



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

**“EVALUACIÓN DE NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS EN LA DINÁMICA
POBLACIONAL DE *Liriomyza huidobrensis* B. Y *Coenosia attenuata* Stein EN
LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* [RAF.] SHINN), URCUQUÍ.”**

Trabajo de grado previo a la obtención del Título de Ingeniero Agropecuario

AUTOR/A:

Erika Dayana Dueñas Morejón

DIRECTOR/A:

Julia Karina Prado Beltrán PhD.

Ibarra, Diciembre 2022

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN

CIENCIAS AGROPECUARIAS Y AMBIENTALES

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“EVALUACIÓN DE NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS EN LA DINÁMICA
POBLACIONAL DE *Liriomyza huidobrensis* B. Y *Coenosia attenuata* Stein EN
LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* [RAF.] SHINN), URCUQUÍ.”**

Trabajo de grado revisado por el Comité Asesor, por lo cual se autoriza su presentación
como requisito parcial para obtener Título de:

INGENIERO/A AGROPECUARIO/A

APROBADO:

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

DIRECTOR

FIRMA

Ing. Doris Chalampunte, PhD

MIEMBRO TRIBUNAL

FIRMA

Lic. Ima Sánchez, M.Sc.

MIEMBRO TRIBUNAL

FIRMA



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1004563670		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Dueñas Morejon Erika Dayana		
DIRECCIÓN:	Otavalo		
EMAIL:	edduenasm@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	-----	TELÉFONO MÓVIL:	0990661930

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de nematodos entomopatógenos en la dinámica poblacional de <i>Liriomyza huidobrensis</i> B. y <i>Coenosia attenuata</i> Stein en <i>Lisianthus (Eustoma grandiflorum [RAF.] SHINN)</i> , Urcuquí
AUTOR (ES):	Dueñas Morejon Erika Dayana
FECHA: DD/MM/AAAA	05/12/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Agropecuaria
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 05 días del mes de diciembre de 2022

EL AUTOR:

.....
Erika Dayana Dueñas Morejon

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por la Srta. Dueñas Morejon Erika Dayana, bajo mi supervisión.

Ibarra, a los 05 días del mes de diciembre de 2022



Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD
DIRECTOR DE TESIS

REGISTRO BIBLIOGRÁFICO

Guía: FICAYA-UTN

Fecha: Ibarra, a los 05 días del mes de diciembre del 2022

Erika Dayana Dueñas Morejon: “Evaluación de nematodos entomopatógenos en la dinámica poblacional de *Liriomyza huidobrensis* B. y *Coenosia attenuata* Stein en *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* [RAF.] SHINN), Urcuquí” /Trabajo de titulación. Ingeniero Agropecuario.

Universidad Técnica del Norte. Carrera de Ingeniería Agropecuaria. Ibarra, a los 05 días del mes de diciembre del 2022. 80 páginas.

DIRECTOR (A): Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

El objetivo principal de la presente investigación fue: Evaluar nematodos entomopatógenos en la dinámica poblacional de *Liriomyza huidobrensis* B. y *Coenosia attenuata* Stein en *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn), Urcuquí. Entre los objetivos específicos se encuentran: Determinar la incidencia y severidad de minador de hoja (*Liriomyza huidobrensis* B.) en *Lisianthus* (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn). Cuantificar la dinámica poblacional de minador (*Liriomyza huidobrensis* B.) y mosca tigre (*Coenosia attenuata* Stein) y comparar el rendimiento productivo de *Lisianthus* con el uso de nematodos entomopatógenos.

Ing. Julia Karina Prado Beltrán PhD.

Directora de Trabajo de Grado

Erika Dayana Dueñas Morejon

Autor

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios, a mis padres, hermanos y familia por el apoyo brindado en esta etapa de mi vida, por acompañarme en cada una de las cosas realizadas en este proceso de formación y de culminación de mi carrera.

Infinitas gracias a mi directora Dra. Julia Prado, quien ha sabido guiarme y apoyarme en este largo camino de formación profesional, siempre con el objetivo de lograr que nosotros seamos mejores profesionales y personas cada día, así como a mis asesores Doris Chalampunte, PhD. e Ima Sánchez M.Sc. por compartir sus conocimientos conmigo.

A la empresa florícola Florsani LTDA y al Ing. Byron Montero (KOOPERT) por su apoyo, colaboración y oportunidad para desarrollar y culminar con éxito mi investigación.

Finalmente, a mis amigos quienes en toda la carrera supieron contribuir en este proceso y apoyarme con su sincera amistad.

¡Gracias!

Dayana Dueñas

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mis padres Cecilia y Ramiro por su gran esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional en este camino para llegar a ser una profesional de esta prestigiosa carrera, por siempre tener las palabras correctas para hacerme sentir que puedo lograr todo lo que me propongo. A mi abuelita Gloria por siempre confiar en mí y apoyarme en cada una de mis decisiones, finalmente a mis hermanos Andrés, Brayan, Gabriela y Sofia por ser mi motor en este proceso y mi inspiración para poder salir adelante.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS	I
ÍNDICE DE FIGURAS.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	V
ÍNDICE DE ANEXOS	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
CAPÍTULO I	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 PROBLEMA.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN	3
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1. Objetivo General.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. HIPÓTESIS.....	5
CAPÍTULO II.....	6
MARCO TEÓRICO.....	6
2.1 CULTIVO DE LISIANTHUS	6
2.1.1 Generalidades.....	6
2.1.2 Requerimientos climáticos.....	6
2.1.3 Ciclo de Cultivo	7
2.1.4 Manejo Agronómico	8
2.2 MINADOR (<i>Liriomyza huidobrensis</i> B.)	9
2.2.1 Ciclo Biológico y Descripción.....	10
2.2.2 Daños	11
2.2.3 Control químico	11
2.2.4 Control biológico	11
2.3 MOSCA TIGRE (<i>Coenosia attenuata</i> Stein.)	12
2.3.1 Ciclo de vida y descripción.....	12
2.3.2 Etología	13
2.4 NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS.....	14
2.4.1 Familias utilizadas para control biológico	14
2.4.2 Ciclo biológico.....	15

2.4.3 Simbiosis nematodo entomopatógeno – bacteria.....	16
2.4.4 Importancia de nematodos entomopatógenos en control biológico.....	16
2.5 MARCO LEGAL.....	17
CAPÍTULO III.....	18
MARCO METODOLÓGICO.....	18
3.1 Caracterización del área de estudio.....	18
3.1.1 Ubicación.....	18
3.1.2 Características climáticas de la empresa florícola “Florsani”.....	18
3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas.....	19
3.3 Métodos.....	19
3.3.1 Factores en estudio.....	19
3.3.2 Tratamientos.....	20
3.3.3 Diseño Experimental.....	20
3.3.4 Características del experimento.....	21
3.3.5 Características de la unidad experimental.....	21
3.3.6 Análisis estadístico.....	22
3.3.7 Variables para evaluarse.....	23
3.3.8 Manejo del experimento.....	26
CAPÍTULO IV.....	29
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	29
4.1 Incidencia de minador.....	29
4.1.1 Incidencia de minador por galería.....	29
4.1.2 Incidencia de minador por puntos.....	30
4.2 Severidad de minador.....	31
4.2.1 Severidad por ovoposición y alimentación.....	31
4.2.2 Severidad por presencia de galerías.....	33
4.3 Incidencia por gusano cogollero.....	36
4.4 Severidad por gusano cogollero.....	38
4.5 Dinámica poblacional.....	40
4.5.1 Dinámica poblacional de minador de hoja (<i>Lyriomiza huidobrensis</i> B.).....	40
4.5.2 Dinámica poblacional de mosca tigre (<i>Coenosia. attenuata</i> S.).....	42
4.5.3 Dinámica poblacional fungus gnat (<i>Bradysia difformis</i>).....	44
4.6 Rendimiento a la cosecha.....	45
4.7 Presencia de nematodos entomopatógenos en el suelo.....	47

CAPÍTULO IV	49
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	49
5.1 Conclusiones	49
5.2 Recomendaciones	50
V. REFERENCIAS	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Etapas de desarrollo de minador. Huevo (A), larva (B), pupa (C) y adulto (D).</i>	11
Figura 2	<i>Ciclo biológico de mosca tigre</i>	13
Figura 3	<i>Nematodos entomopatógenos. Ciclo biológico.</i>	15
Figura 4	<i>Mapa de Ubicación del Experimento</i>	18
Figura 5	<i>Esquema del Diseño experimental en bloques con parcelas divididas</i>	21
Figura 6	<i>Severidad por ovoposición y alimentación</i>	23
Figura 7	<i>Severidad por presencia de galería</i>	24
Figura 8	<i>Colocación de trampas amarillas en cada unidad experimental</i>	25
Figura 9	<i>Estructura utilizada en la extracción de nematodos entomopatógenos. Bandeja de Whitehead</i> .	26
Figura 10	<i>Punto de cosecha de lisianthus</i>	26
Figura 11	<i>Siembra de plántulas de lisianthus</i>	27
Figura 12	<i>Preparación de los tratamientos a aplicar en cada unidad experimental</i>	27
Figura 13	<i>Monitoreo de dinámica poblacional a través de trampas acrílicas amarillas. Colocación de trampas (A). Recolección de trampas (B)</i>	28
Figura 14	<i>Porcentaje de incidencia por galería en el cultivo de lisianthus</i>	30
Figura 15	<i>Porcentaje de incidencia por puntos en el cultivo de lisianthus</i>	31
Figura 16	<i>Número de postura por planta durante todo el ciclo del cultivo</i>	33
Figura 17	<i>Porcentaje de severidad por galería durante todo el ciclo del cultivo</i>	34
Figura 18	<i>Porcentaje de incidencia por gusano cogollero</i>	37
Figura 19	<i>Porcentaje de severidad por gusano cogollero</i>	39
Figura 20	<i>Dinámica poblacional de minador de hoja</i>	41
Figura 21	<i>Dinámica poblacional de mosca tigre</i>	43
Figura 22	<i>Dinámica poblacional de fungus gnat</i>	45
Figura 23	<i>Rendimientos de tallos/m² con la aplicación de los distintos tratamientos</i>	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Características climáticas y geofísicas de área de estudio</i>	19
Tabla 2. <i>Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas en la investigación</i>	19
Tabla 3. <i>Descripción de los tratamientos en estudio</i>	20
Tabla 4. <i>Características del experimento</i>	21
Tabla 5. <i>Características de la unidad experimental</i>	22
Tabla 6. <i>Análisis de varianza (ADEVA), para un Diseño en bloques con parcelas divididas</i>	22
Tabla 7. <i>Análisis de varianza de la severidad por galería</i>	33
Tabla 8. <i>Análisis de varianza de la severidad de daño por gusano</i>	38
Tabla 9. <i>Análisis de varianza del rendimiento por m² en la producción de lisianthus</i>	45
Tabla 10. <i>Tabla de contingencia para la variable presencia de nematodos en el suelo</i>	47
Tabla 11. <i>Presencia de nematodos entomopatógenos en el suelo</i>	47

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Incidencia de minador de hoja por galería	56
Anexo 2. Incidencia de minador de hoja por puntos de ovoposición y alimentación	57
Anexo 3. Severidad de minador de hoja por puntos de ovoposición y alimentación	58
Anexo 4. Severidad de minador de hoja por galería.....	59
Anexo 5. Dinámica poblacional de minador de hoja (<i>Liriomyza huidobrensis</i> B.)	60
Anexo 6. Dinámica poblacional de Mosca tigre (<i>Coenosia attenuata</i> Stein).....	61
Anexo 7. Rendimiento productivo de lisianthus por m ²	62

**EVALUACIÓN DE NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS EN LA DINÁMICA
POBLACIONAL DE *Liriomyza huidobrensis* B. Y *Coenosia attenuata* Stein EN
LISIANTHUS (*Eustoma grandiflorum* [RAF.] SHINN), URCUQUÍ**

Erika Dayana Dueñas Morejón

Universidad Técnica del Norte

Correo: edduenasm@utn.edu.ec

RESUMEN

Los nematodos entomopatógenos presentan un gran potencial como agentes de control biológico, siendo una alternativa para reducir las poblaciones de minador (*Liriomyza huidobrensis* L.), plaga que afecta el desarrollo y calidad de cultivos de importancia económica como Lisianthus. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de dos tipos de nematodos entomopatógenos en dos frecuencias de aplicación F1 (semana 3-4) y F2 (semana 4-6) en la dinámica poblacional de minador de hoja y mosca tigre. Este estudio se llevó a cabo en el cultivo de Lisianthus, donde se realizó la aplicación de nematodos en forma de drench, en cinco tratamientos: *Steinernema feltiae* F.+F1 (T1), *Steinernema carpocapsae* W.+F1 (T2), *Steinernema feltiae* F.+F2 (T3), *Steinernema carpocapsae* W.+F2 (T4) y testigo (T5). Además, se utilizaron trampas amarillas para cuantificar estos insectos, las cuales se evaluaron cada 15 días. Los resultados muestran que, en la dinámica poblacional de minador, T2 mostró la menor población de insectos al final del cultivo con 9 minadores/trampa, mientras que T5 alcanzó 69 minadores/trampa. La incidencia de minador de hoja fue más baja en T1 con 7.14%, mientras que T5 presentó 14.60%, siendo el tratamiento más afectado; el menor porcentaje de severidad lo obtuvo T1 con 0.90%, a diferencia de T5 que alcanza 2.35%. El mayor rendimiento presentó T1 y T4 con 69 tallos/m², mientras que el menor fue el testigo, con 59 tallos/m². La investigación sugiere que los nematodos entomopatógenos, contribuyen a reducir la población de minador, y no disminuye la presencia de insectos benéficos (*Coenosia attenuata* Stein) en estas condiciones.

Palabras claves: minador, control biológico, plagas, cultivos ornamentales, mosca tigre.

ABSTRACT

Entomopathogenic nematodes have great potential as biological control agents, being an alternative to reduce leafminer populations (*Lyriomiza huidobrensis* L.), a pest that affects the development and quality of economically important crops such as Lisianthus. This research aimed to evaluate the effect of two types of entomopathogenic nematodes at two application frequencies F1 (week 3-4) and F2 (week 4-6) on the population dynamics of leaf miner and tiger fly. This study was carried out in the Lisianthus crop, where nematodes were applied in the form of a drench, in five treatments: *Steinernema feltiae* F.+F1 (T1), *Steinernema carpocapsae* W.+F1 (T2), *Steinernema feltiae* F.+F2 (T3), *Steinernema carpocapsae* W.+F2 (T4) and control (T5). In addition, yellow traps were used to quantify these insects, which were evaluated every 15 days. The results show that, in the leafminer population dynamics, T2 showed the lowest population of insects at the end of the culture with 9 leafminers/trap, while T5 reached 69 leafminers/trap. The incidence of leaf miner was lower in T1 with 7.14%, while T5 presented 14.60%, being the most affected treatment; the lowest percentage of severity was obtained by T1 with 0.90%, a difference from T5 that reached 2.35%. The highest yield presented T1 and T4 with 69 stems/m², while the lowest was the control, with 59 stems/m². Research suggests that entomopathogenic nematodes contribute to reducing the leafminer population, and do not reduce the presence of beneficial insects (*Coenosia attenuata* Stein) under these conditions.

Keywords: leafminer, biological control, pests, ornamental crops, tiger fly.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

En el Ecuador el sector florícola es considerado como uno de los rubros agrícolas más sobresalientes de la región Sierra y del país en general, siendo la tercera actividad productiva que más genera divisas, después del camarón (*Litopenaeus vannamei* B.) y banano (*Musa × paradisiaca* L.), representando el 1 % del total del producto interno bruto (PIB) (Pino et al., 2018). Este sector se caracteriza por su gran desarrollo en los últimos años, alta rentabilidad, dinamismo, demanda de exportación, generadora de fuentes de empleo, entre otras. Las flores ecuatorianas son muy reconocidas a nivel mundial por su calidad, diversidad y colores (Pino et al., 2018; Paredes, 2019).

Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn) por su parte, es una flor relativamente nueva en el mercado nacional y mundial, que ha tenido en los últimos años una creciente demanda comercial, es catalogada como una de las mejores flores de corte internacionalmente, debido a su belleza, gran parecido con las rosas, diversidad de colores, incluyendo el azul y excelente resistencia poscosecha (Harbaugh, 2007).

Sin embargo, en la producción florícola de lisianthus existen plagas de importancia económica que afectan el desarrollo y calidad del cultivo como el minador (*Liriomyza huidobrensis* B.), este díptero ocasiona la formación de galerías especialmente en las hojas que provocan su desecación, caída temprana y retraso en la producción, además daños cosméticos que disminuyen su calidad (Maldonado y Contreras, 2005). Por esta razón, es importante considerar estrategias dirigidas a combatir y evitar el efecto causado por el ataque de insectos en la producción de especies de importancia económica (Kotan et al., 2013).

El uso de nematodos entomopatógenos es una interesante alternativa de control biológico, debido a que estos organismos parasitan a sus hospedantes (plagas) mediante penetración por aberturas naturales como: boca, ano, espiráculos; o de forma directa por medio de la cutícula hasta el hemocele, liberan la bacteria asociada y ocasionan la muerte del insecto (Pacheco et al., 2019). Además, estos microorganismos actúan sobre un gran número de hospederos, tienen la capacidad de causar altos índices de mortalidad y son seguros con el ambiente (Rodríguez et al., 2012).

Se han realizado muchos estudios que confirman la potencialidad de nematodos como controladores eficaces de gran diversidad de plagas en distintos cultivos, como por ejemplo en

larvas de especies de gorgojo, como es el caso de *Diaprepes abbreviatus* L. en cítricos y *Otiorhynchus sulcatus* G. en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.). Además, han sido muy efectivos para el control del díptero *Bradysia* spp. en invernadero (Fimbres y Flores, 2016).

Así mismo, LeBeck et al. (1993) en su estudio mencionan que el nematodo entomopatógeno *Steinernema carpocapsae* W. provoca la muerte relativamente rápida en diferentes estadios de *Liriomyza trifolii* B. (minador de hoja) en laboratorio, obteniendo como resultado que la mortalidad debido al ataque de estos agentes fue mayor (93 %) en las larvas del segundo estadio de minador.

De la misma manera, Broadbent y Olthof (1995) comprobaron el efecto de *Steinernema carpocapsae* W. con pulverizaciones foliares en crisantemos para controlar efectivamente el minador de hoja (*Liriomyza trifolii* B.) en su segundo estadio, obteniendo una mortalidad mayor al 85 % en laboratorio, en jaulas de plástico con alta humedad. También se realizó la investigación en invernadero con dos aplicaciones de *Steinernema carpocapsae* W. consecutivas, después de 3 y 4 días de la oviposición en hojas por el minador, obteniendo resultados igualmente positivos al provocar una mortalidad mayor al 80 % de la plaga.

En el Ecuador, se han realizado estudios de aislamiento de nematodos entomopatógenos en sistemas agrícolas de papa-pasto y papa-otro cultivo, obteniéndose 15 aislamientos del género *Steinernema* y 13 del género *Heterorhabditis*, de los cuales 8 fueron eficientes para el control de *Premnotrypes vorax* H. (gusano blanco) en ensayos en invernadero y en campo en el cultivo de papa (Chacón, 2012).

Finalmente, Ebssa et al. (2004) demuestran en su investigación el efecto positivo de *Steinernematidae* sp. y *Heterorhabditidae* sp. (nematodos entomopatógenos) contra trips (*Frankliniella occidentalis* P.) en flores occidentales, en diferentes etapas en las que el insecto habita en el suelo (larvas segundo estadio, prepupas y pupas), teniendo como sustrato un cultivo de plantas en laboratorio y dando como resultado valores de mortalidad de la plaga que oscilaban entre 2.6 % y el 60 %.

1.2 PROBLEMA

La presencia de distintas plagas en el cultivo de flores es uno de los principales problemas que afecta la economía de los productores, debido a la pérdida de producción y las grandes cantidades de dinero necesarias para la adquisición de plaguicidas, además del impacto negativo que ocasionan en la salud de los trabajadores al estar expuestos a estos químicos (Asociación Nacional de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador [EXPOFLORES], 2016),

aproximadamente se estima que la presencia de plagas en los cultivos ocasiona un 40% de pérdida en los rendimientos (Hidalgo, 2017).

Adicionalmente, el uso indiscriminado de agroquímicos especialmente para el control de plagas en el sector florícola ha traído una serie de consecuencias ambientales como la salinización, acidificación, erosión y contaminación química de los recursos naturales como el agua, aire y suelo (Hidalgo, 2017).

El minador de hoja es una de las principales plagas que afecta al cultivo de *lisianthus*, debido a que provoca pérdidas y retraso en la producción, reduce su calidad, y por lo tanto la deprecia, esto se da como resultado de la disminución del área foliar ocasionada por larvas al formar tortuosas galerías, haciendo que la fotosíntesis sea menor y causando el debilitamiento de la planta (Melgares, 1996). Este insecto es considerado de fácil propagación y adaptación en diferentes zonas climáticas, por lo que puede ocasionar un retraso en el tiempo de cosecha y hasta un 47% de disminución en la producción de flores de verano (Torres et al., 1995).

En el Ecuador para el control de plagas se realiza la aplicación continua de insecticidas, que dependiendo del químico a utilizar varía el número de dosis y aplicaciones, ocasionando efectos negativos en el medio ambiente, la salud humana y creando resistencia de los insectos a estos compuestos, provocando un bajo rendimiento en el cultivo y pérdidas económicas (Cazar et al., 2014; Hidalgo, 2017).

El 33.72 % de los insecticidas utilizados en el país para combatir el ataque de plagas son de franja amarilla, es decir de categoría II (moderadamente peligrosos y nocivos para el ser humano y ambiente) (Pacheco y Barbona, 2017; Instituto Nacional de estadísticas y censos [INEC], 2016), destacando en esta categoría los agroquímicos utilizados para combatir el ataque de minador de hoja en *lisianthus* como: Abamectina, Ciromazina, Fenarimol, entre otros (Shimoyama et al., 2003). Estos insecticidas representan un alto gasto económico para el control de esta plaga, además de provocar otros efectos como los mencionados anteriormente. Surgiendo a partir de esto la necesidad de buscar alternativas que ayuden en el control de estos insectos, utilizando microorganismos benéficos que podrían presentar resultados similares al control químico.

1.3 JUSTIFICACIÓN

Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn) es una flor de corte que cada vez se está volviendo más popular debido a su belleza, apariencia delicada, pero de tallos y pétalos fuertes y diversidad de colores. Una de sus principales características es la larga vida que puede llegar a tener en florero, gracias a esto su demanda internacional sigue en aumento (EXPOFLORES,

2012). En Ecuador su cultivo es muy importante debido a que es el principal país exportador de esta flor a Estados Unidos (Mascarini, 2009).

Es por esto por lo que es necesario mantener la calidad y óptima producción del cultivo, buscando nuevas alternativas al manejo de plagas que no ocasionen efectos negativos al medioambiente y la salud humana, es aquí donde el control biológico es una interesante opción, ya que esta técnica se basa en la acción de enemigos naturales contra insectos parasitoides, patógenos microbiales, artrópodos depredadores, entre otros, que ayudan a mantener la población de plagas en niveles bajos (Sáenz, 2005).

El uso de nematodos entomopatógenos es una estrategia de control biológico que ha tomado mayor importancia en los últimos años, debido a que son un grupo de enemigos naturales capaces de provocar la muerte, esterilización y debilitamiento de gran diversidad de insectos, que desarrollan su ciclo de vida parcial o totalmente en el suelo (Caraballo y Guharay, 2004).

Los nematodos entomopatógenos presentan gran efectividad para el control de plagas ya que estos microorganismos poseen la mayoría de las cualidades que debe tener un agente de control biológico: son de fácil propagación y almacenamiento, son específicos contra gran cantidad de insectos, matan a su huésped rápidamente, no provocan contaminación al ambiente y son capaces de buscar a su hospedero por sí mismos. Esta última característica lo convierte en el único organismo que puede realizar esta función, siendo eficaz para el control de plagas que se sitúan en el suelo o al interior de las raíces (France, 2013).

Por lo antes mencionado, la siguiente investigación tuvo como finalidad presentar una alternativa al control de plagas que afectan a cultivos de gran importancia dentro del país como es el caso de la producción de flores. Es por esto que se evaluó el uso de distintos nematodos entomopatógenos como: *Steinernema feltiae* F. y *Steinernema carpocapsae* W. en el control de minador de hoja en el cultivo de lisianthus.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar nematodos entomopatógenos en la dinámica poblacional de *Liriomyza huidobrensis* B. y *Coenosia attenuata* Stein en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn), Urcuquí.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar la incidencia y severidad de minador de hoja (*Liriomyza huidobrensis* B.) en lisianthus (*Eustoma grandiflorum* [Raf.] Shinn).
- Cuantificar la dinámica poblacional de minador (*Liriomyza huidobrensis* B.) y mosca tigre (*Coenosia attenuata* Stein).
- Comparar el rendimiento productivo de lisianthus con el uso de nematodos entomopatógenos.

1.5 HIPÓTESIS

Ho: El uso de diferentes especies de nematodos entomopatógenos no influyen en la dinámica poblacional de minador de hoja y mosca tigre en el cultivo de lisianthus.

Ha: El uso de diferentes especies de nematodos entomopatógenos si influyen en la dinámica poblacional de minador de hoja y mosca tigre en el cultivo de lisianthus.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 CULTIVO DE LISIANTHUS

2.1.1 Generalidades

Lisianthus es una flor originaria del norte de México y de las zonas meridionales de Estados Unidos, crece naturalmente en zonas de clima seco a orillas de ríos, donde sus raíces pueden tener acceso al agua (Shimoyama et al., 2003). Es un cultivo ornamental nuevo en el mercado, llegando a posicionarse internacionalmente de forma rápida entre las 10 mejores flores de corte, se cultiva intensamente en China y en varios países del mundo, para lograr satisfacer la actual demanda. Se caracteriza por la calidad y belleza de sus flores, excelente resistencia poscosecha, gran diversidad y colores, además por su amplio uso como planta de maceta y para camas (Harbaugh, 2007).

Lisianthus es un cultivo de ciclo anual o bianual, se encuentra dentro de la familia de las Gencianáceas. Esta planta forma una roseta con las hojas, en ella se desarrolla el tallo que varía entre 60 a 90 cm de altura, en su extremo crecen las flores largamente pediceladas de 6-9 cm de diámetro, y con una variedad de colores que va desde el azul al morado. Esta planta ha pasado por consecutivos programas de mejoramiento, especialmente realizados por empresas japonesas, de las cuales se han obtenido híbridos de pétalos rojos, blancos y bicolors, con flores dobles o simples. Su propagación se realiza generalmente utilizando semilla, sin embargo se la puede reproducir por cultivo “in vitro” de tejidos o por esquejes (Melgares, 1996).

2.1.2 Requerimientos climáticos

La temperatura ideal en las primeras fases de desarrollo es de 25 °C en el día y de 10 °C en la noche hasta que la planta posea dos pares de hojas verdaderas. Si la temperatura aumenta producirá el arrosamiento característico por falta de elongación de los entrenudos desde el cuarto par de hojas, en cuyo caso la temperatura óptima será de 18 °C en el día y 15 °C en la noche (Shimoyama et al., 2003). Si bien el cultivo no se ve afectado por el fotoperiodo, la intensidad lumínica si tiene efecto, los niveles óptimos de luz son de 40 000 a 60 000 lux, si estos son superiores fomentan al buen desarrollo de las flores y aumenta el número de botones, sin embargo, el exceso de luz (mayor a 70 000 lux) reduce la longitud del tallo (PanAmerican Seed, 2005)

El cultivo de lisianthus presenta mejor desarrollo en suelos con un pH alto, de 6.5 a 7.2, con materia orgánica inicial media y una conductividad eléctrica entre 0.7 y 1.0 mmhos (PanAmerican Seed, 2005). En cuanto al requerimiento hídrico esta especie es sensible a la gran

cantidad de humedad, provocando problemas por hongos. En el primer mes después del trasplante se debe dar riegos cortos a una mayor frecuencia, mientras se va desarrollando el cultivo es recomendable distanciar los riegos para favorecer la exploración de las raíces en profundidad y finalmente en la última etapa se debe disminuir más los aportes de agua con el objetivo de homogenizar la altura final de los botones florales (Shimoyama et al., 2003).

2.1.3 Ciclo de Cultivo

El ciclo del cultivo de *lisianthus* tiene una duración aproximadamente de 180 días desde la siembra hasta la floración, se lo divide en dos fases; de siembra a plantación (60 y 90 días) y de plantación a floración (90 y 120 días) (Foschi, 2008).

2.1.3.1. Siembra a plantación

Según Sakata Seed America (2020) las etapas comprendidas en esta fase son:

Etapla uno: Días 1-14. Esta etapa inicia con la siembra en bandejas de alveolos profundos, no se debe cubrir la semilla y se debe mantener una buena humedad. La temperatura óptima es de 20-21 °C, con una intensidad lumínica para germinar de hasta 27 000 lux.

Etapla dos: Días 15-21. Después que la germinación de semilla haya terminado, se debe colocar las bandejas en el invernadero con alta intensidad lumínica (27 000-32 000 lux), buena ventilación y con una temperatura de 15-20 °C. En esta etapa se requiere una ligera fertilización de 100-150 ppm de nitrógeno con calcio.

Etapla tres: Días 22-56. Los tapones de esta planta se desarrollan lentamente al comienzo, se debe evitar temperaturas mayores a 24 °C y menores a 7 °C, la intensidad lumínica es semejante a la etapa anterior y es recomendable mantener la humedad adecuada; condiciones de falta de agua excesivas conducen a la roseta (etapa de descanso inducida), mientras que el exceso de humedad promueve el ataque de enfermedades. La fertilización es de 150 ppm de nitrógeno para mantener los niveles de conductividad eléctrica ente 0.7-1.0 mmhos.

Etapla cuatro: Días 57-60. Cuando las plántulas presentan dos pares de hojas están listas para su trasplante a la cama de flores de corte. Si se retrasa esta actividad dará como resultado un mal enraizamiento, tallos de flores cortos y retraso en la floración.

2.1.3.2 Plantación a floración

Melgares (1996) menciona que el cultivo de *lisianthus* una vez plantado pasa por tres etapas claramente diferenciadas:

Etapla uno. La planta tiene mayor desarrollo de su sistema radicular en comparación a su parte aérea. Tiene una duración de entre veinte y treinta días.

Etapla dos. Dura aproximadamente treinta días más, en esta etapa el tallo de la planta se alarga y aparecen tallos secundarios que varían entre tres y ocho (dependiendo la variedad),

alcanzan una altura comprendida entre 30 y 50 cm y en la parte superior aparecen los botones florales.

Etapa tres. Es la parte final de la producción, tiene una duración de aproximadamente 30 días, aquí los botones florales se engrosan y desarrollan, de la misma manera los pedúnculos se alargan más hasta que alcanzan su altura definitiva, finalmente los botones cambian de color verde al específico de cada variedad y se abren, el número de estos puede ir entre cuatro y nueve por tallo.

2.1.4 Manejo Agronómico

2.1.4.1 Preparación del terreno

Las camas para flores de corte deben tener un alto contenido de materia orgánica, buen drenaje, ser libre de parásitos, malas hiervas y debe ser removido a una profundidad de 45 a 60 cm. Para una buena nutrición del terreno es recomendable introducir entre 10 y 15 kg por m² de estiércol vacuno o equino bien descompuesto (Melgares, 1996; Sakata Seed America, 2020).

2.1.4.2 Plantación

La siembra de las plantas en campo debe hacerse inmediatamente después de su recepción, es recomendable hacerlo en camas de 20 cm de altura por un metro de ancho, con una densidad de 64 plantas por metro cuadrado en el invernadero. Se debe utilizar una malla de un metro de ancho como guía de plantación, de ocho cuadros de 12.5 x 12.5 cm, que en un principio esta se colocará en el suelo y a medida que el cultivo se desarrolle esta se ira elevando, esto servirá de tutorado para evitar que los tallos se doblen o quiebren debido al peso de los botones. Para que este paso sea exitoso al momento de la plantación el cuello de la planta debe ubicarse al nivel del terreno (Melgares, 1996; Maldonado y Contreras, 2005)

2.1.4.3 Control de malezas

El crecimiento de malezas ocurre principalmente en la implantación del cultivo, por lo que es aconsejable eliminarlas lo más rápido posible, con la finalidad que no le haga competencia a *lisianthus*, esto se puede realizar de manera manual una o dos veces hasta que la planta adquiera un determinado tamaño que impida el apareamiento de nuevas malas hiervas (Melgares, 1996).

2.1.4.4 Pinzado

Esta práctica consiste en cortar la dominancia en el ápice de las plantas cuando estas presentan menos de tres nudos. En condiciones normales se debe realizar con dos, dejando a un solo nudo con la posibilidad de desarrollar brotes laterales que serán varas florales. Si no se realiza esta actividad se puede generar gran cantidad de varas, pero delgadas y cortas, de baja calidad (Melgares, 1996).

2.1.4.5 Fertilización

Esta actividad se realiza junto con el agua de riego utilizando abonos tradicionales solubles como nitrato de potasio, fosfato monoamónico y nitrato de amónico. En los primeros veinte días se debe aportar principalmente fosfato monoamónico, a una dosis de un kilo por metro cúbico de agua de riego, en el período inicial se debe aplicar la mezcla de tres abonos: 770 g de nitrato de amonio, 330 g de fosfato monoamónico y 900 g de nitrato de potasio por metro cúbico (Melgares, 1996).

2.1.4.6 Plagas y enfermedades

Entre las principales plagas de importancia que afectan a este cultivo están la mosquita blanca del tomate (*Trialeurodes vaporariorum* W.), trips de California (*Frankliniella occidentalis* P.) y larva minadora (*Liriomyza* sp.), estos insectos ocasionan disminución de su calidad y productividad (Maldonado y Contreras, 2005).

Las enfermedades que se presentan en el cultivo son ocasionadas principalmente por complejos de hongos del suelo de los géneros *Rizoctonia*, *Fusarium* y *Verticilium*, también hay hongos que afectan a la parte foliar de la planta como *Mildiu*, *Botrytis* y algunos virus (Maldonado y Contreras, 2005).

2.1.4.7 Cosecha y poscosecha

La recolección de los tallos se debe realizar cuando se comiencen a abrir tres flores. Si este proceso se realiza antes, ocasionará que no se abran algunos capullos terminales, que son el atractivo para el consumidor. Por otro lado, si se corta con los capullos demasiado abiertos, se puede llegar a producir gran cantidad de daños durante el transporte y la manipulación, y la durabilidad en florero será menor. La cosecha se la puede realizar de dos maneras, la primera consiste en arrancar el tallo entero y cortar las raíces y la otra en cortar los tallos alternadamente conforme vayan floreciendo. La vida poscosecha de *lisianthus* es muy buena entre 10 y 15 días (Melgares, 1996; Foschi, 2008).

2.2 MINADOR (*Liriomyza huidobrensis* B.)

El minador de hoja es una especie que se encuentra en el sur de Estados Unidos, pero presenta una mayor población en América del sur y central, este insecto no puede sobrevivir en áreas muy frías excepto en invernaderos, pertenecen al orden díptera y a la familia Agromyzidae (Capinera, 2001).

Los insectos minadores en sus estados inmaduros se alimentan y viven dentro de las hojas, los rastros de esta alimentación “minas” se hacen visibles externamente en ellas, con áreas de color café o blancas y diferentes formas que van desde galerías estrechas lineales hasta amplias

cámaras, ocasionando daños principalmente en cultivos hortícolas y ornamentales (Salvo y Valladares, 2007).

Esta plaga es de gran importancia económica ya que ataca a gran variedad de cultivos, causando principalmente daño a las hojas. Además, estos insectos tienen la capacidad de producir muchas crías al año y han desarrollado resistencia a muchos insecticidas. El ataque de larvas de minador también favorece la presencia de enfermedades en el cultivo, disminuyendo a un más su producción (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG] y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE], 1991).

2.2.1 Ciclo Biológico y Descripción

El minador de hoja es un insecto que presenta metamorfosis completa, pasando por cuatro estadios para su desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto (Figura 1), entre 20 y 28 días a una temperatura de 25 °C (Mujica et al., 2016).

2.2.1.1 Huevo

Son de color blanco y elípticos, tiene una dimensión aproximadamente de 0.13 mm de ancho y 0.23 mm de largo, estos son depositados en el envés de las hojas y eclosionan en tres días aproximadamente. Las hembras pueden producir de 200 a 300 huevos a lo largo de su vida, en una tasa de 30 a 40 diarios, aunque esta cantidad disminuye a medida que los insectos envejecen (Capinera, 2001).

2.2.1.2 Larva

En esta fase pasa por tres estadios larvales y puede alcanzar una longitud de 2.25 mm. Al principio estas son casi incoloras, posteriormente se vuelven verdosas y finalmente amarillentas cuando maduran. Poseen piezas bucales negras en todos sus estadios, teniendo un rango de longitud de 0.09, 0.15 y 0.23 en sus tres etapas respectivamente. Cuando la larva llega a su madurez hace una hendidura que corta la superficie de la hoja, cae al suelo a unos pocos centímetros de profundidad y forma su pupario (Capinera, 2001).

2.2.1.3 Pupa

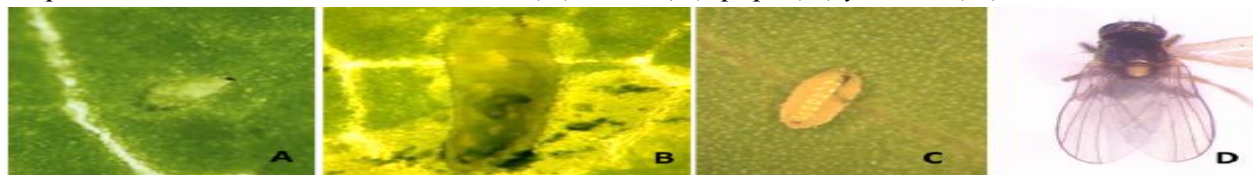
La pupa toma un color variable de amarillo anaranjado a marrón rojizo, tiene una dimensión de 0.75 mm de ancho y 1.5 mm de largo. Al pasar nueve días, el adulto sale del pupario en horas de la mañana y emergen simultáneamente los dos sexos (Capinera, 2001; Mujica et al., 2016).

2.2.1.4 Adulto

El color característico es amarillo y negro, las hembras presenta superior tamaño que los machos y poseen un abdomen alargado, con 1.5 mm y 1.3 mm respectivamente. Las alas de este insecto oscilan entre 1.25 a 1.7 mm. Las moscas viven normalmente casi un mes, y tienen la capacidad de reproducirse muchas veces en climas cálidos (Capinera, 2001; Mujica et al., 2016).

Figura 1

Etapas de desarrollo de minador. Huevo (A), larva (B), pupa (C) y adulto (D).



Fuente: Mujica et al. (2016)

2.2.2 Daños

Las hembras adultas al ovopositar realizan agujeros redondos en la parte superior de la planta para extraer su sabia con pinchazos de 0.05 mm, estos daños provocados al alimentarse disminuyen el valor estético de las plantas, principalmente en cultivos ornamentales (Mujica et al., 2016).

Las larvas realizan galerías excavadas que reducen la capacidad para realizar fotosíntesis de las hojas, causando el deterioro foliar y permitiendo la entrada de fitopatógenos. Estas larvas provocan minas continuas lineales o irregulares en las hojas, con un color verdoso o blanco. Cuando la población de estos insectos es demasiado grande pueden minar hojas enteras y mostrar una apariencia como si hubiesen sido chamuscadas con fuego. Además, provocan el marchitamiento y caída temprana de las hojas (Salvo y Valladares, 2007).

También la presencia de estos insectos en sus diferentes estadios en el cultivo ocasiona daños indirectos como pérdida de humedad, estrés en la planta y facilitan la entrada de otros organismos perjudiciales como hongos, bacterias y virus (Capinera, 2001).

2.2.3 Control químico

El control con compuestos químicos es muy difícil en esta plaga ya que es complicado el acceso de insecticidas a larvas. También los minadores han logrado adquirir gran resistencia contra todo tipo de insecticidas ya sean piretroides, organofosforados, carbamatos u organoclorados (MAG y CATIE, 1991).

Cuando la población de insectos adultos es muy alta, es decir más de 300 mosquitos en trampa cada tres días es necesario la aplicación de insecticidas químicos como: Fast o Vertimec (Abamectina) en una dosis de 100 cc/ 100 l o Trigard (Ciromacina) a una cantidad de 15 g/ 100 l (Shimoyama et al., 2003).

2.2.4 Control biológico

El minador de hoja es una de las plagas que ha logrado tener más avances en cuanto a control biológico, gracias a la identificación, evaluación y caracterización de distintos parásitos y

depredadores. Entre los principales parasitoides con control efectivo en estos dípteros están: las avispas de *Diglyphus isaea* W. y *Dacnusa sibirica* T., las primeras afectan a la plaga al ovopositar dentro de la larva del minador y alimentarse de estas en sus estadios jóvenes, mientras que las segundas tienen la capacidad de parasitar principalmente en el primer y segundo estadio larval de este insecto (Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura [INTAGRI], 2017). Otros parasitoides importantes de este insecto son *Ganaspidium utilis* B., *Opius dissitus* M., *Disorygma pacifica* Y., *Opius dimidiatus* A., *Diglyphus websteri* C. y *Halticoptera circulus* W. (Acosta y Cave, 1994).

Los nematodos de la familia Steinernematidae también son utilizados en control biológico de esta plaga, ya que pueden infectar a larvas de *Liriomyza* sp. cuando estos se aplican en suspensión acuosa y el cultivo se mantiene en altas condiciones de humedad (Capinera, 2001).

2.3 MOSCA TIGRE (*Coenosia attenuata* Stein.)

La mosca tigre conocida también como “mosca cazadora” o “mosca asesina” es un díptero perteneciente a la familia Muscidae que tiene su origen y distribución en Europa Central, es un depredador polífago que en la última década ha tenido presencia espontánea en diversidad de cultivos tanto en invernadero como al aire libre (Téllez y Tapia, 2006).

Coenosia attenuata Stein es un eficiente depredador biológico ya que puede formar abundantes poblaciones en invernadero y se alimenta de diferentes grupos de plagas como moscas blancas (*Bemisia tabaci* G.), adultos de moscas minadoras (*Liriomyza huidobrensis* B.), mosquitos del hongo (*Bradysia* spp.), entre otros (Pohl et al., 2012).

2.3.1 Ciclo de vida y descripción

El ciclo biológico de mosca tigre (Figura 2) tiene una duración aproximadamente de 27 días a 25 °C, en los que pasa por cuatro estadios: huevo, larva, pupa y adulto. En condiciones óptimas de temperatura (16 – 25 °C) y humedad relativa (> 60%) los adultos pueden vivir de 2 a 3 meses (Pohl et al., 2012; Téllez y Tapia, 2006).

Según Téllez y Tapia (2006) el su ciclo biológico comprende cuatro estadios:

2.3.1.1 Huevo

Son de forma alargada con líneas longitudinales fácilmente distinguibles, poseen colores entre blanco transparente y marrón claro, tienen una duración de 5 a 7 días.

2.3.1.2 Larva

Las larvas se caracterizan por su forma afilada en la punta y su color transparente que va cambiando a blanco a medida que va desarrollándose, pueden alcanzar un tamaño de 1.26 mm en

10 días. En este estado son depredadores en el suelo, se alimentan de otras larvas de insectos como del mosquito del hongo negro.

2.3.1.3 Pupa

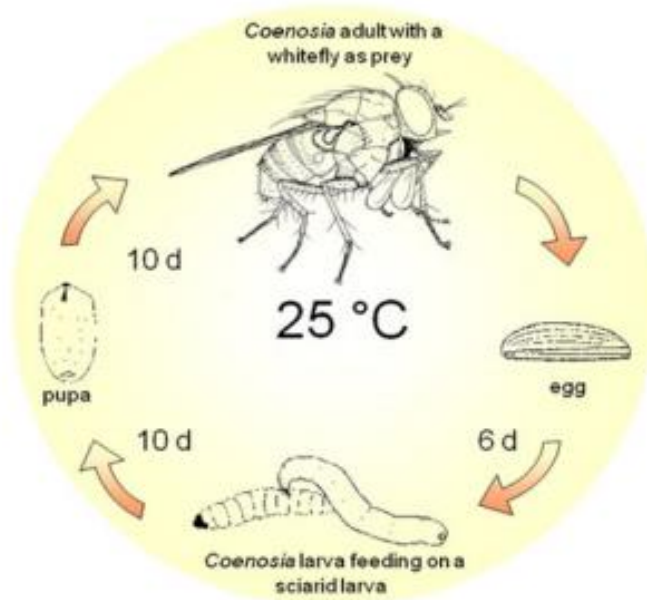
Las pupas de mosca tigre se ubican en diferentes partes del suelo, son de color amarillo. Estas se caracterizan por mostrar distintos tamaños dependiendo de su género, en este estado tienen una duración de 10 a 11 días.

2.3.1.4 Adulto

Los adultos presentan dimorfismo sexual bien característicos, llegan a medir de 2.5 a 3.3 cm de longitud, siendo las hembras de mayor tamaño que los machos. Las hembras pueden poner hasta 200 huevos en el suelo en grupos de 4 a 6.

Figura 2

Ciclo biológico de mosca tigre



Fuente: Pohl et al. (2012)

2.3.2 Etología

Coenosia attenuata Stein es un depredador polífago, es decir, se alimenta de diferentes huéspedes. Las larvas de este insecto habitan en el suelo y su fuente principal de alimentación son invertebrados pequeños de cuerpo blando. Los adultos por su parte se encuentran sobre los cultivos o malezas asechando a sus presas sobre diferentes estructuras de invernaderos o palos. Este insecto tiene un comportamiento de emboscada, es decir, esperan a que la presa aterrice en las plantas o distintas superficies y las atacan en pleno vuelo (Buenahora et al., 2020).

2.4 NEMATODOS ENTOMOPATÓGENOS

Los nematodos entomopatógenos son enemigos naturales que se aplican a técnicas de control biológico de plagas, son capaces de provocar la muerte, causar debilitamiento y esterilizar a diferentes insectos tanto acuáticos como terrestre (López, 2004).

Son organismos no segmentados, de forma más o menos cilíndrica y elongados, tienen cuerpos lisos, sistema excretor, nervioso, digestivo y reproductivo, pero no presentan sistema respiratorio y circulatorio, sus sexos generalmente son separados. Viven en diferentes hábitats como agua salada, dulce y principalmente en el suelo. Los nematodos entomopatógenos pertenecen principalmente a dos familias Steinernematidae y Heterorhabditidae (López, 2004; Fimbres y Flores, 2016).

2.4.1 Familias utilizadas para control biológico

2.4.1.1 Steinernematidae

Son patógenos obligados que ocasionan la muerte de su hospedante. Los parásitos juveniles en su tercer estadio conducen la bacteria simbiótica *Xenorhabdus* spp. en su receptáculo intestinal. Se caracterizan por que las hembras presentan mayor tamaño, con cuerpo y longitud variable, poro excretor visible, cabeza redonda, cutícula lisa, los machos por su parte son de menor longitud, con papilas genitales de 21-23. La reproducción de esta familia involucra a machos y hembras (Fimbres y Flores, 2016).

Estos nematodos al encontrar al hospedante adecuado, entran en él a través de las aberturas naturales, es decir: espiráculos, ano o boca y penetran activamente por medio de la tráquea o pared intestinal hasta llegar al hemocele y depositar su bacteria. Las especies más representativas de esta familia son: *Steinernema carpocapsae* W. y *Steinernema feltiae* F. (López, 2004).

2.4.1.2 Heterorhabditidae.

Son patógenos obligados que ocasionan la muerte de insectos, los parásitos juveniles en su tercer estadio transportan la bacteria con la que realizan simbiosis llamada *Photorhabdus* spp. Las hembras de esta especie son hermafroditas, tienen 6 labios cónicos desarrollados muy bien y cabeza trunca, por otro lado, los machos tienen un testículo reflejado, cabeza corta, y presentan bursa con 9 pares de papilas genitales. En su estado de infectivo juvenil tiene un diente dorsal que le ayuda a ingresar al interior del insecto por medio de las membranas segmentales. La especie más característica de esta familia es *Heterorhabditis bacteriophora* P. (Fimbres y Flores, 2016).

Esta especie puede ingresar al hospedante a través de las aberturas naturales de los insectos como son el ano, espiráculo y boca, pero, al poseer un diente penetrante también pueden llegar directamente a través de la cutícula de los insectos (López, 2004).

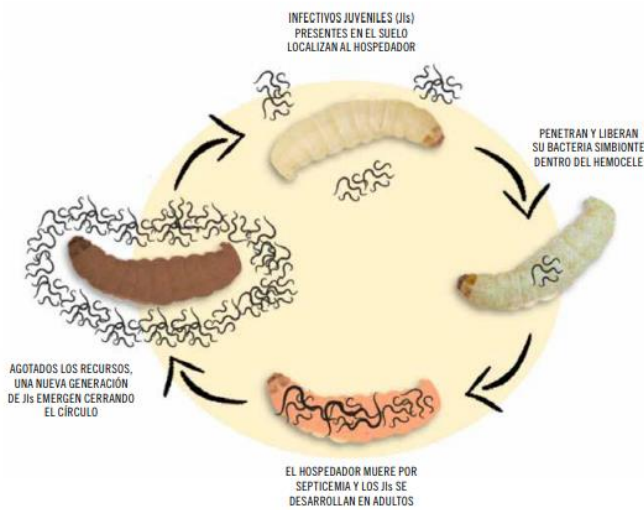
2.4.2 Ciclo biológico

El ciclo de vida de los nematodos entomopatógenos es: huevo, cuatro estadios juveniles (J1 a J4) y adulto, estos organismos se encuentran en el suelo en su estado juvenil J3, llamado también juvenil infeccioso, conservando la cutícula de su estado J2, solo en esta forma tienen la capacidad de localizar a su hospedero y comenzar el proceso de parasitismo (Figura 3). Estos organismos ingresan al insecto a través de la boca, espiráculo o ano, aquí el insecto se defiende mediante diversos métodos, si estos no son suficientes, los nematodos entomopatógenos terminan entrando al hemocele donde la bacteria simbiótica es depositada, después esta se multiplica rápidamente y destruye los tejidos, provocando la muerte por septicemia en un lapso de 24 a 48 horas después de la infección (Campos et al., 2020; France, 2013).

Luego que el insecto muere, el nematodo se alimenta de hemolinfa y de tejidos degradados, consiguiendo que los juveniles se conviertan en adultos y se reproduzcan de forma masiva. Las bacterias simbióticas que intervienen en este proceso se caracterizan principalmente por destruir tejidos del insecto para lograr crear un ambiente favorable para la alimentación y reproducción de estos organismos benéficos. Tanto el nematodo como la bacteria alcanzan su reproducción dentro del cadáver entre 7 y 16 días, hasta que una nueva generación de juveniles infecciosos emerge de forma masiva completando su ciclo biológico (López, 2004).

Figura 3

Nematodos entomopatógenos. Ciclo biológico.



Fuente: Campos et al. (2020).

2.4.3 Simbiosis nematodo entomopatógeno – bacteria

El nematodo entomopatógeno realiza simbiosis con la bacteria al brindarle protección contra el medio ambiente externo y contra la respuesta defensiva del hospedero. De la misma manera este organismo es un medio de transporte para la bacteria, del cadáver del insecto al hemocele de un nuevo agente hospedero. Igualmente, la bacteria contribuye en esta asociación al proveer de nutrientes al nematodo (Fimbres y Flores, 2016).

2.4.4 Importancia de nematodos entomopatógenos en control biológico

La aplicación de nematodos entomopatógenos constituye una importante estrategia para combatir plagas de importancia económica, debido a que estos organismos poseen la mayoría de atributos que debe tener un efectivo agente para el control biológico: son específicos contra gran cantidad de insectos plaga, matan en un intervalo de tiempo muy corto al huésped, son fáciles de reproducir y almacenar, no causan daños a vertebrados ni plantas, no contaminan los recursos naturales y se adaptan muy bien al manejo integrado de plagas, además son los únicos microorganismos capaces de buscar por sí mismos a su huésped, permitiendo el óptimo control de insectos patógenos que se encuentren en sitios de difícil acceso en el suelo y en las raíces (France, 2013).

2.5 MARCO LEGAL

La ley Orgánica del Régimen de la Soberanía Alimentaria en su artículo número 14 establece que: “El Estado estimulará la producción orgánica, agroecología y sustentable, a través de mecanismos de desarrollo productivo, programas de capacitación, líneas especiales de crédito y mecanismos de comercialización en el mercado interno y externo, entre otros” (Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria, 2010, p. 6).

El Acuerdo Ministerial N° 299 emitido el 24 de junio de 2013 y publicado en el Registro oficial N° 34 el 11 de julio del 2013, establece que:

La Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro-AGROCALIDAD, elaborará el Instructivo para la Producción Orgánica en el Ecuador, así como los Manuales técnicos para el control de la producción orgánica, siendo la Autoridad Nacional Competente del Control de la producción orgánica. (AGROCALIDAD, 2013, p. 37).

El Instructivo de la Normativa General para Promover y Regular la Producción Orgánica-Ecológica-Biológica en Ecuador elaborado por la Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro (AGROCALIDAD, 2013) en su artículo 14 establece que:

La producción vegetal orgánica debe estar basada en el mantenimiento de la salud de los vegetales mediante medidas preventivas, como la elección de especies y variedades apropiadas que resistan a los parásitos y a las enfermedades, las rotaciones apropiadas de cultivos, abonos orgánicos, abonos verdes, leguminosas, los métodos mecánicos y físicos y la protección de los enemigos naturales de las plagas. (p. 39).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

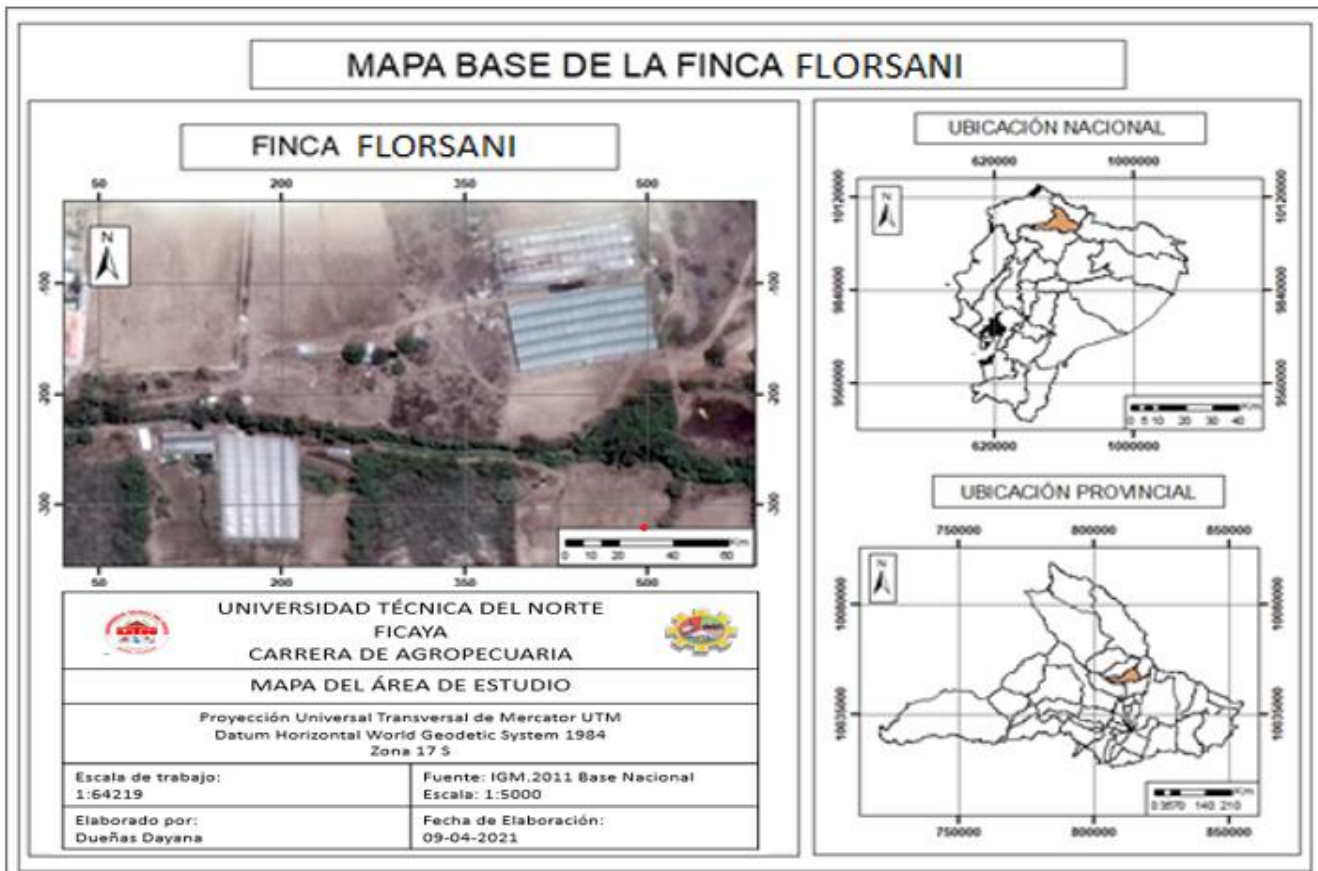
3.1 Caracterización del área de estudio

3.1.1 Ubicación

La investigación se desarrolló en la finca Florsani (Figura 4), ubicada en la parroquia de Tumbabiro, cantón Urcuquí, provincia de Imbabura, sitio donde se cultiva lisianthus bajo invernadero.

Figura 4

Mapa de Ubicación del Experimento



3.1.2 Características climáticas de la empresa florícola “Florsani”

En la Tabla 1 se describen las características climáticas y geofísicas de la empresa Florsani.

Tabla 1*Características climáticas y geofísicas de área de estudio*

Ubicación	Descripción
Altitud	2307 m s.n.m
Longitud	78° 11' 50" O
Latitud	0° 25' 13" N
Precipitación	700 mm
Temperatura	10 °C – 19 °C

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Urcuquí (2020).

3.2 Materiales, equipos, insumos y herramientas

La Tabla 2 presenta la lista de los materiales e insumos vegetales que se utilizaron para desarrollar esta investigación.

Tabla 2*Materiales, equipos, insumos y herramientas utilizadas en la investigación*

Materiales	Insumos biológicos	Equipos	Herramientas
Trampas amarillas	Plántulas de <i>lisianthus</i>	Cámara	Etiquetas
Lupa	Nematodos entomopatógenos:	Estereoscopio	Tijera
Placas Petri	• <i>Steinernema feltiae</i> F.	Aspiradora	
Bandeja Whitehead	• <i>Steinernema carpocapsae</i> W.	Computadora	
		Microscopio	

3.3 Métodos

Se realizó la aplicación de dos tipos de nematodos entomopatógenos por el método drench para evaluar la incidencia y severidad de minador de hoja (*Liriomyza huidobrensis* B.) en el cultivo de *lisianthus* en la variedad Catalina Rose, además del efecto de estos nematodos en la dinámica poblacional de mosca tigre (*Coenosia attenuata* Stein) (insecto benéfico).

3.3.1 Factores en estudio

Los factores en estudio fueron las diferentes especies de nematodos entomopatógenos y el intervalo de aplicación.

Factor A: Nematodos entomopatógenos

Simbología	Nombre Científico	Nombre Comercial
Sf	<i>Steinernema feltiae</i> F.	Entonem
Sc	<i>Steinernema carpocapsae</i> W.	Capsanem

Factor B: Frecuencia de aplicación

Simbología	Semanas
F1	3 y 4
F2	4 y 6

3.3.2 Tratamientos

Los tratamientos evaluados en esta investigación se describen en la Tabla 3.

Tabla 3

Descripción de los tratamientos en estudio

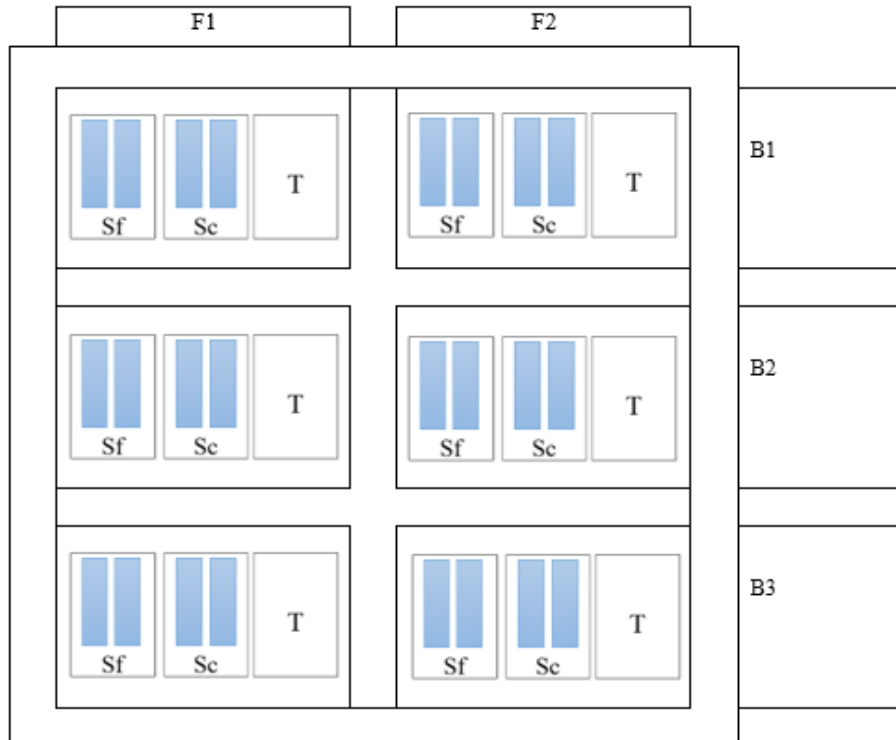
Tratamientos	Descripción
T1	SfF1
T2	ScF1
T3	SfF2
T4	ScF2
T5	Testigo

3.3.3 Diseño Experimental

El diseño experimental utilizado en la investigación fue en un Diseño en Bloques con Parcelas Divididas (Figura 5), donde la frecuencia de aplicación fue la parcela principal y el tipo de nematodos la subparcela.

Figura 5

Esquema del Diseño experimental en bloques con parcelas divididas



3.3.4 Características del experimento

La investigación se estableció en una superficie de 720 m², con un total 15 unidades experimentales. La Tabla 4 muestra las características del experimento.

Tabla 4

Características del experimento

Características	Datos
Bloques	3
Tratamientos	5
Unidades experimentales	15
Área total del experimento	720 m ²
Distancia entre camas	0.35 m
Ancho de camas	0.75 m
Largo de camas	22 m

3.3.5 Características de la unidad experimental

La unidad experimental estuvo conformada por una cama dentro del invernadero. En la Tabla 5 se detallan las características.

Tabla 5*Características de la unidad experimental*

Características	Datos
Ancho de cama	0.75 m
Largo de cama	22 m
Distancia entre camas	0.35 m
Área por unidad experimental	33 m ²
Plantas por unidad experimental	2806
Plantas parcela neta	2161

3.3.6 Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se realizó el análisis de varianza (ADEVA), con un diseño en bloques con parcelas divididas (Tabla 6), utilizando el programa Infostat versión 2020, además se utilizó la prueba de media LSD Fisher ($\alpha = 0.05$).

Para los datos no paramétricos se utilizó la prueba Friedman con nivel de significancia 0.05, al no cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza para las variables: incidencia de minador por galería, incidencia y severidad de minador por puntos de ovoposición y alimentación, incidencia de gusano cogollero y dinámica poblacional.

Tabla 6*Análisis de varianza (ADEVA), para un Diseño en bloques con parcelas divididas*

Fuentes de Variación	Grados de Libertad
Bloques	2
Frecuencia	1
Nematodos	1
Bloques (Nematodos)	2
Bloques (Frecuencia)	2
Nematodos (Frecuencia)	1
Error Experimental	5
Total	14

3.3.7 Variables para evaluarse

3.3.7.1. Incidencia de minador

Se escogió al azar una muestra de 60 plantas por cada unidad experimental, donde se observaron y contabilizaron las plantas afectadas por la plaga (galerías y posturas). Los monitoreos se realizaron una vez cada 15 días, iniciando en la semana 2 después del trasplante.

Para el cálculo se utilizó la siguiente formula:

$$\% \text{ incidencia} = \frac{\text{Número de plantas afectadas}}{\text{Número total de plantas evaluadas}} \times 100 \quad (1)$$

3.3.7.2 Severidad de minador

La severidad de minador se evaluó por dos formas de afectación a la planta: ovoposición y alimentación de adultos; y galerías. Esta variable se determinó a través de la observación del daño en los tercios bajo, medio y alto de 60 plantas muestreadas al azar en cada unidad experimental. Los monitoreos se realizaron cada 15 días, iniciando en la semana 2 después del trasplante.

3.3.7.2.1. Severidad por ovoposición y alimentación

Para determinar la severidad por ovoposición y alimentación se observó y contabilizó el número de puntos realizados por minador en tres hojas, de cada tercio de la planta (Figura 6) y se determinó mediante la siguiente escala:

1. Grado bajo (30 %): < 3 puntos por tercio
2. Grado medio (60 %): 3 a 10 puntos por tercio
3. Grado alto (90 %): > 10 puntos por tercio

Figura 6

Escala de severidad por ovoposición y alimentación

Grado bajo (30 %)	Grado medio (60 %)	Grado alto (90 %)
< 3 puntos	3 a 10 puntos	> 10 puntos
		

3.3.7.2.2 Severidad por presencia de galerías

Se observó y contabilizó el número de hojas afectadas por galerías en los tres tercios de la planta, en 3 hojas por cada tercio (Figura 7).

Figura 7

Severidad por presencia de galería



3.3.7.3 Incidencia y severidad de gusano cogollero

Se evaluó la incidencia y severidad del gusano cogollero, debido a que esta plaga también afecta al cultivo de lisianthus, para ello se tomó al azar una muestra de 60 plantas por cada unidad experimental, en donde se observó y contabilizó el número de plantas afectadas por esta plaga, se tomó datos de esta variable cada 15 días iniciando en la semana dos después del trasplante.

3.3.7.3 Dinámica poblacional de minador y mosca tigre

Esta variable se evaluó mediante monitoreo indirecto, colocando 2 trampas amarillas por cada unidad experimental (Figura 8). Después de la recolección se utilizó el estereoscopio para la identificación de insectos minadores y moscas tigras. Las trampas fueron cambiadas cada 15 días, iniciando su aplicación en la semana 3 después del trasplante.

También se evaluó y contabilizó el número de fungus gnat presentes en las trampas acrílicas amarillas durante todo el ciclo del cultivo con el uso de nematodos entomopatógenos, debido a que esta plaga empezó afectar la producción de lisianthus por lo que se determinó la efectividad de estos microorganismos benéficos en este díptero, para ello se utilizó la metodología descrita anteriormente.

Figura 8

Colocación de trampas amarillas en cada unidad experimental



3.3.7.4 Detección de nematodos entomopatógenos en el suelo

En esta variable se identificó la presencia de nematodos entomopatógenos en el suelo. Para ello se tomaron muestras de 1 kg de suelo obtenidas de diferentes puntos de cada unidad experimental, utilizando el tipo de muestreo en zig-zag, a una profundidad de 10 cm, se mezcló muy bien y se extrajo una submuestra de 0.5 kg que se utilizó para llevarla a laboratorio e identificar los microorganismos mencionados anteriormente.

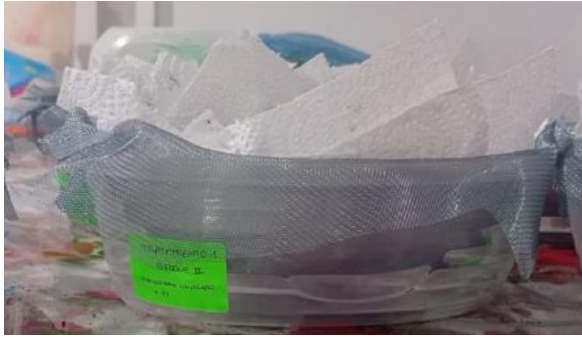
Para determinar la presencia de nematodos entomopatógenos se utilizó la técnica de la Bandeja de Whitehead, que consiste en colocar la muestra de suelo sobre un filtro compuesto por paños absorbentes sostenidos por un tamiz metálico de 0.3 – 0.5 mm de apertura de malla.

Posteriormente en un recipiente plástico se añadió el filtro y agua hasta que esta se ponga en contacto con la parte inferior del tamiz (Figura 9), con esto se logró la migración de infectivos juveniles después de 48 horas (Pozo, 2013).

Utilizando la pipeta de Pasteur se recolectó 3 ml del agua con los nematodos en suspensión y se lo colocó en una placa, luego se la llevó al laboratorio para observar los nematodos con ayuda del microscopio. Se observó una muestra por bandeja de 1 ml. Esta variable se midió dos veces: en la mitad y al final del ciclo del cultivo.

Figura 9

Estructura utilizada para la extracción de nematodos entomopatógenos. Bandeja de Whitehead



3.3.7.5 Rendimiento

Para evaluar el rendimiento del cultivo de lisianthus se contabilizaron todos los tallos obtenidos por cada unidad experimental, cuando estos presenten de dos a tres flores abriéndose al mismo tiempo (Figura 10).

Figura 10

Punto de cosecha de lisianthus



3.3.8 Manejo del experimento

3.3.8.1 Preparación del suelo

Para la preparación del terreno se inició con la desinfección del suelo con Agrocellhone, luego se lo dejó reposar por 15 días y se lo revolvió para evitar intoxicaciones de las plántulas al momento del trasplante. Después se levantaron las camas a unos 25 cm del suelo y 2 días después se procedió al trasplante.

3.3.8.2 Trasplante

Después del trasplante se colocó sobre la cama una malla cuadrículada (Figura 11), dejando cuadros de 15 cm para obtener una densidad de 85 plantas por metro cuadrado, esta malla se fue subiendo durante el desarrollo del cultivo para que sirva de soporte a las flores.

Figura 11

Siembra de plántulas de lisianthus



3.3.8.3 Aplicación de los tratamientos

La aplicación de los tratamientos se realizó por el método Drench (Figura 12). Los tratamientos se dividieron en dos intervalos de aplicación, 2 de los tratamientos iniciaron en la semana 3 y se reaplicaron en la semana 4 después del trasplante; los otros 2 se aplicaron en la semana 4 y se los repitió en la semana 6.

Se realizó una disolución del producto que contenía 250 000 000 de nematodos entomopatógenos en 2 000 cc de agua, para extraer una concentración en 3 300 000 de microorganismo que se aplicaron en cada unidad experimental (UE). Obteniendo una dosis para todos los tratamientos de 27 cc/UE (esta dosis contenía 3 300 000 nematodos entomopatógenos).

Figura 12

Preparación de los tratamientos a aplicar en cada unidad experimental



3.3.8.4 Aplicación de trampas amarillas

Se realizó la aplicación de dos trampas amarillas por cada unidad experimental (Figura 13), su aplicación inició en la semana 3 después del trasplante del cultivo y se fueron cambiando cada 15 días.

Figura 13

Monitoreo de dinámica poblacional a través de trampas acrílicas amarillas. Colocación de trampas (A). Recolección de trampas (B)



3.3.8.5 Cosecha.

La cosecha se realizó cuando la planta de lisianthus presentó de 2 a 3 flores abriéndose al mismo tiempo, debido a que si se realiza antes ocasionará que muchos capullos terminales no se abran y no sean muy atractivos en el mercado, de lo contrario si se realiza el corte con muchos botones abiertos, se producirán daños durante la manipulación, el transporte y se perderá su calidad (Melgares, 1996).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados que se obtuvieron después de haber concluido la fase de campo en la evaluación de nematodos entomopatógenos en la dinámica poblacional de minador de hoja y mosca tigre. La investigación se realizó en invernaderos, los tratamientos contenían dos tipos de nematodos entomopatógenos a diferentes frecuencias de aplicación, además de un testigo en el que se daba el manejo convencional de la finca. Las variables fueron evaluadas mediante el programa Infostat versión 2020.

4.1 Incidencia de minador

4.1.1 Incidencia de minador por galería

La variable incidencia de minador por galería se obtuvo a través de la prueba de Friedman (Anexo 1) la cual dio como resultado que existe interacción ($T^2=47.38$; $p<0.0001$) entre los días después de la siembra y los tratamientos en estudio.

En la Figura 14 se observa que a los 15 días después de la siembra todos los tratamientos presentan una baja incidencia en el cultivo con apenas el 1%, para los 30 días el tratamiento T5 y T3 presentan un incremento con 5.11 y 4.56% respectivamente más que en la fecha anterior, los demás tratamientos presentan resultados similares.

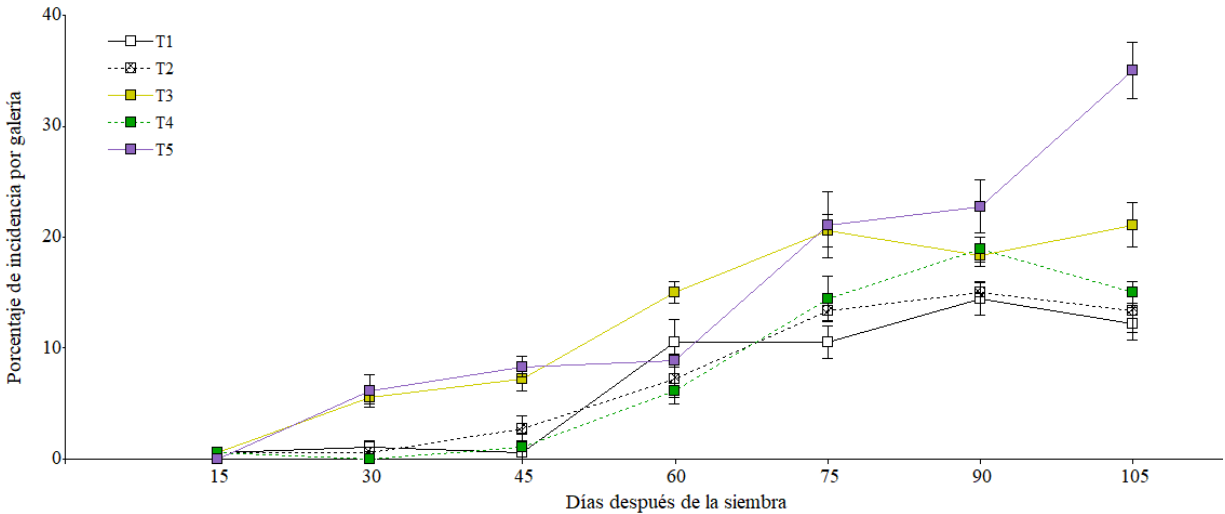
En los 45 días todos los tratamientos incrementan su porcentaje de incidencia con aproximadamente 1.8% más que en la fecha anterior. De la misma manera se evidencia un aumento significativo para los 60 días; T3 presenta mayor incremento con 7.78% más, así mismo, el T1 tiene alta incidencia con 10% más que en la fecha anterior. El T2 y T4 también aumentan su porcentaje con 4.4 y 5% respectivamente. El T5 por su parte presenta una disminución para esta fecha con 0.56% menos, sin embargo, a partir de aquí tiene un elevado aumento en su porcentaje de incidencia hasta finalizar el ciclo del cultivo con 35% de afectación, siendo el tratamiento que mayor incidencia por galería presentó.

Para los 75 días el T3 continúa incrementando su porcentaje de incidencia con 5.56% más que en la toma anterior, llegando a su pico máximo. El T4 y T2 continúan con esta tendencia de aumento hasta los 90 días, teniendo un alto incremento de 12.78 y 7.78% respectivamente más que lo mostrado a los 60 días. El T1 no presenta significativos porcentajes a partir de esta fecha hasta finalizar el ciclo del cultivo, terminando con 12.22% de incidencia, y siendo el tratamiento que menor porcentaje tuvo.

Al finalizar el ciclo a los 105 días después de la siembra el T5 presentó mayores porcentajes de incidencia, superando en 13.89% a T3, y en 21.50% a los demás tratamientos que presentaron resultados similares.

Figura 14

Porcentaje de incidencia por galería en el cultivo de lisianthus



C.V: 86.48

4.1.2 Incidencia de minador por puntos

La variable incidencia de minador por puntos se obtuvo mediante la prueba de varianza de datos no paramétricos de Friedman (Anexo 2), que indica que existe interacción ($T^2= 9.12$; $p<0001$) entre los días después de la siembra y los distintos tratamientos en estudio.

En la Figura 15 se observa que a los 15 días después de la siembra T5 presentó mayor porcentaje de incidencia con 4.44%, superando en 1.11% a T3, en 2.22% a T4 y en 2.95% a T1 y T2 que presentaron resultados similares.

Para los 30 días existe un incremento en el porcentaje de incidencia en todos los tratamientos, evidenciándose mayor aumento en T4 con 10.26% más que en la toma de datos anterior. En los 45 días este mismo tratamiento disminuye su incidencia con 1.11% menos, y a partir de esta fecha continua con esta tendencia hasta los 75 días que su porcentaje llega a 0% y se mantiene así hasta finalizar el ciclo del cultivo.

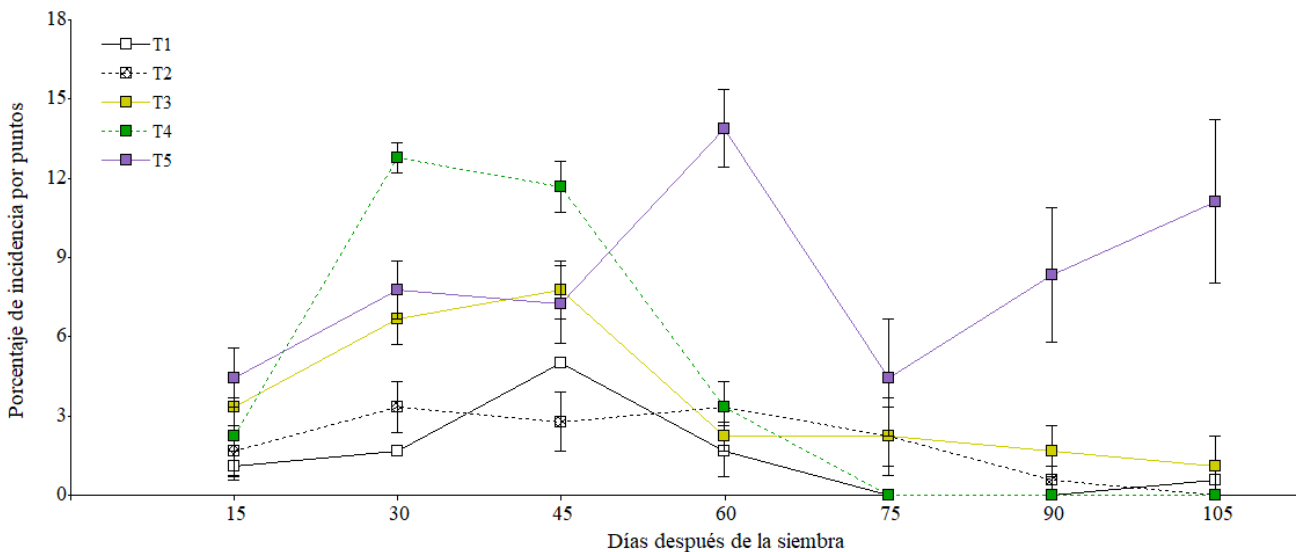
En los 45 días T1 y T3 incrementan su porcentaje con 3.33 y 1.11% respectivamente más que en la fecha anterior, contrario a esto T5 y T2 disminuyen mínimamente su incidencia. A partir de esta fecha todos los tratamientos en los que se utilizó nematodos entomopatógenos disminuyeron progresivamente su porcentaje de incidencia hasta llegar al final del ciclo del

cultivo, indicando el efecto positivo de estos microorganismos, al reducir la incidencia de afectación de este insecto plaga, especialmente los tratamientos uno y dos que siempre mantuvieron su porcentaje en niveles bajos.

Para los 60 días T5 muestra un alto incremento en su incidencia con 6.67% más que en la toma anterior, y 11.26% más que los otros tratamientos que presentaron porcentajes similares. En los 75 días este mismo tratamiento disminuye en 9.45% menos que en la fecha anterior y a partir de aquí vuelve a aumentar su incidencia hasta finalizar el ciclo del cultivo con 11.11%, siendo el tratamiento que mayor incidencia presentó durante el desarrollo del cultivo y superando con 10.5% a los demás tratamientos que presentaron resultados similares en la última fecha.

Figura 15

Porcentaje de incidencia por puntos en el cultivo de lisianthus



C.V: 108.40

4.2 Severidad de minador

4.2.1 Severidad por ovoposición y alimentación

En la variable número de puntos de ovoposición y alimentación por planta se realizó la prueba de Friedman (Anexo 3), la cual tuvo como resultado que existe interacción ($T^2=5.56$; $p<0.0001$) entre los días después de la siembra y los tratamientos en estudio.

En la Figura 16 se puede observar que el número de puntos a los 15 y 30 días después de la siembra es similar en los cinco tratamientos, teniendo entre 0.1 a 0.68 puntos/planta y entre 0.28 a 1.68 puntos/planta respectivamente en estas fechas. Sin embargo, a los 45 días, T4 presenta un incremento en 1.32 puntos más que en la toma anterior, además de 1.25 puntos más con relación

a T3, y 2.2 puntos/planta a diferencia de los demás tratamientos que presentan resultados similares.

A los 60 días después de la siembra se evidencia que existe un alto incremento en el número de posturas en T5 con aproximadamente 6 puntos/planta (testigo), presentando un incremento de 4.51 puntos más con relación a la fecha anterior y 2.53 puntos más que los otros tratamientos que poseen resultados similares, mostrando el efecto positivo de la aplicación de nematodos entomopatógenos en sus diferentes frecuencias de aplicación y tipos, obteniendo con estos microorganismos a partir de los 45 días una disminución en sus hojas afectadas por puntos de alimentación y ovoposición.

A partir de los 60 días la severidad por puntos en el T5 disminuye, teniendo a los 75 días un total de 1.07 puntos/planta, esto se debe a la aplicación de Pyriproxifen (insecticida químico) en la fecha antes mencionada.

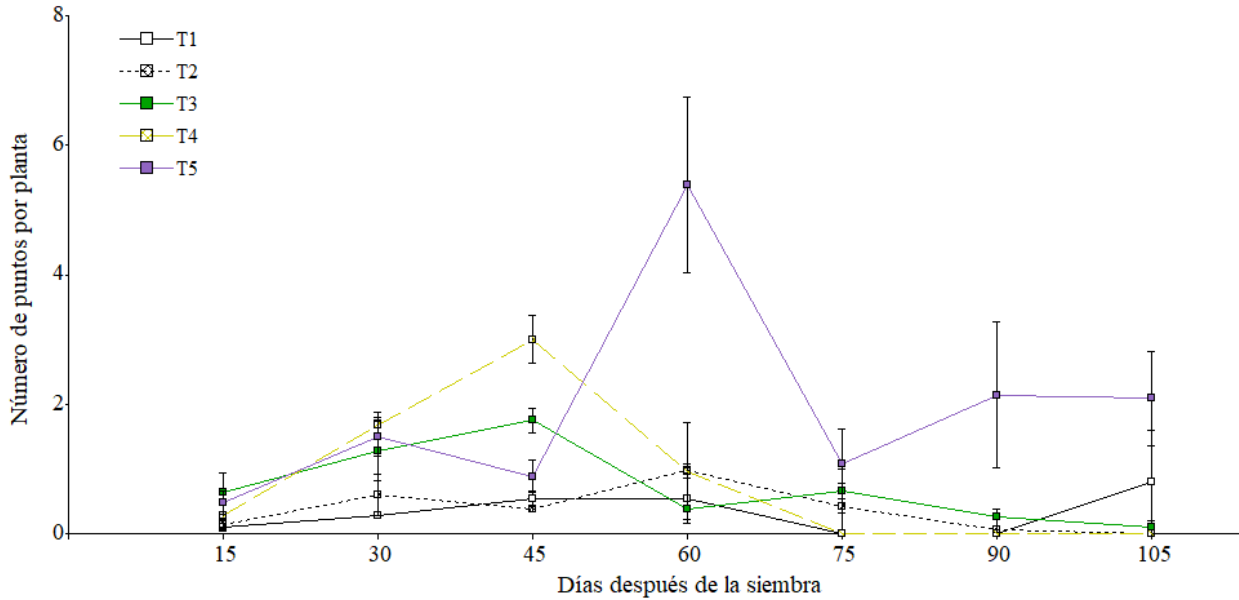
Para los 90 y 105 días después de la siembra el número de puntos es relativamente bajo, observando solo entre 0.06 y 0.8 puntos/planta en los tratamientos en los que se utilizó nematodos entomopatógenos como controladores biológicos, a diferencia de T5 que obtuvo 2.14 y 2.09 puntos/planta en los días mencionados anteriormente.

En la gráfica también se puede observar que los tratamientos que mostraron menor número de puntos por planta a lo largo del ciclo del cultivo son: T1 (*S. feltiae* F. + F1) y T2 (*S. carpocapsae* W. + F1). Teniendo que T1 presentó menor severidad a lo largo de todo el cultivo, llegando a su pico máximo a los 60 días con 0.54 puntos/planta y finalizando con una severidad de 0.8 puntos/planta a los 105 días. A diferencia de T5 que fue el tratamiento que obtuvo mayor severidad.

Según la escala de severidad presentada en el capítulo de metodología, se observa que todos los tratamientos presentaron una severidad de grado bajo, con <3 de puntos por planta (30% daño) durante todo el ciclo del cultivo, sin embargo, el tratamiento cinco a los 60 días tuvo un incremento aproximadamente a 6 puntos/planta, teniendo una severidad de grado medio (60% daño).

Figura 16

Número de postura por planta durante todo el ciclo del cultivo



C.V: 146.08

4.2.2 Severidad por presencia de galerías

En la Tabla 7 se puede observar que los análisis de varianza de la variable severidad por galerías indican que existe interacción entre los factores días después de la siembra y tratamientos en estudio (Anexo 4) ($F=9.71$; $gl= 24$; $p< 0.0001$).

Tabla 7

Análisis de varianza de la severidad por galería

Fuente de Variación	Grados de libertad	Grados de libertad del error	F-value	p-value
dds	6	68	203.19	<0,0001
tratamiento	4	68	47.46	<0,0001
dds:tratamiento	24	68	9.71	<0,0001

CV: 93.96

En la Figura 17 se puede observar que la severidad por galería a los 15 días después de la siembra es similar en todos los tratamientos. A los 30 días, T3 y T5 presentan un incremento en su severidad con 0.60 y 0.90% respectivamente más que en la toma anterior, mientras que los otros tratamientos muestran porcentajes similares muy bajos.

Para los 45 días se mantiene la misma tendencia de la fecha anterior, sin presentar diferencias significativas entre T3 y T5; y los demás tratamientos. En los 60 días T3 incrementa

su severidad con 1.10% más que en la toma anterior, los tratamientos T1, T2 y T5 presentan resultados similares entre 1.17 y 1.36% y T4 presenta menor porcentaje para esta fecha con 1.40% menos que el tratamiento más afectado (T3).

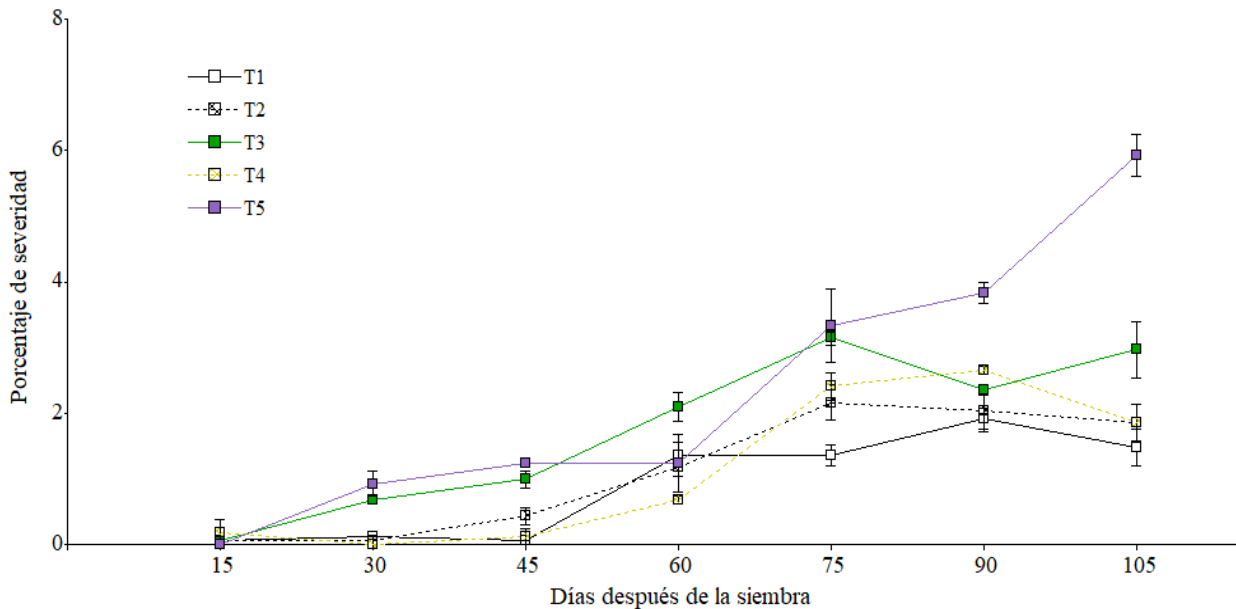
A los 75 días el T5 aumenta su porcentaje de severidad con 2.1% más que en la fecha anterior, de la misma manera T3 incrementa su porcentaje de daño por galería con 1.05% más y llega a su pico máximo, mientras que T1 no presenta variación en su severidad con respecto a la fecha anterior y se mantiene en 1.36%. Los otros tratamientos presentaron resultados similares.

A los 90 días después de la siembra se puede observar que el T3 presenta una disminución en sus hojas afectadas por galería con aproximadamente 1% menos que en la toma de datos anterior. Contrario a esto, T5 muestra un ligero aumento con 0.50% más que a los 75 días, además este tratamiento tuvo aproximadamente 1.50% más de afectación que T3 y que los otros tratamientos que presentaron resultados similares.

Al finalizar el ciclo del cultivo a los 105 días T5 presenta su pico máximo de afectación con 2.10% más que en la fecha anterior, y con 3% más que T3, que de la misma manera incrementó su porcentaje de severidad. Los otros tratamientos disminuyeron mínimamente su porcentaje de afectación con respecto a la fecha anterior, presentando resultados similares entre los tres.

Figura 17

Porcentaje de severidad por galería durante todo el ciclo del cultivo



La incidencia de minador de hoja con la aplicación de nematodos entomopatógenos presentó porcentajes inferiores con respecto al testigo (sin aplicación) en esta investigación, concordando con los resultados presentados por Ndereyimana et al. (2020), quienes evaluaron la eficacia en campo de estos microorganismos benéficos para el control de minador de hoja del tomate (*Tuta absoluta* M.) con aplicaciones foliares semanales y a una dosis de 5×10^9 nematodos entomopatógenos por hectárea, encontrando que la incidencia de este díptero no disminuyó a lo largo del ciclo, iniciando con 2.9% de afectación y finalizando con 59%, sin embargo, presentó resultados inferiores al testigo quien inició con 2.6% y finalizó con 90% de afectación.

Esta investigación por su parte presentó resultados más eficientes, debido a que con solo dos aplicaciones en drench y a una dosis inferior de 1×10^9 nematodos entomopatógenos por hectárea, la incidencia para los tratamientos donde se aplicaron estos microorganismos fue de 1% al inicio del cultivo y 21% al finalizar el ciclo, mientras que el testigo de la misma manera inicio con 1% de afectación y finalizo con 35%. Esta diferencia de resultados en las dos investigaciones podría deberse a la forma de aplicación de estos microorganismos, ya que, en aplicaciones foliares las condiciones ambientales juegan un papel muy importante para mantener la viabilidad de los mismos, mientras que al aplicarlos al suelo por drench existen mejores condiciones para lograr un mayor tiempo de supervivencia, reproducción y efectividad de estos microorganismos benéficos, a pesar de esto en ambas investigaciones se mostró el efecto positivo de los nematodos entomopatógenos al mantener niveles bajos de afectación a diferentes dosis y frecuencias de aplicación.

De la misma manera, Kamali et al. (2017) en su estudio utilizando dos tipos de nematodos entomopatógenos, *Steinernema carpocapsae* W. y *Heterorabditis bacteriofora* P., para combatir al minador de hoja (*Tuta absoluta* M.) en el cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en campo, obtuvieron una incidencia final de 30.14 y 20.56% respectivamente para cada uno de los microorganismos en estudio, mientras que el testigo presentó una afectación final de 64%. Estos resultados, al igual que los obtenidos en esta investigación presentaron un menor porcentaje de incidencia durante el desarrollo del cultivo a diferencia del testigo, demostrando la eficacia de los nematodos entomopatógenos para disminuir el daño por galería hasta en más de un 50% del minador de hoja en los diferentes cultivos.

La severidad de este insecto plaga de la misma manera fue inferior en los tratamientos en lo que se utilizó nematodos entomopatógenos como controladores biológicos, como lo demuestra Harris (1990) en su estudio sobre la supresión de *Liriomyza trifolii* B. con aplicaciones foliares de *Steinernema carpocapsae* W. en invernadero, donde obtuvo un porcentaje de severidad por galería de 1.3% con el uso de nematodos entomopatógenos, mientras que el testigo presentó el doble de severidad con 3% de afectación. En esta investigación por su parte, el uso de estos microorganismos benéficos mostró un porcentaje de severidad aproximadamente de 1.22%, mientras que el testigo (sin aplicación) obtuvo mayor afectación con 2.35%, evidenciando en

ambas investigaciones que el uso de nematodos entomopatógenos ayuda a mantener porcentajes de daño muy bajos en comparación con el testigo.

4.3 Incidencia por gusano cogollero

Para la variable incidencia de gusano cogollero se realizó la prueba de Friedman de datos no paramétricos, mostrando que existe interacción entre los días después de la siembra y los diferentes tratamientos en estudio ($T^2=6.84$; $p<0.0001$).

En la Figura 18 se observa que el porcentaje de incidencia a los 15 días después de la siembra es bajo, al presentar 2.2% para T1 y 6.11% para T5, los demás tratamientos se encuentran dentro del rango mencionado anteriormente.

Para los 30 días T3 presenta un significativo incremento con 7.77% más que en la toma anterior, sin embargo, a partir de esta fecha hay una disminución progresiva hasta finalizar el ciclo del cultivo con 4.44%, evidenciando la acción benéfica del uso de *S. feltiae* F. + F2 contra esta plaga. T5 de la misma manera aumenta en 2.22% más su porcentaje de incidencia, los demás tratamientos presentan resultados similares.

A los 45 días después de la siembra, T5 presenta un alto incremento con 10% más que en la fecha anterior, a partir de aquí su porcentaje de incidencia empieza a descender hasta los 90 días, esto ocurre debido a la aplicación de Diflubenzuron + Lambdacihalotrina. Los demás tratamientos presentan resultados similares con 7.96% menos de incidencia que el tratamiento más afectado (T5).

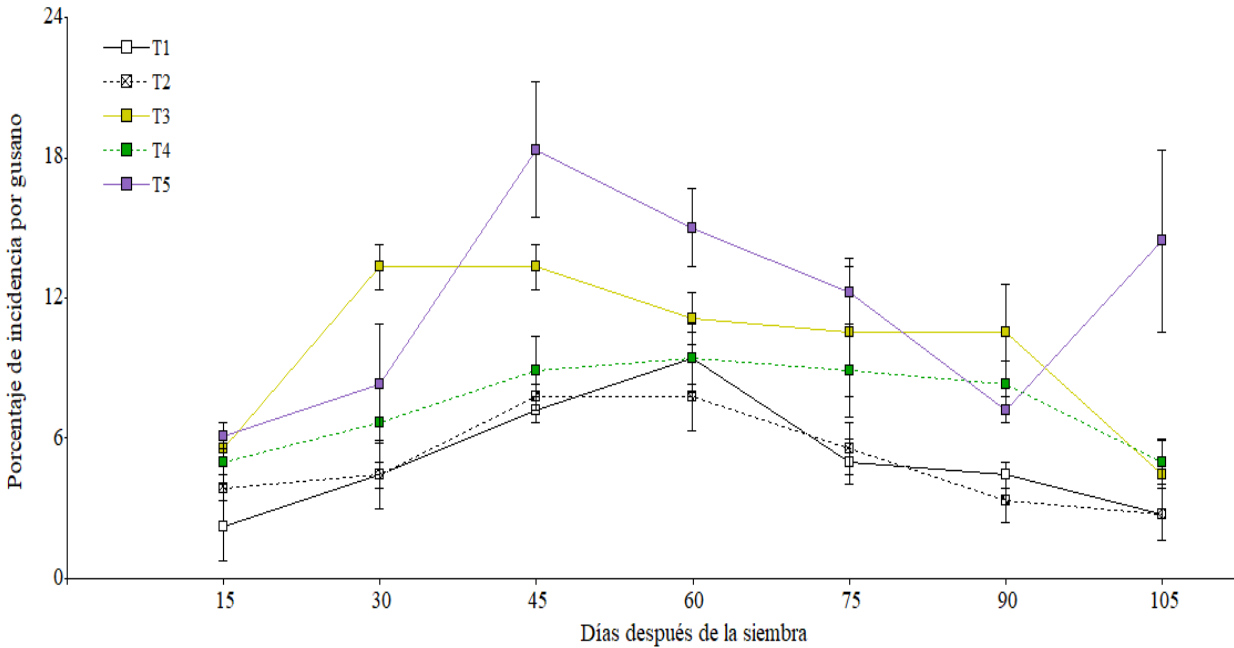
Para los 60 días T4, T2 y T1 presentan su pico máximo de incidencia con 9.44, 9.44 y 7.78% respectivamente, después de esta fecha todos los tratamientos disminuyen su afectación hasta finalizar su ciclo del cultivo.

Al finalizar el ciclo del cultivo a los 105 días, todos los tratamientos en los que se utilizó nematodos entomopatógenos como controladores biológicos, presentaron resultados similares con un bajo porcentaje de incidencia entre 2.78 y 5%, a diferencia del T5 que mostró aproximadamente 10% más de incidencia de este insecto.

Los tratamientos que presentaron menor porcentaje de incidencia durante todo el ciclo del cultivo fueron T1 (*S. feltiae* F. + F1) y T2 (*S. carpocapsae* W. + F1), con aproximadamente 5%, a diferencia de T5 que fue el tratamiento más afectado con 11.66%. Sin embargo, todos los tratamientos en los que se usaron nematodos entomopatógenos presentaron disminución en su incidencia a partir de los 60 días.

Figura 18

Porcentaje de incidencia por gusano cogollero



Los resultados obtenidos en esta investigación son similares a los presentados por Vargas (2021), quien evaluó el uso de *S. Carpocapsae* W. para el manejo del gusano cogollero del maíz con una dosis de 250 millones de nematodos/m², obteniendo una incidencia 32.25% al finalizar el ciclo del cultivo, mientras que el testigo presentó un porcentaje de incidencia superior con 45.75%. En esta investigación por su parte, se utilizó una dosis más baja con 100 000 nematodos/m² y se encontraron valores menores de incidencia con 5.08% para *S. carpocapsae* W. + F1 y 7.46% para *S. carpocapsae* W.+ F2, a diferencia de T5 que presentó mayor incidencia con 11.66% al finalizar el ciclo del cultivo, ambas investigaciones muestran la efectividad de este nematodo entomopatógeno para mantener porcentajes bajos de incidencia en esta plaga en diferentes dosis.

De la misma manera, Saltos (2021) comprueba el efecto positivo del uso de estos microorganismos benéficos, al presentar en su investigación sobre la evaluación de nematodos entomopatógenos para el manejo del gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda* W.), que la incidencia de este insecto durante todo el cultivo de cultivo fue de 10% utilizando una dosis de 75 000 infectivos juveniles/m², mientras que el tratamiento control, donde se utilizó únicamente agua, tuvo un porcentaje de 57.50% de incidencia, este estudio corrobora con lo presentado en esta investigación, en donde todos los tratamientos en donde se aplicaron nematodos entomopatógenos presentaron un porcentaje menor al 9% de incidencia aplicando una dosis de 100 000 infectivos juveniles/m², evidenciando que las diferentes dosis presentadas en estos estudios, permiten mantener bajos porcentajes de incidencia durante el ciclo de cultivo.

4.4 Severidad por gusano cogollero

En la Tabla 8 se observa que el análisis de varianza para la variable severidad por gusano muestra que si existe interacción entre los factores días después de la siembra y tratamientos en estudio ($F= 7.53$; $gl= 24$; $p<0.0001$).

Tabla 8

Análisis de varianza de la severidad de daño por gusano

Fuente de Variación	Grados de libertad	Grados de libertad del error	F-value	p-value
dds	6	68	50.41	<0,0001
tratamiento	4	68	19.23	<0,0001
dds:tratamiento	24	68	7.35	<0,0001

La Figura 19 muestra que el porcentaje de severidad por gusano a los 15 días después de la siembra es similar en todos los tratamientos; a los 30 días el T3 presentó mayor porcentaje con 5.56% más que en la fecha anterior, y 5.48% más que los otros tratamientos, en los que se obtuvo resultados similares.

A los 45 días el T5 incrementa su porcentaje de severidad, llegando a presentar 5% más que en la toma anterior, de la misma manera T3 aumenta su severidad y llega a su pico máximo, obteniendo 7.96%. Los demás tratamientos para esta fecha presentan resultados inferiores similares con 5.14% menos que el tratamiento con más afectación (T3). A partir de esta fecha T3 disminuye constantemente su severidad por gusano hasta finalizar el ciclo del cultivo, indicando la acción de los nematodos entomopatógenos al parasitar esta plaga y disminuir su porcentaje de daño.

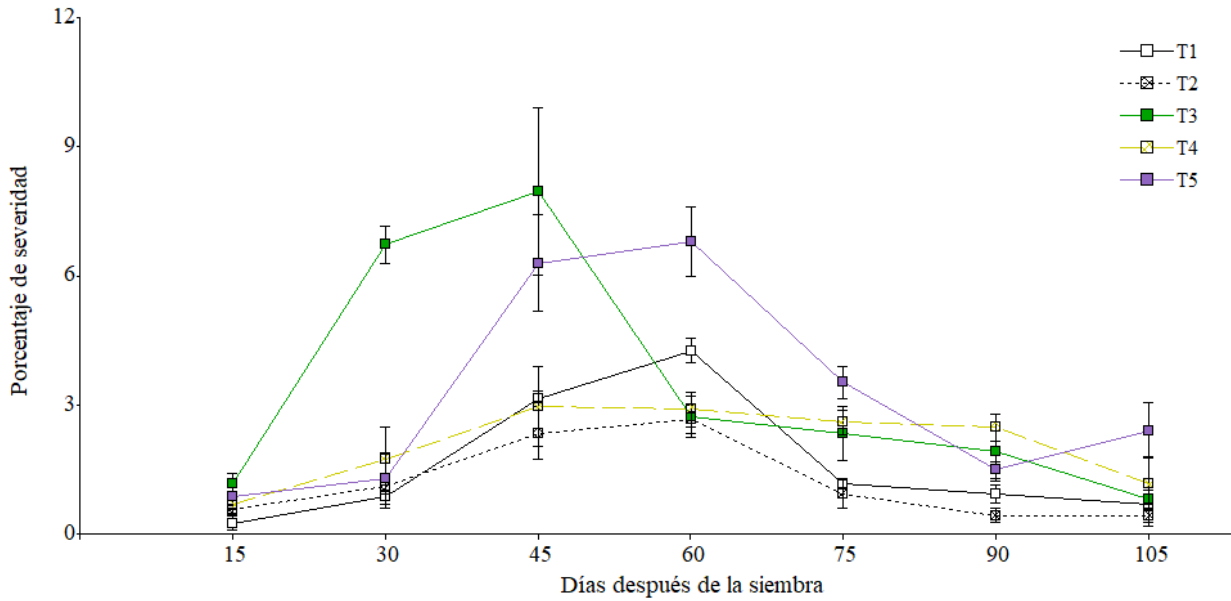
Para los 60 días después de la siembra T5 llega a su pico máximo con 6.79%, marcando una diferencia entre T1, que también aumento su porcentaje de severidad con 1% en relación con la fecha anterior. El T5 obtuvo 2.53% más de afectación por gusano que T1 para estos días. Los demás tratamientos se mantienen en una severidad 2.75%.

A partir de los 60 días después de la siembra se evidencia una disminución del porcentaje de severidad por gusano en todos los tratamientos hasta finalizar su ciclo de cultivo a los 105 días, lo que nos indica la acción de los nematodos entomopatógenos tanto *S. carpocapsae* W. como *S. feltiae* F. en el control de gusano. T5 finaliza su ciclo con el mayor porcentaje de severidad con 2.41%.

Los tratamientos en los que se utilizó *S. feltiae* F. en sus diferentes frecuencias de aplicación, presentaron picos más altos de severidad, sin embargo, luego se observó una evidente disminución en su porcentaje debido al uso de estos microorganismos benéficos.

Figura 19

Porcentaje de severidad por gusano cogollero



Saltos (2021) en su investigación obtuvo un porcentaje de severidad de 7.78% en el tratamiento en el que usó nematodos entomopatógenos como controladores del gusano cogollero de maíz a una dosis de 75 000 infectivos juveniles/m², mientras que en control (solo agua) obtuvo una severidad de 38.33%, estos resultados son similares a los presentados en este estudio, en donde con el uso de nematodos entomopatógenos, se obtuvo severidades entre 1.2 y 2% en los distintos tratamientos con una dosis de 100 000 infectivos juveniles/m², a diferencia del testigo (T5) que presentó 3.23% de afectación. Ambos estudios demuestran el efecto positivo de estos microorganismos al disminuir la severidad de gusano, esto se debe a que los nematodos entomopatógenos parasitan a sus huéspedes, causándoles la muerte y evitándoles realizar daños más grandes.

De la misma manera, Tomar et al. (2022) en su investigación donde evaluó la infectividad de nematodos entomopatógenos contra la oruga de la mariposa de la col (*Pieris brassicae* L.) en invernaderos, obtuvo un porcentaje de severidad del 100% con el control (agua), mientras que con el uso de este microorganismo benéfico la afectación fue de 48.4%, teniendo una reducción de aproximadamente 50% en el porcentaje de daño, concordando con los resultados obtenidos en este estudio, donde con la aplicación de nematodos entomopatógenos de la misma manera se encontró una disminución de aproximadamente el 50% de severidad.

4.5 Dinámica poblacional

El monitoreo para la evaluación de esta variable se realizó de manera indirecta, utilizando trampas acrílicas amarillas para cuantificar la dinámica poblacional de insectos en el cultivo de *lisanthus* desde los 21 días hasta los 96.

4.5.1 Dinámica poblacional de minador de hoja (*Lyriomiza huidobrensis* B.)

Los resultados del análisis de varianza de datos no paramétricos (Friedman) para la variable dinámica poblacional de minador de hoja, indican que existe una interacción ($T^2 = 95.13$; $p < 0.001$) entre los factores días después de la siembra y los tratamientos en estudio (Anexo 5).

En la Figura 20 se observa que todos los tratamientos presentan un aumento progresivo en su dinámica poblacional hasta los 66 días, T1 aumenta de 1 insecto/trampa a 19 minadores; T2 por su parte de 1 minador a 9 insectos/trampa, de la misma T3 incrementa su población de 8 insectos/trampa a 50, finalmente T4 pasa de 5 minadores/trampa a 40. T5 por su parte presenta mayor fluctuación en su población pasando de 5 insectos trampa a los 21 días a 92 minadores a los 81 días.

Lo que evidencia que el uso de nematodos entomopatógenos en sus diferentes frecuencias de aplicación no controla en su totalidad al insecto plaga ya que su presencia en las trampas no disminuye con el paso del tiempo, sin embargo, su uso ayuda a mantener una población baja del minador de hoja.

A los 81 días después de la siembra los tratamientos presentan una disminución en las trampas, esto se debe a la aplicación de Spinosad a los 75 días, T5 por su parte incrementó su población con 51 minadores/trampa más que la fecha anterior. Lo que indica que el uso de microorganismos benéficos, junto con insecticidas químicos, permite mantener niveles bajos de este insecto plaga.

Finalmente, a los 96 días después de la siembra T5 disminuye su población con 24 insectos menos que en la toma de datos anterior, los demás tratamientos presentan un leve incremento de su presencia en las trampas.

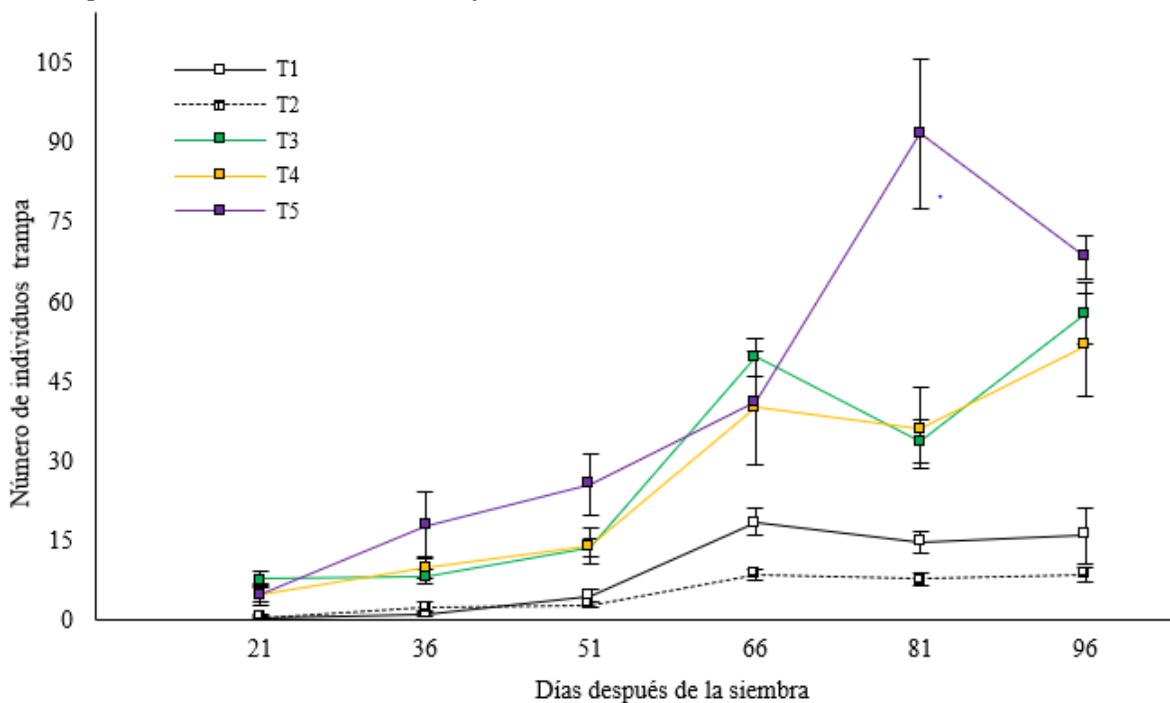
El T1 (*S. feltiae* F.+ F1) y T2 (*S. carpocapsae* W. + F1) tuvieron menor cantidad de minadores por trampa durante todo el ciclo del cultivo, sin embargo, T2 obtuvo la más baja fluctuación de insectos, esto se debe a que estos microorganismos (*S. carpocapsae* W.) se adaptan y desarrollan mejor en climas cálidos (invernaderos).

Willians y Walters (2000) en su investigación sobre la aplicación de nematodos entomopatógenos contra minadores de hojas (*Liriomyza huidobrensis* B.) en hortalizas,

encontraron que la aplicación de estos microorganismos benéficos ayuda a mantener poblaciones bajas de este insecto plaga, al ocasionar altos índices de mortalidad en larvas con 75.6% en dos aplicaciones de nematodos, evitando que el minador complete su ciclo biológico y que haya emergencia de adultos (Sabino et al., 2018). Debido a los altos índices de mortalidad que ocasiona la aplicación de nematos entomopatógenos, en esta investigación se puede evidenciar las bajas poblaciones de adultos que se obtuvieron a lo largo del ciclo del cultivo a diferencia del testigo.

Figura 20

Dinámica poblacional de minador de hoja



C.V: 120.32

Gözel y Kasap (2015) en su investigación sobre el uso de nematodos entomopatógenos contra el minador del tomate (*Tuta absoluta* M.) en campo, obtuvo que al realizar tres aplicaciones de estos microorganismos (uno semanal) el índice de mortalidad en larvas para *S. feltiae* F. fue de 90%, mientras que para *S. carpocapsae* W. fue de 43.7%, obteniendo menor población de adultos con la aplicación de *S. feltiae* F., estos resultados son diferentes con los presentados en esta investigación, en la cual al realizar dos aplicaciones de nematodos entomopatógenos se obtuvieron índices de mortalidad similares, tanto con la aplicación de *S. carpocapsae* W. + F1, como con la de *S. feltiae* F. + F1, presentando por consiguiente menor emergencia de insectos y menor cantidad de adultos en las trampas; esto puede deberse a la temperatura en la que se realizó esta investigación, donde destaca *S. carpocapsae* W. quien presentó menor número de insectos trampa durante todo la evaluación, es decir mayor índice de

mortalidad, ya que este microorganismo en especial se adapta mejor a las condiciones de invernadero como en las que se realizó esta investigación.

De la misma manera Aimani et al. (2021) muestran el efecto positivo de la aplicación de nematodos entomopatógenos para reducir la población de minadores adultos en los cultivos, indicando que al aplicar una dosis de 400 000 infectivos juveniles/m² obtuvieron una mortalidad de larvas del minador del tomate (*Tuta absoluta* M.) de hasta un 60%, estos resultados confirman el potencial de estos microorganismos benéficos en la reducción de la emergencia de nuevos adultos que continúen afectando al cultivo en las dos investigaciones.

4.5.2 Dinámica poblacional de mosca tigre (*Coenosia. attenuata* S.)

Para la variable dinámica población de mosca tigre se realizó el análisis de varianza de datos no paramétricos de Friedman (Anexo 6), lo cual indica que existe interacción ($T^2 = 95.13$; $p < 0.0001$) entre los días después de la siembra y los tratamientos en estudio.

En la Figura 21 se observa que la población inicial de mosca tigre es baja, donde T1 presentó mayor número de individuos con 39 insectos/trampas, mientras que T4 tuvo apenas 7 moscas/trampa. Sin embargo, la población de mosca tigre en todos los tratamientos presentó un potencial incremento hasta los 66 días después de la siembra, teniendo que T4 aumentó 20 veces más en comparación a su valor inicial, de la misma manera T3 incrementó 10 veces más que lo contabilizado a los 21 días.

Estos resultados nos señalan que el uso de nematodos entomopatógenos en sus diferentes frecuencias de aplicación, no tuvieron efecto en la población de insectos benéficos. De la misma manera Georgis et al. (1991) en su investigación sobre la evaluación de nematodos entomopatógenos en predadores no objetivo en campo, indican que estos microorganismos que habían eliminado significativamente la población de diferentes insectos plaga, no presentó afectaciones negativas en el número de depredadores no objetivo en comparación con el control (sin aplicaciones). Además, el control químico realizado a través de insecticidas, ocasiono la reducción significativa en poblaciones de depredadores no objetivo.

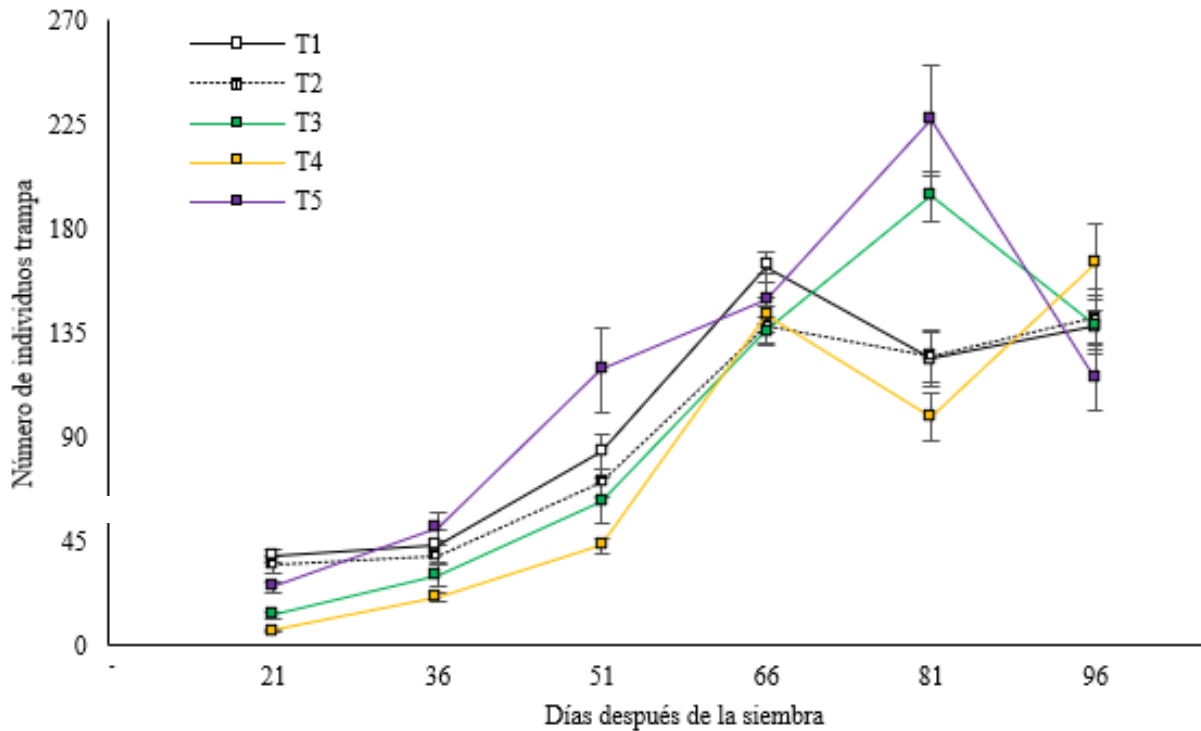
Para los 81 días, existe una disminución de la población de este insecto benéfico en los tratamientos T1, T2 y T4; con 40, 13 y 44 moscas tigres/trampa respectivamente menos que en la toma de datos anterior, esto se debe a la aplicación de Spinosad a los 75 días, que tuvo un efecto negativo en estos individuos, a pesar de esto, T5 y T3 incrementaron su población para esta fecha teniendo 77 y 58 moscas tigres/trampa más que a los 66 días.

Finalmente, a los 96 días se observa un considerable descenso en la población de mosca tigre en las trampas amarillas, T5 fue el tratamiento que presentó menor cantidad insectos

benéficos con 112 insectos menos que en la fecha anterior, de la misma manera T3 disminuyó con 56 moscas tigres/trampa menos. T4 aumento con 67 insectos/trampa más que en la toma de datos anterior y fue el tratamiento que presentó más población de insectos al finalizar el ciclo del cultivo, T1 y T2 por su parte finalizaron con un leve incremento en su población.

Figura 21

Dinámica poblacional de mosca tigre



C.V: 120.32

De la misma manera, Garriga et al. (2014), en su investigación sobre la compatibilidad de nematodos entomopatógenos con enemigos naturales para el control de plagas, después de haber realizado aplicaciones foliares de *S. carpocapsae* W. en plantas de tomate, no encontró efecto sobre la supervivencia de enemigos naturales, indicando que los depredadores tuvieron una supervivencia de aproximadamente 82% en el control (agua) y superior al 84% con la aplicación de los nematodos, así mismo, en especies de parasitoides la supervivencia fue de 78% en el control y de 73% en el tratamiento con NEPs, concluyendo que estos microorganismos benéficos presentan baja mortalidad y se consideran inofensivos para los enemigos naturales evaluados, concordando con los resultados de esta investigación, en la que el uso los diferentes nematodos entomopatógenos no disminuyó la población de mosca tigre presenta en la finca, mostrando un aumento progresivo durante todo el desarrollo del cultivo.

4.5.3 Dinámica poblacional fungus gnat (*Bradysia difformis*)

Para la variable dinámica población al de fungus gnat se realizó la prueba de Friedman de datos no paramétricos, mostrando que existe interacción entre los días después de la siembra y los diferentes tratamientos en estudio ($T^2=95.13$; $p<0.0001$).

En la Figura 22 se observa que al inicio del cultivo la presencia de este insecto en las trampas amarillas fue muy alta, T3 presentó 221 insectos/trampa siendo la población más alta y superando con 63 fungus gnat/trampa a T4, de la misma manera T3 mostró 149 individuos/trampa más que T5. Los tratamientos T1 y T2 tuvieron resultados similares con aproximadamente 48 insectos.

Los tratamientos T3 y T4 tuvieron un excelente control de fungus gnat, ya que a partir de los 21 días la fluctuación de esta plaga fue disminuyendo aceleradamente hasta terminar su ciclo del cultivo con 30 y 15 insectos/trampa respectivamente, evidenciando que el uso de nematodos entomopatógenos en la frecuencia de aplicación F2, es efectiva para el control de este insecto plaga en estas condiciones.

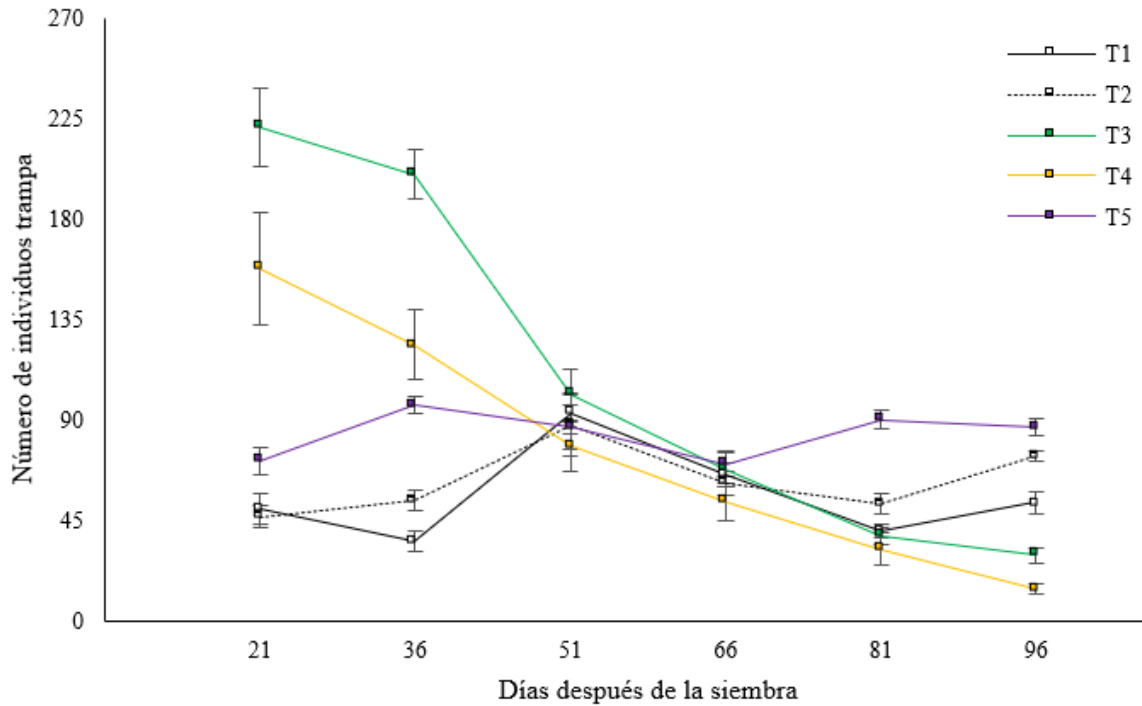
A los 36 días se evidenció un leve aumento en T5 con 25 fungus gnat/trampa más que en la fecha anterior, de la misma manera T2 incrementó con 7 insecto más. El T1 por su parte disminuyó 14 individuos menos que en la toma de datos anterior.

A los 51 días T1, T2 y T5, presentaron resultados similares con aproximadamente 89 fungus gnat/trampa. A partir de esta fecha T1 y T2 disminuyen su población hasta los 81 días, T5 por su parte presentó mayor número de insectos por trampa con 45 individuos más que T1 y T2. Al finalizar el ciclo del cultivo, a los 96 días el T5 tuvo mayor cantidad de fungus gnat con 87 insectos/trampa, siendo superior con 14 insectos más que el T2 y 34 fungus gnat más que T1.

Jagdale et al. (2007) por su parte, obtuvo que al aplicar nematodos entomopatógenos a una dosis de 125 000 infectivos juveniles/m² como controlador del *Bradysia difformis*, la población de este insecto presente en trampas amarillas durante todo el ciclo del cultivo fue de aproximadamente 15 insectos/trampa, mientras que el control presentó 21 insectos/trampa, esto concuerda con lo obtenido en esta investigación en donde al aplicar 100 000 infectivos juveniles/m², los tratamientos T1 y T2 tuvieron un promedio durante todo el ciclo del cultivo de 56 y 62 insectos/trampa respectivamente, a diferencia de T5 que presentó aproximadamente 84 fungus gnat/trampa, observando que el uso de nematodos entomopatógenos en las dos investigaciones permite tener menor población presente de adultos en trampas acrílicas amarillas en comparación con el testigo. Sin embargo, los tratamientos T3 y T4 presentaron un mayor control durante todo el desarrollo del cultivo, esto puede deberse a la frecuencia de aplicación utilizada en estos tratamientos, al interferir el ciclo biológico de esta plaga.

Figura 22

Dinámica poblacional de fungus gnat



De la misma manera Rejendra et al. (2019) demuestran en su investigación que el uso de nematodos entomopatógenos disminuye la población de *Bradysia*, al causar altos índices de mortalidad, provocando una disminución del 68% de este insecto plaga, concordando con los resultados obtenidos en esta investigación, al presentar una reducción del 86% en T3 y de 90% en T4.

4.6 Rendimiento a la cosecha

El análisis de varianza (Tabla 9) indica que si existe diferencias significativas entre los distintos tratamientos con respecto a la variable rendimiento (tallos/m²) (F=8.05; gl=4,8; p=0.0066) (Anexo 7).

Tabla 9

Análisis de varianza del rendimiento por m² en la producción de lisianthus

Fuente de Variación	Grados de libertad	Grados de libertad del error	F-value	p-value
tratamiento	4	8	8.05	0.0066

CV: 6.80

En la Figura 23 se observa que T4 (*S. carpocapsae* W. + F2) presentó mayor rendimiento con 10 tallos/m² más que el tratamiento cinco (testigo), que fue el que menor rendimiento obtuvo.

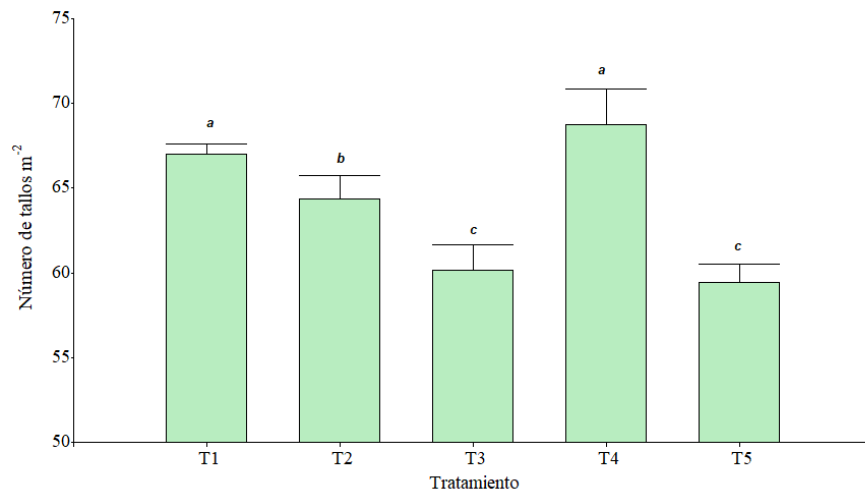
El T1 no presentó diferencias estadísticas significativas en relación con T4, siendo inferior con apenas 2 tallos/m². T2 por su parte obtuvo 5 tallos menos que T4, por otro lado, T3 y T5 no presentaron diferencias significativas, dándonos un rendimiento final por m² de 59 tallos para estos tratamientos.

Esto se debe a que existió un mejor control con el uso de nematodos entomopatógenos, que evitó que el minador de hoja mantuviera poblaciones altas y afectara el desarrollo del cultivo, teniendo que el tratamiento T1, T2 y T4 tuvieron menor fluctuación de este insecto durante todo el ciclo del cultivo, por lo tanto, menos afectación y mayor rendimiento. De la misma manera en la severidad por puntos de ovoposición y alimentación, los tratamientos mencionados anteriormente en las últimas semanas obtuvieron un daño muy bajo, no superior a 1 punto/planta. Finalmente, en la severidad por galería los tres tratamientos presentaron resultados similares con 1.72 % de severidad, a diferencia del T5 que obtuvo 5.93% al finalizar el ciclo.

La calidad del tallo también fue evaluada en esta investigación, en donde se tomaron en cuenta parámetros como largo del tallo y número de botones florales, donde se obtuvo que T4 (*S. carpocapsae* W. + F2) presentó la mejor calidad, con 82 cm de largo y 4 botones óptimos, a diferencia del T5 que tuvo 66 cm de largo y 2 botones, estos resultados positivos se deben a la acción de los nematodos como controladores biológicos, al interferir en el ciclo biológico de los insectos plaga, evitando que causen grandes afectaciones, en las que se retrase su crecimiento, adecuado desarrollo y que ocasione la pérdida de la calidad del cultivo.

Figura 23

Rendimiento de tallos/m² con la aplicación de los distintos tratamientos



El uso de nematodos entomopatógenos (NEPs) como controladores biológicos de plagas permite tener un mayor rendimiento productivo en los diferentes cultivos, como lo demuestra Valdés et al. (2005) en su investigación, quienes al utilizar estos microorganismos benéficos para el control de insectos plaga en el cultivo de pepino obtuvieron 27.79% más de rendimiento en comparación con el testigo, de la misma manera en este estudio, al aplicar NEPs se consiguió 15% más de flores por metro cuadrado. Así mismo, Chávez y Hurtado (2010) en su evaluación mostraron que existe mayor rendimiento en los cultivos en los que se utilizaron los NEPs debido a que se obtuvo menor pérdida en la producción al disminuir el ataque de estos agentes plaga en las plantas y presentar rendimientos superiores en 54%, 68% y 17% en cultivos de brócoli, coliflor y repollo respectivamente, en comparación al testigo.

4.7 Presencia de nematodos entomopatógenos en el suelo

El análisis de las tablas de contingencia indica que existe una asociación entre los días después de la siembra y los diferentes tratamientos ($p=0.0004$) (Tabla 10), lo que significa que los tratamientos tuvieron efecto en la presencia de nematos a lo largo del tiempo.

Tabla 10

Tabla de contingencia para la variable presencia de nematodos en el suelo

Estadístico	Valor	gl	p
Chi Cuadrado Pearson	30.00	9	0.0004
Chi Cuadrado MV-G2	40.38	9	<0.0001

En la Tabla 11 se muestran los resultados de la presencia de nematodos entomopatógenos en el suelo, donde se evidencia que para los 49 días después de la siembra todos los tratamientos donde se aplicaron nematodos entomopatógenos (T1, T2, T3, T4) continuaron con su población en la tierra, esto debido a que el suelo tenía las condiciones adecuadas de humedad para la supervivencia de estos microorganismos.

Tabla 11

Presencia de nematodos entomopatógenos en el suelo

Tratamientos	Días			
	49		98	
	SI	NO	SI	NO
T1	x			x
T2	x			x
T3	x			x
T4	x			x
T5		x		x

En los 98 días después de la siembra, ninguno de los tratamientos en estudio presentó nematodos entomopatógenos en sus muestras, esto se debe a la incompatibilidad de algunos fungicidas químicos utilizados para el control de enfermedades con estos microorganismos, lo que ocasionó la muerte de los nematodos entomopatógenos. Estos resultados concuerdan con los presentados por Laznik et al. (2012) en su investigación, donde al comprobar la compatibilidad de nematodos entomopatógenos con fungicidas químicos obtuvo que Metalaxil-Mancozeb (utilizado en la finca para el control de vellosos) ocasionaron la reducción del 79% de *S. feltiae* F. y 50% de *S. carpocapsae* W. a 20°C, mostrando la disminución de la población de estos microorganismos benéficos en más de un 50%.

De la misma manera, Özdemir et al. (2020) en su investigación, probaron la compatibilidad de nematodos entomopatógenos con fungicidas químicos, obteniendo como resultado que los ingredientes activos Dimetomorf y Difenconazole produjeron una mortalidad de 30.58 y 40.39% respectivamente de infectivos juveniles del género *Steinernema*, estos compuestos químicos fueron utilizados en la finca para el control de enfermedades, lo que ocasionado una reducción en la población de los microorganismos benéficos en estudio y redujo los niveles de control de los mismos.

Es importante tener en cuenta los factores que influyen en la actividad parasitaria de los nematodos entomopatógenos para lograr un óptimo control y supervivencia de estos microorganismos, entre los principales se señala la temperatura adecuada, además de la humedad, condiciones ambientales, métodos de aplicación, dosis en campo, volumen de riego, entre otros (Georgis et al., 2006).

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La investigación indica que la aplicación de nematodos entomopatógenos permite mantener niveles bajos tanto en incidencia como en severidad de minador de hoja por galería, mostrando que los tratamientos de *S. feltiae* F. y *S. carpocapsae* W. en la semana 3 y 4, obtuvieron una disminución de aproximadamente 50% con respecto al testigo, esto se debe a que estos microorganismos parasitan a las larvas y causan su muerte, evidenciando su eficacia para el control de plagas en el cultivo de lisianthus.

La incidencia y severidad en forma de puntos de ovoposición y alimentación de la misma manera fue menor con el uso de nematodos entomopatógenos en todos los tratamientos, sin embargo, el tratamiento de *S. feltiae* F. aplicado en la semana 3 y 4 mostró mejores resultados, presentando un porcentaje de incidencia de 1.43 % y 0.32 posturas/planta de severidad (grado bajo), a diferencia del testigo que presentó más daño con 8.17 % de incidencia y 1.93 puntos/planta de severidad (grado bajo), concluyendo que el uso de nematodos entomopatógenos permite mantener niveles bajos de daño en el follaje del cultivo de lisianthus.

Se puede evidenciar en esta investigación que existió menor cantidad de minadores/trampa durante todo ciclo del cultivo en los tratamientos en los que se utilizó nematodos entomopatógenos como controladores biológicos, esto se debe al efecto positivo que se obtiene al tener una combinación de dos tipos de agentes benéficos en la producción de lisianthus, logrando mantener en niveles más bajos las poblaciones de insectos plaga.

El uso de nematodos entomopatógenos para el control de plagas en estas condiciones no tiene efecto sobre mosca tigre (insecto benéfico presente en la finca), debido a que su población siempre estuvo en constante aumento, esto puede ser, debido a los mecanismos de defensa de este insecto benéfico contra los nematodos o a barreras fisiológicas como el sistema inmunológico que podría interferir con la infección.

Los tratamientos de *S. feltiae* F. en la semana 3 y 4, y *S. carpocapsae* W. en la semana 4 y 6 presentaron el mayor rendimiento productivo al finalizar el ciclo del cultivo, superando con 10 tallos/m² al tratamiento testigo, esto posiblemente está relacionado con el uso de microorganismos benéficos, que limitó que el minador de hoja mantuviera poblaciones altas y afectara el desarrollo del cultivo.

5.2 Recomendaciones

Realizar aplicaciones continuas de nematodos entomopatógenos, mínimo una vez al mes, en la misma dosis aplicada en esta investigación, con la finalidad de mantener una población constante en el suelo de este microorganismo, durante todo el ciclo del cultivo de lisianthus, debido a que, por factores climáticos o de manejo su presencia se ve reducida.

Verificar la compatibilidad de fungicidas químicos con nematodos entomopatógenos, mediante los estudios preliminares realizados por la empresa KOOPERT (distribuidora de los productos), con el objetivo de evitar una disminución en la población de estos microorganismos benéficos, garantizando de esta manera, su supervivencia en el suelo y por consiguiente un constante control biológico de plagas.

V. REFERENCIAS

- Acosta, N. y Cave, R. (1994). Inventario de los parasitoides de *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) en la región sur de Honduras . NurisM. *Revista de Biología Tropical*, 42(1), 203–218.
- Aimani, A., Mokriani, F., Houari, A., Laasli, S., Mentag, R., Iraqui, D., Udupa, S., Dabatat, A. y Lahlali, R. (2021). Potential of indigenous entomopathogenic nematodes for controlling tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) under laboratory and field conditions in Morocco. *Patología fisiológica y molecular de plantas*, 116 (1). 1-7. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0885576521001119>
- Agencia Ecuatoriana de Aseguramiento de la Calidad del Agro. AGROCALIDAD. (2013). Instructivo de la Normativa General para Promover y Regular la Producción Orgánica-Ecológica-Biológica en Ecuador. *Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca*, 1–80.
- Asociación Nacional de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador [EXPOFLORES]. (2012). Flores de Verano. *La Flor*, 68(1).
- Asociación Nacional de Productores y Exportadores de Flores del Ecuador [EXPOFLORES]. (2016). *Ensayo para medir el efecto de leche en control de minador (Liriomyza sp.), en gerbera*. <http://expofloresflorecuador.blogspot.com/2016/05/ensayo-para-medir-el-efecto-de-leche-en.html>
- Broadbent, A. B. y Olthof, T. H. (1995). Foliar application of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) to control *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) larvae in chrysanthemums. *Environmental Entomology*, 24(2), 431–435.
- Buenahora, J., Rodríguez, A. y Giambiasi, M. (2020). La “Mosca tigre”, *Coenosia attenuata* , un depredador en los invernaderos del norte de Uruguay. *INIA*, 62(1), 91–94.
- Campos, R., Díez, I. y Blanco, R. (2020). Nematodos entomopatógenos en el control biológico de ácaros e insectos. *Cuaderno de Campo*, 54(1), 34-39. https://www.researchgate.net/publication/338792813_Nematodos_entomopatogenos_en_el_control_biologico_de_acaros_e_insectos
- Capinera, J. L. (2001). Vegetable Leafminer, *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae). *University of Florida*, 1–5. <https://growables.com/informationVeg/documents/Vegetableleafminer.pdf>
- Caraballo, M. y Guharay, F. (Ed.).(2004). *Control biológico de plagas agrícolas*. (1.ª ed.). Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Cazar, M., Villena, P., Parra, J., Espinoza, V., Larriva, G. y Caldas, A. (2014). Eficacia de extracto etanólico de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en el control de *Alternaria* sp . en cultivos de col y patata. *MASKANA*, 5(1), 33–41.
- Chacón, A. (2012). *Evaluación de la efectividad de nemátodos entomopatógenos para el control biológico del gusano blanco de la papa (Premnotrypes vorax Hustache), (Coleoptera:Curculionidae)*[Tesis de grado, Universidad Técnica de Babayo]. <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/122/T-UTB-FACIAG-AGR-000031.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- Chavéz, G. y Hurtado, R. (2010). *El manejo integrado de Plutella xylostella en brócoli, coliflor y repollo con combinaciones selectas de microtúneles, nematodo entomopatógeno, refugios, y el insecticida Rynaxypyr en Zamorano, Honduras*. [Tesis de grado, Universidad de Zamorano]. <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/635>

- Ebssa, L., Borgemeister, C. y Poehling, H. M. (2004). Effectiveness of different species/strains of entomopathogenic nematodes for control of western flower thrips (*Frankliniella occidentalis*) at various concentrations, host densities, and temperatures. *Biological Control*, 29(1), 145–154.
- Fimbres, G. y Flores, Y. (2016). Potencialidad y retos del uso de nematodos entomopatógenos para el control biológico de plagas. I: Control biológico mediante una asociación simbiótica. *Invurnus*, 11(1), 27–36.
- Foschi, L. (2008). *Lisianthus. Estoma grandiflorum*. [Diapositivas de PowerPoint]. Universidad Nacional de Cuyo. <https://es.scribd.com/document/265431460/Lisianthus>
- France, A. (2013). *Uso de nematodos entomopatógenos para el control de insectos*. Boletín Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38793.pdf>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Urcuquí, (2020). *Parroquia de Urcuquí*. <https://www.uruqui.gob.ec/ubicacion-geografica/>
- Georgis, R., Kaya, H. y Gaugler, R. (1991). Effect of *Steinernematid* and *Heterorhahditid* nematodes (Rhabditida: *Steinernematidae* and *Heterorhahditidae*) on nontarget arthropods, *Environmental Entomology*, 20(3), 815-822. <https://doi.org/10.1093/ee/20.3.815>
- Georgis, R., Koppenhöfer, A., Lacey, G., Bélair, L., Grewal, M., Samish, L. y Tan, P. (2006). Successes and failures in the use of parasitic nematodes for pest control. *Control Biológico*, 38(1), 103-123. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2005.11.005>
- Garriga, A., Morton A., García-López, D. y García-del-Pino, F. (2019). Compatibility of entomopathogenic nematodes with natural enemies for horticultural pest control. *Biological Control*, 138(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104050>
- Gözel, C. y Kasap, I. (2015). Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) in tomato field. *Turkiye Entomoloji Dergisi*, 39(3), 229-237. <http://dx.doi.org/10.16970/ted.84972>
- Harbaugh, B. K. (2007). *Lisianthus: Eustoma grandiflorum*. En A. Neil. *Flower Breeding and Genetics* (pp. 644–663). University of Minnesota
- Harris, M., Begley, J. y Warkentin, D. (1990). *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) suppression with foliar applications of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) and abamectin. *Journal of Economic Entomology*, 83(6), 2380–2384. <https://doi.org/10.1093/jee/83.6.2380>
- Hidalgo, J. (2017). *La situación actual de la sustitución de insumos agroquímicos por productos biológicos como estrategia en la producción agrícola: El sector florícola ecuatoriano*. [Tesis de posgrado, Universidad Andina Simón Bolívar]. <https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6095/1/T2562-MRI-Hidalgo-La%20situacion.pdf>
- Instituto para la innovación tecnológica en la agricultura [INTAGRI]. (2017). Estrategias de Control de Minadores en Tomate. *Artículos Técnicos de Intagri*, 97, 4. <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-prottegida/estrategias-de-control-de-minadores-en-tomate>
- Instituto Nacional de estadísticas y censos [INEC]. (2016). *Informe ambiental en la agricultura 2016*. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Encuestas_Ambientales/Informacion_ambiental_en_la_agricultura/2016/PRESENTACION_AGRO_AMBIENTE_2016.pdf

- Jagdale, G., Casey, M., Cañas, L. y Grewel, P. (2007). Effect of entomopathogenic nematode species, split application and potting medium on the control of the fungus gnat, *Bradysia difformis* (Diptera: Sciaridae), in the greenhouse at alternating cold and warm temperatures. *Biological Control*, 43(1), 23-30. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.03.013>
- Kamali, S., Karimi, J., y Koppenhöfer, A. (2017). New Insight into the management of the tomato leaf miner, *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) with entomopathogenic nematodes. *Journal of economic Entomology*, 111(1), 112-119. 10.1093/jee/tox332
- Kotan, R., Dadaso, F., Karagoz, K., Cakir, A., Ozer, H., Kordali, S., Cakmakci, R. y Dikbas, N. (2013). Antibacterial activity of the essential oil and extracts of *Satureja hortensis* against plant pathogenic bacteria and their potential use as seed disinfectants. *Scientia Horticulturae*, 153(1), 34–41. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.01.027>
- Laznik, Z., Vidrih, M. y Trdan, S. (2012). The effects of different fungicides on the viability of entomopathogenic nematodes *Steinernema feltiae* (Filipjev), *S. carpocapsae* Weiser, and *Heterorhabditis downsi* Stock, Griffin & Burnell (Nematoda: Rhabditida) under laboratory conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 72(1), 62-67. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392012000100010>
- LeBeck, L., Gaugler, R., Kaya, H., Hara, A. y Johnson, M. (1993). Host stage suitability of the leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) to the Entomopathogenic Nematode *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 62(1), 58–63. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0022201183710748>
- Ley orgánica del régimen de la soberanía alimentaria. (2010, 27 de diciembre). Constitución Política de la República del Ecuador. <https://www.soberaniaalimentaria.gob.ec/pacha/wp-content/uploads/2011/04/LORSA.pdf>
- López, A. (2004). Control biológico de insectos mediante nematodos entomopatógenos. En M. Caraballo y F. Guharay (Eds.), *Control biológico de plagas agrícolas* (Centro Agronómico de Investigaciones y Enseñanzas, pp. 74–88).
- Maldonado, B. y Contreras, M. (2005) *Lisianthus*. Manejo del cultivo. *Tierra Adentro*, 60 (1), 42-45. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6144>
- Mascarini, L. (2009). *Lisianthus: Eustoma grandiflorum* (Raf.) Shinnery. [Tesis de Maestría, Universidad de Buenos Aires]. <https://es.scribd.com/document/468987516/Cultivo-de-Lisianthus-para-corte-09>
- Melgares, J. (1996). El cultivo del lisianthus (II Parte). *Horticultura*, 114(1), 47–50.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE]. (1991). *El “Minador de las hojas” Liriomyza sp.* <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AV-1100.pdf>
- Mujica, N., Alvites, D., Carhuapoma, P. y Kroschel, J. (2016). Vegetable leafminer, *Liriomyza sativae* (Blanchard 1983). En J. Kroschel, N. Mujica, y P. Sporleder (Eds.), *Pest Distribution and Risk Atlas for Africa. Potential global and regional distribution and abundance of agricultural and horticultural pests and associated biocontrol agents under current and future climates* (pp. 126–138).
- Ndereyimana, A., Nyalala, S., Murerwa, P. y Gaidashova, S. (2020). Field efficacy of entomopathogens and plant extracts on *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) infesting tomato in Rwanda. *Crop Protection*, 134(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105183>

- Özdemir, E., Inak, E., Evilice, E. y Laznik, Z. (2020). Compatibility of entomopathogenic nematodes with pesticides registered in vegetable crops under laboratory conditions. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 127(4), 529-535. <https://doi.org/10.1007/s41348-020-00337-7>
- Pacheco, L., Martinez, R. y Padilla, V. (2019). Organismos entomopatógenos como control biológico en los sectores agropecuario y forestal de México: una revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(56), 1–32.
- Pacheco, R. y Barbona, E. (2017). Manual de uso seguro y responsable de agroquímicos en cultivos frutihortícolas. *Inta Ediciones*.
- PanAmerican Seed. (2005). *Lisianthus para flor de corte*. <https://www.yumpu.com/es/document/read/14239214/lisianthus-para-flor-de-corte-pan-american-seed-company>
- Paredes, X. (2019). *Posicionamiento de los floricultores ecuatorianos, frente a los cambios y tendencias del mercado ruso, americano, europeo y chino en la exportación de rosas de corte, como fuente para la toma de decisiones*. [Tesis de posgrado, Universidad Internacional del Ecuador]. <https://1library.co/document/q7wmj6nz-posicionamiento-floricultores-ecuatorianos-tendencias-mercado-americano-exportacion-decisiones.html>
- Pino, S., Aguilar, R., Apolo, G. y Sisalema, L. (2018). Aporte del sector agropecuario a la economía del Ecuador. Análisis crítico de su evolución en el período de dolarización. Años 2000 – 2016. *Espacios*, 39(32), 1-7. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n32/a18v39n32p07.pdf>
- Pohl, D., Kühne, S., Karaca, I. y Moll, E. (2012). Review of *Coenosia attenuata* Stein and its first record as a predator of important greenhouse pests in Turkey. *Phytoparasitica*, 40(1), 63–68.
- Pozo, J. (2013). *Evaluación de dos técnicas analíticas para la detección y cuantificación de nematodos del género Meloidogyne en muestras de suelo*. [Tesis de posgrado, Universidad de Almería]. <http://www.secheresse.info/spip.php?article84270>
- Rejendra, A., Hwal-Su, H., Shim, J., Yeon-Su, Y. y Kyeong, L. (2019). Control efficacy of fungus gnat, *Bradysia impatiens*, enhanced by a combination of entomopathogenic nematodes and predatory mites. *Biological Control* 138 (1), 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104071>
- Rodríguez, M., Hernández, D. y Gómez, L. (2012). Nematodos entomopatógenos: elementos del desarrollo histórico y retos para su consolidación como biorreguladores en la agricultura en Cuba. *Revista de Protección Vegetal*, 27(3), 137–146.
- Sáenz, A. (2005). Importancia de los nematodos entomopatógenos para el control biológico de plagas en palma de aceite. *Palmas*, 26(2), 41–57.
- Sakata Seed America. (3 de febrero del 2020). *Tutorial de Producción de Lisianthus Flor de Corte*. <https://sakataornamentals.com/wp-content/uploads/sites/2/2020/03/Tutorial-de-Produccion-de-Lisianthus-Flor-de-Corte-SAKATA-0818.pdf>
- Salvo, A. y Valladares, G. R. (2007). Parasitoides de minadores de hojas y manejo de plagas. *Ciencia e Investigación Agraria*, 34(3), 167–185.
- Salto, J. (2021). *Evaluación del nematodo entomopatógeno (Heterorhabditis bacteriophora) para el manejo de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz (Zea mays L.)*. [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SALTOS%20REA%20JUAN%20CARLOS.pdf>

- Sabino, P., Negrisoli, A., Andaló, V., Filgueiras, C., Moino, A. y Sales, F. (2018). Combined application of entomopathogenic nematodes and insecticides in the control of leaf-Miner *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) on tomato. *Neotropical Entomology*, 48(2), 314-322. <https://doi.org/10.1007/s13744-018-0643-2>
- Shimoyama, E., Maldonado, P., Contreras, J. y Gil, P. (2003). *Cultivo del lisianthus (Eustoma grandiflorum) como flor de corte para la zona de Quillotoa*. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/123456789/40171/NR30879.pdf?sequence=1>
- Téllez, M. y Tapia, G. (2006). Acción depredadora de “*Coenosia attenuata*” Stein (Diptera: Muscidae) sobre los otros enemigos naturales en condiciones de laboratorio. *Sanidad Vegetal. Plagas*, 32(4), 491–498.
- Torres, A., Acosta, A. y Astaiza, R. (1995). Efecto de la defoliación y del daño del minador sobre la calidad y producción de *Gypsophila paniculata* L. *Revista Colombiana de Entomología*, 21(4), 205-214. <https://catalogosiidca.csuca.org/Record/UNANI.039678/Details>
- Tomar, P., Thakur, N. y Sharma, A. (2022). Infectivity of entomopathogenic nematode against the cabbage butterfly (*Pieris brassicae* L.) in polyhouse and in field condition. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00535-5>
- Valdés, R., Moya, E., Castro, M., Pozo, Edilberto. y Cárdenas, M. (2005). Empleo de nematodos entomopatógenos (*Heterorhabditis* spp.) como contribución al manejo integrado de (*Diaphania hyalinata* L.) (Lepidoptera; Pyralidae) en el cultivo del pepino en sistemas de organopónicos. *Centro Agrícola*, 4(1), 47-53. http://cagricola.uclv.edu.cu/descargas/pdf/V32-Numero_4/cag104051455.pdf
- Vargas, M. (2021). *Evaluación del nematodo entomopatógeno Steinernema carpocapsae para el manejo de Spodoptera frugiperda en el cultivo de maíz (Zea mays L.)* [Tesis de pregrado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/VARGAS%20ORDO%C3%91EZ%20MAILY%20VIMARA.pdf>
- Williams, E. y Walters, K. (2000). Foliar application of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* against leafminers on vegetables. *Biocontrol Science and Technology*, 10(1), 61-70. <https://doi.org/10.1080/09583150029396>

ANEXOS

Anexo 1. Incidencia de minador de hoja por galería

Dds	Tratamiento	Variable	Media	Error experimental
15	T1	incgaleria	0.56	0.56
15	T2	incgaleria	0.56	0.56
15	T3	incgaleria	0.56	0.56
15	T4	incgaleria	0.56	0.56
15	T5	incgaleria	0	0
30	T1	incgaleria	1.11	0.56
30	T2	incgaleria	0.56	0.56
30	T3	incgaleria	5.56	0.56
30	T4	incgaleria	0	0
30	T5	incgaleria	6.11	1.47
45	T1	incgaleria	0.56	0.56
45	T2	incgaleria	2.78	1.11
45	T3	incgaleria	7.22	1.11
45	T4	incgaleria	1.11	1.11
45	T5	incgaleria	8.33	0.96
60	T1	incgaleria	10.56	2
60	T2	incgaleria	7.22	2.22
60	T3	incgaleria	15	0.96
60	T4	incgaleria	6.11	0.56
60	T5	incgaleria	8.89	0.56
75	T1	incgaleria	10.56	1.47
75	T2	incgaleria	13.33	0.96
75	T3	incgaleria	20.56	1.47
75	T4	incgaleria	14.44	2
75	T5	incgaleria	21.11	2.94
90	T1	incgaleria	14.44	1.47
90	T2	incgaleria	15	0.96
90	T3	incgaleria	18.33	0.96
90	T4	incgaleria	18.89	1.11
90	T5	incgaleria	22.78	2.42
105	T1	incgaleria	12.22	1.47
105	T2	incgaleria	13.33	1.92
105	T3	incgaleria	21.11	2
105	T4	incgaleria	15	0.96
105	T5	incgaleria	35	2.55

Anexo 2. Incidencia de minador de hoja por puntos de ovoposición y alimentación

Dds	Tratamiento	Variable	Media	Error experimental
15	T1	incpuntos	1.11	0.56
15	T2	incpuntos	1.67	0.96
15	T3	incpuntos	3.33	0.96
15	T4	incpuntos	2.22	1.47
15	T5	incpuntos	4.44	1.11
30	T1	incpuntos	1.67	0
30	T2	incpuntos	3.33	0.96
30	T3	incpuntos	6.67	0.96
30	T4	incpuntos	12.78	0.56
30	T5	incpuntos	7.78	1.11
45	T1	incpuntos	5	0
45	T2	incpuntos	2.78	1.11
45	T3	incpuntos	7.78	1.11
45	T4	incpuntos	11.67	0.96
45	T5	incpuntos	7.22	1.47
60	T1	incpuntos	1.67	0.96
60	T2	incpuntos	3.33	0.96
60	T3	incpuntos	2.22	0.56
60	T4	incpuntos	3.33	0
60	T5	incpuntos	13.89	1.47
75	T1	incpuntos	0	0
75	T2	incpuntos	2.22	1.47
75	T3	incpuntos	2.22	1.11
75	T4	incpuntos	0	0
75	T5	incpuntos	4.44	2.22
90	T1	incpuntos	0	0
90	T2	incpuntos	0.56	0.56
90	T3	incpuntos	1.67	0.96
90	T4	incpuntos	0	0
90	T5	incpuntos	8.33	2.55
105	T1	incpuntos	0.56	0.56
105	T2	incpuntos	0	0
105	T3	incpuntos	1.11	1.11
105	T4	incpuntos	0	0
105	T5	incpuntos	11.11	3.09

Anexo 3. Severidad de minador de hoja por puntos de ovoposición y alimentación

Dds	Tratamiento	Variable	Media	Error experimental
15	T1	sevpuntos	0.1	0.05
15	T2	sevpuntos	0.14	0.08
15	T3	sevpuntos	0.64	0.3
15	T4	sevpuntos	0.28	0.2
15	T5	sevpuntos	0.48	0.18
30	T1	sevpuntos	0.28	0.04
30	T2	sevpuntos	0.6	0.32
30	T3	sevpuntos	1.28	0.47
30	T4	sevpuntos	1.68	0.19
30	T5	sevpuntos	1.5	0.3
45	T1	sevpuntos	0.54	0.12
45	T2	sevpuntos	0.38	0.04
45	T3	sevpuntos	1.75	0.19
45	T4	sevpuntos	3	0.37
45	T5	sevpuntos	0.88	0.25
60	T1	sevpuntos	0.54	0.32
60	T2	sevpuntos	0.97	0.75
60	T3	sevpuntos	0.38	0.23
60	T4	sevpuntos	0.97	0.12
60	T5	sevpuntos	5.39	1.35
75	T1	sevpuntos	0	0
75	T2	sevpuntos	0.42	0.36
75	T3	sevpuntos	0.66	0.35
75	T4	sevpuntos	0	0
75	T5	sevpuntos	1.07	0.54
90	T1	sevpuntos	0	0
90	T2	sevpuntos	0.06	0.06
90	T3	sevpuntos	0.25	0.13
90	T4	sevpuntos	0	0
90	T5	sevpuntos	2.14	1.12
105	T1	sevpuntos	0.8	0.8
105	T2	sevpuntos	0	0
105	T3	sevpuntos	0.1	0.1
105	T4	sevpuntos	0	0
105	T5	sevpuntos	2.09	0.72

Anexo 4. Severidad de minador de hoja por galería

Dds	Tratamiento	Variable	Media	Error experimental
15	T1	sevgal	0.06	0.06
15	T2	sevgal	0.06	0.06
15	T3	sevgal	0.06	0.06
15	T4	sevgal	0.19	0.19
15	T5	sevgal	0	0
30	T1	sevgal	0.12	0.06
30	T2	sevgal	0.06	0.06
30	T3	sevgal	0.68	0.06
30	T4	sevgal	0	0
30	T5	sevgal	0.93	0.19
45	T1	sevgal	0.06	0.06
45	T2	sevgal	0.43	0.12
45	T3	sevgal	0.99	0.12
45	T4	sevgal	0.12	0.12
45	T5	sevgal	1.23	0.06
60	T1	sevgal	1.36	0.33
60	T2	sevgal	1.17	0.38
60	T3	sevgal	2.1	0.22
60	T4	sevgal	0.68	0.06
60	T5	sevgal	1.23	0.06
75	T1	sevgal	1.36	0.16
75	T2	sevgal	2.16	0.27
75	T3	sevgal	3.15	0.11
75	T4	sevgal	2.41	0.21
75	T5	sevgal	3.33	0.57
90	T1	sevgal	1.91	0.16
90	T2	sevgal	2.04	0.32
90	T3	sevgal	2.35	0.06
90	T4	sevgal	2.65	0.06
90	T5	sevgal	3.83	0.16
105	T1	sevgal	1.48	0.28
105	T2	sevgal	1.85	0.28
105	T3	sevgal	2.96	0.43
105	T4	sevgal	1.85	0.28
105	T5	sevgal	5.93	0.32

Anexo 5. Dinámica poblacional de minador de hoja (*Liriomyza huidobrensis* B.)

Dds	Tratamiento	Insecto	Media	Error experimental
21	T1	Minador	0.67	0.33
21	T2	Minador	0.67	0.42
21	T3	Minador	7.83	1.49
21	T4	Minador	5	2.05
21	T5	Minador	5	1.51
36	T1	Minador	1.17	0.4
36	T2	Minador	2.67	0.8
36	T3	Minador	8.33	1.26
36	T4	Minador	10	2.14
36	T5	Minador	18	6.34
51	T1	Minador	4.67	1.15
51	T2	Minador	3	0.52
51	T3	Minador	13.83	1.62
51	T4	Minador	14	3.46
51	T5	Minador	25.67	5.77
66	T1	Minador	18.67	2.65
66	T2	Minador	8.67	1.05
66	T3	Minador	49.67	3.67
66	T4	Minador	40.17	10.81
66	T5	Minador	41.33	11.93
81	T1	Minador	14.83	2.12
81	T2	Minador	7.83	1.3
81	T3	Minador	33.83	4.22
81	T4	Minador	36.33	7.57
81	T5	Minador	92	14.11
96	T1	Minador	16	5.18
96	T2	Minador	8.67	1.52
96	T3	Minador	58	5.7
96	T4	Minador	52	9.7
96	T5	Minador	68.5	4

Anexo 6. Dinámica poblacional de Mosca tigre (*Coenosia attenuata* Stein)

Dds	Tratamiento	Insecto	Media	Error experimental
21	T1	Mosca tigre	38.5	2.53
21	T2	Mosca tigre	34.5	3.75
21	T3	Mosca tigre	13	1.34
21	T4	Mosca tigre	6.5	0.62
21	T5	Mosca tigre	25	1.97
36	T1	Mosca tigre	43.17	7.06
36	T2	Mosca tigre	38.67	4.29
36	T3	Mosca tigre	30.33	4.92
36	T4	Mosca tigre	20.67	1.61
36	T5	Mosca tigre	51.17	5.79
51	T1	Mosca tigre	83.67	7.3
51	T2	Mosca tigre	70.17	6.15
51	T3	Mosca tigre	62.33	9.83
51	T4	Mosca tigre	43	3.3
51	T5	Mosca tigre	118.83	18.4
66	T1	Mosca tigre	163.67	6.61
66	T2	Mosca tigre	137.83	8.47
66	T3	Mosca tigre	135.83	5.49
66	T4	Mosca tigre	142.83	7.37
66	T5	Mosca tigre	149.67	10.81
81	T1	Mosca tigre	124	12.15
81	T2	Mosca tigre	124.67	10.65
81	T3	Mosca tigre	194	10.81
81	T4	Mosca tigre	98.67	10.34
81	T5	Mosca tigre	226.83	23.73
96	T1	Mosca tigre	137.5	6.69
96	T2	Mosca tigre	141.67	12.51
96	T3	Mosca tigre	138.33	12.29
96	T4	Mosca tigre	165.33	16.31
96	T5	Mosca tigre	114.83	13.15

Anexo 7. Rendimiento productivo de lisianthus por m²

Tratamiento	Variable	Media	Error Experimental
T1	ntallm	67.01	0.62
T2	ntallm	64.36	1.39
T3	ntallm	60.15	1.53
T4	ntallm	68.74	2.14
T5	ntallm	59.43	1.09