9
2.2.4. Biología.....	10
2.2.5. Reproducción.....	10
2.2.6. Ciclo de vida.....	10
2.2.7. Síntomas y Daños .....	11
2.2.8. Hospedante .....	11
2.2.9. Diseminación.....	12
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....	<b>13</b>
3.1. Ubicación del ensayo .....	13
3.2. Materiales y equipos de invernadero y laboratorio.....	13
3.2.1. Materiales de invernadero .....	13
3.2.2. Materiales y Equipos de Laboratorio .....	14
3.2.3. Material Genético .....	14

3.3. Variables en estudio .....	14
3.4. Tratamientos .....	14
3.5. Diseño experimental .....	14
3.6. Análisis de la varianza.....	15
3.7. Análisis Funcional .....	15
3.8. Manejo del trabajo experimental.....	15
3.8.1. Desinfección de suelo .....	15
3.8.2. Obtención de suelo infestado con <i>M. graminicola</i> (J2) .....	15
3.8.3. Semillero .....	16
3.8.4. Siembra directa y trasplante.....	16
3.8.5. Extracción de <i>M. graminicola</i> .....	16
3.8.6. Riego.....	16
3.8.7. Control de malezas.....	16
3.8.8. Fertilización.....	16
3.9. Datos evaluados .....	17
3.9.1. Peso de la masa radical por planta.....	17
3.9.2. Número de agallas por planta.....	17
3.9.3. Densidad poblacional de <i>M. graminicola</i> /10 g raíces .....	17
3.9.4. Densidad poblacional de <i>M. graminicola</i> /100 cm <sup>3</sup> de suelo.....	18
3.9.5. Índice de reproducción de <i>M. graminicola</i> .....	18
IV. RESULTADOS .....	19
4.1. Peso de raíces (g) por planta.....	19
4.2. Numero de agallas por planta .....	19
4.3. Densidad poblacional de <i>M. graminicola</i> (J2) por 10 g de raíces .....	20
4.4. Densidad poblacional de <i>M. graminicola</i> (J2) por 100 cm <sup>3</sup> de suelo .....	21
4.5. Índice Reproducción de <i>M. graminicola</i> en tres métodos de siembra .....	22
V. DISCUSIÓN.....	23
VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN .....	25
VII. RESUMEN Y SUMMARY.....	26
VIII. BIBLIOGRAFÍA .....	28
ANEXOS .....	31

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Análisis de varianza.....	15
Cuadro 2. Peso de raíces por planta de arroz sembrado a trasplante y directo en suelo infestado con <i>M. graminicola</i> , en condiciones simulada de riego y secano.....	19
Cuadro 3. Número de agallas causadas por <i>M. graminicola</i> en planta de arroz, trasplante y directo, en condiciones simuladas de riego y secano.....	20
Cuadro 4. Densidad poblacional de <i>M. graminicola</i> en raíces de arroz sembradas a trasplante y directo en condiciones de simulación de riego y secano.....	21
Cuadro 5. Densidad poblacional de <i>M. graminicola</i> en suelo sembrado con arroz a trasplante y directo, en condiciones simuladas de riego y secano.....	21
Cuadro 6. Índice de reproducción de <i>M. graminicola</i> en suelo sembrado con arroz a trasplante y directo, en condiciones simuladas de riego y secano.....	22

## INDICE DE TABLA

Tabla 1. Respuestas del arroz a la variación de temperatura en diferentes estados de desarrollo.....	5
--	---

## INDICE DE ANEXOS

### **Anexo 1. Densidades poblacionales del nemátodo.**

Cuadro 1A. Valores poblacionales de *M. graminicola* al final de la primera etapa en 100 cm<sup>3</sup> de suelo por tratamientos, a los 45 días después de la inoculación dirigida. UTB, 2017..... 32

Cuadro 2A. Valores poblacionales de *M. graminicola* al final de la segunda etapa en 100 cm<sup>3</sup> de suelo por tratamientos a los 60 días después de la inoculación dirigida. UTB, 2017..... 32

Cuadro 3A. Peso de raíz por plantas al final de la segunda etapa a los 60 días después de la inoculación dirigida. UTB, 2017 ..... 33

Cuadro 4A. Número de agallas por plantas al final de la segunda etapa a los 60 días después de la inoculación dirigida. UTB, 2017 ..... 33

Cuadro 5A. Valores poblacionales de *M. graminicola* al final de la segunda etapa en 10 gr de raíces por tratamientos a los 60 días después de la inoculación dirigida. UTB, 2017..... 34

### **Anexo 2. Figuras de la ejecución del experimento.**

Figura 1A. Preparación y distribución de los tratamientos..... 34

Figura 2A. Siembra de los tratamientos por trasplante y directo .....35

Figura 3A. Desarrollo de plantas a 10 días después de inoculación .....35

Figura 4A. Extracción de las plantas para realizar la recolección de datos .....35

Figura 5A. Lavado de raíces para extraer nemátodos..... 35

Figura 6A. Lavado de raíces para extraer nemátodos ..... 36

Figura 7A. Peso de las raíces .....36

Figura 8A. Escurrido de agua de raíces/planta .....36

Figura 9A. Raíces de todos los tratamientos ..... 36

Figura 10A. Extracción de nematodos de las raíces, método “Licuado-Tamizado”.....	<b>36</b>
Figura 11A. Raíces de los tres tratamientos mostrando agallas causadas por <i>M. graminicola</i> .....	<b>37</b>
Figura 12A. Precipitado de muestras de raíces licuadas .....	<b>37</b>
Figura 13A. Extracción de nemátodos del suelo, método de incubación .....	<b>38</b>
Figura 14A. Conteo de poblaciones de <i>M. graminicola</i> (J2) extraídos de raíces y suelo .....	<b>38</b>

## I. INTRODUCCIÓN

En Ecuador, el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.) es sembrado en aproximadamente una superficie de 366 194 ha, de las cuales el 94,07 % se encuentra en las provincias del Guayas y Los Ríos, donde el 60 % es cultivada mediante riego y el 40 % en condición de secano (INEC, 2016)<sup>1</sup>.

Los rendimientos de esta importante gramínea se están reduciendo debido a factores bióticos y abióticos, entre ellos la presencia de muchos microorganismos que son perjudiciales para el cultivo debido al ataque de plagas y enfermedades, a la siembra continua de arroz en un mismo campo, la falta de cultivos de importancia comercial para utilizarlos en rotación contra estas plagas. La producción del arroz tanto de secano como riego pueden estar limitada por diversos agentes patógenos, como son los nematodos agalladores de raíces *Meloidogyne* spp.

Una de las plagas importantes y que afecta económicamente en las áreas arroceras del país es la presencia de *Meloidogyne graminicola* y no existe hasta la actualidad variedades locales ni foráneas con resistencia a ésta especie de microorganismo. *M. graminicola* se caracteriza por tener un alto potencial de reproducción, afecta al sistema radical, el 90 % de los individuos de cada generación son hembras, y en presencia de altas densidades poblacionales ocurren interacciones con hongos y bacterias.

A esto se suma la problemática nematológica por la no costumbre en la limpieza de la maquinaria antes o después de la preparación de los campos de arroz, la falta de experiencia en aplicaciones de productos, el mal manejo de control de malezas, la siembra de varios ciclos continuos del cultivo durante el mismo año, lo que ha traído como consecuencia el incremento de la densidad poblacional del nemátodo y pérdida de los rendimientos.

La variabilidad en la metodología de siembra del arroz que tiene el agricultor (riego o secano, siembra directa o a trasplante) y la diversidad de materiales que siembra

---

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Estadísticas y Censo (INEC). 2016. Datos Estadísticos III Censo Agropecuario. Guayaquil, Ecuador. Disponible [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2016/Informe%20ejecutivo%20ESPAC\\_2016.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2016/Informe%20ejecutivo%20ESPAC_2016.pdf)

en un mismo campo o piscinas, no ha permitido obtener un criterio definido sobre la condición de humedad del suelo que sea menos adecuado para la reproducción o multiplicación acelerada de *M. graminicola* en campo abierto, razón por la cual se justifica la realización de este trabajo en condiciones controladas.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. General**

Identificar un método para cultivar arroz que reduzca la densidad poblacional de *Meloidogyne graminicola* en condición de secano y riego.

### **1.1.2. Específicos**

- Evaluar el efecto de la siembra de arroz bajo riego y secano, en el desarrollo de la densidad poblacional del nematodo agallador de raíces *M. graminicola*.
- Determinar los efectos de la siembra a trasplante y en forma directa con lámina de agua en la reproducción *M. graminicola*.
- Identificar el índice de reproducción de *M. graminicola*, en el cultivo de arroz.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. El cultivo de arroz

#### 2.1.1. Taxonomía del arroz

Aldana (1995) citado por Torres (2013), indica que la clasificación sistemática del arroz es la siguiente:

- Reino: Plantae
- División: Magnoliophyta
- Clase: Liliopsida
- Subclase: Commelinidae
- Orden: Poales
- Familia: Poaceae
- Género: Oryza
- Especie: sativa L.

#### 2.1.2. El cultivo de arroz en el Ecuador

Las zonas de mayor producción: Daule, Santa Lucía, Babahoyo y Balzar, donde se siembran 200 mil hectáreas, ha favorecido el incremento de las cosechas. Este extraordinario suministro de agua tiene como principal fuente de abastecimiento la presa Daule Peripa, y permite que se realicen hasta 2,5 cultivos cada año. El cultivo de arroz se adapta a diversas condiciones de suelo; sin embargo, las condiciones ideales para obtener buenas cosechas son: buen contenido de materia orgánica mayor al 5 %, buena capacidad de intercambio catiónico, buen contenido de arcilla mayor al 40 %, capa arable profunda, pH 6,0 – 7,0 topografía plana y buen drenaje (Pilaloa, Alvarado & Pacheco, 2017). Según Zambrano (2017) la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura (FAO) publicó que la producción de arroz en Ecuador ocupa el puesto número 26 a nivel mundial.

El cultivo de arroz es semi-acuático de mayor importancia para toda la población porque es el alimento principal en la dieta de todos los ecuatorianos, propio de la región tropical de la zona, comprendida entre 0 a 800 msnm (DICTA, 2003).

La superficie cosechada del arroz en el Ecuador es de 366 193 ha, en donde está localizado principalmente en la región Costa. De los cuales el 94,07 % se encuentra en las provincias del Guayas y Los Ríos, con una participación Nacional de 67,47 % y producción de 103 534 Tm en la provincia del Guayas. Mientras que en Los Ríos la participación Nacional es de 27,47 % y la producción de 421 483 Tm en donde el 60 % es cultivado mediante riego y el 40 % en condiciones de secano (INEC, 2016).

El arroz bajo riego en verano se realiza la labor en terrenos inundados denominado fanguero, que se basa en batir el suelo con un tractor provisto de canasta o gravas de hierro que son reemplazadas por las llantas tradicionales. Mientras que el arroz de secano en invierno, se lo realiza en terrenos secos, aquí se basa con las condiciones climáticas mediante el agua de lluvia y se prepara el suelo utilizando implemento para el arado, romplow y rastra.

Las principales limitaciones en el cultivo de arroz en siembra directa son las plagas y enfermedades; estrés hídrico, deficiencia de nutrientes y malezas en su primera etapa de crecimiento. Mientras que los arroces en siembra por trasplantes tienen a producir más por las condiciones que se lo ha tratado en el semillero y el adecuado distanciamiento de siembra que existe entre plantas y entres hileras (Dangal *et al.*, 2009).

En años recientes en el cultivo de arroz se han presentado plagas y enfermedades dificultando así la rentabilidad y productividad de este cultivo, obligando a los agricultores a la compra y utilización de plaguicidas de muy alto valor económico para no ser afectados drásticamente (Zea, 2014).

### **2.1.3. Factores ambientales para el desarrollo del cultivo de arroz**

Las principales Provincias productoras de arroz están localizadas por debajo de los 10 msnm, el 92 % del área se encuentran Guayas y Los Ríos. La planta de arroz en su desarrollo y crecimiento reacciona sea positiva o negativamente en función de los factores ambientales, en consecuencia el cultivo necesita que estos factores se presenten a las necesidades del mismo (INIAP, 2007).

### 2.1.3.1. Suelo

El arroz se adapta a diversas condiciones de suelo; sin embargo, las condiciones ideales para obtener una buena cosecha son: buena capacidad de intercambio catiónico, pH 6,0 – 7,0 buen contenido de materia orgánica (mayor del 5 %), buen contenido de arcilla (mayor del 40 %), topografía plana, capa arable profunda (mayor de 25 cm), y buen drenaje superficial (Dávila Jiménez , 2014).

### 2.1.3.2. Temperatura

Las temperaturas críticas para la planta de arroz, están generalmente por debajo de 20 °C y superiores a 30 °C, y varían de acuerdo con el estado de desarrollo de la planta. En la tabla 1 muestra la variación de la temperatura con las distintas fases de desarrollo de la planta (INIAP, 2007).

Tabla 1. Respuestas del arroz a la variación de temperatura en diferentes estados de desarrollo.

Etapas de desarrollo	Temperaturas Críticas (°C)		
	Baja	Alta	Optima (1)
Germinación	10	45	20-35
Emergencia y establecimiento de plántulas	12-13	35	25-30
Enraizamiento	16	35	25-28
Elongación de hojas	7-12	45	32,50-31,10
Macollamiento	9-16	33	
Iniciación de panículas	15		
Diferenciación de panículas	15-20	38	
Antesis (floración)	22	35	30-33
Maduración	12-18	30	20-25

Óptima (1) Se refiere a la temperatura media diaria, excepto para la germinación.

**Fuente:** (INIAP, 2007)

Cuando se somete a la planta a una temperatura por debajo de 20 °C en el estado de floración, normalmente se induce a un alto estado de esterilidad, generalmente es atribuida a efectos de la temperatura baja durante la noche, pero una temperatura alta en el día, puede contrarrestar el efecto de la noche (INIAP, 2007).

### **2.1.3.3. Radiación solar**

Para el cultivo de arroz las necesidades de radiación solar varían con los diferentes estados de desarrollo de la planta. Una baja radiación solar durante la fase vegetativa, afecta ligeramente los rendimientos y sus componentes; mientras que en la fase reproductiva existe una marcada disminución en el número de granos. Por otra parte, durante el período de llenado da maduración del grano, se reducen drásticamente los rendimientos por disminución en el porcentaje de granos llenos (Jiménez, 2014).

El mismo autor indica que una radiación de 300 cal/cm<sup>2</sup> por día durante el estado reproductivo hace posibles rendimientos de 5 t/ha. El punto de vista en el cual coincide la mayoría de los investigadores, es que una temperatura abundante y alta radiación solar, son necesarias para el arroz; sin embargo, un concepto universal es que una alta disponibilidad de agua, es el requisito más importante en su producción.

### **2.1.3.4. Precipitación**

El arroz prospera en los climas calurosos y con buena dotación de recurso hídrico, sea de lluvia o de riego. En estas circunstancias el arroz puede estar sujeto a daños causados por la sumersión de la planta debido a la inundación de las tierras bajas; mientras que, en zonas altas, la sequía puede presentarse. En la provincia de Los Ríos varía entre 1800 a 2200 mm anuales (Chinchay & Reyes, 2017).

### **2.1.4. Requerimientos de agua**

El agua es indispensable para la vida del cultivo de arroz. El riego por inundación es favorable para un mejor crecimiento, desarrollo y rendimiento de grano; es importante señalar, que el sistema de irrigación contribuye el control de malezas. El promedio de requerimiento de agua varía entre 800 a 1240 mm durante el ciclo (Mota, 2014).

### **2.1.5. Densidades de siembra en el cultivo de arroz**

Siembra directa: se hace a máquina (sembradora); la distancia está establecida en 0,18 m entre hileras, Siembra al voleo: con semilla pregerminada y sin pregerminar; la densidad de siembra es de 80 kg de semilla por hectárea. Cuando es al voleo, y si es necesario, debe usarse 100 kg de semilla por hectárea. Los métodos de siembra utilizados en Ecuador son: siembra directa y trasplante. La siembra directa se realiza a máquina, con sembradora y al voleo en dos formas: mecánica (voleadora) y manual, con semilla

seca y tapada con un pase de rastra superficial. La cantidad de semilla utilizada es 100 kg/ha (Zea, 2014).

### **2.1.6. Características de la variedad INIAP 15**

La variedad INIAP 15 – Boliche fue desarrollada por el Programa Nacional de Arroz del INIAP, a partir del año 2000 a través de hibridaciones. Proviene del cruce de IR 18348-36-3-3/CT10308-27-3-1P-1-3—3P, y su Pedigrí es IN 119-8-2-1. Evaluada como segregante hasta el 2003. Posteriormente ingresó a ensayos de líneas de observación, y es a partir de esa fecha que se evaluó en ensayos de rendimiento hasta el 2006 en las zonas de Boliche, Taura, Daule, Santa Lucía y Samborondón bajo condiciones de riego (INIAP, 2006).

- Tamaño del grano extra largo, mayor de 7,5 mm.
- Índice de pilado mayor al 67 %
- Buena calidad culinaria.
- Amplio rango de adaptación y buena estabilidad de rendimiento.
- Ciclo vegetativo precoz que va de 117 a 128 días en siembra por trasplante.
- Resistencia al acame.
- Resistencia a piricularia.
- Moderadamente resistente al virus de la hoja blanca.

### **2.2. Nematodos y su importancia para el hombre**

Los nematodos son uno de los microorganismos más abundantes en la biosfera, con aproximadamente 25 000 especies. Descritas, aunque se estima una diversidad oculta muchísimo mayor, pudiendo llegar a un millón de especies, los nematodos parásitos de animales y plantas se estudian en detalle debido al daño que causan, el peligro que suponen para la salud humana/animal y las pérdidas que generan en el campo agrícola (Nuria, 2015).

### 2.2.1. Clasificación taxonómica de *Meloidogyne graminicola*

*Meloidogyne* spp pertenece a la siguiente clasificación taxonómica (Luc, Maggenti, & Fortuner, 1988).

- **Phylum:** *Nemadoda* (Rudolphy, 1908)
- **Clase:** Secernentea (Vonlinstow, 1905 y Dougherty, 1958)
- **Orden:** Tylenchida (Thorne, 1949)
- **Suborden:** Tylenchina (Oerly, 1980 y Geraert, 1966)
- **Familia:** Heterodiridae (Filipéu y SchourmansStekhoven, 1941)
- **Subfamilia:** Meloidogininae (Skarbilovich, 1959)
- **Género:** *Meloidogyne* (Goeldi, 1887)
- **Especie:** *M. graminicola* (Golden y Birchfield 1968)

### 2.2.2. Características

Tullis (1934), fue el primer investigador que informó que una enfermedad le causaba nudo en las raíces de arroz, en Arkansas, Estados Unidos. Esta especie de nematodo en ese entonces lo mencionaron como *Heterodera marioni*, después lo calificaron como *Meloidogyne*. Steiner (1934) también encontró en invernadero previamente en una cama en donde se usaría para tabaco. Ichinohe (1955) reporto una enfermedad en el arroz en China, Japón. El nematodo fue nombrado como *Meloidogyne incognitavar. acrita* en India por Israel Rao y Rao en (1964) pero estos nematodos fueron más tarde identificados como *Meloidogyne graminicola* por (Golden y Birchfield 1968) (Cinco, 2001).

Nuria (2015), indica que en *M. graminicola* existe un dimorfismo sexual marcado. Los machos son veriformes y miden entre 1,2-1,5 mm de longitud y 30-36 micras de ancho. Sin embargo, las hembras tienen forma piriforme de 0,4 a 1,3 mm de largo y de 270 a 750 micras de ancho.

INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias), señala que *M. graminicola* es un nematodo agallador de gran importancia económica en todo el mundo, especialmente en países con clima tropicales y subtropicales. En donde se reportan pérdidas de la producción mundial a causa de este nematodo en aproximadamente 115 mil millones de dólares anuales (INIAP, 2003).

Cinco (2001), indica que el nematodo posee dimorfismo en donde las hembras adultas toman forma abultada, su sitio de alimentación es endoparásito sedentario, que se refiere al que el nematodo penetra el sistema radicular y se alimenta de células y pierde la capacidad de moverse por lo tanto permanece en un solo sitio activo. El juvenil (J2) es filiforme de cola fina con estilete delgado y mide aproximadamente 0,5 mm, el macho adulto tiene forma alargada mide aproximadamente 1,5 mm, su estilete es desarrollado y tiene cola redonda con espícula bien pronunciado. La hembra adulta tiene forma de un limón rugoso, es de color blanco-transparente (hialino). Deposita los huevos fuera de la raíz en una masa gelatinosa, mientras tanto la hembra se queda dentro de la raíz, cada hembra en su ciclo de vida puede ovipositar alrededor de 1200 huevos, el 99,99 % de la generación son hembras.

### **2.2.3. Distribución geográfica**

Con respecto a lo que dice Cepeda *et al.*, (2008) la distribución geográfica de *Meloidogyne* spp se encuentra en todo el mundo y son considerados como unos de los fitoparásitos que afectan económicamente a todos los cultivos. La distribución de estos nematodos se les atribuye a varios factores; como soporta condiciones adversas, mientras en condiciones ambientales favorables se incrementa las poblaciones rápidamente; también el efecto de transportar maquinaria o material vegetal e implementos agrícolas infestados. Pero *M. graminicola*, se conoce que tiene una distribución que se encuentra en lugares como: en la India, Japón, Sur de África y Tailandia, ya que es donde existen factores que le favorecen para su desarrollo y también su hospedero.

En Ecuador, *M. graminicola* se lo identificó por primera vez en el año 1987, en la hacienda “Sausalito” ubicada en el cantón Puerto Inca de la Provincia del Guayas en una plantación de arroz variedad Oryzica 1. Se hicieron monitoreos en las Provincias de Manabí, Guayas y Los Ríos y no hubo presencia en ninguna otra plantación sembrada con la gramínea. Por el año 2000 ya se había diseminado por todas las zonas arroceras de la Provincia del Guayas, y en el 2002, estaba presente en la Provincia de Los Ríos. En el Oro, las densidades poblacionales del nemátodo son bajas y en Manabí, aun no hay presencia de este problema (Triviño & Velasco, 2013).

#### **2.2.4. Biología**

*M. graminicola* está muy bien adaptado a las condiciones de inundación, lo que le permite para que se multiplique en los tejidos de las raíces del arroz, incluso cuando las raíces se encuentran sumergidas en agua por mucho tiempo (De Waele & Elsen, 2007).

Es un parasito muy dañino, tantos en tierras altas como en tierras bajas y en arroz de agua profundas puede sobrevivir en las raíces de las plantas de arroz infestadas, así se puede decir que prefiere la humedad del suelo del 32 % (Dutta *et al*, 2011).

Cabe destacar lo que dice Dungal *et al.* (2009), que en su estudio reveló que *M. graminicola* fue más frecuente en condiciones donde el cultivo de arroz estaba de lecho seco que en la húmeda en donde las plantas se le presentaron con raíces y brotes más cortos. Debido al riego frecuente en condiciones de cama húmeda, la longitud de la raíz, la altura de la planta y el peso de la raíz aumentaron, pero el índice de raíz-nudo y el número J2 en la raíz y el suelo eran menor en comparación con la condición de cama seca que era favorable para la infección y el desarrollo de *M. graminicola*.

#### **2.2.5. Reproducción**

El sistema reproductor de las hembras de *M. graminicola* es tubular (didélficas–prodélficas). Se denomina didélficas porque tiene dos gónadas en forma de tubos y prodélficas porque las dos gónadas están en la misma posición. Una gónada está formada por ovario, espermateca, oviducto, útero, vagina y vulva o poro genital femenino, mientras que la otra gónada solo tiene ovario, espermateca, oviducto, útero. Y en los machos las gonodas se denominan diòrquido que está formado por el testículo, vesícula, vaso deferente, conducto, cloaca y espícula.

*M. graminicola* tiene una forma de reproducción que es por partenogénesis, en la cual el macho no interviene, todas las generaciones por lo general son hembras. En donde su ciclo de vida es de 21 a 30 días y el índice de reproducción es de 1000 huevos (INIAP, 2003).

#### **2.2.6. Ciclo de vida**

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 (Gaur *et al.*, 2003).

### **2.2.7. Síntomas y Daños**

Las larvas penetran en las raíces se fijan en su interior y provoca la hipertrofia de las células contiguas de las cuales se alimentan. De la cual de la hipertrofia se produce hiperplasia de los tejidos atacados y ambos factores son determinantes de las agallas que pueden alcanzar hasta 4 mm de diámetro. Las agallas son nocivas para las plantas por dificultar la retención de productos fotosintéticos e impedir el crecimiento de raicillas y por inducir mayor sensibilidad a los hongos del suelo entre ellos *Pythium*, *Fusarium* y *Rhizoctonia* (Carrero & Planes, 2008).

Coyne, Nicol & Cole (2017), publicaron que el daño que causa *M. graminicola* es fácil de identificar se tiene que observar las raíces de las plantas de arroz, los síntomas directos son las agallas en las raíces. Las apariencias de las agallas pueden ser: hinchamientos pequeños de forma redondeada, abultamientos masivos de tejido indiferenciado que confluyen entre sí y puntas de raíces hincadas, mientras que los síntomas indirectos causan a las raíces enanismo, clorosis en las hojas, marchitamiento, falta de vigor y bajo rendimiento en las raíces y granos del arroz.

### **2.2.8. Hospedante**

Sabir y Gaur (2005), publican que *M. graminicola* específicamente, prefiere hospederos que sean cereales. Todos los materiales comerciales y silvestres de arroz son hospedantes del nematodo; también lo son la caña de azucar, maíz, sorgo, arroz rojo (negro) y las malezas *Echinochloa colonum* (paja de patillo), *Echinochloa crusgalli* (moco de pavo), *Sorghum bicolor* (Sorgo), *Eleusine indica* (Pata de gallina), Avena sativa, *Brachiaria mutica* (Paja Pará) entre otras (Triviño & Velasco, 2013).

### **2.2.9. Diseminación**

Los nemátodos se diseminan a través del suelo que queda adherido en el tractor, cosechadora, arado, rastra, después de haber operado en un campo lleno de estos microorganismos pluricelulares no segmentados; también se diseminan mediante la siembra de plantas infestadas en los semilleros que no se han tratado con algún nematicida o no se lo ha esterilizado el suelo y a través del agua de riego por aspersores o inundación, ya que *M. graminicola* puede vivir en suelos saturados de humedad (Triviño, 2007).

### **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 ½ de la vía Babahoyo-Montalvo.

Las características georreferenciadas del invernadero se indican a continuación:

- Provincia: Los Ríos
- Cantón: Babahoyo
- Parroquia: Clemente Baquerizo
- Sitio: San Pablo
- Altitud: 8 msnm
- Latitud: 9 801 117 UTM
- Longitud: 668 674 UTM

La zona presenta un clima tropical húmedo, con temperatura media anual de 25,70 °C, una precipitación media anual de 1845 mm, humedad relativa de 76 % y 804,70 horas de heliofanía promedio anual.<sup>2</sup>

#### **3.2. Materiales y equipos de invernadero y laboratorio**

##### **3.2.1. Materiales de invernadero**

- Bandejas de plástico de 26 cm largo x 34 cm ancho x 24 cm de alto
- Regaderas
- Fundas negras de polietileno
- Suelo de campo arrocero solarizado
- Baldes
- Palín
- Marcadores
- Etiquetas
- Fundas plásticas transparentes

---

<sup>2</sup> Datos tomados de la Estación Meteorológica UTB – INAMHI, 2017.

### **3.2.2. Materiales y Equipos de Laboratorio**

- Estereomicroscopio
- Microscopio invertido
- Tamices de bronce No 60, 100 y 500
- Pinzas de punta fina
- Licuadora común
- Pipetas
- Picetas, cajas Petri de plástico
- Vasos de precipitación graduados de vidrio y plástico
- Contador chequeador
- Cámaras contadoras de nemátodos
- Platos de aluminio.
- Papel facial

### **3.2.3. Material Genético**

Se utilizó semilla certificada de la variedad INIAP 15.

### **3.3. Variables estudiadas**

- Variable dependiente: INIAP 15
- Variable independiente: Nemátodo *Meloidogyne graminicola*.

### **3.4. Tratamientos**

Los tratamientos fueron formados por los dos sistemas de siembra directa y un método de trasplante, como se detalla a continuación:

- Riego-siembra a trasplante
- Riego-siembra directa (voleo)
- Secano-siembra directa (voleo)

### **3.5. Diseño experimental**

Las unidades experimentales fueron distribuidas en un diseño Completamente al azar, con tres tratamientos y cinco repeticiones.

### 3.6. Análisis de la varianza

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

Cuadro 1. Análisis de varianza

Fuente de variación	Grados de libertad
Tratamientos (t-1)	2
Error (r-1) (t-1)	12
Total (r x t) – 1	14

### 3.7. Análisis Funcional

Las medias de las densidades poblacionales de *M. graminicola*, obtenidas en raíces y suelos de los cultivares de arroz inoculados, se compararon con la prueba del Rango Múltiple de Duncan al 5 % significancia.

### 3.8. Manejo del trabajo experimental

#### 3.8.1. Desinfección de suelo

En un campo arrocero de la zona San Pablo en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, se recolectó 238 350 kg de suelo para llenar las 15 bandejas plásticas con las dimensiones 26 largo x 34 ancho x 24 profundidad en cm, en el cual se vació sobre un plástico negro y se dejó expuesto al sol por 4 días, hasta que estuvo completamente seco y libre de nematodos.

#### 3.8.2. Obtención de suelo infestado con *M. graminicola* (J2)

El suelo previamente solarizado se colocó en las bandejas o canecas donde se realizó el ensayo. En cada bandeja se sembraron cinco plantas de arroz INIAP 15 y cuando las plantas tuvieron 10 cm de altura se inocularon 100 *M. graminicola* (J2) en cada una. A los 45 días después de la inoculación se extrajeron las plantas y se homogenizó el suelo infestado con el nematodo, listo para realizar la investigación. Con este procedimiento se obtuvo un suelo con la misma densidad poblacional inicial del nematodo (aproximadamente) para todas las bandejas del experimento.

### **3.8.3. Semillero**

Se sembró semillas certificadas de la variedad INIAP 15 en una bandeja germinadora con suelo desinfectado libres de nematodos.

### **3.8.4. Siembra directa y trasplante**

En cada caneca con las dimensiones 26 largo x 34 ancho x 24 profundidad en cm llenas de suelo infestado de *M. graminicola* se procedió con los respectivos tratamientos de siembra directa en las bandejas, para simular se sembraron 5 semillas, mientras que, en el tratamiento por trasplante se sembró 5 plántulas de arroz de 11 días de germinación con una altura de 10 cm aproximadamente.

### **3.8.5. Extracción de *M. graminicola***

A los 60 días de la siembra de las semillas o del trasplante, en las bandejas conteniendo suelo infestado con *M. graminicola*, se extrajeron las plantas con mucho cuidado para que las raíces salieran completas y además de cada bandeja se recolectó 0,45 kg de suelo infestado.

### **3.8.6. Riego**

En los tratamientos bajo riego, el suelo se lo mantuvo sobresaturado de agua (encharcado) al momento de la siembra o trasplante; posteriormente se mantuvieron estos tratamientos con una lámina de agua de 5 cm. En los tratamientos con la simulación de siembra en condición de seco, la humedad del suelo se mantuvo en capacidad de campo.

### **3.8.7. Control de malezas**

El control de las malas hierbas se realizó manualmente cada 8 días, hasta terminar la investigación.

### **3.8.8. Fertilización**

La fertilización se realizó dos veces con nitrógeno, a los 10 días después del trasplante en cada caneca se aplicó 5 gramos (1 g/planta) y a los 30 días después de la primera aplicación en cada caneca se aplicó 10 gramos (2 gramos/planta).

### **3.9. Datos evaluados**

A los 60 días después de la siembra o trasplante según tratamientos, se tomaron los siguientes datos:

- Peso de la masa radical por planta.
- Número de agallas por planta.
- Densidad poblacional de juveniles del segundo estadio de *M. graminicola*/10 g raíces.
- Densidad poblacional de juveniles del segundo estadio de *M. graminicola* /100 cm<sup>3</sup> de suelo. Este dato también se lo determino antes de la siembra.
- Índice de reproducción de *M. graminicola*.

#### **3.9.1. Peso de la masa radical por planta**

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

#### **3.9.2. Número de agallas 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 evaluó el número de agallas o nódulos, esto con la ayuda de un estereomicroscopio y un contador-chequeador.

#### **3.9.3. Densidad poblacional de *M. graminicola*/10 g raíces**

Después de contada las agallas en las raíces, se cortó en pedazos de 1 cm, se mezclaron y se pesaron 10 gramos. Se licuaron durante 20 segundos en una licuadora utilizando una velocidad baja. El licuado se vertió sobre tres tamices de No 60, 100 y 500, 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-nemátodos recogido en el tamiz 500 se colocó en un vaso graduado con ayuda de una piceta y se aforaron en 100 mL.

Se homogenizaron las muestras 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 nemátodos, para el cual se utilizó un microscopio invertido y un contador-chequeador. Por cálculo matemático se obtuvieron la densidad poblacional de nemátodos en cada planta (Triviño, Navia y Velasco, 2013).

#### **3.9.4. Densidad poblacional de *M. graminicola*/100 cm<sup>3</sup> de suelo**

Para la extracción de los nemátodos del suelo, después de la extracción de las plantas de las bandejas se homogenizó y se colectó en una funda plástica aproximadamente 200 cm<sup>3</sup> de suelo por repetición. En el laboratorio cada muestra se depositó en una bandeja plástica, se mezcló nuevamente y se midió 100 cm<sup>3</sup> para la extracción de los nemátodos. Este 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 adiciono agua común y se dejaron la muestra en incubación por tres días.

Transcurrido ese tiempo, se eliminó el suelo colocado en el primer plato y el contenido agua – nemátodos se colectó en un vaso de precipitación. En cada muestra o vaso se eliminó el agua excedente a 100 mL, 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 nemátodos para el cual se utilizó un microscopio invertido y un contador-chequeador. Por cálculo matemático se obtuvo la densidad poblacional de nemátodos existentes en 100 cm<sup>3</sup> de suelo (Triviño, Navia y Velasco, 2013).

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

El índice de reproducción del nemátodo por tratamiento, se determinó dividiendo la población final (pf) entre la población inicial (pi),  $IR = pf/pi$ , obtenida en 100 cm<sup>3</sup> suelo.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Peso de la masa radical de raíces (g) por planta

En el Cuadro 2 se registran los valores promedio de peso de raíces por planta de arroz sembrado a trasplante y directo en el suelo infestado con *M. graminicola*, en condiciones simulada de riego y seco. El análisis de varianza reporta diferencia altamente significativa. El promedio general fue 17,88 g de raíces por planta y el coeficiente de variación 18,68 %.

El mayor peso de raíces por planta lo obtuvo el tratamiento riego-siembra directa con 29,88 g, superior estadísticamente a los demás tratamientos, y el menor valor lo presenta el tratamiento seco-siembra directa con 4,20 g.

Cuadro 2. Peso de raíces por planta de arroz sembrado a trasplante y directo en suelo infestado con *M. graminicola*, en condiciones simulada de riego y seco.

Tratamientos	Peso de la masa radical de raíces (g)/plantas
Riego-siembra a trasplante	19,56 a
Riego-siembra directa	29,88 a
Seco-siembra directa	4,20 b
Promedio	17,88
CV (%)	18,68
Significancia estadística	**

Valores con la misma letra en la columna, no difieren significativamente según la prueba de Duncan 5 % de significancia. \*\* altamente significativo.

### 4.2. Número de agallas por planta.

En el Cuadro 3 se registran los valores promedio al número de agallas causadas por *M. graminicola* en planta de arroz, trasplante y directo, en condiciones simuladas de riego y seco. El análisis de varianza reporta diferencia altamente significativa, el promedio general fue 255 agallas por planta y el coeficiente de variación 2,46 %.

El mayor número de agallas en raíces lo presenta el tratamiento riego-siembra directa con

377 agallas, superior estadísticamente a los demás tratamientos, mientras que, el menor valor lo presenta el tratamiento secano-siembra directa con 120 agallas por planta.

Cuadro 3. Número de agallas causadas por *M. graminicola* en planta de arroz, trasplante y directo, en condiciones simuladas de riego y secano.

<b>Tratamientos</b>	<b>Número de agallas/planta</b>
Riego-siembra a trasplante	270 b
Riego-siembra directa	377 a
Secano-siembra directa	120 c
Promedio	255
CV (%)	2,46
Significancia estadísticas	**

Valores con la misma letra en la columna, no difieren significativamente según la prueba de Duncan 5 % de significancia. \*\* Altamente significante.

#### **4.3. Densidad poblacional de *M. graminicola* (J2) por 10 g de raíces.**

En el Cuadro 4 se registran los valores promedios de la densidad poblacional de *M. graminicola* en raíces. El análisis de varianza reporta diferencia altamente significativa, el promedio general fue 26 540 *M. graminicola* (J2) por 10 g de raíces, el coeficiente de variación de 3,07 %.

La mayor densidad poblacional de *M. graminicola* (J2) se obtuvo con el tratamiento riego-siembra directa con 42 130 *M. graminicola* (J2), superior estadísticamente a los demás tratamientos, no así, el menor valor lo presenta el tratamiento secano-siembra directa con 15 350 *M. graminicola* (J2).

Cuadro 4. Densidad poblacional de *M. graminicola* en raíces de arroz sembradas a trasplante y directo en condiciones de simulación de riego y secano.

<b>Tratamientos</b>	<b><i>M. graminicola</i> (J2)/10 g de raíces</b>
Riego-siembra a trasplante	22 140 b
Riego-siembra directa	42 130 a
Secano-siembra directa	15 350 b
Promedio	26 540
CV (%)	3,07
Significancia estadísticas	**

Valores con la misma letra en la columna, no difieren significativamente según la prueba de Duncan 5 % de significancia. \*\* Altamente significante.

#### 4.4. Densidad poblacional de *M. graminicola* (J2) por 100 cm<sup>3</sup> de suelo.

En el Cuadro 5 se registran los valores promedio de la densidad poblacional de *M. graminicola* en suelo. El análisis de varianza reporta diferencia altamente significativa entre tratamientos, el promedio general fue de 1133 *M. graminicola* (J2) por 100 cm<sup>3</sup> de suelo el coeficiente de variación 0,95 %. La mayor densidad poblacional de *M. graminicola* (J2) por 100 cm<sup>3</sup> de suelo fue en el tratamiento riego siembra directa 1490, y el menor valor lo presentó el tratamiento de riego-siembra a trasplante con 930 *M. graminicola* (J2) por 100 cm<sup>3</sup> de suelo.

Cuadro 5. Densidad poblacional de *M. graminicola* en suelo sembrado con arroz a trasplante y directo, en condiciones simuladas de riego y secano.

<b>Tratamientos</b>	<b><i>M. graminicola</i> (J2)/100 cm<sup>3</sup> de suelo</b>
Riego-siembra a trasplante	930 b
Riego-siembra directa	1490 a
Secano-siembra directa	980 b
Promedio	1133
CV (%)	0,95
Significancia estadísticas	**

Valores con la misma letra en la columna, no difieren significativamente según la prueba de Duncan 5 % de significancia. \*\* Altamente significante.

#### 4.5. Índice Reproducción de *M. graminicola* en tres métodos de siembra.

Según los resultados que se presentan en el Cuadro 6, el índice de reproducción de *M. graminicola* en arroz es muy alto con la siembra directa en condición de riego, mientras que los otros dos tratamientos, la densidad poblacional final se presentó inferior a la población inicial.

Cuadro 6. Índice de reproducción de *M. graminicola* en suelo sembrado con arroz a trasplante y directo, en condiciones simuladas de riego y seco.

Tratamientos	<i>M. graminicola</i> (J2)/100 cm <sup>3</sup> suelo		IR=Pf/Pi
	P. inicial	P. final	
1. Riego-siembra trasplante	1130	930	0,82
2. Riego-siembra directa	1240	1490	1,20
3. Secano-siembra directa	1260	980	0,77

J2 = Segundo estadio juvenil, IR = Índice de reproducción, Pi = Población inicial, Pf = Población final, es decir la obtenida a los 60 días después del trasplante o germinación.

## V. DISCUSIÓN

El arroz es el cultivo más extenso a nivel nacional, los rendimientos de esta importante gramínea se están reduciendo debido a factores bióticos y abióticos, por la presencia de diferentes agentes causales que son perjudiciales para el cultivo, por no controlarlo a tiempo y causan síntomas como enanismo, clorosis, marchitamiento, falta de vigor, bajo rendimiento debido al ataque de plagas y enfermedades, la producción del arroz tanto de secano como riego pueden estar limitadas por diversos agentes patógenos, como es el nematodo agallador de raíces *M. graminicola*, que es una plaga importante y afecta económicamente en las áreas arroceras del país.

En este trabajo el cultivo de arroz, con inoculación controlada de *M. graminicola* (J2) en bandejas, se evidenció perfectamente el impacto dañino, que causa la presencia de las altas densidades poblacionales del nemátodos como lo menciona (Cepeda, *et al.*, 2008; Dungal *et al.*, 2009).

Todos los materiales de arroz son susceptibles a *M. graminicola*, al tenerlo como su hospedero favorito para alimentarse y reproducirse, ésta se ve afectada en sus células radicales al ser modificadas, en su forma y tamaño provocada por sustancias enzimáticas propia del nematodo agallador, perjudicando la circulación de los nutrientes para cumplir su desarrollo normal y formar su estructura y estabilidad. Esto, concuerda con Sabir y Gaur (2005), al expresar que *M. graminicola* específicamente prefiere hospederos que sean gramíneas.

En esta investigación, el índice de reproducción más alto de *M. graminicola* fue 1,20 J2/100 cm<sup>3</sup> suelo que ocurrió cuando el arroz se sembró bajo riego en forma directa, mientras que el índice de reproducción mediano fue de 0,82 (J2) cuando se sembró en riego en forma a trasplante y el índice de reproducción más bajo fue de 0,77 (J2) cuando se sembró bajo secano en forma directa; esto significa que *M. graminicola* puede estar presente en todas las condiciones de humedad e inclusive en campos inundados como publica (De Waele and Elsen, 2007; Triviño y Velasco, 2013).

En síntesis, el tratamiento que más daño causó a las raíces del arroz fue el que se sembró en condiciones simuladas de riego en forma directa, este efecto posiblemente se deba a que al emitir la plántula las primeras raíces, los nematodos inmediatamente ingresan a éstas acelerando su ciclo de vida, no así al sembrar a trasplante que las plántulas llevan desarrolladas las raíces, por lo que se reduciría en uno o más el número de ciclos de vida del nematodo. Adicionalmente se ve que *M. graminicola* puede vivir perfectamente durante largo tiempo bajo lámina de agua.

Lo antes mencionado en parte concuerda con una investigación realizada por Pascual *et al.*, 2014 en las Filipinas sobre prevalencia y caracterización de nematodos parásitos de plantas en agro-ecosistemas de arroz en tierras altas y bajas, donde se encontró que en tierras bajas existe una cantidad excesiva de nematodos *M. graminicola* que, en partes altas, debido a las inundaciones que se crean por la topografía del terreno, en donde el agua permanece empozada por mayor tiempo (Pascual *et al.*, 2014).

Mientras Dutta *et al.*, (2011) encontraron que *M. graminicola* es un parásito dañino, tanto en tierras altas como en tierras bajas en el cultivo de arroz, en agua profundas puede sobrevivir en las raíces de las plantas de arroz infestadas, así se puede decir que prefiere la humedad del suelo del 32 %.

Con este trabajo una vez más se ha demostrado que *M. graminicola* está muy bien adaptado a las condiciones de inundación, lo que le permite que se multiplique en los tejidos de las raíces del arroz, incluso cuando las raíces son profundas en el agua como lo menciona (De Waele & Elsen, 2007).

## VI. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN

Según los resultados obtenidos en este ensayo se concluye lo siguiente:

- El método de siembra de arroz que más influyó en el incremento de la densidad poblacional de *M. graminicola* fue la siembra directa bajo riego.
- El método de siembra de arroz que más afectó el desarrollo de la densidad poblacional de *M. graminicola* fue la siembra directa en seco, y trasplante bajo riego, en su orden.
- El índice de reproducción más alto de *M. graminicola* ocurrió cuando el arroz se sembró bajo riego en forma directa, y los IR más bajos se obtuvieron en siembra con riego a trasplante y siembra en seco.

En base a estas conclusiones se recomienda:

- En campos de arroz de riego infestados con *M. graminicola*, realizar la siembra a trasplante, para reducir la densidad poblacional de este nematodo.

## VII. RESUMEN

En Ecuador, el cultivo de arroz es sembrado por dos métodos de siembra en donde el 60 % es cultivada mediante riego y el 40 % en condición de seco, la producción del arroz tanto de seco como riego pueden estar limitada por diversos agentes patógenos, como son los nematodos agalladores *Meloidogyne graminicola*. Son plagas importantes que afectan económicamente en las áreas arroceras del país. Se caracteriza por tener un alto potencial de reproducción y afectar al sistema radical causándole agallas.

El objetivo de esta investigación fue determinar el mejor método de cultivar arroz que reduzca la densidad poblacional de *M. graminicola* en condición de seco y riego. El trabajo se realizó en el invernadero de la Facultad de Ciencias Agropecuaria de la Universidad Técnica de Babahoyo, en la Provincia de los Ríos.

Los tratamientos fueron formados por los dos sistemas de siembra simulados bajo riego y seco, a trasplante y directo. A los 60 días después de germinación o trasplante se evaluó peso de raíces y número de agallas por planta, densidad poblacional de *M. graminicola* en raíces y suelo.

Según los resultados obtenidos, el método de siembra de arroz que más influyó en el incremento de la densidad poblacional de *M. graminicola* fue la siembra directa bajo riego. El método de siembra de arroz que más afectó el desarrollo de la densidad poblacional de *M. graminicola* fue la siembra directa en seco, y trasplante bajo riego, en su orden. El índice de reproducción más alto de *M. graminicola* ocurrió cuando el arroz se sembró bajo riego en forma directa, y más bajo en siembra con riego a trasplante y siembra en seco.

**Palabras claves:** *Meloidogyne graminicola*, *Oryza sativa*, seco, riego

## SUMMARY

In Ecuador, rice cultivation is planted by two sowing methods where 60 % is cultivated by irrigation and 40 % in rainfed conditions, the production of both rainfed and irrigated rice can be limited by various pathogens, such as the root-knot nematodes *Meloidogyne graminicola*. They are important pests that affect economically in the rice areas of the country. It is characterized by having a high reproductive potential and affecting the root system causing galls.

The objective of this research was to determine the best method of cultivating rice that reduces the population density of *M. graminicola* in dry and irrigated conditions. This work was carried out in the greenhouse of the Faculty of Agricultural Sciences of the Technical University of Babahoyo, in the Ríos province.

The treatments were formed by the two simulated sowing systems under irrigation and dry, transplant and direct. At 60 days after germination or transplantation, root weight and number of galls per plant, population density of *M. graminicola* in roots and soil were evaluated.

According to the results obtained, the rice sowing method that most influenced the increase in the population density of *M. graminicola* was direct sowing under irrigation. The method of planting rice that most affected the development of the population density of *M. graminicola* was direct seeding in dry land, and transplant under irrigation, in its order. The highest reproduction index of *M. graminicola* occurred when the rice was planted under irrigation in direct form, and lower in sowing with irrigation to transplant and seeding in dry land.

**Keywords:** *Meloidogyne graminicola*, *Oryza sativa*, dry land, irrigation.

## VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aldana Hector (1995). Vida, Recursos naturales y Ecología. Enciclopedia Agropecuaria. Producción Agrícola Tomo 1. Bogotá – Colombia: Terranova Editores. Pag 18
- Carrero, J., & Planes, S. (2008). Plagas del campo. Madrid; Barcelona, Mexico: Mundi-Prensa. Pag. 20-25.
- Cepeda, S., Melchor E., & Gallegas, G. (2008). Manejo de plagas cuarentenados. Mexico: Trillas. Pag. 20.
- Chinchay, L., & Reyes, Y. (2017). Ensayo uniforme de rendimiento de cultivares comerciales y promisorias de arroz. Nuevo Chimbote – Perú: Universidad Nacional del Santa.
- Cinco Miguel, L. G. (Diciembre de 2001). Especie importante del genero *Meloidogyne* Universidad Autonoma Agraria "Antonio Narro". Mexico. Pag. 6-14.
- Coyne, D., Nicol, J., & Claudius-Cole, B. (2017). Nematologia Practica: Una guia de campo y laboratorio. México.
- Dangal. N. K., Shrestha. S. M., Sharma. P. D. and Adhikari. C. (2009). Infestation of Rice Root-Knot Nematode in Rice. Nepal Journal of Science and Technology, 10: 45-49.
- De Waele, D., & Elsen, A. (2007). Challenges in Tropical Plant Nematology. Annual. Reviu. Phytopathology.
- DICTA. (2003). Dirección de Ciencia y Tecnología. Secretaria de Agricultura y Ganadería (SAG). Manual Técnico Para El Cultivo De Arroz. Comayagua-Honduras.
- Dutta. T. K., Powers. S.J., Kerry. B. R., Gaur. H. S. and Curtis. R. H. (2011). Comparison of host recognition, invasion, development and reproduction of *Meloidogyne graminicola* and *M. incognita* on rice and tomato. Journal of Nematology. Pag. 510-520.

- Gaur, H., Singh, I., Brair, S., & Sharma, S. (2003). Role of wheat in sustaining *Meloidogyne graminicola* in rice-wheat cropping system. *Journal of Nematology* Vol. 13.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). 2016. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
- Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). 2006. Variedades de arroz de alto rendimiento y calidad de grano superior. Estación Experimental del Litoral Sur "Dr. Enrique Ampuero Pareja". Boletín N° 270. (2ª. Ed). Guayas- Ecuador.
- INIAP. (Julio de 2003). Control biológico del nematodo agallador *Meloidogyne* spp. con la bacteria *Pasteuria penetrans* en campos de producción.
- INIAP. (2007). Manual del cultivo de arroz. Guayas. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias. Falta el número del manual.
- Jiménez, D. R. (2014). Determinación de la respuesta de tres enraizantes aplicados sobre la semilla de arroz (*Oryza sativa* L.) de la variedad INIAP 15, bajo condiciones de riego en la zona de Febres Cordero, Los Ríos. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.
- Luc, M., Maggenti, A. R., & Fortuner, R. (1988). A reappraisal of Tylenchina (Nemata). 9. The family Heteroderidae Filip'ev & Schuurmans Stekhoven. USA.
- Mesa Falliner, J. (1988). Control de nematodo paracitos de plantas. Mexico: Limusa.
- Mota, A. (2014). Efecto de distancias de siembra en el rendimiento de cultivares de arroz. Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Nuria, E. B. (2015). Rhizomodulation for tomato growth promotion and management of root-knot nematodes using *Pochonia chlamydosporia* and chitosan. Universitat the Alacant.
- Pascual, M. L. D., W. Decraemar, I. Tandingan De Ley, A. Vierstraete, H. Steel, and W. Bert. (2014). Prevalence and characterization of plant-parasitic nematodes in lowland and upland rice agro-ecosystems in Luzon, Philippines. *Nematropica* 44: 166-180.

- Perini, B. L., & Nathaniel, R. (2015). Produtos biológicos podem reduzir o nematoide das galhas no cultivo de arroz de sequeiro. Mestre em Biotecnologia pela Universidade de Caxias do Sul (UCS).
- Pilaloo, D., Alvarado, A., & Pacheco, E. (2017). Reducción de la fertilización edáfica con aplicación de fertilizantes foliares en cultivo de arroz. *DELLOS*, 10(29): 3.
- Sabir, N., Gaur, HS. (2005). Comparison of host preferences of *Meloidogyne triticoryzae* and four Indian populations of *M. graminicola*. *Int. Journal of Nematology.*, 15(2): 230-237.
- Triviño, C. G. (2007). Manejo de los principales nemátodos fitoparasitos en el cultivo de arroz. *Manual del Cultivo de Arroz*. INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuarias). EC, p 115-118.
- Triviño, C., Navia, D. y Velasco, L. 2013. Guía para reconocer daño en raíces y métodos de muestreo y extracción de nematodos en raíces y suelo. Yaguachi, Ec. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, Estación Experimental de Litoral Sur. "Dr. Enrique Ampuero Pareja". Boletín Divulgativo N° 433. 17pp.
- Triviño, C., & Velasco, L. (2013). Problemas afectan producción de arroz. Informativa INIAP (Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuarias).
- Torres, R. A. (2013). Evaluación agronómica de cinco variedades de arroz. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Zambrano Salcedo, A. S. (2017). Dosis de Silicio como alternativa de protección en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.), ante problemas fitoparasitarios en la zona de Vinces-Ecuador. Universidad de Guayaquil.
- Zea, L. E. (Mayo de 2014). Efecto del sulfato de cobre pentahidratado sobre patógenos foliares en tres densidades poblacionales en el cultivo de arroz (*Oryza sativa* L.). Universidad de Guayaquil.

# **ANEXOS**

## Anexo 1. Densidades poblacionales del nemátodo

Cuadro 1A. Valores poblacionales de *M. graminicola* al final de la primera etapa en 100 cm<sup>3</sup> de suelo por tratamientos, a los 45 días después de la inoculación dirigida. UTB, 2017.

Tratamientos	<i>M. graminicola</i> (J2)/100 cm <sup>3</sup> de suelo					Promedio
	R1	R2	R3	R4	R5	
T1	1750	1000	1150	900	850	1130
T2	1350	1200	750	1500	1400	1240
T3	1250	1100	1400	1800	750	1260

Cuadro 2A. Valores poblacionales de *M. graminicola* al final de la segunda etapa en 100 cm<sup>3</sup> de suelo por tratamientos a los 60 días después de la inoculación dirigida. UTB, 2017.

Tratamientos	<i>M. graminicola</i> (J2)/100 cm <sup>3</sup> de suelo					Promedio
	R1	R2	R3	R4	R5	
T1	1150	850	750	900	1000	930
T2	1850	1200	1400	1900	1100	1490
T3	1050	750	900	1300	900	980

Cuadro 3A. Peso de raíz por plantas al final de la segunda etapa a los 60 días después de la inoculación dirigida. UTB, 2017.

Tratamientos	Peso de raíces (g)/planta					Promedio
	R1	R2	R3	R4	R5	
T1	7,0	18,0	24,0	31,3	17,5	19,56
T2	32,5	26,0	48,0	30,4	12,0	29,78
T3	6,5	3,0	4,7	3,3	3,5	4,20

Cuadro 4A. Número de agallas por plantas al final de la segunda etapa a los 60 días después de la inoculación dirigida. UTB, 2017.

Tratamientos	Numero de agallas / planta					Promedio
	R1	R2	R3	R4	R5	
T1	165	230	220	328	409	270,40
T2	478	320	348	567	270	396,60
T3	284	96	57	90	75	120,40

Cuadro 5A. Valores poblacionales de *M. graminicola* al final de la segunda etapa en 10 gr de raíces por tratamientos a los 60 días después de la inoculación dirigida. UTB, 2017.

Tratamientos	<i>M. graminicola</i> (J2)/10 g de raíces					Promedio
	R1	R2	R3	R4	R5	
T1	24000	20100	20000	19600	27000	22140
T2	55950	32500	39500	56300	26400	42130
T3	15750	7900	19650	17500	15950	15350

**Anexo 2. Figuras de la ejecución del experimento.**



Figura 1A. Preparación y distribución de los tratamientos.



Figura 2A. Siembra de los tratamientos por trasplante y directo



Figura 3A. Desarrollo de plantas a 10 días después de inoculación



Figura 4A. Extracción de las plantas para realizar la recolección de datos.



Figura 5A. Lavado de raíces para extraer nemátodos.



Figura 6A. Lavado de raíces para extraer nemátodos.



Figura 7A. Peso de las raíces



Figura 8A. Ecurrido de agua de raíces/planta



Figura 9A. Raíces de todos los tratamientos



Figura 10A. Extracción de nematodos de las raíces, método “Licuado-Tamizado”.



Figura 11A. Raíces de los tres tratamientos mostrando agallas causadas por *M. graminicola*



Figura 12A. Precipitado de muestras de raíces licuadas.



Figura 13A. Extracción de nemátodos del suelo, método de incubación.



Figura 14A. Conteo de poblaciones de *M. graminicola* (J2) extraídos de raíces y suelo.