



Escuela de Agronegocios

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Agronegocios

“Efectividad del hongo entomopatógeno *Lecanicilium lecanii* en
el combate de trips (*Thrips tabaci*) en el cultivo de cebolla en la
finca Neto, Llano Grande de Cartago Costa Rica.”

Presentado por:

Geovanny Danilo Fernández Aguilar

I Semestre, 2025

CONSTANCIA DE DEFENSA PÚBLICA DE TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

Trabajo Final de Graduación defendido públicamente por Danilo Fernández Aguilar ante el Tribunal Evaluador de la Escuela de Agronegocios del Tecnológico de Costa Rica como requisito parcial para optar por el título en Ingeniería en Agronegocios con el grado de Licenciatura.

**RUBEN
CALDERON
CERDAS (FIRMA)** Firmado digitalmente por
RUBEN CALDERON CERDAS
(FIRMA)
Fecha: 2025.07.02 21:07:41
-06'00'

Ing. Rubén Calderón Cerdas. M.Sc

Asesor

**RICARDO
SALAZAR
DIAZ
(FIRMA)** Firmado digitalmente por
RICARDO SALAZAR
DIAZ (FIRMA)
Fecha: 2025.08.07
08:57:54 -06'00'

Ing. Ricardo Salazar Díaz, Ph.D

Consultor

**WILLIAM
EDUARDO
RIVERA MENDEZ
(FIRMA)** Firmado digitalmente
por WILLIAM
EDUARDO RIVERA
MENDEZ (FIRMA)
Fecha: 2025.08.19
11:16:35 -06'00'

Dr. William Rivera Méndez

Lector

Dedicatoria

A mis padres que a lo largo de todo este proceso de aprendizaje han estado presentes apoyándome.

Agradecimientos

Al Instituto Tecnológico de Costa Rica por permitirme formar parte de esta gran universidad.

A la Escuela de Agronegocios y a todos los docentes que formaron parte del proceso educativo durante mi paso por la carrera.

A la empresa Tecnologías Agroambientales y su gerente comercial Roy Fonseca Moya por toda la ayuda brindada para el desarrollo de este trabajo.

Resumen

Se evaluó la efectividad del hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii* para el combate de *Thrips tabaci* en el cultivo de cebolla (*Allium cepa*) en la finca Neto, Llano Grande de Cartago, Costa Rica. La investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto con un diseño experimental que incluyó un ensayo de laboratorio para determinar la dosis letal media (DL50) y pruebas en campo para evaluar su eficacia y el análisis de costo-beneficio.

En laboratorio, se determinó que la dosis más efectiva fue $1,2 \times 10^9$ UFC/ml, alcanzando un 66,7% de mortalidad a las 120 horas. Esta dosis fue utilizada posteriormente en campo, donde se comparó con un tratamiento químico (Delta 19OD) y un testigo absoluto. En campo, *L. lecanii* mostró una reducción sostenida en la población de trips, con una menor tasa de incremento después de la aplicación, en comparación con el tratamiento químico donde la mortalidad observada por este tratamiento sugiere una resistencia de *Thrips tabaci* al ingrediente activo imidacloprid.

Económicamente, todos los tratamientos presentaron relaciones costo-beneficio mayores a 1, el bio insecticida logró la mejor relación (1,62), superando al químico (1,57) y al testigo (1,54), gracias a mayores rendimientos de cebolla de primera calidad.

Se concluyó que *Lecanicillium lecanii* constituye una alternativa viable para reducir el uso de insecticidas químicos y no agravar la resistencia que se genera al utilizarlos frecuentemente, promoviendo prácticas más sostenibles. Se recomienda su integración en programas de manejo integrado de plagas (MIP) y explorar estrategias para mejorar su persistencia en condiciones de campo.

Palabras clave: *Lecanicillium lecanii*, *Thrips tabaci*, trips en cebolla, dosis letal media, costo-beneficio.

Abstract

The effectiveness of the entomopathogenic fungus *Lecanicillium lecanii* was evaluated for the control of *Thrips tabaci* in onion (*Allium cepa*) cultivation at the Neto farm, Llano Grande de Cartago, Costa Rica. The research followed a mixed-method approach with an experimental design that included a laboratory assay to determine the median lethal dose (LD50) and field trials to assess its efficacy and cost-benefit analysis.

In the laboratory, the most effective dose was determined to be 1.2×10^9 CFU/ml, achieving 66.7% mortality at 120 hours. This dose was subsequently used in the field, where it was compared to a chemical treatment (Delta 190D) and an untreated control. In the field, *L. lecanii* showed a sustained reduction in the thrips population, with a lower rate of increase after application compared to the chemical treatment, where observed mortality suggests *Thrips tabaci* resistance to the active ingredient imidacloprid.

Economically, all treatments showed cost-benefit ratios greater than 1, with the bioinsecticide achieving the highest ratio (1.62), outperforming the chemical treatment (1.57) and the control (1.54), due to higher yields of top-quality onions.

It was concluded that *Lecanicillium lecanii* is a viable alternative to reduce the use of chemical insecticides and to avoid exacerbating resistance generated by their frequent use, thereby promoting more sustainable practices. Its integration into integrated pest management (IPM) programs is recommended, along with exploring strategies to improve its persistence under field conditions.

Key words: *Lecanicillium lecanii*, *Thrips tabaci*, onion trips, average lethal dose, cost-benefit.

Índice general

Hoja de Aprobación del Trabajo Final de Graduación	¡Error! Marcador no definido.
Dedicatoria.....	3
Agradecimientos.....	4
Resumen.....	5
Abstract.....	6
Índice general	7
Índice de Tablas.....	9
Índice de Figuras	10
1. Capítulo I. Introducción	11
1.1 Introducción	11
1.2 El problema y su importancia.....	13
1.3 Antecedentes del problema	14
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 Objetivo General	17
1.4.2 Objetivos Específicos.....	17
2. Capítulo II. Marco Teórico	18
2.1 Generalidades del cultivo de cebolla	18
2.1.1 Taxonomía.....	18
2.1.2 Morfología.....	19
2.1.3 Importancia del cultivo	20
2.1.4 Plagas de la cebolla.....	20
2.2 Trips de la cebolla (<i>Trips tabaci</i> Lindeman).....	22
2.2.1 Clasificación taxonómica	22
2.2.2 Periodo biológico y morfología.....	23
2.3 Métodos de combate de <i>Trips tabaci</i> L	24
2.3.1 Combate físico.....	24
2.3.2 Combate químico.....	25
2.3.3 Combate cultural	25
2.3.4 Combate biológico	26
2.4 <i>Lecanicillium Lecanii</i>	26
2.4.1 Generalidades del hongo.....	26

2.4.2	Clasificación Taxonómica	26
2.4.3	Modo de acción	27
2.4.4	Ciclo biológico	27
2.5	Relación Beneficio/Costo	28
2.5.1	Comportamiento de precios y costos en la producción de cebolla en Costa Rica 29	
Capítulo III. Metodología		30
3.1	Enfoque de la investigación	30
3.2	Tipo de investigación	30
3.3	Marco espacial y temporal	31
3.4	Fuentes de información	32
3.5	Variables o categorías de análisis	33
3.6	Herramientas	35
3.7	Sistematización de objetivos	36
Capítulo IV. Resultados y Discusión de Resultados		42
4.1	Determinación de la dosis letal efectiva a través de pruebas de dosis letal media para los trips inoculados con dosis de <i>Lecanicillium lecanii</i>	42
4.2	Evaluación de la dosis de mayor letalidad de <i>Lecanicillium lecanii</i> en campo ... 44	
4.3	Determinación del costo-beneficio de los tratamientos aplicados en campo	47
Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones		54
5.1	Conclusiones	54
5.2	Recomendaciones	55
Capítulo VI. Bibliografía		56
5.	Referencias	56
Capítulo VII. Apéndices y Anexos		61
7.1	Apéndices	61
7.2	Anexos	61

Índice de Tablas

Tabla 1 Tabla de Variables y Atributos.....	33
Tabla 2 Mortalidad acumulada de trips con distintas concentraciones de <i>Lecanicillium lecanii</i> observada en laboratorio (n=30)	42
Tabla 3 Labores manuales por hectárea	48
Tabla 4 Otros costos de producción por hectárea.....	49
Tabla 5 Total de costos de producción por cada tratamiento por hectárea	50
Tabla 6 Rendimiento de producción para cada tratamiento por hectárea	51
Tabla 7 Relación Costo-Beneficio para cada tratamiento.....	52

Índice de Figuras

Figura 1 Imagen georreferenciada de Finca Neto	32
Figura 2 <i>Diseño del área experimental</i>	39
Figura 3 Análisis Probit con diferentes dosis de <i>Lecanicillium lecanii</i> en el tratamiento de trips (n=30)	43
Figura 4 Cantidad de insectos vivos por planta después de la aplicación de Deltamethrin-Imidacloprid y <i>Lecanicillium lecanii</i> la nube significa lluvias entre las aplicaciones. Se realizaron las aplicaciones los días 0 y 25.	45
Figura 5 Análisis de pendientes entre tratamientos.....	46

Capítulo I. Introducción

1.1 Introducción

En Costa Rica el cultivo de cebolla (*Allium cepa L.*) es de gran importancia tanto social como económica, especialmente para regiones como el Valle Central, la zona media y la Región Chorotega. Donde el Valle Central es la zona que acapara las mayores áreas de producción de cebolla a nivel país lo que representa una fuente de ingresos para los productores y demás participantes de dicha agro-cadena (MAG, 2007). Para el año 2022 la producción nacional ascendió a 44 620 toneladas métricas. De estas, 25 618 toneladas métricas correspondieron al volumen producido en el primer semestre, donde la provincia de Cartago concentró más del 80% del total del volumen producido (CNP, 2023).

El manejo fitosanitario de este cultivo enfrenta desafíos siendo los trips y en especial la especie *Thrips tabaci*, que en condición de plaga que causa más daño. Estos insectos son polífagos y afectan al cultivo de cebolla al alimentarse de los tejidos vegetales causando un daño directo, además que se han identificado como un vector importante de virus (Koppert, 2025). El trips de la cebolla es una plaga de distribución global que puede provocar pérdidas importantes en el cultivo si no se combate oportunamente. Las heridas que causa pueden ser puntos de ingreso de enfermedades. Su ataque reduce el tamaño de los bulbos y por ende el rendimiento del cultivo (INTAGRI, 2024).

Como parte del combate biológico contra el trips, se encuentra el uso de hongos entomopatógenos como *Lecanicillium lecanii*. Este hongo actúa infectando a los insectos plaga mediante la adhesión y penetración de sus esporas a través de la cutícula, liberando enzimas que descomponen los tejidos del insecto y provocan su muerte. *Lecanicillium lecanii* es útil para el combate de insectos de hábito chupador y raspador como trips, mosca blanca, pulgones, araña roja, ácaros y palomilla (BIOTURF, 2024).

Desde el punto de vista económico realizar un análisis de costos y beneficios en los sistemas de producción es una prioridad para mejorar la rentabilidad de esta actividad. La toma de decisiones en la agricultura esta estrechamente relacionada con la relación costo-beneficio de los insumos y las practicas realizadas en los cultivos con una sensibilidad alta a las plagas como lo es la cebolla. Se ha demostrado que el uso de

bioinsumos puede representar una opción económicamente viable al contribuir en la reducción de la dependencia de agroquímicos sintéticos y disminuir los costos de producción. Además que contribuye a generar beneficios económicos al abrir nuevas oportunidades de mercado para los productores agrícolas (FAO, 2023).

El presente trabajo se enfoca en la evaluación de la efectividad del hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii* para el combate de trips en el cultivo de cebolla, como alternativa sostenible frente al uso tradicional de plaguicidas químicos y contribuyendo a la producción agrícola responsable y segura.

1.2 El problema y su importancia

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), también conocidos como Objetivos Globales, fueron adoptados por las Naciones Unidas en 2015. Esto como una llamada universal para intentar poner fin a la pobreza, proteger el planeta y garantizar que para el 2030 todas las personas disfruten de paz y prosperidad. Los 17 ODS están integrados, reconocen que la acción en un área afectará los resultados en otras áreas y que el desarrollo debe equilibrar la sostenibilidad social, económica y ambiental (UNDP, 2024). En el ODS 12 que corresponde a “Producción y Consumo Responsable” se pretende fomentar el uso eficiente de los recursos y la eficiencia energética, infraestructuras sostenibles y facilitar el acceso a los servicios básicos, empleos ecológicos y decentes, y una mejor calidad de vida para todos. Su aplicación ayuda a lograr los planes generales de desarrollo, reducir los futuros costos económicos, ambientales y sociales, aumentar la competitividad económica y reducir la pobreza (ONU, 2018).

Dentro del ODS “Producción y Consumo Responsable” se encuentra la meta 12.2 la cual plantea que para el 2030 se logre la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales. Además, en la meta 12.4 se plantea lograr la gestión ecológicamente racional de los productos químicos y de todos los desechos a lo largo de su ciclo de vida, de conformidad con los marcos internacionales convenidos, y reducir significativamente su liberación a la atmósfera, el agua y el suelo a fin de minimizar sus efectos adversos en la salud humana y el medio ambiente (ONU, 2018). Lo anterior constituye un punto de partida para la presente propuesta y la problemática a la que esta se dedica.

Desde su domesticación, hace unos 10 000 años, los cultivos han sido amenazados por especies en condición de plaga, las cuales provocan pérdidas de rendimiento que, a su vez, conducen a la pérdida de calidad. En promedio entre el 10% y el 28% de la producción mundial de cultivos se pierde a causa de las plagas (Savary et al, 2019, como se citó en MAG, 2022).

Para el combate de plagas, desde hace décadas se emplean distintos tipos de productos, entre ellos los agroquímicos. La investigación sobre “Uso Aparente de Plaguicidas en la Agricultura de Costa Rica” expuso que el consumo aparente de plaguicidas en el país promedia 34.4 kilogramos de ingrediente activo por hectárea por año. Esta cifra está por encima de un estimado previo de 11.5 kilogramos por hectárea dictada por el Servicio Fitosanitario del Estado. Estos análisis, en sinergia con las metas de los ODS, forman parte de los esfuerzos del PNUD por acelerar el cumplimiento de los ODS, reducir las desigualdades en Costa Rica y promover los derechos de aquellas poblaciones en mayor condición de vulnerabilidad (UNDP, 2022).

En el Foro Panamericano de Bioinsumos organizado por FONTAGRO, IICA, UE, BID, FAO, y AGRO INNOVA se señaló que el uso de bioinsumos está creciendo a tasas anuales cercanas al 13% en biocontroladores, bioestimulantes y biofertilizantes, superando en mucho las tasas de crecimiento de la agricultura tradicional. Esto surge en contraposición al aparente excesivo uso de agroquímicos en el sector agrícola. En biocontrol, que representa casi el 60% del mercado total de insumos biológicos, la región representa hoy el 20% del mercado total, de USD 1 231 millones, siendo la tercera en importancia y la que presenta mayores tasas de crecimiento (FONTAGRO, 2024)

Se puede reflejar que existe una oportunidad para los productores agrícolas en reducir el uso de los plaguicidas de origen químico. Por esto, en la presente investigación se evaluó el hongo entomopatógeno *Lecanicilium lecanii* en el combate de trips (*Thrips tabaci*) en el cultivo de cebolla en la finca Neto ubicada en Llano Grande de Cartago Costa Rica.

1.3 Antecedentes del problema

Hasta un 40 por ciento de la producción agrícola mundial se pierde por causa de las plagas que llegan a afectar a los diferentes cultivos (FAO). Las plagas no sólo reducen la producción agrícola, sino que también desmejoran la calidad de los cultivos, lo que supone grandes repercusiones sobre el sector rural (Agroasemex S.A., 2019).

En el caso particular del cultivo de cebolla, el piojillo de la cebolla o *Trips tabaci* Lindeman (*Thysanoptera: Thripidae*) es considerado como el insecto más dañino. Esta plaga presenta gran cantidad de hospederos, es decir una especie polífaga (Grandos, 2011, p.52). Dentro de los hospederos se puede mencionar a la cebolla, ajo, coliflor, tomate, frijol, ornamentales, entre otros.

Los trips comprometen la producción debido a su capacidad de transmitir virus. Los Tospovirus que son transmitidos exclusivamente por miembros de este orden se ubican entre las enfermedades emergentes de mayor importancia mundialmente. Por las afectaciones que produce, distribución que alcanza y por su impacto económico en un amplio número de hospedantes (Esquivel, 2008 como se citó en CENSA, 2016).

El combate biológico de plagas es una estrategia que consiste en el uso de extractos de insumos orgánicos, extractos de plantas, de invertebrados, microorganismos y minerales, para el ataque de plagas en la agricultura. El combate biológico tiene una larga tradición de uso, pero tuvo un declive en su utilización debido a la aparición de los plaguicidas químicos en el siglo XX. Actualmente, los gobiernos han empezado a establecer regulaciones más rigurosas para controlar el uso de agroquímicos, lo cual ha influido en que hayan vuelto a tomar auge (PROCOMER, 2017). Esto dada la afectación al ambiente en los sistemas bióticos y abióticos donde es amenazada la estabilidad y el ecosistema, representando un peligro para la salud pública por el uso de plaguicidas (Rodríguez, Suárez, y Palacio, 2014).

Según el MAG (2008) el combate de trips se realiza por medios culturales como erradicación de rastrojos, utilización de plástico antitrips en los lomillos de siembra, lavado cajas y material vegetal con cloro o detergente antes de sacarlos de la finca y muestreo del cultivo en busca de la plaga. En lo que respecta al control entomopatógeno se emplea *Beauveria bassiana* (Bals.), *Verticillium lecanii* (Zimm.) y *Hirsutella s.* Para el control químico se deben utilizar productos específicos para el control de trips y autorizados por el Servicio Fitosanitario del Estado.

Existen antecedentes de combate biológico de trips en distintos cultivos. En lo que comprende al “Plan de Manejo de Trips en el Cultivo de Aguacate Hass” para el combate de trips con hongos entomopatógenos se recomiendan tres tipos de hongo los cuales son: *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* y *Paecilomyces fumerosus*. El estudio demostró que los hongos entomopatógenos requieren de una alta humedad para poder infectar a su huésped. La eficiencia de estos hongos contra los insectos plaga depende de los siguientes factores: especies/cepas específicas del hongo patógeno, etapa de vida susceptible del hospedero, humedad y temperatura adecuada (MAG, 2016).

Lecanicillium spp. posee especies como *L. lecanii* que combate insectos comunes en ambientes protegidos y en campo abierto, de manera que se considera un hongo entomopatógeno, antagonista y nematófago, el cual es utilizado para combatir ciertas plagas agrícolas como la mosca blanca, trips, cochinillas y áfidos (Zambrano, 2019).

La Finca Neto se encuentra ubicada en Llano Grande de Cartago, específicamente en Barrio la Trinidad, cuenta con un área total de 5200m² y se encuentra a una altitud de 2215 m.s.n.m. Su actividad principal es la explotación agrícola de cebolla, llevada a cabo parte de su productor y propietario. Según lo indicado por el productor, el combate de trips en el cultivo se realiza mediante el uso de productos químicos, específicamente insecticidas, práctica que lleva realizando por más de 15 años.

La relación de este trabajo con las situaciones tanto del productor agrícola como de la empresa productora de bioinsumos recae en que existe poca información del combate de *Trips tabaci Lindeman* en el cultivo de cebolla con el hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii*. Se opta por el combate biológico ya que por cultura se trabaja con insecticidas químicos, además de que el productor busca disminuir el uso de plaguicidas con el fin de contribuir a la producción sostenible.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Evaluar la efectividad del hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii* para el combate de trips (*Thrips tabaci*) en el cultivo de cebolla en la finca Neto, Llano Grande de Cartago Costa Rica.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Determinar la dosis letal efectiva a través de pruebas de dosis letal media para los trips inoculados con dosis de *Lecanicillium lecanii*.
2. Evaluar la dosis de mayor letalidad obtenida en laboratorio para la determinación de la efectividad del hongo *Lecanicillium lecanii* en campo.
3. Determinar el costo-beneficio de los tratamientos aplicados en campo para su análisis económico en el ciclo productivo y mejorar la toma de decisiones en la gestión agrícola.

Capítulo II. Marco Teórico

2.1 Generalidades del cultivo de cebolla

La cebolla figura entre los cultivos que consume el hombre desde la antigüedad, aparece mencionada entre los años 3200 a 2780 antes de Cristo. El centro de origen la sitúa en la región que abarca Irán y parte de Paquistán. Como centros de origen secundarios se ubican las regiones secas de Asia y los países del mediterráneo. El género *Allium cepa* es muy dependiente de las horas luz, son plantas fotoperiódicas y termo periódicas. Tanto la anatomía como la fisiología de la planta indican con claridad que este cultivo se desarrolla bien en condiciones de baja humedad relativa, alta insolación y bajo suministro de agua (Araya, 2022).

La cebolla es una de las hortalizas de mayor importancia, tanto a nivel mundial como a escala nacional. Las áreas de siembra a nivel global se aproximan a los dos millones de hectáreas anuales para una producción aproximada de 28 millones de toneladas métricas. Los principales países productores son China, Estados Unidos, India y Japón. Los principales países exportadores son Holanda, España y Estados Unidos. En Costa Rica las áreas de siembra han decrecido en los últimos años, y oscilan entre 800 y 1 000 hectáreas anuales, con un rendimiento promedio de 35 toneladas / hectárea y una producción anual aproximada de 31 500 toneladas métricas. Se estima que el consumo nacional es cercano a las 2 200 toneladas mensuales y el consumo per-cápita es de 7 kg (Grandos, 2011, p.1).

2.1.1 Taxonomía

Según lo indica Fundación Charles Darwin (2024) la cebolla posee la siguiente clasificación taxonómica:

Orden: Asparagales

Familia: Amaryllidaceae

Género: *Allium*

Especie: *Cepa*

2.1.2 Morfología

La raíz de la cebolla es de tipo pivotante luego de la emergencia de la radícula; sin embargo, a los pocos días pierde esta dominancia y se convierte en un sistema de raíces adventicias que emergen de la base del tallo, de grosor uniforme y color blanquecino, poco ramificadas y sin pelos radicales. El 90 por ciento de las raíces de una planta de cebolla se encuentran en los primeros veinte a treinta centímetros de profundidad del suelo y su patrón de desarrollo está influenciado por la compactación y por la distribución de agua y nutrientes en el suelo. El sistema radical de la cebolla tiene gran afinidad por las asociaciones micorríticas, que favorecen la capacidad de absorción (Grandos, 2011, p.2).

El tallo de la cebolla se limita a la estructura discal ubicada en la base del bulbo, y alcanza una altura de hasta 0,5 cm y 1,5-2,0 cm de diámetro. De esta estructura emergen las raíces y las hojas y, en el caso de bulbos vernalizados, las yemas reproductivas que originan inflorescencias (Grandos, 2011, p.2).

La planta de cebolla tiene una limitada capacidad de emisión de hojas. En condiciones de cultivo tropical es posible obtener entre 10 y 18 hojas totalmente desarrolladas a lo largo de su ciclo. Una planta adulta puede mostrar entre ocho y 13 hojas, dependiendo de factores ambientales que aceleran la precocidad y el desarrollo foliar. Las primeras hojas emergidas normalmente senescen después del primer mes de vida. Se admite que una planta de cebolla con el máximo desarrollo foliar y la máxima sanidad (ausencia de enfermedades foliares y daños por insectos), está en capacidad de producir un bulbo de 200 a 400 gramos esto se traduce en rendimientos aceptables (Krarup, Nakashima, y Fernández, 2008). El potencial de rendimiento de una plantación de cebolla está directamente relacionado a un buen desarrollo del follaje de las plantas, siendo que la defoliación y / o disminución de área foliar por efecto de enfermedades o plagas tienen un efecto directo en la disminución de los rendimientos (Grandos, 2011, p.2).

El bulbo es una estructura de almacenamiento formado por el engrosamiento de las vainas de las hojas y por la formación de hojas nuevas que no consiguen emerger y que envuelven la yema apical que permanece dentro del bulbo. Este proceso de bulbificación responde a una interacción de factores genéticos y ambientales (respuesta al fotoperiodo, temperatura y nutrición). Además de la yema apical, en el bulbo se pueden formar yemas laterales las cuales pueden quedar en estado de reposo ó desarrollarse y formar bulbos dobles o centros múltiples. Estas yemas laterales se pueden formar durante el desarrollo vegetativo (follaje), y su génesis responde a una interacción de factores varietales y ambientales. En términos generales, condiciones de estrés y nutrición nitrogenada desbalanceada favorecen la formación de yemas laterales (Grandos, 2011, p.2).

2.1.3 Importancia del cultivo

El sector agropecuario ocupa el segundo lugar a nivel sectorial como generador de empleos con unas 238.227 personas ocupadas, lo que representa un 11,7% de la población total ocupada (MAG, 2023, p.8). Según la información anteriormente citada queda en evidencia la importancia que tiene el sector para el país donde en exportaciones representa un 21,3% para productos agrícolas según lo indica MAG en el 2023. Sin embargo en Costa Rica, las áreas de cultivo de cebolla han disminuido en los últimos años, situándose entre 800 y 1.000 hectáreas anuales, con un rendimiento promedio de 35 toneladas por hectárea y una producción aproximada de 31.500 toneladas métricas al año. Se estima que el consumo nacional ronda las 2.200 toneladas mensuales, con un consumo per cápita de 7 kg. La producción de cebolla en el país está principalmente orientada a satisfacer el mercado interno. Sin embargo, debido a la producción estacional y la fluctuación entre períodos de escasez y exceso en los mercados locales, se generan tanto exportaciones como importaciones (Grandos, 2011, p.1).

2.1.4 Plagas de la cebolla

Según lo indica Araya (2022, p.30-32) estas son las plagas que pueden afectar el cultivo de cebolla para Costa Rica:

Trips

Thrips tabaci Lindeman (*Thysanoptera: Thripidae*).

Conocido como piojillo de la cebolla, el *Thrips tabaci* L. es un insecto diminuto, de cuerpo angosto que se oculta en las vainas de las hojas en el centro de la planta. Utiliza su aparato bucal para raspar las hojas y chupar la savia. El trips transmite en las plantas de cebolla un tospovirus llamado Mancha amarilla en lirio que produce lesiones en las hojas que pueden tener un centro verde; este tospovirus puede vivir en los trips infectados de un cultivo a otro.

Áfidos

Mycromyzus formosanus (Takan) (Homoptera: Aphididae)

Son pequeños insectos que succionan la savia de la planta. Luego de observar la presencia de la plaga y verificar que está causando daños en la plantación, su combate se logra con aplicaciones de productos selectivos para la plaga y el cultivo.

Gusanos cortadores

Agrotis spp. Spodoptera spp. (Lepidoptera: Noctuidae).

Estos gusanos causan daño, especialmente en el semillero, donde cortan las plántulas en la base. En plantaciones establecidas pueden atacar y perforar hojas. Se combaten con insecticidas granulados aplicados al suelo, tanto en semilleros como en el trasplante.

Gusano de la cebolla

Hyelmya antiqua (Meigen) (Diptera: Anthomyiidae) clasificada también como *Chortophila antiqua* o *Delia antiqua*.

La mosca de la cebolla se conoce también con el nombre de arrocillo debido a que la larva es similar a un grano de arroz. Las larvas causan daños en plántulas de almácigo y en plantas recién trasplantadas al comer en la parte interior del pseudotallo y provocando su muerte. Las larvas pueden migrar a plantas contiguas.

Minador de la hoja

Liriomyza spp.

Las moscas adultas perforan las hojas de la cebolla para poner los huevos en su interior. La larva al emerger comienza su alimentación con lo cual forma túneles o galerías debajo de la epidermis de la hoja. El ataque masivo disminuye los rendimientos al destruir las partes fotosintéticas de la hoja pudiendo causar la pérdida de las plantas.

2.2 Trips de la cebolla (*Thrips tabaci* Lindeman)

Los trips, del orden Thysanoptera, son insectos diminutos y delgados con alas en forma de flecos. Se alimentan perforando la capa epidérmica (externa) del tejido del huésped y succionando el contenido celular, lo que produce punteado, moteado descolorido o plateado de la superficie de la hoja. La alimentación de los trips suele ir acompañada de motas negras parecidas al barniz (excrementos). Las especies plaga se alimentan de plantas que decoloran y dejan cicatrices en la superficie de hojas, flores y frutos, y distorsionan partes de las plantas o son vectores de patógenos vegetales (Universidad de California, 2014).

2.2.1 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica para el trips de la cebolla es la siguiente (Godoy, 2014, p.22):

Familia: Thripidae

Género: Thrips

Especie: *Thrips tabaci* Lindeman

2.2.2 Periodo biológico y morfología

Los trips se caracterizan morfológicamente por tener las alas en forma de flecos, de ahí el nombre que adquiere el orden taxonómico de Thysanoptera: *Thysanos*=flecos, *ptero*= alas, es decir alas con flecos. Otra de las características es que tienen un cuerpo alargado y angosto. Los adultos de las especies plaga miden entre 1.0 a 2.0 mm de longitud y son de colores, por lo general, oscuros o amarillo. Presentan dimorfismo sexual. Las hembras tienen una longitud mayor que los machos. Los adultos e inmaduros tienen un aparato bucal dirigido hacia sus patas, denominado como de tipo opistognato. A esto se le suma que disponen de una sola mandíbula, la izquierda, a diferencia de la mayoría de los insectos que tienen dos funcionales. La derecha con el tiempo se ha reducido y solo se ve como un vestigio; la mandíbula izquierda la usan con el fin de pinchar o crear un agujero a las superficies de los tejidos vegetales para tomar contenidos líquidos con los estiletos (Torrado, 2019).

Arrieche et al (2006, p.152-153) describen el ciclo de vida de *Trips tabaci Lindeman* en el cultivo de cebolla de la siguiente manera: el tiempo promedio de desarrollo de *T. tabaci* desde huevo hasta adulto, usando la cebolla como hospedero, fue de $14,2 \pm 1,7$ días. Los huevos presentaron un tiempo promedio de desarrollo de $3,2 \pm 0,52$ días. Las larvas del primer instar duraron en promedio $2,7 \pm 0,21$ días, mientras que las del segundo instar duraron $2,9 \pm 0,18$ días. Las prepupas duraron en promedio $1,9 \pm 0,33$ días, mientras que las pupas duraron $3,5 \pm 0,45$ días.

Por otra parte Arrieche et al (2006, p.152-153) describen los estados biológicos del *T. tabaci* en cebolla como:

Huevo: Los huevos son depositados individualmente por la hembra de *T. tabaci* debajo de la epidermis de las hojas de cebolla con preferencia hacia la parte central de la hoja, aunque se pueden encontrar posturas hacia el ápice; son de color blanco o transparentes y tienen forma elíptica, miden $0,22 \pm 0,05$ mm de longitud y $0,11 \pm 0,04$ mm de ancho.

Larva: Las larvas mudan una sola vez presentando dos instares. Las larvas del primer instar son de color blanco a amarillo claro, de forma alargada; la cabeza, los segmentos torácicos y los segmentos abdominales están bien diferenciados; las antenas son cortas, no se observan los espiráculos; la región meso y metanotal no tienen rudimentos alares; miden en promedio $0,45 \pm 0,1$ mm de longitud. Las larvas del segundo instar son de color amarillo a marrón, muestran mayor movilidad que el primer instar y midieron en promedio $1,1 \pm 1,0$ mm.

Prepupas y pupa: Las prepupas se observan de color amarillo, alargadas con los rudimentos alares poco desarrollados; son móviles y las antenas se doblan hacia la parte posterior de la cabeza; miden en promedio $0,81 \pm 0,2$ mm. Guzmán et al. (1996) indican que las antenas están cubiertas por una membrana cristalina. Las pupas son de color amarillo a marrón cuando está cerca la emergencia de los adultos, son del tipo exártae y miden en promedio $0,95 \pm 0,2$ mm.

Adulto: Los adultos están provistos de dos pares de alas finas, bordeadas de pelos, los dos últimos segmentos abdominales llevan el oviscapto para depositar los huevos en la epidermis de las hojas; son de color marrón claro a oscuro, con antenas y alas bien desarrolladas; miden en promedio $1,4 \pm 0,2$ mm de longitud son muy activos y sensibles a la luz.

2.3 Métodos de combate de *Trips tabaci* L

2.3.1 Combate físico

Este se refiere al uso de factores, tales como: calor, frío, humedad, energía, sonido. Estos resultan muy costosos, por lo que su uso resulta imposible para pequeños agricultores o en países pobres. Sin embargo el tratamiento con agua caliente y/o calor solar (solarización) es común para tratar semillas y semilleros (Jiménez, 2009, p.33).

Para el caso de trips Calderón citando a Vivas y Astudillo (2006) define que las técnicas de control como frío, calor y radiación son usualmente tomadas en las cuarentas las cuales son las medidas fitosanitarias implementadas después de la cosecha para evitar la propagación de plagas y enfermedades en productos agrícolas luego de la cosecha, para eliminar la amenaza de plagas en un nivel óptimo; además, entre las técnicas usadas se encuentran trampas, aceites, surfactantes y jabones.

2.3.2 Combate químico

El uso de plaguicidas se ha convertido en el método de control más común debido a su rapidez y efectividad en el control de plagas, enfermedades y malezas, sin embargo estos traen complicaciones ambientales, agroecológicas y sobre la salud, entre estos: aumento de los problemas de resistencia, contaminación del ambiente, intoxicaciones agudas y crónicas (Jiménez, 2009, p.33).

Se deben realizar aplicaciones con productos químicos específicos para las ninfas y adultos. Debido a la serosidad de la hoja y la forma de esta, las gotas de agua no penetran hasta los escondites de esta plaga, por lo que es de suma importancia realizar la aplicación utilizando un adherente y dispersante, que reduzca la tensión superficial de la gota de agua para lograr una eficiente penetración del insecticida. Para mayor efectividad, el insecticida se debe aplicar en las primeras horas de la mañana cuando la temperatura es baja o, bien, en horas avanzadas de la tarde, pues el trips presenta su mayor actividad en esas horas (Araya, 2022, p.30).

Grandos (2011, p.53) comenta que para el combate químico del trips se pueden hacer aplicaciones foliares de insecticidas de corta residualidad y baja toxicidad. Los ingredientes activos comúnmente utilizados son los piretroides sintéticos.

2.3.3 Combate cultural

Son las prácticas de cultivo que pueden ser empleadas de manera que se creen condiciones desfavorables al desarrollo de la plaga, y favorables al desarrollo del cultivo: preparación de suelo, ajuste de fechas de siembra, rotación de cultivos, eliminación de malezas (hospedantes), actividades sanitarias, etc. El desarrollo de variedades resistentes constituye un elemento importante para el control, pero resulta muy costoso y se requiere de mucho tiempo para su obtención (Jiménez, 2009, p.33).

Como combate cultural para el *Trips tabaci Lindeman* se recomienda destruir los residuos de la cosecha. También se debe recordar que la severidad del ataque disminuye en periodos de lluvia. En siembras escalonadas, el trasplante se debe iniciar por el lado de la salida del viento de la finca: ya que los Thrips aprovechan las corrientes de aire para desplazarse. (Araya, 2022, p.30).

2.3.4 Combate biológico

Consiste en la acción de enemigos naturales contra plagas y malas hierbas; sobre todo el uso de depredadores, insectos parásitos, hongos, bacterias, virus, nematodos etc. Este control resulta particularmente exitoso contra plagas importadas, trayendo su enemigo natural desde su lugar de origen. Muchos de estos enemigos naturales han sido manipulados, y en la actualidad se usan como formulados listos para ser aplicados. Algunos ejemplos: *Bacillus thuringiensis*, *Neumorea rileyi*, *Beauveria bassiana*, *Verticillium spp* (Jimenez, 2009, p.33).

INTAGRI (2016) menciona que para el combate biológico algunos de los depredadores del trips de la cebolla son: trips depredadores (*Aelotrips spp.*), larvas de crisopa verde (*Chrysoperla spp.*), chinche pirata (*Orius spp.*), mariquitas (*Coleomegilla maculata*), y chinche ojona (*Geocoris spp.*). Otros organismos benéficos para el control del trips de la cebolla son: parasitoides, ácaros depredadores, nematodos y hongos entomopatógenos.

2.4 Lecanicillium Lecanii

2.4.1 Generalidades del hongo

El *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) (*Hypocreales: Cordycipitaceae*) sinónimo *Verticillium lecanii* (Zimm.) conocido comúnmente como “hongo del halo blanco” es conocido por causar micosis en insectos (Rama, Subramaniam, Babu, y Deka, 2021).

Lecanicillium lecanii es un hongo entomopatógeno de una amplia distribución mundial, desde Asia, Europa, América y algunas islas del Caribe. No es un parásito obligado sino que también se halla de modo saprofítico (vive sobre materia orgánica seca). Las esporas de *Lecanicillium lecanii* pueden sobrevivir por un largo tiempo en tierra o en una situación de líquido aireado. El modo de acción es por contacto, e hiperparásito de otros hongos, entre ellos la roya. Afecta principalmente insectos de hábito chupador y raspador como: Thrips, mosca blanca, pulgones, araña roja, ácaros y palomilla (Agroactivo, 2024).

2.4.2 Clasificación Taxonómica

La clasificación taxonómica para *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare & W. Gams según Fundación Charles Darwin (2024) es la siguiente:

Dominio: Eukaryota

Reino: Fungi

Filo: Ascomycota

Clase: Sordariomycetes

Orden: Hypocreales

Familia: Cordycipitaceae

Género: *Lecanicillium*

Especie: *lecanii*

2.4.3 Modo de acción

Su mecanismo de acción es por contacto. En el momento que la espora entra en contacto con el insecto, se adhiere a su cutícula, activando quitinasas, lipasas y proteasas, que facilitarán su entrada a través de ella. Una vez dentro, la espora comienza a germinar, dando lugar a las hifas del hongo, que se extenderán por toda la hemolinfa de su presa (Omicrono, 2016).

A medida que tiene lugar la invasión, se sintetizan un gran número de compuestos tóxicos, como fenilalanina anhidra, ácido dipicolínico o ácidos hidroxicarboxílicos, que terminan por ocasionar la muerte del insecto, sin causar ningún tipo de efecto perjudicial en las hojas de la planta y tampoco en humanos, pájaros, peces o mamíferos (Omicrono, 2016).

2.4.4 Ciclo biológico

El ciclo biológico del hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii* (*Verticillium lecanii*) según Agroproductores (2021) consta de tres fases:

Primera fase

Dura de tres a cuatro días, consiste en la germinación de esporas y posteriormente, la penetración de hifas en el cuerpo del huésped. Esta penetración ocurre a través de la cutícula o por vía oral. El tubo germinativo de la conidia invade directamente al individuo plaga produciendo apresorios que penetran la epicutícula, dando lugar a cuerpos hifales, los cuales se desarrollan en el hemocele y circulan por la hemolinfa.

Segunda fase

La segunda fase consiste en la invasión de los tejidos por parte del micelio del hongo hasta causar la muerte del insecto. Este proceso dura aproximadamente de 2 a 3 días y se produce una gran cantidad de metabolitos tóxicos. *V. lecanii* produce metabolitos secundarios como, ácidos hidroxicarboxílicos, ácido dipicolínico, fenilalanina anhidra, 2,6 dimetoxi-P-benzoquinona, aphidicolina, y ácido picolínico.

Tercera fase

Abraca desde la esporulación hasta el inicio de un ciclo nuevo. El micelio del hongo se puede observar primero en las articulaciones y partes blandas de los insectos y en los siguientes días se expande a todo el cuerpo hasta cubrirlo finalmente.

2.5 Relación Beneficio/Costo

La relación beneficio- costo es una herramienta que permite evaluar la viabilidad económica de las actividades agrícolas, ya que mide el rendimiento de la inversión y determinar la eficiencia en el uso de los recursos. El análisis de esta relación es fundamental para la toma de decisiones informadas y sostenibles en el sector agropecuario (Kay, Edwards, y Duffy, 2018).

Se define la relación beneficio/ costo como el retorno de dinero que se obtiene al invertir una unidad monetaria. Su determinación se lleva a cabo dividiendo el ingreso bruto de la actividad productiva entre el costo total. Cuando el resultado de esta relación es igual a 1 el productor no tiene ganancias ni pérdidas económicas al realizar la actividad. Las relaciones mayores a 1 indican que existe una ganancia y las relaciones menores a 1 son sinónimo de pérdidas (Herrera et al 1994, p.43).

$$\text{Beneficio costo} = \frac{\text{Beneficio Bruto}}{\text{Costo neto}}$$

Se deben de conocer los conceptos básicos para determinar los costos totales, Herrera et al (1994, p.8-9) los definen de la siguiente forma:

- Costo de producción: Es el desembolso monetario que se hace para la adquisición de los factores de producción.
- Ingreso bruto: Es el valor monetario que se obtiene al multiplicar el precio del producto por el volumen de la producción.
- Costos fijos: Son aquellos costos que no varían independientemente del volumen de producción como ejemplo de estos costos se tiene el alquiler, pago de intereses, depreciaciones e impuestos.
- Costos variables: Son los costos que cambian con respecto al volumen de producción estos están relacionados con los insumos, como ejemplo se tiene la mano de obra, fertilizantes, herbicidas, insecticidas.

2.5.1 Comportamiento de precios y costos en la producción de cebolla en Costa Rica

En lo que comprende a los costos de producción del cultivo de cebolla en Costa Rica se estima que el costo ronda los ₡400 por kilogramo, donde la mayor inversión se realiza en mano de obra e insumos como fertilizantes para la producción (Pomareda, 2024). Por otra parte Gómez (2021) indicó que para un sistema de siembra convencional el costo de producción por metro cuadrado fue de ₡1 336 y para un sistema de siembra con acolchado o mulch fue de ₡1 479 por metro cuadrado.

El cultivo de cebolla en Costa Rica se ha enfrentado a un entorno económico inestable en los últimos años, donde el precio pagado al productor en noviembre del 2024 fue alrededor de ₡500, reportándose incluso precios de ₡250 por kilogramo en finca, cuando en el mismo año para el mes de julio el precio pagado al productor fue de ₡1750 (Pomareda, 2024). Esta situación representó pérdidas significativas ya que los costos de producción eran superiores a los precios de venta

Capítulo III. Metodología

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación tuvo un enfoque mixto, ya que se adaptó a las características y necesidades del proyecto. Una investigación con enfoque mixto permitió combinar elementos de los enfoques cuantitativo y cualitativo; este enfoque buscó la integración de datos numéricos y narrativos. Durante el proceso de integración de ambos, se obtuvo una visión más completa y se enriqueció la validez de la interpretación de los resultados. (Creswell y Plano Clark, 2018). Desde el enfoque cuantitativo se midieron variables como la dosis aplicada de *Lecanicillium lecanii*, el número de insectos muertos, la tasa de mortalidad, la eficiencia del combate biológico y el químico. El enfoque cualitativo permitió evaluar atributos como los signos que presentaron los trips en laboratorio, comportamiento del hongo en laboratorio y registro de costos de producción.

El enfoque mixto según Creswell y Plano Clark (2018), se caracteriza por la posibilidad de recopilar datos de forma concurrente o secuencial, donde depende del diseño planteado en la investigación. Esto significa que los datos pueden recolectarse al mismo tiempo o en diferentes etapas. Este enfoque permite la triangulación de resultados obtenidos por distintos métodos para aumentar su validez y confiabilidad, integrando lo cuantitativo y lo cualitativo con el fin de enriquecer los hallazgos y ofrecer una comprensión más profunda de los fenómenos analizados.

3.2 Tipo de investigación

El diseño de investigación de triangulación concurrente consiste en recolectar y analizar datos cuantitativos y cualitativos sobre el problema de investigación de manera simultánea, en un período cercano. En la fase de interpretación y discusión se explican ambos tipos de resultados y, por lo general, se realizan comparaciones entre las diferentes bases de datos (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014, p.557).

Los experimentos consisten en manipular tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones las cuales son conocidas como variables independientes, para observar cómo afectan a otras variables, las cuales se denominan dependientes dentro de un entorno controlado. Los diseños experimentales son aplicados cuando la persona investigadora pretende determinar el posible efecto de una causa que ha sido manipulada (Hernández, Fernández, y Baptista, 2014, p.129-130).

Los experimentos deben de tener la manipulación de una o más variables independientes donde se pueden dar diferentes grados de manipulación. Para el caso de más de dos grados de manipulación es posible manipular la variable independiente en cantidades, para poder conocer la magnitud del efecto según la cantidad (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.132).

La investigación cualitativa descriptiva es donde los datos se recolectan mediante métodos como entrevistas y observaciones, estos datos se analizan de forma simple, pretende describir fenómenos sin la aplicación del análisis estadístico complejo (Creswell y Plano Clark, 2018).

3.3 Marco espacial y temporal

La investigación se realizó tanto en el Laboratorio de Fitoprotección del Centro de Prácticas Docentes e Investigación Agropecuaria (CEPDIA) de la Escuela de Ingeniería en Agronegocios del Instituto Tecnológico de Costa Rica, sede central Cartago, como en campo, en la finca Neto, ubicada en Llano Grande de Cartago, dedicada a la producción agrícola.

El proyecto se llevó a cabo durante el mes de diciembre del año 2024 y el primer semestre del año 2025, durante el ciclo de producción de verano para la Zona Norte de Cartago. Se inició dos meses antes del periodo lectivo 2025, ya que se dependía de las épocas de producción en la finca; para el siguiente ciclo de producción no se contaría con el tiempo adecuado para el desarrollo del proyecto. En este lapso se realizaron las actividades planteadas en el cronograma, tales como la captura de insectos, pruebas de laboratorio, aplicaciones en campo, evaluaciones en campo, evaluación de rendimiento, registro y cálculo de los costos de producción, así como el análisis de los datos recabados en cada actividad. Dirección exacta: Cartago, Cartago, Llano Grande, Barrio La Trinidad, 300 metros norte del súper y licorera La Rancherita.

Dirección: <https://maps.app.goo.gl/fc3Ty6ADTzkJ1eQw6>

Figura 1

Imagen georreferenciada de Finca Neto



[Nota. De Ubicación Finca Neto Googleearth](#) [Fotografía], por Fernández, 2024, (9°55'37.2"N 83°54'18.5"W)

3.4 Fuentes de información

Para llevar a cabo este proyecto se utilizaron tanto fuentes primarias como secundarias.

Las fuentes primarias corresponden a los datos recolectados directamente durante la fase experimental en laboratorio y en campo. En el laboratorio se registró la información en una libreta de apuntes, donde se llevó el conteo diario de los insectos muertos por tratamiento, la aparición de signos en los individuos y el tiempo de exposición a cada dosis del biocontrolador. En el caso de la evaluación en campo, se recolectó información sobre la mortalidad de los insectos y la efectividad comparativa entre el hongo *Lecanicillium lecanii* y el insecticida químico Muralla Delta 190D. Además se registraron durante todo el ciclo productivo los costos de producción como mano de obra, insumos, gastos por servicios públicos entre otros insumos.

Toda esta información se transfirió a hojas de cálculo en Microsoft Excel, donde se organizaron los datos para su análisis. Se utilizó el programa Minitab para realizar el análisis estadístico y generar las curvas de respuesta según las distintas dosis. Para documentar y redactar el trabajo final se utilizó Microsoft Word.

Las fuentes secundarias incluyeron artículos científicos, tesis anteriores, documentos técnicos y publicaciones especializadas sobre el uso del hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii*, el manejo biológico de trips en cultivos agrícolas y metodologías de cálculo como la fórmula de Abbott y el análisis de costo-beneficio en la producción de cebolla. También se consultaron documentos relacionados con costos de producción agrícola en Costa Rica y uso de bioinsumos como alternativa al control químico convencional.

3.5 Variables o categorías de análisis

Tabla 1

Tabla de Variables y Atributos

Objetivo específico	Variable/atributo	Análisis de datos	Indicador/unidad
Determinar la dosis letal efectiva a través de pruebas de dosis letal media para los trips inoculados con dosis de <i>Lecanicillium lecanii</i> .	-Tiempo transcurrido desde la inoculación hasta la muerte del 50% de la población de insectos. - Aparición de signos en insectos. -Dosis de <i>Lecanicillium lecanii</i>	Formula de Abbott para la mortalidad de los trips en los tratamientos. Estadística descriptiva para generar las curvas de respuesta a distintas dosis. Los datos recopilados se transfirieron a una hoja de cálculo en Excel y se analizaron estadísticamente (con el fin de determinar la dosis que presenta el mejor DL50) MiniTab	-Cantidad de insectos muertos/Horas -Gramos/litro
Evaluar la dosis de mayor letalidad obtenida en	-Cantidad de insectos -Eficiencia del <i>Lecanicillium lecanii</i>	Se realizaron pruebas de campo y recolección de datos	Insectos muertos/ planta Insectos vivos/ planta

laboratorio para la determinación de la efectividad del hongo <i>Lecanicillium lecanii</i> en campo.	-Eficiencia del insecticida químico.	que se transfirieron a una hoja de cálculo. Se realizaron análisis con la varianza, fórmula de corrección de Abbot con el programa Excel.	
Determinar el costo-beneficio de los tratamientos aplicados en campo para su análisis económico.	Costos de producción Mano de obra Rendimiento del cultivo Costos indirectos Precio por kg de cebolla.	Se recolectaron los datos mediante hoja de cálculo en el programa Excel para realizar el cálculo bajo la fórmula de Costo-Beneficio.	Colones/ producto Colones/horas laboradas Kg de cebolla/m ² Colones/ kg de cebolla Porcentaje de efectividad <i>Lecanicillium lecanii</i> Porcentaje de efectividad insecticida químico

3.6 Herramientas

Las herramientas utilizadas para el desarrollo de este trabajo en laboratorio fueron libreta de apuntes donde se llevó el conteo diario de cada tratamiento, balanza granataria para cuantificar la cantidad de producto a utilizar, recipientes herméticos de plástico para contener los insectos durante el bioensayo así como equipo de laboratorio por ejemplo beaker, estereoscopio, piseta, espátula acanalada entre otros.

Para lo que comprende las pruebas en campo se utilizó una maquina manual para fumigar marca Carpi de 18 litros de capacidad, un balde de plástico de 20 litros de capacidad para preparar la mezcla, balanza electrónica, jeringa de 10 mililitros, equipo de protección como botas, capa, mascarilla, lentes, guantes y polainas. Para la cosecha se utilizó cajas plásticas con una capacidad aproximada de 18 kilogramos y una balanza electrónica.

En el caso del registro de los costos de producción se utilizó una computadora portátil, celular y folders donde se organizaron las facturas generadas por los diferentes comercios agrícolas donde se adquirieron diversos insumos.

Durante el desarrollo de este proyecto se utilizó Microsoft Word para documentar información, Microsoft Excel y Minitab para el análisis de los datos recabados.

3.7 Sistematización de objetivos

- **Determinar la dosis letal efectiva a través de pruebas de dosis letal media para los trips inoculados con dosis de *Lecanicillium lecanii*.**

El primer objetivo se llevó a cabo con insectos capturados en campo. La captura se realizó bajo una adaptación de la metodología propuesta por Dughetti (1997, p.9), la cual consistió en recolectar insectos directamente de las hojas centrales de las plantas de cebolla, disponerlos en envases de plástico herméticos con ventilación y hacer el recuento en laboratorio bajo lupa binocular. Estas pruebas se realizaron en el Laboratorio de Fitoprotección del Centro de Prácticas Docentes e Investigación Agropecuaria (CPDIA) de la Escuela de Ingeniería en Agronegocios del Instituto Tecnológico de Costa Rica, sede central Cartago. Se siguió la metodología propuesta por CATIE (2021, p.53-61) y la metodología propuesta por Cañedo (2004, p.53-54), con adaptaciones según los requerimientos de este trabajo de investigación.

1. El procedimiento de captura de los insectos se realizó por el método extractivo durante la mañana, donde se tomaron 90 insectos de las hojas centrales de diferentes plantas. Estos se colocaron en envases plásticos ventilados para ser transportados al laboratorio, donde se extrajeron los insectos utilizando un pincel.
2. En el laboratorio se realizaron tres tratamientos con tres repeticiones cada uno. El T1 (testigo) consistió únicamente en agua destilada, el T2 utilizó una concentración del producto de $1,2 \times 10^9$ UFC/ml, y el T3 con una concentración de $1,2 \times 10^8$ UFC/ml. Para cada repetición se colocaron 10 insectos, entre ninfas y adultos, dentro de un envase plástico ventilado esterilizado, asegurando que cada insecto tuviera material vegetal disponible para su alimentación durante el estudio. En total, se trabajó con 30 insectos por tratamiento, sumando 90 insectos para todo el experimento.
3. Para realizar la inoculación de los insectos, se prepararon 1,25 gramos del producto en 250 ml de agua destilada por tratamiento. La aplicación se hizo por aspersion con una bomba manual, inoculando los insectos de los tratamientos T2 y T3 con la concentración correspondiente. En el caso del tratamiento T1, se aplicó únicamente agua destilada. Los envases se colocaron a temperatura ambiente en un lugar seguro.

4. Los diferentes envases se monitorearon diariamente. Se realizó el conteo de insectos vivos y muertos utilizando un estereoscopio, considerando como muertos aquellos que no respondían al estímulo mecánico. Las evaluaciones se continuaron hasta que la tasa de mortalidad de la población se estabilizó. Los resultados se registraron en tablas separadas por tratamiento, anotando la fecha correspondiente.
5. La mortalidad de los tratamientos fue corregida mediante la ecuación de Abbott (Ecuación 1). Se utilizó estadística descriptiva para generar las curvas de respuesta a las distintas dosis aplicadas. Los datos recopilados fueron procesados con el software Minitab, y se determinó la dosis letal media (DL50) utilizando el análisis Probit.

Ecuación 1

Mortalidad corregida Abbott

$$\%MC = \frac{X\% - Y\%}{X\%} * 100 \quad (1)$$

X= Porcentaje de insectos vivos en el control.

Y= **Porcentaje** de insectos vivos en el tratamiento

- **Evaluar la dosis de mayor letalidad obtenida en laboratorio para la determinación de la efectividad del hongo *Lecanicillium lecanii* en campo.**

El segundo objetivo se desarrolló en la finca Neto, ubicada en Llano Grande de Cartago. El trabajo se llevó a cabo siguiendo la metodología de ANDI (2016, p.65), la cual establece un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA), bloques al azar o parcelas divididas, con cuatro repeticiones y un tamaño mínimo por parcela de 15 m². Se utilizó un equipo de aplicación tipo bomba de espalda mecánica y realizando evaluaciones antes y después de la aplicación. Esta metodología se adaptó según los criterios del experto Hernández (Hernández, comunicación personal, 22 de octubre de 2024).

1. El diseño experimental consistió en bloques completamente al azar con tres tratamientos: T1 (testigo), T2 (insecticida químico) y T3 (dosis de mayor letalidad determinada en laboratorio). Cada tratamiento tuvo tres repeticiones. La unidad experimental fue una cama de siembra de 20 metros de largo por 1 metro de ancho, para un área total de 20 m² por parcela. Cada cama de siembra contó con 8 surcos, y se dejó una distancia de 0,6 metros entre camas.

Se conformaron bloques con 3 camas cada uno (T1, T2 y T3), para un total de cuatro bloques. Se dejaron 0,5 metros de margen en los extremos de cada cama para evitar el efecto borde. Todas las camas y bloques fueron rotulados debidamente para su correcta identificación. Además, se instaló una barrera física para separar el área del experimento del área comercial de la finca.

Figura 2

Diseño del área experimental

Bloque 1	T1
	T3
	T2
Bloque 2	T2
	T1
	T3
Bloque 3	T1
	T2
	T3
Bloque 4	T2
	T3
	T1

2. La aplicación del producto en cada tratamiento se realizó en horas de la mañana, entre las 6:00 a.m. y las 8:00 a.m., utilizando una bomba de espalda manual de 18 litros de capacidad. Se trabajó con un volumen de mezcla de 400 L/ha y se aplicaron las dosis indicadas según cada tratamiento. A la mezcla se le añadió un adyuvante acondicionador del agua con el fin de corregir posibles desbalances de pH. Las aplicaciones se realizaron desde antes del inicio del periodo de formación del bulbo en la planta, hasta una semana antes de la cosecha.

3. Se llevó a cabo una evaluación visual antes de cada aplicación, seleccionando al azar 10 plantas por tratamiento. En cada una se contó la cantidad de individuos vivos de trips, tanto ninfas como adultos, con la ayuda de una lupa. Después de cada aplicación, se realizaron evaluaciones a los tres, cinco y diez días.

4. Los resultados recabados en cada evaluación fueron procesados mediante la Ecuación 2 de Henderson y Tilton, para determinar el porcentaje de eficacia de cada tratamiento. Para el análisis de datos se empleó el programa Microsoft Excel. Inicialmente se aplicó estadística descriptiva para identificar las características generales de los datos. Posteriormente se evaluó el comportamiento de los datos para determinar su normalidad y se logró identificar diferencias significativas entre los diferentes tratamientos.

Ecuación 2

Mortalidad corregida Henderson-Tilton

$$\text{Mortalidad corregida} = \frac{M\% - N\%}{100 - N\%} * 100 \quad (2)$$

M= Mortalidad observada en el grupo tratado con producto.

N= Mortalidad observada en el grupo control

- **Determinar el costo-beneficio de los tratamientos aplicados en campo para su análisis económico.**

Para determinar el costo-beneficio de los tratamientos aplicados en campo, se determinaron los costos de producción de cada parcela. Para esto, se utilizó el modelo de costos de producción propuesto por el MAG (2020) y la metodología empleada por Arévalo, Pastrano, y Armijos (2016, p.508) adaptado a este trabajo.

1. Se registraron los costos de producción de toda la finca, ya que al momento del inicio del proyecto la actividad agrícola ya se encontraba establecida. Para ello, se utilizaron los registros disponibles del productor; en los casos en los que no se contó con algún dato, se realizaron entrevistas al productor para reconstruir la información. A partir del inicio del proyecto, se llevó un registro digitalizado de todos los costos por medio del programa Microsoft Excel. Se registraron y clasificaron los costos directos e indirectos, como mano de obra, mantenimiento, insumos, servicios públicos, entre otros. Con estos datos se procedió a calcular los costos por metro cuadrado, y con ello se determinó el costo de cada una de las parcelas incluidas en el proyecto.

2. El análisis de costo-beneficio de cada tratamiento se realizó utilizando la Ecuación 3. Los resultados fueron interpretados y analizados de forma descriptiva con el fin de determinar cuál tratamiento generó mayores beneficios para el productor. Se consideró que, si la relación beneficio/costo fue mayor a 1, el tratamiento presentó ganancias económicas; si fue menor a 1, presentó pérdidas; y si fue igual a 1, no presentó ni ganancias ni pérdidas. Para determinar esta relación se utilizó la siguiente fórmula.

Ecuación 3

Beneficio-Costo

$$\text{Beneficio costo} = \frac{\text{Beneficio Bruto}}{\text{Costo neto}} \quad (3)$$

Beneficio Bruto: Ingresos-Costos

Costo neto: Costos Fijos + Costos Variables + Otros Costos

Capítulo IV. Resultados y Discusión de Resultados

4.1 Determinación de la dosis letal efectiva a través de pruebas de dosis letal media para los trips inoculados con dosis de *Lecanicillium lecanii*.

Durante el ensayo en el Laboratorio de Fitoprotección del Centro de Prácticas Docentes e Investigación Agropecuaria (CPDIA) se realizaron tres tratamientos con tres repeticiones por cada tratamiento para un total de 30 *Thrips tabaci* en cada uno, T1 (Testigo) al cual solo se le aplicó agua destilada, T2 (*Lecanicillium lecanii* $1,2 \times 10^9$ UFC/ml) y el tratamiento T3 (*Lecanicillium lecanii* $1,2 \times 10^8$ UFC/ml). Se monitoreó la mortalidad a las 24, 48, 72, 96 y 120 horas después de realizar la inoculación de los trips (ver Anexo A).

Se evidenció que la mortalidad aumentó a mayor tiempo de exposición en los diferentes tratamientos siendo tratamiento T2 el que causó una mortalidad de 66,7% la cual es la mayor mortalidad 120 horas después de la inoculación en comparación con los otros dos tratamientos T1 y T3 (Tabla 2).

Tabla 2

*Mortalidad acumulada de trips con distintas concentraciones de *Lecanicillium lecanii* observada en laboratorio (n=30)*

Tratamiento	Horas después de la inoculación				
	24h	48h	72h	96h	120h
T1 (Testigo)	0%	3,3%	6,7%	10,0%	10,0%
T2 ($1,2 \times 10^9$)	20%	44,8%	53,6%	59,3%	66,7%
T3 ($1,2 \times 10^8$)	13%	27,6%	28,6%	40,7%	48,1%

Una vez que se obtuvieron los datos de mortalidad de cada tratamiento y fueron corregidos se procedió a realizar el análisis Probit utilizando el software Minitab el cual generó la tabla de percentiles que permitió realizar la curva de regresión (Figura 3).

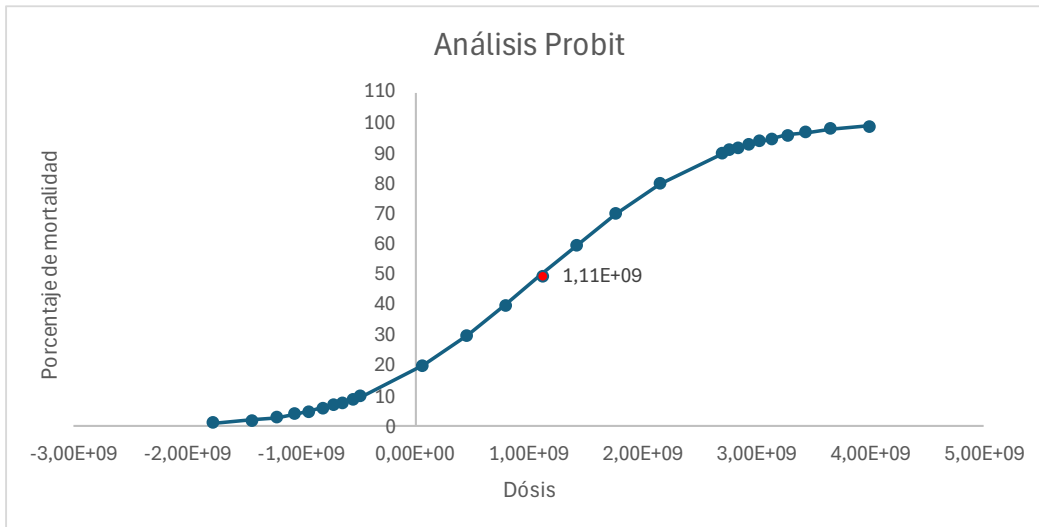


Figura 3

Análisis Probit con diferentes dosis de Lecanicillium lecanii en el tratamiento de trips (n=30)

Se evidenció que al aumentar la concentración del hongo *Lecanicillium lecanii* aumentó el porcentaje de mortalidad (Figura 3), la curva permitió estimar la DL50 la cual fue de $1,11 \times 10^9$ UFC/ml. Con los datos anteriormente mencionados se pudo identificar que la dosis con mayor efectividad en laboratorio fue la T2 (*Lecanicillium lecanii* $1,2 \times 10^9$) la cual fue llevada a campo para el desarrollo del segundo objetivo de este trabajo.

Según lo reportado por Altamirano (2024) donde se utilizaron trips de la rosa en condiciones de laboratorio inoculados con *Lecanicillium lecanii* a una concentración de $1,2 \times 10^9$ conidias/ml mediante inmersión se produjo una mortalidad a los 2 días después de la aplicación del 100% de la población lo cual difiere con los resultados obtenidos. Por otra parte, Babu et al (2021) reportaron que para el trips del té a una concentración de $1,0 \times 10^8$ conidias/ml de *Lecanicillium lecanii* después de 96 horas de infectados los insectos, se produjo una mortalidad de 66% de la población esto concuerda parcialmente con los datos encontrados en laboratorio de este trabajo.

4.2 Evaluación de la dosis de mayor letalidad de *Lecanicillium lecanii* en campo

Para el segundo objetivo de este trabajo se realizó un diseño experimental de bloques completamente al azar (ver Anexo B), el cual contó con tres tratamientos un Testigo, uso de insecticida químico comercial Deltamethrin-Imidacloprid y el hongo *Lecanicillium lecanii* con la dosis que mostró mayor letalidad en laboratorio ($1,2 \times 10^9$ UFC/ml), donde se realizaron dos aplicaciones para cada tratamiento, la primer aplicación se realizó el día 03 de febrero del 2025 y la segunda aplicación el día 19 de febrero del 2025, el monitoreo en campo se realizó a los tres, cinco y diez días después de cada aplicación.

Se observó los datos obtenidos durante las dos aplicaciones en campo los días 0 y 25 respectivamente, se evidencia que después de cada aplicación en el tratamiento con insecticida químico y el hongo *Lecanicillium lecanii* hay una disminución en la cantidad de insectos vivos por planta, caso contrario del testigo el cual con el pasar de los días aumenta su población promedio de trips. Cabe resaltar que entre aplicaciones se presentaron lluvias las cuales afectaron la población de trips en el cultivo, por lo que hay un distanciamiento de 15 días entre aplicaciones ya que se debió esperar a que la población aumentara para la segunda prueba de campo.

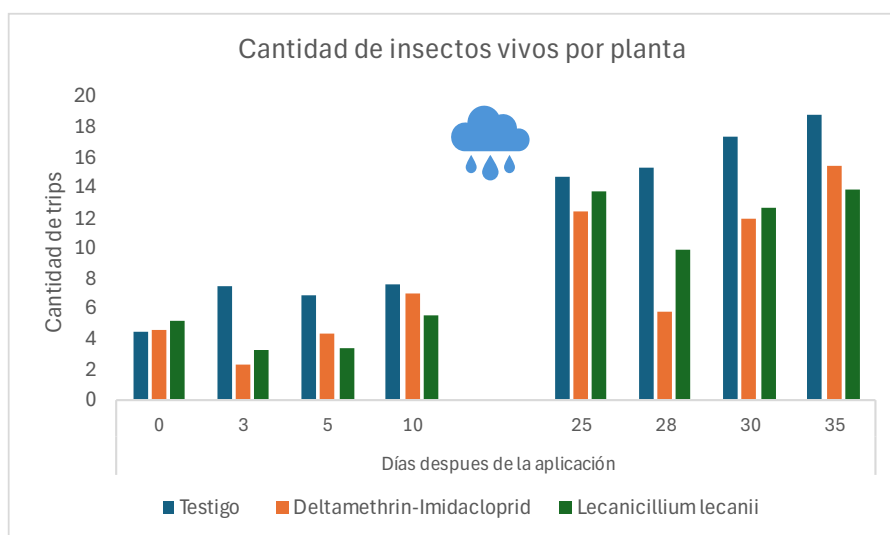


Figura 4

Cantidad de insectos vivos por planta después de la aplicación de Deltamethrin-Imidacloprid y Lecanicillium lecanii la nube significa lluvias entre las aplicaciones. Se realizaron las aplicaciones los días 0 y 25.

En el tratamiento testigo la población inicial promedio fue de 5 insectos entre ninfas y adultos por planta la cual presentó un aumento lineal para que al día 10 está fuera en promedio de 8 insectos entre ninfas y adultos por planta, lo que representa incremento de un 37,5% de la población inicial. En la segunda aplicación la población inicial promedio al día 25 fue de 15 trips por planta la cual aumentó para el día 35 a 19 insectos en promedio por planta lo que representó un incremento de 21%.

Para el caso del tratamiento químico con Muralla Delta 190D (Deltamethrin-Imidacloprid) la población inicial en promedio fue de 5 insectos por planta entre ninfas y adultos, para el día 3 después de la aplicación hubo una disminución de la población con un promedio de 2 insectos por planta lo que representó un 60% de mortalidad, para el día 5 se observa un incremento de la población a 4 trips por planta y para el día 10 después de la primera aplicación fue de 7 insectos entre ninfas y adultos. Este comportamiento fue similar en la segunda aplicación donde para el día 25 la población de trips entre ninfas y adultos fue de 12 insectos por planta, la población disminuyó a 5 trips en promedio por planta lo que representó una mortalidad de un 58%, para los siguientes días la población tendió a incrementar siendo esta para el día 35 de 15 trips en promedio entre ninfas y adultos (Ver anexo C).

Con respecto al hongo *Lecanicillium lecanii* se observó que la población inicial fue de 5 trips por planta la cual disminuye para el tercer día a 3 insectos por planta esto representó una mortalidad de un 40%. En el día 5 después de la aplicación se observa una población promedio de 3 trips por planta lo que evidencia que el hongo sigue haciendo efecto en el combate de trips, para el día 10 después de la aplicación la población promedio aumento nuevamente a 5 trips por planta entre ninfas y adultos. En la segunda aplicación se da un comportamiento similar, se observó en promedio 14 insectos por planta para el día 25, tres días después la cantidad disminuye a una población promedio de 10 insectos por planta representando un 28,5% de mortalidad. Para los días 30 y 35 la población siguió aumentando hasta llegar a 14 trips por planta entre ninfas y adultos. La efectividad en este tratamiento se ve reducida ya que el sistema de producción es con

acolchado, este sistema limitó la inoculación del hongo en la tierra al contar con una cobertura de plástico e impedir que las esporas entraran en contacto con el suelo y estas se logaran reproducir causando afectación a los estadios larvales de trips.

En la Figura 5 se presentan las pendientes obtenidas de las rectas de tendencia para cada tratamiento que reflejan el comportamiento de la población de trips (*Thrips tabaci*) en el cultivo de cebolla al realizar la primera aplicación de los distintos métodos de combate.

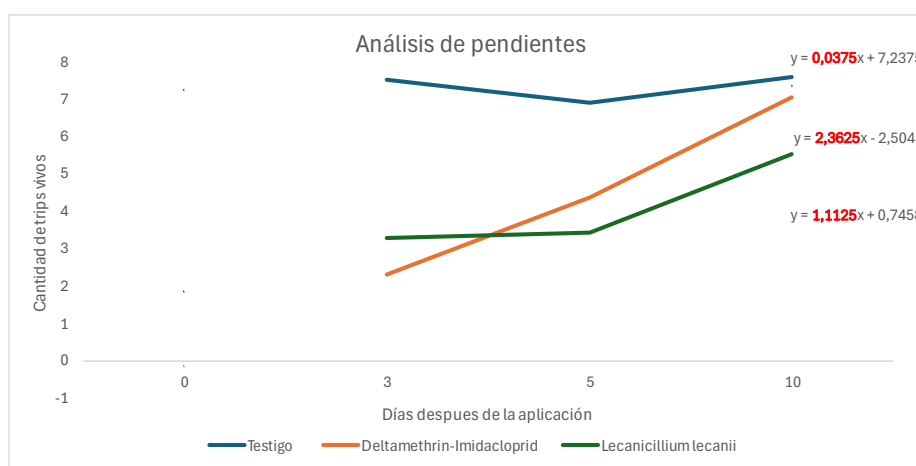


Figura 5

Análisis de pendientes entre tratamientos

En el tratamiento testigo la pendiente fue de 0,0375 lo que indica que hay un crecimiento de la población lento pero continuo a lo largo de los días de evaluación, lo que refleja un incremento en la población natural de la plaga en una ausencia de combate.

En el caso del tratamiento químico con Muralla Delta 190D (Deltamethrin-Imidacloprid) presentó una pendiente de 2,3625 esto es significativamente mayor al testigo y al tratamiento con el hongo, lo que indica que el producto reduce la población significativamente, pero al pasar de los días se evidencia un incremento acelerado de la plaga. Este comportamiento pudo estar relacionado a que el ingrediente activo que tuvo un mejor desempeño en esta aplicación fue el Deltamethrin su modo de acción es de contacto el cual es un modulador del canal de sodio causando inhibición de la transmisión del impulso nervioso (UNA, 2025). Lo anteriormente descrito se da ya que a partir del día 5 al 10 después de la aplicación la población aumentó significativamente, pero manteniéndose por debajo de la población del testigo por lo que el ingrediente Imidacloprid no tuvo efecto en el combate de trips y según el comportamiento observado

en la población de trips en campo puede existir una resistencia por parte del insecto a este ingrediente activo, su modo de acción es sistémico el cual actúa sobre el sistema nervioso central, activando los receptores de la acetilcolina nicotínica (UNA, 2025). Wakil, et al (2023) indicaron que existe resistencia por parte del *Trips Tabaci* al ingrediente activo Imidacloprid donde se determinó una resistencia de un 38%.

En el tratamiento biológico con *Lecanicillium lecanii* la pendiente fue de 1,11 siendo esta la que se encuentra en intermedio de los tratamientos Testigo y con Muralla Delta 190D. Donde la población tiende a aumentar después de la aplicación, pero con una velocidad de crecimiento menor en comparación con el insecticida químico, lo cual evidencia que existe un efecto de combate del trips más sostenido en el tiempo pero con una letalidad menor que el químico.

Patil et al (2009) reportaron que para *Lecanicillium lecanii* en condiciones de campo con una concentración de 5g/L se encontró una población promedio de 10,84 trips/planta 4 días después de la aplicación, mientras que en el control la población fue de 17,68 trips/planta. Para los 7 días después de la aplicación la población fue de 8,65 trips/planta en el área tratada con el hongo y de 21,40 trips/planta en el testigo. Finalmente 14 días después de la aplicación la población fue de 13,37 trips/planta en el tratamiento con *Lecanicillium lecanii* y de 35,17 trips/planta en el testigo. Los mencionado anteriormente concuerda con el comportamiento observado en campo durante el desarrollo de este trabajo, donde los primeros días después de la aplicación del bio insecticida la población se ve reducida y luego tiene un repunte significativo, siempre manteniéndose por debajo de la población del tratamiento testigo.

4.3 Determinación del costo-beneficio de los tratamientos aplicados en campo.

Para la evaluación del impacto económico de cada uno de los tratamientos aplicados en el combate de trips en el cultivo de cebolla, se llevó a cabo el análisis del costo-beneficio donde se consideró los costos variables como insumos y mano de obra. Al momento del desarrollo de este trabajo las herramientas utilizadas se encontraban totalmente depreciadas, la finca no cuenta con deudas o alquileres vigentes por lo que no se registraron los costos fijos dado a su ausencia. Se evaluó el rendimiento de producción de cada uno de los tratamientos para determinar el beneficio bruto obtenido. Los datos del área experimental fueron escalados y son expresados para un área de producción de una hectárea.

A continuación, en la Tabla 3 se presentan los costos de las labores manuales en las que se incurrió durante el proceso de producción para el área experimental expresados en costos por hectárea donde el total fue de ₡5 852 330,77, en el cual se tomaron en cuenta la limpieza del terreno, el almácigo, fertilización, trasplante y otros.

Tabla 3

Labores manuales por hectárea

#	Tarea	Categoría	Labores manuales		Costo unitario	Costo total
			Cantidad	Medida		
1	Limpieza de terreno	Preparación de terreno	137	Horas hombre	₡ 1 529,62	₡ 208 964
2	Almácigo	Siembra	683	Bandejas	₡ 3 000,00	₡ 2 049 180
3	Trasplante	Siembra	437	Horas hombre	₡ 1 529,62	₡ 668 686
4	Fertilización	Fertilización por sistema de fertirriego	342	Horas hombre	₡ 1 529,62	₡ 522 411
5	Desinfección de suelo	Combate de enfermedades	41	Horas hombre	₡ 1 529,62	₡ 62 689
6	Aplicación foliar	Combate de enfermedades y plagas	191	Horas hombre	₡ 1 529,62	₡ 292 550
7	Aplicación de Herbicida	Combate de malezas	27	Horas hombre	₡ 1 529,62	₡ 41 793
8	Cosecha	Cosecha manual	1311	Horas hombre	₡ 1 529,62	₡ 2 006 057
Total						₡ 5 852 330,77

En la Tabla 4 se registraron otros costos en los que se incurrió para la producción del cultivo en el área experimental expresados por hectárea, la cual contaba con un sistema de acolchado “mulch” sobre las camas con su respectivo sistema de fertirriego, al inicio de este proyecto ya el sistema de siembra se encontraba establecido, la vida útil del sistema es de dos cosechas o anual, por lo que para este proyecto tanto la cobertura de acolchado como la manguera de goteo se contempló el 50% del costo total para contabilizar un totalidad de costo por hectárea de ₡ 1 127 491,53.

Tabla 4

Otros costos de producción por hectárea

#	Tarea	Otros Costos de producción			Costo unitario	Costo total
		Categoría	Cantidad	Medida		
1	Electricidad	Servicios públicos	-	kw/h		₡ 163 934,43
2	Combustible	Combustible	207	Litros	₡ 677,00	₡ 140 024,32
3	Cobertura de acolchado	Plástico mulch	6 831	Metros	₡ 70,00	₡ 239 071,04
4	Manguera de goteo	Equipo de fertirriego	27 322	metros	₡ 34,78	₡ 475 172,13
5	Agua	Servicios públicos				₡ 109 289,62
Total						₡ 1 127 491,53

En la tabla 5 se determinaron los costos totales de producción para cada uno de los tratamientos expresados por hectárea en los que se incurrió durante todo el proceso de producción.

Tabla 5

Total de costos de producción por cada tratamiento por hectárea

Total de costos de producción		
Descripción		Monto
Tratamiento Testigo		
Costos variables		
Insumos	₡	8 020 057,13
Mano de obra	₡	5 852 330,77
Otros	₡	1 127 491,53
Total	₡	14 999 879,43
Tratamiento Químico Muralla Delta 19OD		
Costos variables		
Insumos	₡	8 106 942,37
Mano de obra	₡	5 977 709,46
Otros	₡	1 127 491,53
Total	₡	15 212 143,37
Tratamiento <i>Lecanicillium lecanii</i>		
Costos variables		
Insumos	₡	8 118 417,78
Mano de obra	₡	6 207 509,84
Otros	₡	1 127 491,53
Total	₡	15 453 419,15

Para el tratamiento Testigo se determinó la totalidad de los costos básicos de producción sin gastos adicionales para el combate de trips, el total de estos costos fue de ₡ 14 999 979,43 para un área de 10 000 metros cuadrados. Con respecto al tratamiento químico con Muralla Delta 19OD (Deltamethrin-Imidacloprid) se puede observar los costos de producción tomando en cuenta el costo de aplicación donde se contempló la mano de obra en la que se incurrió para realizar la aplicación del producto y el costo del insecticida, el total de este costo fue de ₡ 15 212 143, 37 para un área total de 10 000 metros cuadrados. En el caso del tratamiento con *Lecanicillium lecanii* se presentan los costos de producción tomando en cuenta el costo de aplicación donde se contempló la

mano de obra en la que se incurrió para realizar la aplicación del producto y el costo del bio insecticida, el total de este costo fue de ₡ 15 453 419,15 para un área total de 10 000 metros cuadrados. Los costos de producción según lo indicado por Gómez (2021) en el cultivo de cebolla para un sistema de siembra con acolchado (mulch) en la zona norte de Cartago ronda los ₡ 14 789 538, lo cual coincide parcialmente con los resultados obtenidos en este trabajo la diferencia de costos puede estar relacionada a la fluctuación que tienen los precios de los insumos en el tiempo, la cantidad de mano de obra requerida entre otros.

En términos de rendimiento de producción en la Tabla 6 se registraron las cantidades producidas por cada tratamiento por hectárea y su precio de venta en colones costarricenses por kilogramo.

Tabla 6

Rendimiento de producción para cada tratamiento por hectárea

Descripción	Cantidad (kg)	Precio de venta por kg
Tratamiento testigo		
Primera calidad	75 000	₡ 300
Segunda calidad	3 689	₡ 150
Total	78 689	₡ 23 053 279
Tratamiento Químico Muralla Delta 190D		
Primera calidad	77 254	₡ 300
Segunda calidad	4 738	₡ 150
Total	81 992	₡ 23 886 885
Tratamiento <i>Lecanicillium lecanii</i>		
Primera calidad	80 328	₡ 300
Segunda calidad	5 779	₡ 150
Total	86 107	₡ 24 965 164

Para el tratamiento testigo se obtuvo un rendimiento por hectárea en producción de cebolla catalogada como primera calidad de 75000 kg y una segunda calidad de 369 kg para un ingreso bruto de ₡23 053 279. En el caso del tratamiento químico se obtuvo una producción de cebolla catalogada como primera calidad de 77 254 kg y una segunda calidad de 4 738 kg para un ingreso bruto de ₡ 23 886 885. Por último, el tratamiento con *Lecanicillium lecanii* obtuvo una producción de cebolla por hectárea catalogada como

primera calidad de 80 320 kg y una segunda calidad de 5 779 kg para un ingreso bruto de ¢ 24 965 164 (ver Anexo D).

A continuación, en la Tabla 7 se registraron las relaciones costo-beneficio de cada uno de los tratamientos. Para el tratamiento testigo fue de 1,54 lo que indica que para este caso representa ganancias económicas al ser un valor superior a 1. En el tratamiento con insecticida químico se obtuvo un valor de 1,57 esto representó retribuciones económicas al ser un valor mayor a 1. Para el tratamiento con el hongo *Lecanicillium lecanii* la relación costo-beneficio fue de 1,62 lo que indica que para este caso representa ganancias al ser mayor a 1.

Tabla 7

Relación Costo-Beneficio para cada tratamiento

Tratamiento	Relación costo-beneficio
Testigo	1,54
Químico Muralla Delta 19OD	1,57
<i>Lecanicillium lecanii</i>	1,62

En términos de rendimiento el tratamiento que obtuvo la producción más alta fue el que se le aplicó el hongo *Lecanicillium lecanii* con un total de 80 328 kg por hectárea de cebolla de primera calidad y 5 779 kg de segunda calidad, seguido a este se encuentra el tratamiento con insecticida químico Muralla Delta 19OD con 77 254 kg de cebolla de primera calidad y 4 738 kg de una segunda calidad por hectárea, en el caso del tratamiento Testigo se obtuvo un rendimiento en cebolla de primera calidad de 75 000 kg y de segunda calidad 3 689 kg por hectárea. Lo anterior dejó en evidencia que el tratamiento que presentó mejores resultados para este caso fue el *Lecanicillium lecanii* con una diferencia de 3 074 kg de cebolla de primera calidad con respecto al tratamiento químico y una diferencia de 1 041 kg con respecto al Testigo. Cabe resaltar que estos datos de producción son expresados por hectárea según los rendimientos obtenidos en el área experimental los cuales fueron escalados para 10 000 metros cuadrados. Para que estos rendimientos sean replicados en toda la finca se debe contar con las mismas condiciones como nutrición de suelo, densidad de siembra, uniformidad en el tamaño del bulbo, tipo

de suelo, entre otros que se encontraron en el área experimental, lo cual resulta poco probable que suceda.

En lo que respecta al análisis de la relación costo beneficio el tratamiento con el hongo entomopatógeno obtuvo el valor más alto con un 1,62, seguidamente se encuentra el tratamiento químico con un 1,57 y por último el testigo con un 1,54. Todos los tratamientos técnicamente representan ganancias económicas que vienen dadas por los rendimientos obtenidos en la cosecha, ya que tanto el tratamiento químico como el biológico si lograron disminuir la población de trips en las dos aplicaciones realizadas. Para el caso del testigo no se denota una diferencia en la producción tan amplia ya que durante el ciclo productivo predominaron las condiciones lluviosas que favorecieron que la población de Thrips tabaci no aumentara a niveles que causaran un daño mayor al cultivo.

Capítulo V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1 Conclusiones

Se comprobó que el hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii* tiene un efecto letal sobre el trips de la cebolla *Thrips tabaci* y que la eficacia se encuentra relacionada con la concentración del inóculo.

El uso del biocontrolador *Lecanicillium lecanii* puede ser una herramienta para romper la resistencia que se ha reportado para diferentes insecticidas de origen químico en el combate de *Trips Tabaci*.

La mayor mortalidad observada en laboratorio fue con el tratamiento T2 con una concentración de $1,2 \times 10^9$ UFC/ml con la cual se alcanzó a las 120 horas después de la aplicación una mortalidad del 66,7% de la población.

En condiciones de campo el tratamiento con *Lecanicillium lecanii* mostro un efecto de reducción prolongada de la población de trips, aunque con una letalidad menor a la del insecticida Muralla Delta 190D, ya que el sistema de producción utilizado fue con cobertura lo que limitó la capacidad de inoculación en el suelo por parte del hongo.

El tratamiento químico mostró la disminución más rápida y agresiva de la población de trips con respecto al tratamiento biológico, pero con un incremento más acelerado después del día 5 de la aplicación ya que el ingrediente activo imidacloprid no tuvo efecto en el combate del trips por una posible resistencia del insecto.

Los tres tratamientos presentaron una relación costo-beneficio mayor a 1, por lo que todos presentaron ganancias económicas en este ciclo de producción.

El tratamiento con *Lecanicillium lecanii* obtuvo la mejor relación costo beneficio, superior al testigo y al tratamiento químico, lo anterior se dio por el aumento en el rendimiento de producción del tratamiento biológico.

5.2 Recomendaciones

Utilizar en condiciones de laboratorio concentraciones de *Lecanicillium lecanii* cercanas a $1,2 \cdot 10^9$ UFC/ml para maximizar la eficacia.

Se recomienda el uso del hongo entomopatógeno *Lecanicillium lecanii* como una herramienta de combate biológico complementaria a otras prácticas agroecológicas sobre el manejo integrado de plagas.

Realizar aplicaciones más seguidas o alternas con otros agentes biológicos para potenciar el combate de trips a un plazo mayor.

Realizar pruebas en campo integrando ambas técnicas de combate tanto químico como biológico.

Realizar estudios económicos de beneficio/costo y rentabilidad en otras estaciones climáticas o ciclos productivos para evaluar el rendimiento y la estabilidad económica del bioplaguicida.

Capítulo VI. Bibliografía

5. Referencias

- Agroactivo. (2024). *Lecanicillium lecanii Biolecani*. Obtenido de <https://agroactivocol.com/producto/sanidad-vegetal-alimentos-saludables/lecanicillum-biolecani-biolecani/>
- Agroasemex S.A. (12 de Abril de 2019). *Las plagas producen pérdidas de hasta un 40 por ciento en la producción agrícola, revela estudio de la FAO*. Obtenido de Rotación de cultivos y seguros agrícolas, medidas para enfrentar a las plagas, recomienda AGROASEMEX.: <https://www.gob.mx/agroasemex/articulos/las-plagas-producen-perdidas-de-hasta-un-40-por-ciento-en-la-produccion-agricola-revela-estudio-de-la-fao#:~:text=Las%20plagas%20producen%20p%C3%A9rdidas%20de,revela%20estudio%20de%20la%20FAO.&text=Agroasemex%2C%20S>
- Agroproductores. (1 de marzo de 2021). *Hongos benéficos: Verticillium lecanii*. Obtenido de <https://agroproductores.com/verticillium-lecanii/#:~:text=Ciclo%20biol%C3%B3gico%20de%20Verticillium%20lecanii&text=La%20primera%20fase%20dura%20de,cut%C3%ADcula%20o%20por%20v%C3%ADa%20oral>
- Altamirano, C. (2024). *Patogénesis de Beauveria bassiana, Lecanicillium lecanii y Metarhizium anisopliae (Metchnikoff) sobre el trips de la rosa (Rosa sp) en condiciones de laboratorio*. Obtenido de <https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/7162/TESIS%20N%C3%9a%20c3%91E%20ALTAMIRANO%20c%20CARLOS%20JES%20c3%9a%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ANDI. (08 de Septiembre de 2016). *Manual para la elaboración de protocolos para ensayos de eficacia con pqua*. Obtenido de [https://www.andi.com.co/Uploads/Manual_Protocolos_Ensayos_Eficacia_PQUA_REV_08_09_2016%20\(2\).pdf](https://www.andi.com.co/Uploads/Manual_Protocolos_Ensayos_Eficacia_PQUA_REV_08_09_2016%20(2).pdf)
- Araya, G. (2022). *Guía técnica producción de cebolla*. Obtenido de https://platicar.go.cr/images/buscador/documents/pdf/2021/Cebolla_Edit.pdf
- Arévalo, K., Pastrano, E., & Armijos, V. (2016). *Relación beneficio – costo por tratamiento en la producción orgánica de las hortalizas (Cilantro, Lechuga, Cebolla Roja, Cebolla de Rama) en el cantón Santo Domingo de Los Colorados*. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5833452.pdf>
- Arrieche, N., Paz, R., Montagne, A., & Morales, J. (2006). *ESTUDIOS BIOLÓGICOS DE Thrips tabaci Lindeman (THYSANOPTERA: THRIPIDAE) EN CEBOLLA, EN EL ESTADO LARA, VENEZUELA*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/857/85718303.pdf>
- Babu, A., Rama, M., & Deka, B. (2021). *Lecanicillium lecanii (Zimmermann) Zare & Gams, como agente biocontrol eficiente de trips del té, Scirtothrips bispinosus Bagnall (Thysanoptera: Thripidae)*. doi:<https://doi.org/10.1186/s41938-021-00380-y>
- BIOTURF. (2024). *Lecanicillium lecanii*. Obtenido de <https://bioturforganics.com/lecanicillum-lecanii>

- Calderón, Calle, P. (15 de Enero de 2023). *Efecto de una cepa biológica para la prevención de trips de la mancha roja (Chaetanaphothrips signipennis, Roberto Astudillo-Guayacas*. Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CALDERON%20CALLE%20PABLO%20ANDRES.pdf>
- Cañedo, V. (Octubre de 2004). *Manual de Laboratorio para el Manejo de Hongos Entomopatógenos*. Obtenido de <https://cipotato.org/wp-content/uploads/2014/09/AN65216.pdf>
- CATIE. (2021). *Producción y uso de hongos entomopatógenos*. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10698>
- CATIE. (2021). *Producción y uso de hongos entomopatógenos*. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/10698>
- CENSA. (23 de Diciembre de 2016). *Los Trips como factor de riesgo de enfermedades emergentes para la agricultura en Cuba*. Obtenido de <https://revistaccuba.sld.cu/index.php/revacc/article/view/555/562>
- CNP. (2023). *Análisis y monitoreo de mercados Cebolla*. Obtenido de https://www.cnp.go.cr/sim/sector_agricola/hortalizas/cebolla/analisis_de_mercado/2023/M_Cebolla_02_31-08-2023-1.pdf
- Creswell, J., & Plano Clark, V. (2018). *Investigación con métodos mixtos*. Obtenido de <https://bayanbox.ir/view/236051966444369258/9781483344379-Designing-and-Conducting-Mixed-Methods-Research-3e.pdf>
- Dughetti, A. (1997). *El manejo de las plagas de la cebolla, en el valle bonaerense del Río Colorado*. Obtenido de https://www.academia.edu/43427744/Script_tmp_inta_manejo_plaga_cebolla
- FAO. (2023). *Bioinsumos: Trazando el futuro de la agricultura sostenible en América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://www.fao.org/support-to-investment/news/detail/es/c/1640339/>
- FONTAGRO. (09 de Enero de 2024). *Foro Panamericano de Bioinsumos*. Obtenido de <https://www.fontagro.org/new/noticias/570/es/foro-panamericano-de-bioinsumos>
- Fundación Charles Darwin. (2024). *Base de datos de las especies de Galápagos, Allium cepa L.* Obtenido de <https://datazone.darwinfoundation.org/es/checklist/?species=1001>
- Fundación Charles Darwin. (2024). *Lecanicillium lecanii (Zimm.) Zare & W. Gams. Hongo entomopatogénico*. Obtenido de <https://datazone.darwinfoundation.org/es/checklist/?species=2853>
- Godoy, S. (2014). *Determinación de especies de insectos de la familia thysanoptera: thripidae que afectan al cultivo de rosas en dos zonas florícolas de Pichincha –Ecuador. (Tesis pregrado) Universidad de las Fuerzas Armadas*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8920/1/T-ESPE-048070.pdf>
- Gómez, J. (2021). *Estudio de rentabilidad para la implementación del mulch en la producción de cebolla en la zona norte de Cartago*. Obtenido de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/50b47339-403e-4c8c-9027-ba129c702b9a/content>

- Gómez, J. (2021). *Estudio de rentabilidad para la implementación del mulch en la producción de cebolla en la Zona Norte de Cartago*. Obtenido de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/50b47339-403e-4c8c-9027-ba129c702b9a/content>
- Grandos, M. d. (2011). *Problemas fitosanitarios de la cebolla en Costa Rica*. Obtenido de <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/server/api/core/bitstreams/590060b0-64fa-40b2-8d93-21a53bf12475/content>
- Hernandez Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la investigación*. Obtenido de ISBN: 978-1-4562-2396-0
- Herrera, F., Velasco, C., Denen, H., & Radulovich, R. (17 de Junio de 1994). *Fundamentos de análisis económico*. Obtenido de <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/2208>
- INTAGRI. (2016). *Manejo del Trips de la Cebolla*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-del-trips-de-la-cebolla>
- INTAGRI. (2024). *Manejo del trips de la cebolla*. Obtenido de <https://www.intagri.com/articulos/fitosanidad/manejo-del-trips-de-la-cebolla>
- Jiménez, M. E. (2009). *Manejo integrado de plagas*. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/2456/1/nh10j61p.pdf>
- Kay, R., Edwards, W., & Duffy, P. (2018). *Gestión Agrícola*. Obtenido de <https://www.mheducation.com/unitas/highered/sample-chapters/9781260002195.pdf>
- Koppert. (2025). *Trips de la cebolla*. Obtenido de <https://www.koppert.es/plagas-en-plantas/trips/trips-de-la-cebolla/>
- Krarup, C., Nakashima, K., & Fernández, S. (2008). *Manual electrónico de poscosecha de hortalizas*. Obtenido de https://www7.uc.cl/sw_educ/agronomia/manual_poscosecha/index.html
- MAG. (2007). *Caracterización de la agrocadena regional de cebolla*. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/E70-9413.pdf>
- MAG. (2008). *Actualidad Fitosanitaria*. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/AF-0037.pdf>
- MAG. (2016). *PLAN DE MANEJO DE TRIPS EN EL CULTIVO DEL AGUACATE HASS*. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/H10-6409.pdf>
- MAG. (2020). *Modelo de costos de producción*. Obtenido de https://www.infoagro.go.cr/ESTADISTICASAGROPECUARIAS/COSTOSPRODUCCION/Documentos/CEBOLLA-almacigo_CentralSur_2020.pdf
- MAG. (2022). *Plan Estratégico Institucional 2022-2027*. Obtenido de Plagas mundiales que afectan a los cultivos, la silvicultura y los ecosistemas: https://www.sfe.go.cr/QSPlanificacion/SFE_PLAN ESTRATEGICO INSTITUCIONAL_2022-2027.pdf
- MAG. (2023). *Política Pública para el Sector Agropecuario Costarricense 2023-2032*. Obtenido de <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/e14-11132.pdf>

- Monje Álvarez, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa-Guía didáctica*. Obtenido de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Omicrono. (2016). *El hongo que acaba con las plagas en los cultivos*. Obtenido de https://www.elespanol.com/omicrono/tecnologia/20160502/hongo-acaba-plagas-cultivos/121738042_0.html
- ONU. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Obtenido de <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/cb30a4de-7d87-4e79-8e7a-ad5279038718/content>
- Patil, S., Chandele, A., Wayal, C., & Game, B. (2009). *Eficacia de diferentes productos químicos y bioinsecticidas nuevos contra el trips de la cebolla en la temporada de kharif*. Obtenido de <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20103059269>
- Pomareda, F. (2024). *Productores de cebolla luchan para recuperarse de "precios ruinosos" causados por importación masiva*. Obtenido de Semanario universidad: https://semanariouniversidad.com/pais/productores-de-cebolla-luchan-para-recuperarse-de-precios-ruinosos-causados-por-importacion-masiva/?utm_source=chatgpt.com
- PROCOMER. (Noviembre de 2017). *OFERTA DE BIOCONTROLADORES DE ORIGEN COSTARRICENSE COMO INSUMO PARA LA PRODUCCIÓN AGRÍCOLA*. Obtenido de https://www.procomer.com/wp-content/uploads/Materiales/oferta-biocontrol-origen-costarricense2020-01-02_22-11-01.pdf
- Rama, Subramaniam, M., Babu, A., & Deka, B. (2021). *Lecanicillium lecanii (Zimmermann) Zare & Gams, as an efficient biocontrol agent of tea thrips, Scirtothrips bispinosus Bagnall (Thysanoptera: Thripidae)*. doi:<https://doi.org/10.1186/s41938-021-00380-y>
- Rodriguez, A., Suárez, S., & Palacio, D. (2014). *Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/2232/223240764010.pdf>
- Torrado, L. E. (2019). *Evaluación de tres mallas anti-trips basadas en la morfología corporal de los trips y la abertura de los agujeros de las mallas*. Obtenido de <https://www.metroflorcolombia.com/evaluacion-de-tres-mallas-anti-trips-basadas-en-la-morfologia-corporal-de-los-trips-thysanoptera-thripidae-y-la-abertura-de-los-agujeros-de-las-mallas/#:~:text=Los%20trips%20se%20caracterizan%20morfol%C3%B3gicamente,un%20>
- UNA. (2025). *Manual de Plaguicidas de Centroamérica*. Obtenido de [deltametrina: https://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/171-deltametrina](https://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/171-deltametrina)
- UNA. (2025). *Manual de Plaguicidas de Centroamérica*. Obtenido de [imidacloprid: https://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/331-imidacloprid](https://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/331-imidacloprid)
- UNDP. (18 de Mayo de 2022). *Estudios del PNUD evidencian costo del alto consumo de plaguicidas en Costa Rica*. Obtenido de <https://www.undp.org/es/costa->

rica/comunicados-de-prensa/estudios-del-pnud-evidencian-costo-del-alto-consumo-de-plaguicidas-en-costa-rica

- UNDP. (2022). *Uso aparente de plaguicidas en la agricultura de Costa Rica*. Obtenido de https://d1qqtien6gys07.cloudfront.net/wp-content/uploads/2022/05/USO-APARENTE-DE-PLAGUICIDAS_MAY22_VF_PRINT.pdf
- UNDP. (2024). *¿Qué son los Objetivos de Desarrollo Sostenible?* Obtenido de <https://www.undp.org/es/sustainable-development-goals>
- Universidad de California. (Mayo de 2014). *Trips. Gestión integrada de plagas para jardineros y paisajistas*. Obtenido de <https://ipm.ucanr.edu/PMG/PESTNOTES/pn7429.html>
- Wakil, W., Gulzar, S., Wu, S., Rasool, K., Husain, M., Aldawood, A., & Toews, M. (2023). *Desarrollo de resistencia a insecticidas en poblaciones de campo de trips de la cebolla, Thrips tabaci (Thysanoptera: Thripidae)*. Obtenido de <https://doi.org/10.3390/insects14040376>
- Zambrano, Y. (2019). *EVALUACIÓN DE Lecanicillium lecanii CEPA ELITE EN EL CONTROL DE ÁCAROS FITÓFAGOS (Tetranychus urticae), EN CULTIVO DE Rosa sp. en FACATATIVA-CUNDINAMARCA*. Obtenido de http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5953/1/Zambrano_2019_TG.pdf

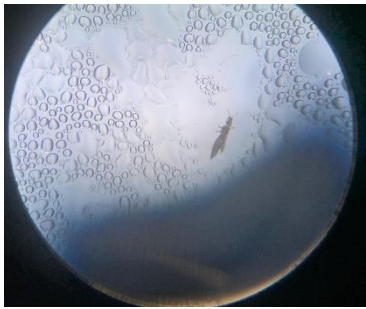


Capítulo VII. Apéndices y Anexos

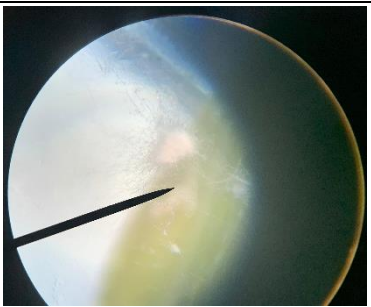
7.1 Apéndices

7.2 Anexos

Anexo A

Monitoreo en laboratorio trips inoculados con *Lecanicillium lecanii*

Horas después de inoculado	Evidencia
24	 A circular microscopic field of view showing a mite on a surface covered with numerous small, clear, spherical droplets. The mite is positioned in the center-right of the frame.
48	 A circular microscopic field of view showing a mite on a light-colored, relatively smooth surface. The mite is centered in the frame.
72	 A circular microscopic field of view showing a mite on a light-colored surface. The mite is surrounded by a network of fine, radiating lines. A portion of a green leaf is visible on the right side of the frame.

96	 A circular microscopic view showing a light-colored, textured surface. A thin black needle-like object points to a specific area near the center.
120	 A circular microscopic view showing a circular structure with a light-colored, textured surface. A thin black needle-like object points to a specific area near the center.

Anexo B

Diseño experimental de bloques completamente al azar en campo



Anexo C

Monitoreo de trips en campo



Anexo D
Cosecha de cebolla

