

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ciencias de la Vida**

Metodología para el manejo integrado del nematodo formador de agallas (*Meloidogyne* spp), utilizando como modelo la variedad de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*).

### **PROYECTO INTEGRADOR**

Previo la obtención del Título de:

**Ingeniero agrícola y biológico**

Presentado por:

Anthony Roberto Valle Choez

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2021

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico principalmente a mis padres y mi hermana, quienes han sido mi fuente de apoyo e inspiración desde siempre.

También lo dedico a todas las personas que de alguna manera contribuyeron a mi formación académica, especialmente al máster Bairon Valle, que ya no está con nosotros, pero inculcó en mí, hace 20 años, el encanto por el descubrimiento a través de la lectura.

## **AGRADECIMIENTOS**

Mi más sincero agradecimiento a la doctora Lisbeth Espinoza, quien me dio la oportunidad de aprender acerca de su área de conocimiento mediante la inclusión en sus proyectos de investigación.

A la máster Martha Sumba, quien siempre tuvo la predisposición de ayudarme desde el inicio hasta la culminación del trabajo.

Y a la doctora María Isabel Jiménez, quien con su experiencia y consejos, supo guiarme a través de todo el proceso.

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Anthony Roberto Valle Choez* y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

*Anthony Valle*

---

Anthony Roberto Valle Choez

# EVALUADORES

LISBETH  
DEL ROCIO  
ESPINOZA  
LOZANO

Firmado  
digitalmente por  
LISBETH DEL  
ROCIO ESPINOZA  
LOZANO  
Fecha: 2022.03.17  
10:43:50 -05'00'

---

**María Isabel Jiménez Ph.D.**

PROFESOR DE LA MATERIA

---

**Lisbeth Espinoza Lozano Ph.D.**

PROFESOR TUTOR

# RESUMEN

La pitahaya se ha convertido en la segunda fruta que más exporta Ecuador. El aumento en la demanda de esta fruta ha incrementado las áreas de producción, lo que ha puesto de manifiesto los vacíos respecto al manejo del cultivo. Uno de estos vacíos es el manejo de *Meloidogyne* spp, también conocido como nematodo formador de agallas, el cual es uno de los fitoparásitos de mayor importancia a nivel mundial.

Por tal motivo se propone el desarrollo de una metodología para el manejo integrado del nematodo en pitahaya roja, la cual consta de 4 fases: obtención del inóculo, inoculación, aplicación de tratamientos, y evaluación de parámetros. Se aplicaron 2 tipos de control: el control no integrado y el integrado. El control no integrado consistió en la aplicación de 3 dosis de abamectina por planta: 1 mg, 10 mg y 25 mg. El control integrado consistió en la combinación de abamectina con el hongo *Paecilomyces lilacinus* a tres dosis distintas: 1 mg de abamectina +  $6 \times 10^7$  UFC del hongo, 10 mg de abamectina +  $1 \times 10^8$  UFC del hongo, y 25 mg de abamectina +  $1.4 \times 10^8$  UFC del hongo. Los parámetros considerados en la evaluación fueron el peso de raíces, número de agallas, y número de masas de huevos.

Se obtuvo que la aplicación integrada, en comparación con aplicaciones no integradas, reduce en un 26% los costos de control del nematodo, favorece el desarrollo de raíces, y disminuye el número de agallas y el número de masas de huevos.

**Palabras Clave:** pitahaya, *Meloidogyne*, manejo integrado, agallas, masas de huevos.

# ABSTRACT

*Dragon fruit is the second fruit that Ecuador exports the most, the first is the banana. The high demand for this fruit has increased the production areas, which has revealed the shortcomings in terms of crop management. Root knot nematode (*Meloidogyne* spp) management in dragon fruit is one of those gaps. This nematode is one of the most important plant parasites worldwide. For this reason, the development of a methodology for the integrated management of the nematode in red pitahaya is proposed.*

*The methodology has four phases: obtaining inoculum, inoculation, application of treatment, and evaluation of parameters. Two types of control were applied: non-integrated and integrated control. The non-integrated control consisted of the application of three doses of abamectin per plant: 1 mg, 10 mg, and 25 mg. The integrated control consisted of the combination of abamectin with the fungus *Paecilomyces lilacinus* at three doses: 1 mg of abamectin +  $6 \times 10^7$  CFU of the fungus, 10 mg of abamectin +  $1 \times 10^8$  CFU of the fungus, and 25 mg of abamectin +  $1.4 \times 10^8$  CFU of the fungus. The parameters evaluated were root weight, number of galls and number of egg masses.*

*The results obtained in this exploratory experiment suggest that the integrated application of abamectin and *P. lilacinus* reduces nematode control costs by 26% compared with non-integrated applications. Besides, promote root development, and decreases the number of galls and the number of egg masses.*

*Keywords: dragon fruit, *Meloidogyne*, integrated management, knot, egg mass.*

# ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	5
RESUMEN.....	I
ABSTRACT .....	II
INDICE GENERAL.....	III
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS .....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
CAPÍTULO 1 .....	8
1.    INTRODUCCIÓN.....	8
1.1.    Descripción del problema .....	8
1.2.    Justificación del problema .....	8
1.3.    Objetivos.....	9
1.3.1.    Objetivo General.....	9
1.3.2.    Objetivos Específicos.....	9
1.4.    Marco teórico .....	9
1.4.1.    Generalidades del cultivo de pitahaya.....	9
1.4.2.    Patógenos asociados a la parte radicular del cultivo de pitahaya.....	10
1.4.3.    El nematodo formador de agallas ( <i>Meloidogyne</i> spp) .....	11
1.4.4.    Ciclo de vida de <i>Meloidogyne</i> spp .....	12
1.4.5.    Síntomas ocasionados por <i>Meloidogyne</i> spp .....	12
1.4.6.    Manejo integrado .....	13
1.4.7.    Abamectina y <i>Paecilomyces lilacinus</i> para el control de <i>Meloidogyne</i> spp	14
2.    METODOLOGÍA .....	17
2.1.    Ubicación.....	17
2.2.    Preparación y mantenimiento de material vegetal .....	18

2.3. Aislamiento, identificación y multiplicación del inóculo de <i>Meloidogyne</i> .....	19
2.4. Inoculación de nematodos en plantas de pitahaya .....	20
2.5. Diseño experimental.....	21
2.6. Evaluación de variables .....	22
2.6.1. Peso de raíces.....	22
2.6.2. Número de agallas.....	23
2.6.3. Número de masas de huevos .....	23
2.8. Análisis de costos de control.....	24
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	25
BIBLIOGRAFÍA.....	35
ANEXOS.....	38

# SIMBOLOGÍA

g	Gramo
cm	Centímetro
µm	Micrómetro
°C	Grados centígrados
mL	Mililitro
L	Litro
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro
km	Kilómetro
ha	Hectárea

# ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ciclo de vida del nematodo formador de agallas. ....	12
Figura 1.2 Raíz de <i>H. undatus</i> infectada con <i>Meloidogyne</i> spp.....	13
Figura 1.3 Molécula de abamectina .....	15
Figura 1.4 <i>P. lilacinus</i> parasitando a huevo de <i>M. incognita</i> .....	16
Figura 2.1 Diagrama de la metodología.....	17
Figura 2.2 Área de estudio, bosque de la ESPOL.....	18
Figura 2.3 Cladodio al final del período de enraizamiento.....	18
Figura 2.4 <i>Meloidogyne</i> en estadio J2 .....	19
Figura 2.5 Suspensión con huevos y juveniles de <i>Meloidogyne</i> spp.....	20
Figura 2.6 Huevos de <i>Meloidogyne</i> spp contenidos en la suspensión.....	21
Figura 2.7 Hembra de <i>Meloidogyne</i> spp retirada de una agalla en formación .....	23
Figura 3.1 Efecto de los tratamientos sobre el peso de raíces .....	26
Figura 3.2 Efecto de los tratamientos sobre el número de agallas .....	28
Figura 3.3 Efecto de los tratamientos sobre el número de masas de huevos .....	29

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Nematodos fitoparásitos del cultivo de pitahaya.....	11
Tabla 1.2 Diferencias entre hembras y machos de <i>Meloidogyne</i> spp.....	11
Tabla 1.3 Tipos de control para el manejo integrado de nematodos.....	14
Tabla 2.1 Dosificación de los productos .....	21
Tabla 2.2 Fases previo a la medición del peso de raíces.....	22
Tabla 3.1 Prueba de Shapiro-Wilks para normalidad.....	25
Tabla 3.2 Prueba de Levene para igualdad de varianzas.....	25
Tabla 3.3 Medias de las variables para cada tratamiento.....	30
Tabla 3.4 Costos de control de <i>Meloidogyne</i> empleando manejo no integrado....	31
Tabla 3.5 Costos de control de <i>Meloidogyne</i> empleando manejo integrado .....	31

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

La demanda de pitahaya ha presentado un incremento sostenido en su demanda durante los últimos años a nivel internacional, haciendo que países como Ecuador incrementen su área de producción y niveles de exportación. A partir del 2018 se ha reportado un incremento en las exportaciones pasando de 5100 toneladas e ingresos cercanos a los 33 millones de dólares durante ese año; a 7498.8 millones de toneladas y 44 millones de dólares en ingresos en el año 2019, convirtiéndose en la segunda fruta que más exporta el Ecuador (BCE, 2020).

Una de las limitantes en la producción de pitahaya es la incidencia de nematodos fitoparásitos, los cuales causan problemas en el sistema radicular de la planta afectando directamente la absorción de agua y nutrientes; Desaeger (2019) menciona que los nematodos provocan pérdidas del 10% en la productividad a nivel global, lo que se estima en pérdidas de aproximadamente 100 millones de dólares anuales. Uno de los nematodos más importantes a nivel global es *Meloidogyne* spp, también conocido como nematodo agallador, este género se encuentra ampliamente distribuido en todo el mundo, especialmente en las zonas tropicales y subtropicales, además, tiene un amplio rango de hospederos, por lo que causa problemas en gran parte de los cultivos del mundo (Chen & Yen, 2015).

### 1.1. Descripción del problema

La falta de investigación y difusión de resultados para el manejo integrado de nematodos en pitahaya de manera efectiva y que incluya metodología y con alternativas para el control de las poblaciones de estas plagas afecta de manera significativa la producción, sanidad y rentabilidad de la fruta.

### 1.2. Justificación del problema

En Ecuador, el cultivo de pitahaya se ha incrementado en los últimos años, esta tendencia se mantiene en la actualidad debido a la presión constante que

ejerce el mercado internacional. Este incremento acentúa la falta de conocimientos y de difusión respecto al manejo agronómico del cultivo, especialmente en el control fitosanitario. Los daños causados por nematodos en pitahaya, su impacto real, y sus formas de control, se han estudiado en los últimos años, en países donde esta industria es más desarrollada. Sin embargo, en Ecuador el avance tecnológico no es tan notorio por ende es trascendental que se cuente con instrumentos que faciliten la identificación y el control de nematodos fitoparásitos bajo un enfoque de manejo integrado.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Diseñar una metodología para el manejo integrado de poblaciones de *Meloidogyne* spp en la variedad de pitahaya: roja (*H. undatus*), mediante inoculaciones dirigidas.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

1. Identificar, aislar y multiplicar las poblaciones de *Meloidogyne* spp para realizar inoculaciones dirigidas en plantas de pitahaya, en condiciones semicontroladas.
2. Comparar métodos y dosis de productos químicos y biológicos para el control del nemátodo agallador, mediante su aplicación en plantas infectadas con el nemátodo.
3. Determinar el potencial de control de productos químicos y biológicos para el control de *Meloidogyne* spp en plantas de pitahaya, mediante la evaluación de varios factores.

### **1.4. Marco teórico**

#### **1.4.1. Generalidades del cultivo de pitahaya**

Dentro del género *Hylocereus*, sólo algunas de las especies tienen un valor comercial, entre las más cultivadas a nivel global se encuentran *H. undatus*, *H. costarricensis*, *H. monacanthus* y *H. megalanthus*; siendo *H. undatus* la más cultivada y distribuida en el mundo debido a su adaptación a factores climáticos adversos, especialmente en zonas áridas (Abirami et al., 2021).

La pitahaya roja con pulpa blanca (*H. undatus*) es una especie perteneciente a la familia de las cactáceas, originaria de países tropicales de América Latina, pero ampliamente cultivada en otros países fuera del continente americano como Israel, Taiwán, Vietnam, Malasia y Australia (Crane et al., 2006).

Esta especie comparte características con otras que pertenecen al género *Hylocereus*: son plantas trepadoras que se pueden comportar como epífitas, las ramas o cladodios están compuestos por areolas, de las cuales generalmente brotan espinas (Abirami et al., 2021). El sistema radicular puede constar de una raíz primaria si se cultiva a partir de semillas, o bien, de un sistema radicular fasciculado si se cultiva a partir de esquejes.

#### **1.4.2. Patógenos asociados a la parte radicular del cultivo de pitahaya**

Existen pocos reportes acerca de hongos, bacterias o virus que influyan negativamente en la zona radicular del cultivo de pitahaya; Balendres & Bengoa (2019) mencionan al hongo *Armillaria mellea* como causante de pudrición radicular. Otros microorganismos causantes de problemas a nivel de raíz en pitahaya son los hongos *Fusarium oxysporum* y *F. solani*, los cuales causan marchitamiento vascular y pudrición (Vargas et al., 2020).

Los nematodos fitopatógenos, además de causar daños directos en las raíces, facilitan la entrada de hongos, tales como *Fusarium* spp, a través de las lesiones que provocan (Vargas et al., 2020). Entre los nematodos de mayor importancia en el cultivo de pitahaya se encuentran: *M. incognita*, *M. enterolobii*, *M. javanica*, *M. arenaria*, *Helicotylenchus dihystera*, *Tylenchorhynchus. annulatus*, *T. zaeae*, *T. leviterminalis*, *T. agri* y *Cactodera cacti* (Chen & Yen, 2015; Zhang et al., 2018).

**Tabla 1.1 Nematodos fitoparásitos del cultivo de pitahaya**

Fuente: Valle, 2021

Género	Especie
<i>Meloidogyne spp</i>	<i>M. incognita</i>
	<i>M. enterolobii</i>
	<i>M. javanica</i>
	<i>M. arenaria</i>
<i>Helicotylenchus spp</i>	<i>H. dihystra</i>
<i>Tylenchorhynchus spp</i>	<i>T. annulatus</i>
	<i>T. zaeae</i>
	<i>T. leviterminalis</i>
<i>Cactodera spp</i>	<i>T. agri</i>
	<i>C. cacti</i>

#### 1.4.3. El nematodo formador de agallas (*Meloidogyne spp*)

*Meloidogyne* es el género de nematodos fitoparásitos que se encuentra mayormente distribuido alrededor del mundo, contando con un amplio rango de hospederos (Desaeger, 2019). Dentro de este género existen al menos 100 especies, de las cuales, las que se encuentran mayormente distribuidas son: *M. incognita*, *M. arenaria*, *M. javanica* y *M. hapla* (Philbrick et al., 2020).

*Meloidogyne* necesita un hospedero para poder desarrollarse; no obstante, el comportamiento de las hembras y los machos difiere, ya que las hembras poseen hábitos sedentarios y forman agallas en las raíces de las plantas (Philbrick et al., 2020). Las hembras y los machos tienen diferencias en tamaño, forma, hábito, entre otras variables:

**Tabla 1.2 Diferencias entre hembras y machos de *Meloidogyne spp***

Fuente: Valle, 2021

	Hembras	Machos
Longitud del cuerpo (µm)	500 – 700	1000 – 2000
Forma	Globosa	Vermiforme
Cabeza	Ocultas	Visible
Hábito	Endoparásito sedentario	Endoparásito móvil

#### 1.4.4. Ciclo de vida de *Meloidogyne* spp

Para que *Meloidogyne* spp complete su ciclo de vida se requiere estrictamente de un hospedero; la infección inicia cuando un juvenil ingresa a la raíz, luego, una vez adentro, se desarrolla por varios estadios hasta tomar su forma sedentaria formando agallas (Desaeger, 2019). Desde el ingreso del nematodo, toma entre 21 a 28 días producir huevos, según Franco & Main (2015) la cantidad de huevos que producen se encuentra entre 400 – 500; no obstante, no existe una cantidad referencial, dado que, Desaeger (2019) menciona que las hembras de *M. hapla* pueden producir más de 1000 huevos.

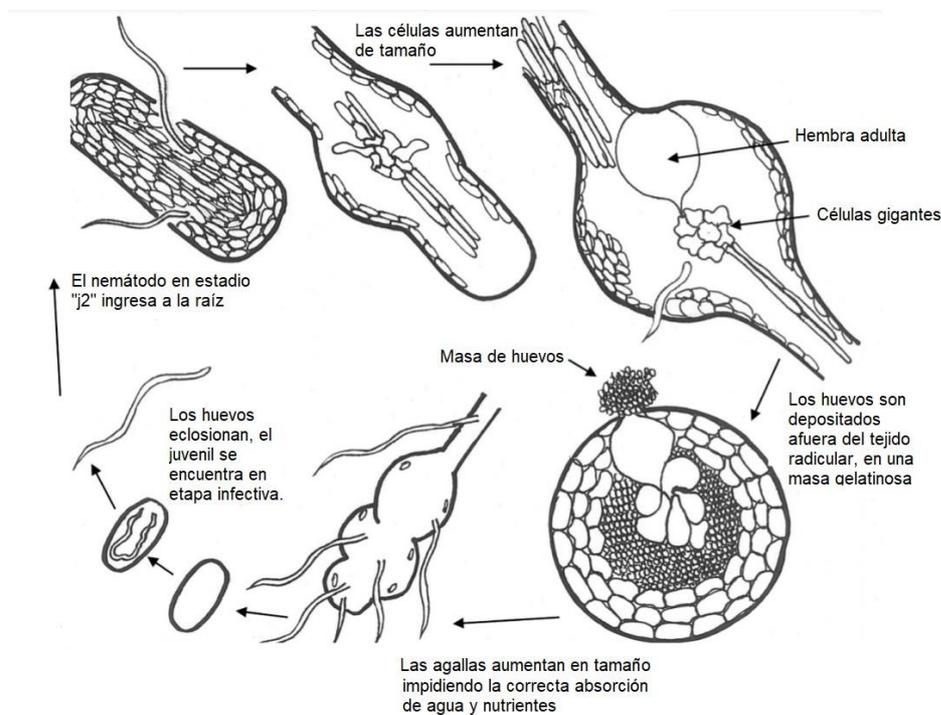


Figura 1.1. Ciclo de vida del nematodo formador de agallas.

Fuente: adaptado de (Desaeger, 2019)

#### 1.4.5. Síntomas ocasionados por *Meloidogyne* spp

El síntoma que caracteriza a este género de nematodos es la formación de agallas en las raíces, siendo las hembras las causantes de este problema (Chen & Yen, 2015). Para facilitar su alimentación dentro de la raíz, las hembras segregan una sustancia que provoca hiperplasia e hipertrofia en las

células que se localizan a su alrededor, formando así las agallas (Medina et al., 2018).

Las agallas impiden la correcta absorción y traslocación de agua y nutrientes, por lo que las plantas pierden turgencia y se tornan cloróticas, como consecuencia se vuelven más susceptibles al ataque de otras plagas, incidiendo directamente al rendimiento del cultivo (Philbrick et al., 2020).



**Figura 1.2 Raíz de *H. undatus* infectada con *Meloidogyne* spp**

Fuente: Valle, 2021

#### **1.4.6. Manejo integrado**

El manejo integrado de plagas (MIP) puede ser descrito como una metodología que se basa en la combinación y aplicación de técnicas de control en el lugar y tiempo correctos, con el fin de mantener a las plagas bajo el umbral de daño económico (Vivas, 2017); aunque, se pueden presentar limitantes, tales como la falta de conocimiento de los umbrales de daño de las plagas según los cultivos (Mohammad H Badii et al., 2007).

Por lo general, en un MIP se toma en consideración la interacción de los siguientes componentes: cultural, biológico y químico. (Philbrick et al., 2020).

**Tabla 1.3 Tipos de control para el manejo integrado de nematodos**

Fuente: Valle, 2021

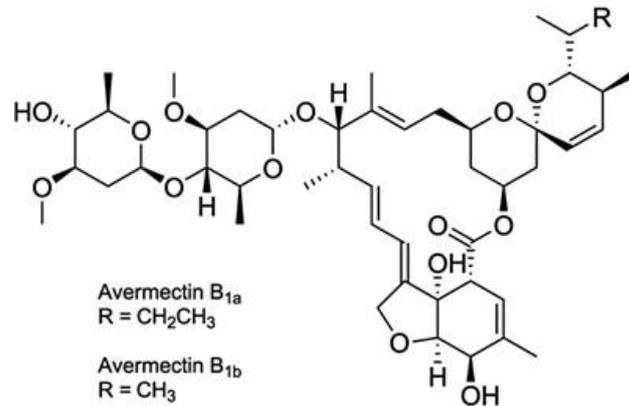
<b>Manejo integrado de nematodos</b>	<b>Control cultural</b>	Rotación de cultivos
		Control de malezas
		Desinfección de herramientas
		Suelo en barbecho
		Solarización
		Inundación
	<b>Control biológico</b>	Microorganismos
		Aceites esenciales
		Extracto de plantas
		Desechos industriales
<b>Control químico</b>	Ácidos orgánicos y aminoácidos	
	Fumigantes	
		No fumigantes

#### **1.4.7. Abamectina y *Paecilomyces lilacinus* para el control de *Meloidogyne* spp**

##### **Abamectina**

La abamectina, perteneciente al grupo químico de las avermectinas, es una sustancia que se obtiene a partir de la fermentación del actinomiceto *Streptomyces avermitilis* (Khan & Rahman, 2017). Es una sustancia natural y de síntesis química que se usa en la agricultura debido a su acción como insecticida, acaricida y nematocida (Wagner, 2012), siendo considerada en la actualidad como un componente de gran importancia en el manejo integrado de nematodos fitoparásitos en cultivos como el tomate y el café (Li et al., 2020).

La abamectina es una sustancia de acción sistémica y de contacto que ataca al sistema nervioso de los nematodos fitoparásitos provocando la inhibición de neurotransmisores y de receptores nicotínicos de las células musculares, causando parálisis y posteriormente la muerte del nematodo (Abongwa et al., 2017).



**Figura 1.3 Molécula de abamectina**

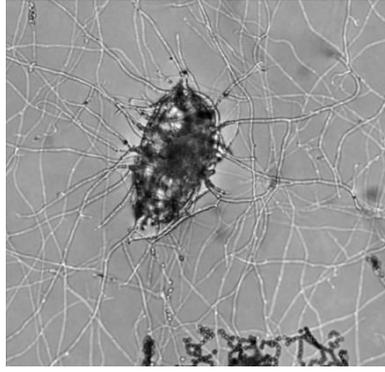
Fuente: (Khan & Rahman, 2017)

### ***Paecilomyces lilacinus***

Es un hongo ascomiceto que se caracteriza por tener hifas septadas cuya apariencia varía de hialinas a amarillentas, y con conidios también hialinos y dispuestos en cadenas; se lo encuentra en varios tipos de hábitats como el suelo, la rizosfera de varias especies, sedimentos marinos, insectos, entre otros (Moreno-Gavira et al., 2020).

Respecto al control de nematodos, este hongo es capaz de parasitar a adultos, huevos, y en menor proporción, juveniles en estadio J2 (Fernández & Chico, 2016); siendo ampliamente usado en programas de manejo integrado de nematodos, especialmente para reducir las poblaciones de *Meloidogyne* spp (Paz et al., 2015).

Existen estudios que sustentan que este hongo al convertirse en un endófito puede estimular en las plantas la producción de fitohormonas como las giberelinas y el ácido indol-3-acético (AIA); cuando es aplicado en las raíces de varias especies vegetales, éstas presentan mejorías en sus distintas etapas de desarrollo dando paso a mejores rendimientos (Moreno-Gavira et al., 2020).



**Figura 1.4 *P. lilacinus* parasitando a huevo de *M. incognita***

Fuente: (Varela et al., 2017)

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

A continuación, se muestra el diagrama de la metodología:

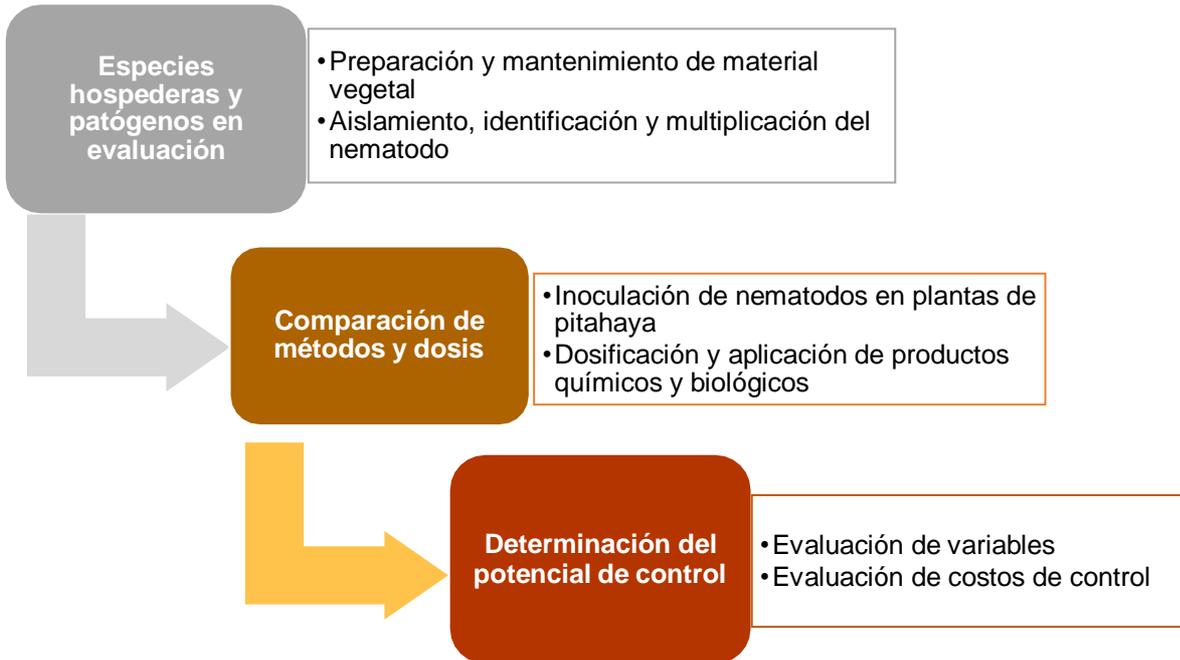
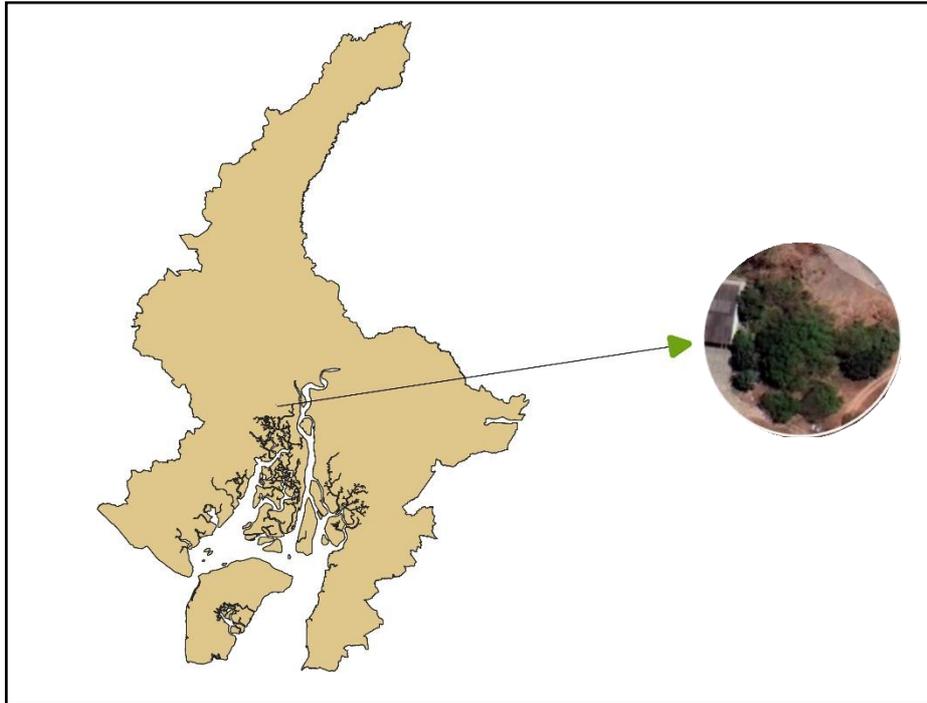


Figura 2.1 Diagrama de la metodología

### 2.1. Ubicación

El experimento tuvo lugar en el laboratorio de botánica y entomología de la ESPOL, en el campus Gustavo Galindo, localizado en la ciudad Guayaquil, en el km 30 de la vía perimetral. El sector se encuentra ubicado en una zona de vida de bosque seco tropical, con una altitud de 89 m.s.n.m., una temperatura media anual de 24.1°C, y una precipitación media anual de 2300 mm.



**Figura 2.2 Área de estudio, bosque de la ESPOL**

## **2.2. Preparación y mantenimiento de material vegetal**

El material vegetal fue obtenido de una finca productora de pitahaya roja con pulpa blanca (*H. undatus*) ubicada en la provincia de Manabí. Los cladodios se cortaron a una longitud de 20 cm cada uno, se desinfectaron con alcohol al 70%, posteriormente se les permitió la cicatrización por un lapso de 24 horas. Una vez cicatrizados se colocaron en agua por 10 días para estimular la emisión de raíces.



**Figura 2.3 Cladodio al final del período de enraizamiento**

Fuente: Valle, 2021

El sustrato se preparó mezclando suelo limo-arenoso 50% y turba con perlita 50%. Pevio a la mezcla se esterilizó el suelo en un autoclave tipo olla y se humedeció la turba. Finalmente, se llenaron las fundas y se procedió a la siembra del material vegetal, permitiendo el enraizamiento de las plantas durante un lapso de 45 días.

### **2.3. Aislamiento, identificación y multiplicación del inóculo de *Meloidogyne***

El aislamiento de los nematodos se realizó a partir de plantas de tomate infectadas con *Meloidogyne* spp, de las cuales se extrajo las masas de huevos y se las suspendió en agua con el fin de estimular la eclosión de los huevos contenidos.

Luego de un día, cuando algunos huevos habían eclosionado, se realizó la identificación de *Meloidogyne* mediante parámetros de identificación de juveniles en estadio J2 presentados en Hunt & Handoo (2009); de manera que, se evaluó que la forma del cuerpo sea fina, y estrecha en la parte posterior (la cola), que la región del labio sea no compensada, y que cuente con un estilete fino y de una longitud menor a 19  $\mu\text{m}$ .



**Figura 2.4 *Meloidogyne* en estadio J2**

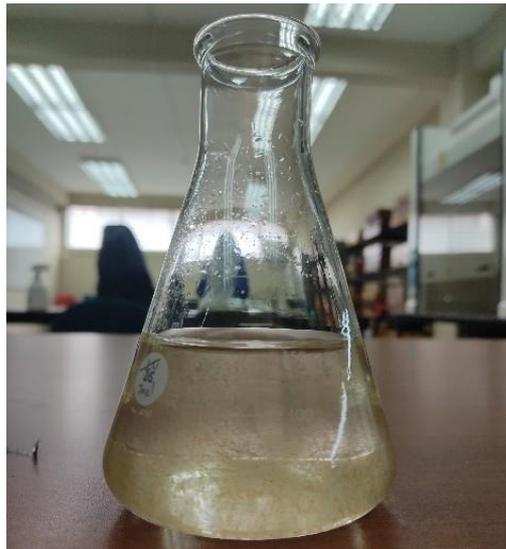
Fuente: Valle, 2021

Una vez que la mayoría de los huevos eclosionaron, se re-inocularon en plantas de tomate que habían sido previamente enraizadas y se colocaron en un contenedor de 50 L para facilitar el crecimiento radicular y una mayor

infección por parte de los nematodos y lograr mantener e incrementar las poblaciones del nematodo.

#### **2.4. Inoculación de nematodos en plantas de pitahaya**

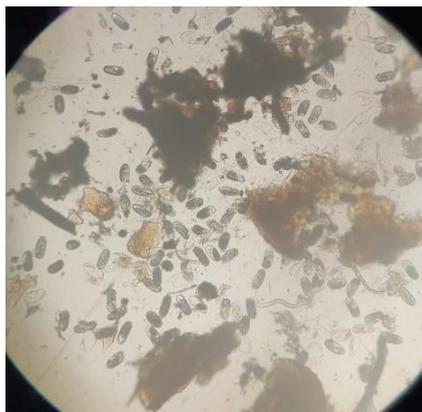
Luego de 45 días se realizó la inoculación de las plantas de pitahaya, las masas de huevos de *Meloidogyne* spp fueron extraídas a partir de plantas de tomate. La extracción se realizó con un estereoscopio y pinzas Dumont, una vez aisladas las masas de huevos, se extrajeron los huevos y juveniles, usando tamices de 500  $\mu\text{m}$  y 80  $\mu\text{m}$ . Los huevos extraídos se colocaron en una caja Petri con un filtro de café y agua fresca por 48 horas para promover la eclosión de los huevos. Los juveniles colectados fueron llevados a una concentración de 500 J2/ml.



**Figura 2.5 Suspensión con huevos y juveniles de *Meloidogyne* spp**

Fuente: Valle, 2021

Para la inoculación, se realizaron cuatro agujeros en el área cercana a las raíces de la planta de aproximadamente 3 cm de profundidad y con ayuda de una micropipeta se depositaron 4 ml de la solución de nematodos, inoculando finalmente 2000 J2 y huevos aproximadamente por planta.



**Figura 2.6 Huevos de *Meloidogyne* spp contenidos en la suspensión**

Fuente: Valle, 2021

## 2.5. Diseño experimental

Para el desarrollo de este ensayo exploratorio se decidió usar tres dosis del producto químico y tres dosis de los tratamientos integrados. A continuación se detallan las dosis empleadas para cada uno de los tratamientos.

Se implementó un diseño completamente aleatorizado (DCA) de siete tratamientos con siete repeticiones. Se establecieron tres grupos principales: el grupo control, el tratamiento químico y el tratamiento combinado (químico + biológico).

En el grupo control se inocularon los nematodos sin aplicación de productos, en el tratamiento no integrado se emplearon tres dosis de abamectina, mientras que en el tratamiento integrado se emplearon tres dosis distintas de abamectina + *P. lilacinus*.

**Tabla 2.1 Dosificación de los productos**

Grupo	Tratamiento	Dosis/planta
Control	T0	
	T1	Abamectina 1mg i.a
No integrado (Abamectina)	T2	Abamectina 10 mg i.a
	T3	Abamectina 25 mg i.a
	T4	Abamectina 1mg + <i>P. lilacinus</i> 6x10 <sup>7</sup> UFC i.a
Integrado (Abamectina + <i>P. lilacinus</i> )	T5	i.a Abamectina 10 mg + <i>P. lilacinus</i> 1x10 <sup>8</sup> UFC i.a
	T6	Abamectina 25 mg + <i>P. lilacinus</i> 1.4x10 <sup>8</sup> UFC i.a

La aplicación de los productos se realizó 30 días posterior a la inoculación de los nematodos, las concentraciones para cada planta fueron disueltas en un volumen de 80 mL y aplicadas en las plantas a manera de drench.

## 2.6. Evaluación de variables

Luego de 30 días de la aplicación de los productos se realizó la evaluación de la eficacia de los tratamientos, mediante la medición de las variables: peso seco de raíces, número de agallas y número de masas de huevos.

Una vez obtenidas las medidas de las variables se calcularon: el incremento en el peso de raíces mediante la ecuación 2.1, y la reducción en el número de agallas y masas de huevos mediante la ecuación 2.2.

$$\% \text{ de incremento} = \frac{\text{tratamiento} - \text{control}}{\text{control}} \times 100 \quad (2.1)$$

$$\% \text{ de reducción} = \frac{\text{control} - \text{tratamiento}}{\text{control}} \times 100 \quad (2.2)$$

### 2.6.1. Peso de raíces

Se cortaron las raíces de las plantas, luego pasaron por un proceso previo a la medición del peso, que consistió en 4 fases:

**Tabla 2.2 Fases previo a la medición del peso de raíces**

1	Lavado	Se retiró el suelo de las raíces empleando agua a presión, teniendo cuidado de que no se rompan.
2	Secado	Se dejaron secar por un lapso de 30 minutos sobre papel absorbente a temperatura y humedad del ambiente.
3	Medición del peso	Una vez secas, se tomó la medición del peso a cada una.
4	Rotulado	Finalmente, se rotularon y almacenaron en fundas con cierre hermético.

### 2.6.2. Número de agallas

El conteo de agallas se lo realizó con la ayuda de un estereoscopio, mientras se observaba se separaron las raíces, de manera que se facilite la observación de las agallas. Para la identificación y conteo de agallas aún en fases tempranas de formación, es decir, agallas pequeñas, para comprobar la presencia de la hembra, se removió el tejido radicular con ayuda de agujas especiales.



**Figura 2.7 Hembra de *Meloidogyne* spp retirada de una agalla en formación**

Fuente: Valle, 2021

### 2.6.3. Número de masas de huevos

El número de masas de huevos fueron contados al mismo tiempo que las agallas, diferenciándolas por su color naranja – marrón, y además porque se encuentran ubicadas en la parte externa de las raíces, junto a las agallas.

## 2.7. Análisis estadístico

Para determinar diferencias estadísticas entre los tratamientos respecto a cada una de las variables de estudio, se verificó el cumplimiento de los supuestos para la ejecución de un análisis de varianza (ANOVA), estos son normalidad y homogeneidad de varianzas. Dado que se trabajó con un número de datos por repetición menor a 30, y que no se cumplieron los supuestos, se realizó el análisis de varianza no paramétrico de Kruskal-Wallis. Para esto se utilizó el programa RStudio versión 4.1.1, y se trabajó con un nivel de significancia de 0.05.

Las hipótesis para el análisis de varianza fueron:

H<sub>0</sub>: Las medias de los tratamientos no son diferentes.

H<sub>a</sub>: Las medias de los tratamientos son diferentes.

El supuesto de normalidad se evaluó mediante la prueba de Shapiro-Wilks, mientras que, el supuesto de homogeneidad de varianzas se comprobó mediante la prueba de Levene, ambas con un nivel de significancia de 0.05.

## 2.8. Análisis de costos de control

Se realizó el análisis de costos para el control del nemátodo formador de agallas, considerando un tratamiento combinado de abamectina con el hongo *P. lilacinus*, y se lo comparó con los costos de control derivados del empleo de la formulación a base de Tiametoxam (72g/L) + Abamectina (36g/L). Para ambas formas de control se consideraron dos aplicaciones por hectárea en un período máximo de un mes.

Finalmente, se empleó la ecuación (2.1) para obtener la relación entre los costos de control empleando el manejo no integrado y empleando el manejo integrado; se esta manera, se obtuvo el porcentaje de reducción en los costos de control para el nemátodo formador de agallas empleando el manejo integrado.

$$\text{Reducción costo (\%)} = 1 - \frac{\text{Control integrado}}{\text{Control no integrado}} \times 100 \quad (2.3)$$

# CAPÍTULO 3

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

### 3.1. Comprobación de supuestos

La tabla 3.1 muestra las pruebas de normalidad para cada uno de los parámetros evaluados en el experimento. Producto del análisis se demostró que ninguno de los parámetros obedece a una distribución normal, ya que, para asumir normalidad se debe cumplir que  $p > 0.05$  y, según los códigos de significancia, se puede establecer que las tres variables presentan un valor de  $p$  de cero.

La prueba de igualdad de varianzas mostrada en la tabla 3.2 indica que sólo el parámetro peso de raíces cumple con este supuesto, ya que tiene un valor de  $p > 0.05$ ; mientras que, los parámetros número de agallas y número de masas de huevos, al tener valores de  $p < 0.05$ , no cumplen con el supuesto de igualdad de varianzas.

**Tabla 3.1 Prueba de Shapiro-Wilks para normalidad**

Parámetro	Media	D.E	W	Valor $p$
Peso de raíces	0.91	0.46	0.88	<0.0004***
Número de agallas	25.51	36.44	0.70	<0.0001***
Número de masas de huevos	1.22	2.03	0.66	<0.0001***

D.E: desviación estándar; W: estadístico de prueba;

Códigos de significancia: 0 '\*\*\*', 0.001 '\*\*', 0.01 '\*', 0.05 '.', 0.1 ''

**Tabla 3.2 Prueba de Levene para igualdad de varianzas**

Parámetro	F	Valor $p$
Peso de raíces	1.61	0.17
Número de agallas	7.30	0.0001***
Número de masas de huevos	7.54	0.0001***

F: estadístico de prueba;

Códigos de significancia: 0 '\*\*\*', 0.001 '\*\*', 0.01 '\*', 0.05 '.', 0.1 ''

Mediante las pruebas de Shapiro-Wilks y Levene se pudo comprobar el incumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas respectivamente, de manera que, se realizó el análisis de varianza para datos no paramétricos mediante la prueba de Kruskal-Wallis.

### 3.2. Determinación del potencial de control

Para determinar el potencial de control de los tratamientos y métodos de control se realizó el análisis estadístico respectivo para cada uno de los tres parámetros: peso de raíces, número de agallas y número de masas de huevos.

#### 3.2.1. Peso de raíces

Mediante el análisis de varianza se comprobó que existen diferencias significativas en el peso de raíces de los tratamientos. El valor de  $p < 0.05$  permitió rechazar la  $H_0$  que indica igualdad de medias en el peso de raíces de los tratamientos, por lo que se acepta la  $H_a$ , la misma que indica que las medias de los tratamientos son diferentes.

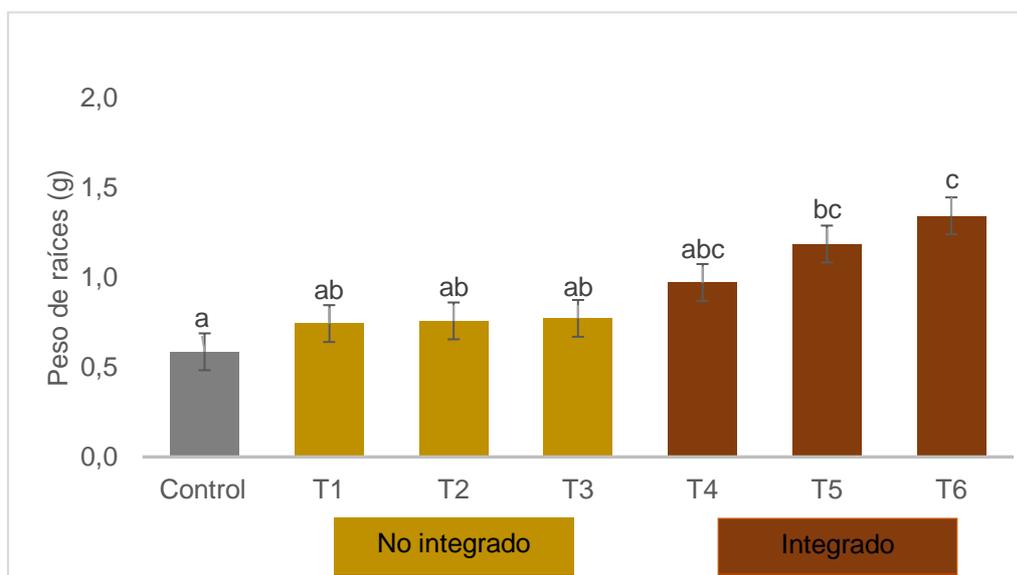


Figura 3.1 Efecto de los tratamientos sobre el peso de raíces

Todos los tratamientos no integrados no presentaron diferencias significativas entre ellos, ni respecto al control. Mientras que, todos los tratamientos integrados, con excepción del T4, presentaron diferencias

significativas respecto al control, y al igual que con el tipo de control no integrado, tampoco presentaron diferencias significativas entre ellos, a pesar de que gráficamente se pudo apreciar una tendencia a favorecer el desarrollo de raíces a medida que se aumentó la dosis de abamectina y de *P. lilacinus*.

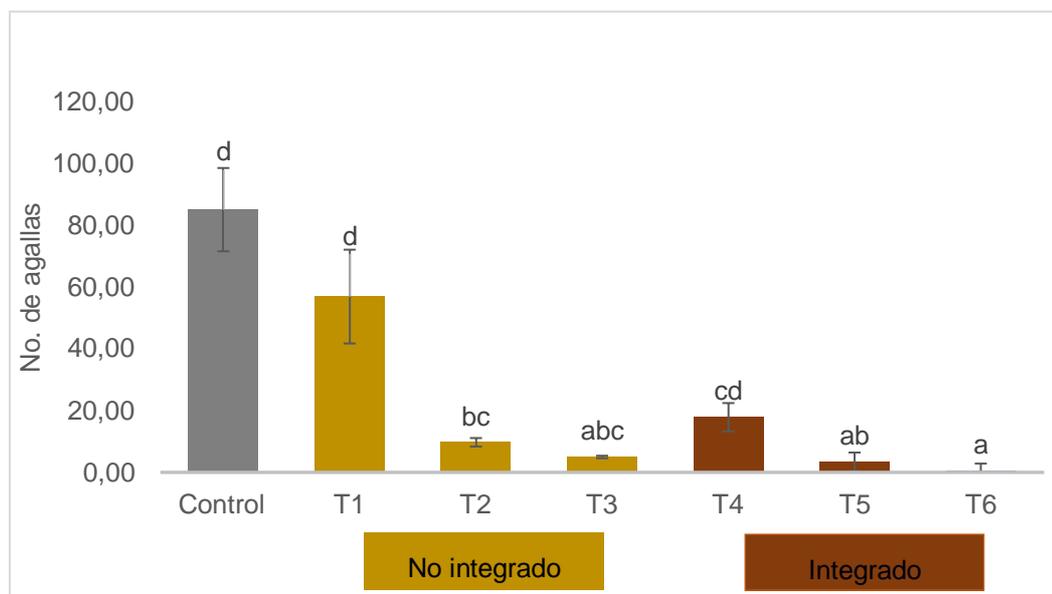
Al hacer la comparación entre los grupos de control integrado y no integrado se obtuvo que sólo el tratamiento integrado T6 fue significativamente distinto a los tratamientos no integrados.

Los mayores incrementos en el desarrollo de raíces se obtuvieron debido a la combinación la abamectina y *P. lilacinus*, resultados que son sustentados por El-Ashry et al. (2021), en donde se comprobó que cuando se aplica un tratamiento no integrado de *P. lilacinus* ( $1.5 \times 10^7$  UFC/planta) se puede incrementar hasta en un 13.40% el desarrollo radicular en plantas de tomate infectadas por *M. incognita* respecto al control (sin tratamiento), así como también, el mismo autor indica que el tratamiento no integrado de abamectina (3.6 mg/i.a/planta) incrementa el peso de raíces en 12.32%; entonces, considerando que no existe una interacción negativa entre las dos formas de control, al combinarlos, se puede favorecer aún más el desarrollo de raíces. Este incremento en el desarrollo radicular se debe a la acción del hongo *P. lilacinus*, el cual, además de reducir la incidencia de nematodos y otros fitoparásitos como hongos y bacterias, es capaz de mejorar el desarrollo de las plantas mediante la producción de fitohormonas como el AIA y giberelinas, reduciendo los efectos adversos debido a factores abióticos, e induciendo la producción de brotes y la fructificación (Moreno-Gavira et al., 2020).

### **3.2.2. Número de agallas**

Se efectuó el análisis de varianza para el número de agallas en las raíces, lo cual dio como resultado un valor de  $p$  mucho menor al nivel de significancia, lo que significa que se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , de tal forma que se demostró que las medias de los tratamientos tienen diferencias significativas.

Se realizó un gráfico de medias, en donde se pudo apreciar las diferencias entre los tratamientos, y entre los grupos de control no integrado, integrado y el grupo control.



**Figura 3.2 Efecto de los tratamientos sobre el número de agallas**

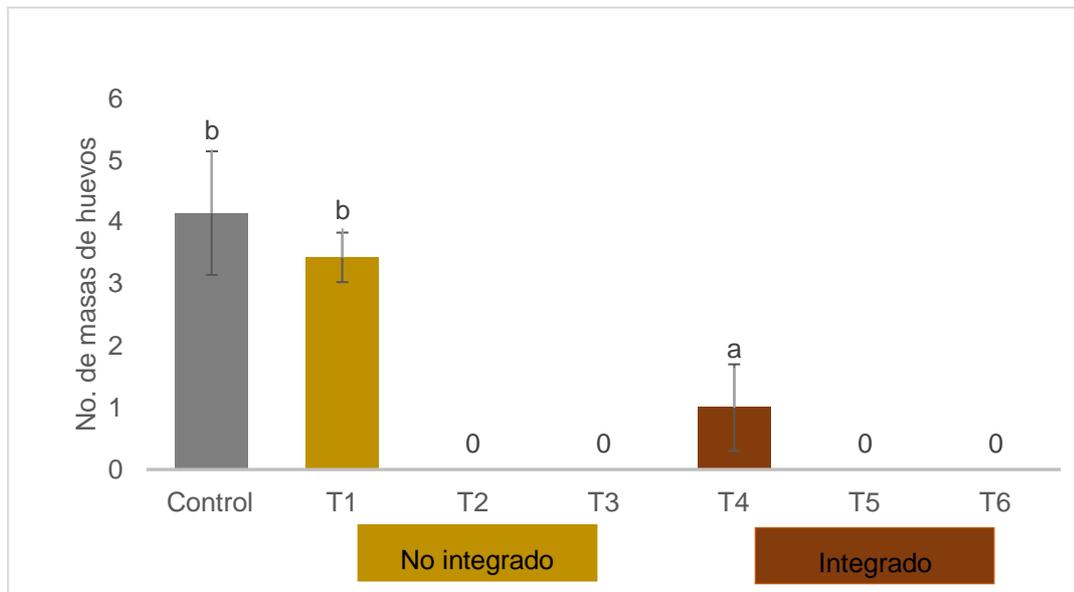
Los tratamientos T2 y T3, correspondientes al control no integrado, y los tratamientos T5 y T6, correspondientes al control integrado, provocaron una reducción significativa en el número de agallas respecto al grupo control, mientras que, el tratamiento T1 fue el que menos redujo el número de agallas respecto a los demás tratamientos.

No se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T2 y T3, pertenecientes al control no integrado, y los tratamientos T5 y T6 pertenecientes al control integrado, a pesar de que se observa un menor número de agallas en los tratamientos correspondientes al control integrado.

### 3.2.3. Número de masas de huevos

Producto del análisis de varianza de la variable masas de huevos se pudo conocer que sí existen diferencias significativas entre los tratamientos,

puesto que, el valor de p fue mucho menor al nivel de significancia, lo que llevó a rechazar la hipótesis  $H_0$  de igualdad de medias entre tratamientos. El tratamiento T1 fue el único que no tuvo diferencias significativas respecto al control.



**Figura 3.3 Efecto de los tratamientos sobre el número de masas de huevos**

No se observaron masas de huevos en los tratamientos T2 y T3, correspondientes al control no integrado, y en los tratamientos T5 y T6, correspondientes al control integrado. No obstante, sí se encontraron masas de huevos en el tratamiento T4, a pesar de que éste no tuvo diferencias significativas respecto a los tratamientos mencionados al inicio.

El tratamiento integrado con las dosis más bajas: abamectina (1 mg/i.a/planta) más *P. lilacinus* ( $6 \times 10^7$  UFC/planta) logró reducir el número de agallas y masas de huevos en un 79.03% y 75.86% respectivamente, lo cual difiere con lo obtenido en El-Ashry et al. (2021), en donde, con dosis de abamectina (3.6 mg/i.a/planta) más *P. lilacinus* ( $1.5 \times 10^7$  UFC/planta), se presenta una reducción en el número de agallas de 86.31% y una reducción en el número de masas de huevos de 66.17% respecto al control (sin aplicar tratamientos). Estas diferencias en los porcentajes de reducción de agallas

y masas de huevos pueden atribuirse a varios factores, tales como la dosis de cada producto, el tipo de cultivo, las condiciones climáticas.

**Tabla 3.3 Medias de las variables para cada tratamiento**

Tratamiento	Peso de raíces (g)	Agallas	Masas de huevos
<b>Control</b>	0.59 a	85.14 d	4.14 b
<b>T1</b>	0.74 ab <b>(26.83) i</b>	57.00 d <b>(33.05) r</b>	3.43 b <b>(17.24) r</b>
<b>T2</b>	0.76 ab <b>(29.27) i</b>	9.71 bc <b>(88.59) r</b>	0.0 a <b>(100.00) r</b>
<b>T3</b>	0.77 ab <b>(31.71) i</b>	5.00 abc <b>(94.13) r</b>	0.0 a <b>(100.00) r</b>
<b>T4</b>	0.97 abc <b>(65.85) i</b>	17.86 cd <b>(79.03) r</b>	1.0 a <b>(75.86) r</b>
<b>T5</b>	1.19 bc <b>(102.44) i</b>	3.43 ab <b>(95.97) r</b>	0.0 a <b>(100.00) r</b>
<b>T6</b>	1.34 c <b>(129.27) i</b>	0.43 a <b>(99.50) r</b>	0.0 a <b>(100.00) r</b>

Valores entre paréntesis indican los porcentajes de reducción en comparación con el control

Letras diferentes en la misma columna indican diferencias significativas

i: incremento; r: reducción

Los resultados indican que la combinación de estos dos agentes garantiza un control más completo que al emplear los agentes por separado, esto puede atribuirse a la forma en la que cada uno de estos componentes controla al nematodo. La abamectina ataca a *Meloidogyne* principalmente cuando se encuentra en estadio J2 afectando al sistema nervioso, induciendo a la parálisis y finalmente la muerte del nematodo, no obstante, se sabe que lo hace a corto plazo (Li et al., 2020). Mientras que, *P. lilacinus* ejerce un control a largo plazo, ya que es capaz de colonizar el suelo y mantenerse allí por largos períodos; Moreno-Gavira et al. (2020) menciona que el hongo ejerce un mejor control sobre el nematodo cuando se encuentra en su etapa de huevo, y que, una vez que sus esporas mantienen contacto con su hospedero, las hifas colonizan y penetran la superficie del huésped provocando la inmovilización y posteriormente la muerte.

### 3.3. Costos de control

El costo de control del nematodo formador de agallas empleando el manejo no integrado, mediante el uso de Tiametoxam + Abamectina, resultó ser de \$570 por hectárea; mientras que, el costo de control del nemátodo empleando el manejo integrado (10 mg/i.a/planta de abamectina +  $1 \times 10^8$  UFC/planta de *Paecilomyces lilacinus*) resultó ser de \$423 por hectárea.

**Tabla 3.4 Costos de control de *Meloidogyne* spp empleando manejo no integrado**

	Rubro	Cantidad	Costo \$	Costo total \$/ha
<b>Mezcla y aplicación</b>	jornal	5	24	120
<b>Productos</b>	L/ha	4	110	440
<b>Movilización interna del producto</b>		1	10	10
				570

**Tabla 3.5 Costos de control de *Meloidogyne* spp empleando manejo integrado**

	Rubro	Cantidad	Costo \$	Costo total \$/ha
<b>Mezcla y aplicación</b>	jornal	5	24	120
<b>Abamectina 18g/L</b>	L/ha	2,4	108	259,2
<b><i>P. lilacinus</i> <math>1 \times 10^{11}</math> UFC/100 g</b>	g/ha	2	17	34
<b>Movilización interna del producto</b>		1	10	10
				423,2

#### 3.3.1. Reducción entre costos de control

La relación entre el costo de control del nemátodo empleando el manejo no integrado y empleando el manejo integrado se calculó con la ecuación 2.1, dando como resultado que el costo del manejo integrado es menor en un 26% si se compara con el costo de control no integrado.

$$\text{Reducción costo} = 1 - \frac{\text{Control integrado}}{\text{Control no integrado}} \times 100 \quad (2.1)$$

$$\text{Reducción costo} = 1 - \frac{423}{570} \times 100$$

$$\text{Reducción costo} = 26\%$$

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

1. La evidencia presentada en este estudio exploratorio sugiere que la aplicación del control integrado, producto de la combinación entre abamectina y *Paecilomyces lilacinus*, genera un mayor incremento en el desarrollo radicular en comparación con el tipo de control no integrado usando solo la abamectina.
2. La dosis por planta de 25 mg de ingrediente activo de abamectina combinada con  $1.4 \times 10^8$  UCF de *Paecilomyces lilacinus* favorece más el desarrollo radicular en comparación la aplicación exclusiva de 25 mg de ingrediente activo de abamectina, así como también, esta dosis es capaz de generar una mayor reducción en el número de agallas.
3. El control integrado reduce el número de agallas en mayor proporción en comparación con el control no integrado, no obstante, ambos tipos de control pueden reducir a cero el número de masas de huevos a dosis a partir de los 10 mg de ingrediente activo de abamectina y  $1 \times 10^8$  UFC de *P. lilacinus*.
4. Si se emplea el control integrado (abamectina + *P. lilacinus*) se puede disminuir hasta en un 26% los costos de control del nemátodo formador de agallas, en comparación con otros tipos de control.

### 4.2. Recomendaciones

1. Realizar al menos dos réplicas más de este ensayo para comprobar la constancia y repetitividad de los datos.
2. Realizar pruebas de control para el nemátodo formador de agallas combinando la acción de otros productos químicos, como tiamtoxam o

carbamato, con otros controladores biológicos como el hongo *Pasteuria penetrans*.

3. Comprobar el potencial del control integrado directamente en el campo, en plantaciones de pitahaya con altas densidades del nemátodo.
4. Verificar el potencial de control de la abamectina combinada con *P. lilacinus* para el nematodo formador de agallas en otras variedades de pitahaya que se producen en Ecuador, tales como *Hylocereus megalanthus*.

# BIBLIOGRAFÍA

- Abirami, K., Swain, S., Baskaran, V., Venkatesan, K., Sakthivel, K., & Bommayasamy, N. (2021). Distinguishing three Dragon fruit (*Hylocereus* spp.) species grown in Andaman and Nicobar Islands of India using morphological, biochemical and molecular traits. *Scientific Reports*, 11(1), 1–14. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-81682-x>
- Abongwa, M., Martin, R. J., & Robertson, A. P. (2017). A BRIEF REVIEW ON THE MODE OF ACTION OF ANTINEMATODAL DRUGS. *Acta Veterinaria*, 67(2), 137. <https://doi.org/10.1515/ACVE-2017-0013>
- Balendres, M. A., & Bengoa, J. C. (2019). Diseases of dragon fruit (*Hylocereus* species): Etiology and current management options. *Crop Protection*, 126(August). <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104920>
- Crane, J. H., Balerdi, C. F., & Maguire, I. (2006). Lychee Growing in the Florida Home Landscape. *Edis*, 2006(18), 1–6. <https://doi.org/10.32473/edis-mg051-2005>
- Desaeger, J. (2019). *Meloidogyne hapla*, the Northern Root-Knot Nematode, in Florida Strawberries and Associated Double-Cropped Vegetables. *Edis*, 2019(1), 1–5. <https://doi.org/10.32473/edis-in1224-2018>
- El-Ashry, R. M., Ali, M. A. S., Elsobki, A. E. A., & Aioub, A. A. A. (2021). Integrated management of *Meloidogyne incognita* on tomato using combinations of abamectin, *Purpureocillium lilacinum*, rhizobacteria, and botanicals compared with nematicide. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1–10. <https://doi.org/10.1186/S41938-021-00438-X/TABLES/5>
- Fernández-santillán, G., & Chico-ruiz, L. C. J. (2016). *Artículos originales Resumen incognita que ataca al cultivo de Capsicum annum , “ pimiento piquillo ” Efficacy of Paecilomyces lilacinus in the control of Meloidogyne incognita which attacks the cultivation of Capsicum annum , “ piquillo pepper .”*
- Hunt, D. J., & Handoo, Z. A. (2009). Taxonomy, identification and principal species. In *Root-knot Nematodes* (Issue October 2009). <https://doi.org/10.1079/9781845934927.0055>
- Khan, M. S., & Rahman, M. S. (2017). Pesticide residue in foods: Sources, management, and control. In *Pesticide Residue in Foods: Sources, Management, and Control* (Issue April 2017). [35](https://doi.org/10.1007/978-3-</a></p></div><div data-bbox=)

319-52683-6

- Li, Q.-Q., Li, J.-J., Yu, Q.-T., Shang, Z.-Y., & Xue, C.-B. (2020). Mixtures of fluopyram and abamectin for management of *Meloidogyne incognita* in tomato. *JOURNAL OF NEMATOLOGY*, 52, 2020–2129. <https://doi.org/10.21307/jofnem-2020-129>
- Medina-Molina, C. O., Medina-Canales, M. G., Torres-Coronel, R., Carvajal-Sandoval, A., & Tovar-Soto, A. (2018). HISTOLOGICAL CHANGES FOR ROOT-KNOT NEMATODE *Meloidogyne incognita* IN BEETROOT ROOTS (*Beta vulgaris* L.). *Polibotánica*, 0(46), 193–202. <https://doi.org/10.18387/polibotanica.46.12>
- Mohammad H Badii, P. D., Landeros, J., & Ernesto Cerna, P. D. (2007). Manejo Sustentable de Plagas o Manejo Integral de Plagas Un apoyo al desarrollo sustentable. *CULCyT*, 4(23), 13–30.
- Moreno-Gavira, A., Huertas, V., Diáñez, F., Santos, M., & Sánchez-Montesinos, B. (2020). Paecilomyces and Its Importance in the Biological Control of Agricultural Pests and Diseases. *Plants 2020*, Vol. 9, Page 1746, 9(12), 1746. <https://doi.org/10.3390/PLANTS9121746>
- Paz, R. A. O., Piedrahita, Ó. A. G., & Caycedo, J. L. (2015). Integrated management of root-knot nematodes [*Meloidogyne incognita* (kofoid & white) chitwood and *Meloidogyne mayaguensis* rammh & hirschmann] in seedling nurseries of guava (*Psidium guajava* linneo), Palmira ICA-1 variety. *Integrated Management of Root-Knot Nematodes [Meloidogyne Incognita (Kofoid & White) Chitwood and Meloidogyne Mayaguensis Rammh & Hirschmann] in Seedling Nurseries of Guava (Psidium Guajava Linneo), Palmira ICA-1 Variety*, 19(2), 104–138. <https://doi.org/10.17151/bccm.2015.19.2.7>
- Philbrick, A. N., Adhikari, T. B., Louws, F. J., & Gorny, A. M. (2020). *Meloidogyne enterolobii*, a Major Threat to Tomato Production: Current Status and Future Prospects for Its Management. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1773. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2020.606395/BIBTEX>
- Varela-Benavides, I., Durán-Mora, J., & Guzmán-Hernández, T. (2017). Evaluación in vitro de diez cepas de hongos nematófagos para el control de *Meloidogyne exigua*, *Meloidogyne incognita* y *Radopholus similis*. *Revista Tecnología En Marcha*, 30(1), 27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i1.3062>
- Vargas, Y., Pico, J., Díaz, A., Sotomayor, D., Burbano, A., Caicedo, C., Paredes,

- N., Congo, C., Tinoco, L., Bastidas, S., Chuquimarca, J., Macas, J., & Viera, W. (2020). *Manual del Cultivo de Pitahaya para la Amazonía Ecuatoriana. Estación experimental central de la Amazonía* (Issue July). [https://www.researchgate.net/profile/William-Viera/publication/343224125\\_Manual\\_del\\_Cultivo\\_de\\_Pitahaya\\_para\\_la\\_Amazonia\\_Ecuatoriana/links/5f1dc5bfa6fdcc9626b66d01/Manual-del-Cultivo-de-Pitahaya-para-la-Amazonia-Ecuatoriana.pdf](https://www.researchgate.net/profile/William-Viera/publication/343224125_Manual_del_Cultivo_de_Pitahaya_para_la_Amazonia_Ecuatoriana/links/5f1dc5bfa6fdcc9626b66d01/Manual-del-Cultivo-de-Pitahaya-para-la-Amazonia-Ecuatoriana.pdf)
- Vivas-Carmona, L. E. (2017). El Manejo Integrado de Plagas (MIP):: Perspectivas e importancia de su impacto en nuestra región. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 5(2), 107–106. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2017.050200067>
- Wagner, W. H. (2012). Avermectins. *Drugs Made in Germany*, 27(4), 13–24. [https://doi.org/10.1007/978-81-322-0723-8\\_2](https://doi.org/10.1007/978-81-322-0723-8_2)
- Zhang, Y., Lu, X., Huang, J., & Liu, Z. (2018). First Report of a Stunt Nematode (*Tylenchorhynchus agri*) from Pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) in Guangxi Province of China. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-18-0343-PDN>, 102(12), 2662. <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-18-0343-PDN>

# ANEXOS



**Anexo 1. Plantas de tomate usadas para multiplicar al inóculo**



**Anexo 2. Preparación del sustrato**



**Anexo 3. Caja con nematodos**