

Evaluación de la Ectividad del Control de Acaro Tostador (*Phyllocoptruta oleivora*) con la Mezcla de Hongos (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*) en el Cultivo de Limón Tahití en el Corregimiento del Chicoral-Tolima

Viviana Romero Lozano

Asesor

Jaime Alfonso Ortiz Londoño

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

2024

Dedicatoria

Este trabajo está dedicado a todas las personas y entidades que contribuyeron de manera constructiva a la culminación de esta importante etapa en mi vida. Su apoyo y conocimiento fueron fundamentales en mi desarrollo académico y personal hasta el día de hoy.

En primer lugar, quiero expresar mi sincero agradecimiento a mis padres, cuyo amor incondicional, sacrificio, dedicación, constante apoyo y ejemplo de perseverancia han sido motivos inquebrantables en este recorrido.

Mi director académico le realizo un reconocimiento por su dedicación, orientación y conocimiento compartido. Le agradezco sinceramente por su compromiso y por proporcionarme las herramientas primordiales para alcanzar mis metas académicas.

También deseo expresar mi gratitud a los administradores y propietarios de la finca El Diamante en el Corregimiento de Chicoral, Tolima, quienes gentilmente me permitieron acceder a su cultivo de limón Tahití y compartieron sus conocimientos. Esta investigación también rinde homenaje a su arduo trabajo y compromiso en el campo agrícola.

Además, a todas las personas e instituciones que colaboraron y proporcionaron datos e información, su contribución fue fundamental para el desarrollo de este trabajo y se les agradece sinceramente.

Finalmente, quiero dedicar un reconocimiento a mí mismo por mi persistencia, esfuerzo y dedicación en este proceso. Este trabajo es el resultado de mi pasión por el conocimiento y mi compromiso con el crecimiento personal y profesional.

A todos ustedes, dedico este trabajo con profunda gratitud y respeto, reconociendo que su influencia ha dejado una huella imborrable en mi profesión y en la persona que soy hoy.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero expresar mi agradecimiento a Dios por darme la fuerza y sabiduría necesarias para tener ideas y ser seres capaces de alcanzar nuestras metas y logros personales.

En particular, deseo agradecer a mi director académico por su magnífica orientación y apoyo constante a lo largo de todo el proceso. Sus conocimientos, sugerencias y comentarios fueron esenciales para el desarrollo y enriquecimiento del presente trabajo.

Asimismo, quiero expresar mi gratitud al administrador y propietario de la finca El Diamante en el Corregimiento de Chicoral, Tolima, por permitirme llevar a cabo mi estudio en su cultivo de limón Tahití. Su disposición, colaboración y conocimientos compartidos fueron importantes para el trabajo.

También reconozco y agradezco a las instituciones y organismos, como el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Redagícola, Corpoica y el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por proporcionar los datos e información necesarios para este trabajo. Sus valiosos aportes permitieron contextualizar y fundamentar este estudio.

Por último, pero no menos importante, quiero expresar mi profundo agradecimiento a mi familia por su amor incondicional, paciencia y apoyo durante toda mi carrera académica. Su constante respaldo fue fundamental para superar los desafíos y alcanzar esta importante meta.

Este reconocimiento y gratitud es para todas las personas e instituciones mencionadas, quienes contribuyeron de manera significativa a la realización de este trabajo de grado.

Resumen

La geografía colombiana presenta condiciones favorables para la producción de limón, condiciones que abren una ventana de oportunidades para las exportaciones, la producción de cítricos en Colombia es permanente durante todo el año, con picos de producción entre mayo-junio y octubre-noviembre, según cifras del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) las principales zonas productoras son Valle del Cauca, Santander, Tolima, Caldas y Antioquia. Uno de los principales problemas que se presenta son los ácaros, en Colombia se encuentran reportadas varias especies de ácaros fitófagos de importancia económica para el cultivo de cítricos (Posada, 1989). A razón de esto se realiza el siguiente trabajo en el cultivo de limón Tahití, aplicando una mezcla de hongos bilógicos (*Paecilomyces umosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*) efecto acaricida, dirigido para controlar acaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora ashmead*); el producto es un bio-insecticida que no genera resistencia de los insectos al producto, amigable con el medio ambiente, innovación tecnológica; el ensayo se realiza en el Corregimiento de Chicoral Tolima, zona productora de limón Tahití, con mejor calidad en este aspecto según la entidad (DANE, 2015). El ensayo se realiza en la finca el Diamante en un lote de limón Tahití, con diseño completamente al azar, aplicando 5 tratamientos, evaluando la eficacia del control al acaro tostador con el producto biológico Vs el común, aquí se evalúa población de ninfas y adultos de acaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora Ashmead*), esto con el objetivo de cuantificar población inicial en la evaluación previa y efecto de control de eficacia de individuos en evaluaciones posteriores a la aplicación de los tratamientos.

Palabras Clave: Acaro, control, cuantificación, limón, producción.

Abstract

The Colombian geography presents favorable conditions for lemon production, conditions that open a window of opportunities for exports, citrus production in Colombia is permanent throughout the year, with production peaks between May- June and October- November, according to figures from the National Administrative Department of Statistics (DANE), the main producing areas are Valle del Cauca, Santander, Tolima, Caldas and Antioquia. One of the main problems that arises are mites; in Colombia, several species of phytophagous mites of economic importance for citrus cultivation have been reported (Posada, 1989). For this reason, the following work is carried out in the cultivation of Tahiti lemon, applying a mixture of biological fungi (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*) with an acaricidal effect, aimed at controlling the roasting mite (*Phyllocoptruta oleivora ashmead*); The product is a bio-insecticide that does not generate insect resistance to the product, environmentally friendly, technological innovation; The trial is carried out in the District of Chicoral Tolima, a Tahiti lemon producing area, with better quality in this aspect according to the entity (DANE, 2015). The trial is carried out on the El Diamante farm in a batch of Tahiti lemon, with a completely randomized design, applying 5 treatments, evaluating the effectiveness of the control of the roaster mite with the biological product Vs the common one, here the population of nymphs and adults is evaluated. of roaster mite (*Phyllocoptruta oleivora ashmead*), this with the objective of quantifying the initial population in the previous evaluation and the effect of controlling the effectiveness of individuals in evaluations after the application of the treatments.

Keywords: Mite, control, quantification, lemon, production.

Contenido

Introducción	10
Justificación	11
Objetivo General	12
Objetivos Específicos	12
Descripción del Problema	13
Planteamiento del Problema	14
Sistematización del Problema	17
Marco de Referencia	19
Estado del Arte	19
Marco Contextual.....	22
Marco Teórico.....	25
Marco Conceptual.....	33
Marco Normativo.....	34
Metodología	36
Método	36
Método	45
<i>Recolección de Datos en Campo</i>	49
Resultados	79
<i>Resultados de análisis estadístico</i>	79
Resultados Gráficos	82
<i>Discusión</i>	84
Conclusiones	87

Recomendaciones	90
Referencia Bibliográfica	93

Lista de tablas

Tabla 1 Descripción de tratamientos	43
Tabla 2 Datos recolectados en campo de ácaros adultos	50
Tabla 3 Datos recolectados en campo de ninfas	51
Tabla 4 Consolidado de ácaros adultos por tratamiento en la evaluación inicial	53
Tabla 5 Consolidado de ácaros adultos por tratamiento en la evaluación intermedia	53
Tabla 6 Consolidado de ácaros adultos por tratamiento en la evaluación final	54
Tabla 7 Consolidado de ácaros ninfas por tratamiento en la evaluación inicial	54
Tabla 8 Consolidado de ácaros ninfas por tratamiento en la evaluación intermedia	55
Tabla 9 Consolidado de ácaros ninfas por tratamiento en la evaluación final	55
Tabla 10 Consolidado de eficacia por tratamiento a los 7 días posaplicación	61
Tabla 11 Consolidado de eficacia por tratamiento a los 14 días posaplicación, ácaros adultos	66
Tabla 12 Consolidado de eficacia por tratamiento a los 7 días posaplicación	72
Tabla 13 Consolidado de eficacia por tratamiento a los 14 días posaplicación	77
Tabla 14 Bloques al azar Anova Modelo Lineal. Analisis de varianza acaros iniciales	79
Tabla 15 Comparaciones por parejas de Tukey: tratamiento acaros iniciales	79
Tabla 16 Análisis de varianza acaros finales	80
Tabla 17 Comparaciones por parejas de Tukey: tratamiento acaros finales	80
Tabla 18 Analisis de Varianza ninfas iniciales	80
Tabla 19 Comparaciones por parejas de Tukey confianza de 95%: tratamiento	81
Tabla 20 Análisis de varianza	81
Tabla 21 Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%	81

Lista de figuras

Figura 1 <i>Frutos de limón afectados por daño de Acaro (Phyllocoptructa oleivora)</i>	26
Figura 2 <i>Acaro tostador (P. oleivorara)</i>	27
Figura 3 <i>Promedio tamaño de frutos de limón donde es atacado por el acaro (P. Oleivora)</i>	28
Figura 4 <i>Localización geografica del ensayo</i>	39
Figura 5 <i>Marcación de los tratamientos y puntos de cuantificación en el área de ensayo</i>	47
Figura 6 <i>Aplicación del producto en campo con bamba de espalda</i>	48
Figura 7 <i>Marcación de cm² para Cconteo de la Población de Acaro Tostador en los Frutos</i> ...	48
Figura 8 <i>Fórmula de Henderson & Tilton: Población Heterogénea</i>	52
Figura 9 <i>Grafico Comparativo de los Resultados de Eficacia Acaro Adulto</i>	82
Figura 10 <i>Grafico comparativo de los resultados de eficacia acaro ninfas</i>	83

Introducción

El presente trabajo de grado tiene como objetivo abordar un aspecto clave en la producción de limón Tahití en Colombia: el control de ácaros fitófagos, especialmente el ácaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora* Ashmead). La geografía colombiana ofrece condiciones favorables para la producción de cítricos, lo que ha generado oportunidades de exportación y un creciente interés en el cultivo de limón en el país. Sin embargo, los ácaros representan uno de los principales desafíos para los productores, ya que disminuye negativamente la calidad y el rendimiento de los cultivos. En este contexto, el ensayo se desarrolla en el Corregimiento de Chicoral, Tolima, importante zona productora de limón Tahití en Colombia, en árboles de 4 años de desarrollo, utilizando una mezcla de hongos biológicos (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*) con efecto acaricida. Estos bio-insecticidas representan una alternativa amigable con el medio ambiente y no generan resistencia en los insectos. El estudio se centra en la evaluación de diferentes dosis de la mezcla de hongos, así como en la cuantificación de la población de ácaros tostadores antes y después de la aplicación. Se busca determinar la eficacia del tratamiento y encontrar la mejor dosis de aplicación para el control efectivo de los ácaros. Los resultados de esta investigación serán de gran relevancia para los agricultores y contribuirán a mejorar las estrategias de control de plagas en el cultivo de limón en Colombia. Con base en la información recopilada sobre la producción de limón en el país, así como en el contexto específico del Corregimiento de Chicoral y la finca el Diamante, se espera que este estudio brinde soluciones valiosas para optimizar la producción de limón y enfrentar los desafíos asociados a los ácaros fitófagos. Además, se espera que los resultados obtenidos contribuyan al desarrollo de prácticas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en el sector agrícola colombiano.

Justificación

Teniendo en cuenta una de las principales afectaciones de los cítricos como lo es el (*Phyllocoptruta oleivora ashmead*) y que, para su control en su mayoría son utilizados productos químicos, los cuales tienden a generar resistencias, limitaciones de exportación y daños ambientales, se realiza ensayos utilizando la mezcla de hongos entomopatógenos (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*), como alternativa para control de acaro tostador (*P. Oleivora*), la mezcla da como resultado un bio-insecticida, con diversas bondades, no genera resistencia de los insectos al producto, es amigable con el medio ambiente, es muy específico al control de plagas naturalmente, no es tóxico para insectos u otras especies beneficiosos, ayudan a mantener el equilibrio y la calidad del suelo, el uso de estos productos es sinónimo de calidad e innovación tecnológica, responde a una demanda emergente por parte de las autoridades y administraciones públicas y privadas para desarrollar soluciones limpias para una agricultura global de menor impacto ambiental, y económicamente viable (agrícolas, 2021).

En los manuales sobre cítricos de las décadas anteriores, el énfasis para el control de plagas y la disminución de sus daños se basaba en el uso de insecticidas con un amplio rango de acción; por suerte, el cambio en el enfoque de investigación, las exigencias de los consumidores por frutas con menos residuos de plaguicidas y de los productores por la disminución los costos de producción han fortalecido los estudios sobre el control biológico (Corpoica, 2017). En la exportación tenemos ventajas al utilizar bioinsumos, dado que estos no presentan LMR (Límite máximo de residuos), por ende, la mezcla de estos hongos resulta una alternativa limpia para el control de acaro (*Phyllocoptruta oleivora ashmead*).

Objetivos

Objetivo General

Evaluar la efectividad para control de acaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora ashmead*) con la mezcla de hongos (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*) a distintas dosis en la zona sur occidente del Tolima (Chicoral y Guamo).

Objetivos Específicos

Determinar el % de efectividad de la mezcla de hongos (*paecilomyces fumosoroseus*, *beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*) para el control del acaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora Ashmead*).

Evaluar diversas dosificaciones para determinar la dosis adecuada (más eficiente L/Ha).

Promover rotación de productos sin generar resistencia de los insectos al producto.

Descripción del Problema

El trabajo de grado aborda un problema relevante en el sector agrícola, específicamente en la producción de limón en Colombia. A lo largo de los años, la industria citrícola ha enfrentado desafíos relacionados con el control de plagas, y uno de los principales problemas que ha afectado la producción de limón es la presencia de ácaros fitófagos (Corpoica, 2017).

En Colombia, se han reportado diversas especies de ácaros que causan daños significativos en los cultivos de cítricos, siendo el ácaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora*) uno de los más frecuentes y perjudiciales. Estos ácaros pueden ocasionar la defoliación de los árboles, la disminución en la calidad y cantidad de los frutos, y en casos severos, la pérdida total de la cosecha (Corpoica, 2017). La lucha contra los ácaros fitófagos ha sido un desafío constante para los agricultores, quienes han recurrido a diferentes métodos de control, como el uso de insecticidas químicos. El uso indiscriminado de estos productos ha generado problemas de resistencia en las plagas, impactos ambientales negativos y preocupaciones en cuanto a seguridad alimentaria. Ante esta problemática, surge la necesidad de buscar alternativas de control de plagas más sostenibles y amigables con el medio ambiente. En este contexto, el presente trabajo se enfoca en evaluar el efecto de una mezcla de hongos biológicos como una estrategia de control de ácaros fitófagos en el cultivo de limón Tahití. Esta investigación busca identificar la dosis óptima de la mezcla de hongos y su eficacia en el control del ácaro tostador, con el objetivo de ofrecer a los agricultores una herramienta efectiva y sustentable para proteger sus cultivos y mejorar la producción de limón en Colombia. La investigación es importante, ya que contribuirá a fortalecer la industria citrícola en el país y promoverá prácticas agrícolas más respetuosas con el medio ambiente y la salud humana.

Planteamiento del Problema

El mercado de cítricos a nivel mundial ofrece oportunidades importantes para el crecimiento de las exportaciones colombianas, entre enero y agosto de 2021, las exportaciones colombianas de cítricos a Estados Unidos ascendieron a US\$ 13,3 millones, lo que representó un crecimiento del 267% con respecto al mismo periodo del año anterior, cuando se exportaron US\$ 3,6 millones. De acuerdo con los cálculos e investigaciones de mercado llevadas a cabo por ProColombia, el crecimiento de las exportaciones del sector está sustentado en el aumento en las ventas de lima Tahití, las cuales registraron un crecimiento de US \$9,5 millones (303,9%) frente al mismo periodo del año anterior (Procolombia, 2021). La producción de cítricos, aunque se puede dar a lo largo y ancho de nuestro país Colombia, se encuentra concentrado en seis (6) núcleos productivos: Costa Atlántica: Atlántico, Magdalena, Cesar, Bolívar. Nor – Oriente: Santander, Norte de Santander, Boyacá. Centro: Cundinamarca, Tolima, Huila. Llanos Orientales: Meta, Casanare. Occidente: Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Risaralda, Quindío. Sur: Cauca, Nariño, todos suman un área sembrada de 87.638 hectáreas para una producción de 1.450.041 toneladas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021). La producción de cítricos, aunque se puede dar a lo largo y ancho de nuestro país Colombia, se encuentra concentrado en seis (6) núcleos productivos: Costa Atlántica: Atlántico, Magdalena, Cesar, Bolívar. Nor – Oriente: Santander, Norte de Santander, Boyacá. Centro: Cundinamarca, Tolima, Huila. Llanos Orientales: Meta, Casanare. Occidente: Antioquia, Valle del Cauca, Caldas, Risaralda, Quindío. Sur: Cauca, Nariño, todos suman un área sembrada de 87.638 hectáreas para una producción de 1.450.041 toneladas (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2021).

El acaro tostador de los cítricos (*Phyllocoptruta oleivora ashmead*) se considera una de las plagas más importantes para los cítricos en el mundo por su amplia distribución y los daños

que causa directamente sobre los frutos, lo cual afecta los precios y el mercadeo de la fruta en fresco, en Colombia se encuentra disperso en las zonas productoras de cítricos del país. Afecta a todas las especies de cítricos cultivadas y presenta preferencia por naranjos, mandarinos, limones, limas o tánguelos (Corpoica, 2017).

El ácaro tostador (*P. oleivora*) se alimenta del contenido de las células epidérmicas de las hojas y los frutos de todas las variedades de cítricos cultivadas. Los frutos afectados se desarrollan lentamente, pierden humedad y su corteza se reblandece, lo cual dificulta su comercialización, ya que la apariencia oscura de los frutos afectados reduce la aceptación y el precio en el mercado (Corpoica, 2017), Daño e importancia económica: Frutos tostados o plateados, ramas y hojas negras, defoliación. Plaga importante para producción de fruta fresca (SENASA, 2006). El daño en el follaje puede causar pérdidas hasta del 30% de la producción, por la reducción de la capacidad fotosintética del árbol. Sin embargo, el mayor impacto del ataque de *P. oleivora* se observa en los frutos. Los daños afectan la calidad cosmética, ya que cuando el ataque se presenta en frutos jóvenes, la epidermis es opaca y es menor; cuando la infestación es en frutos maduros, la coloración es oscura y brillante, dando la apariencia de un bronceado de textura áspera y rugosa. Sin embargo, el mayor impacto del ataque del *P. oleivora* se observa en los frutos. El daño puede abarcar el 100% del fruto.

Las acarosis conllevan al debilitamiento general de la planta, deformaciones de los órganos vegetativos y frutos, reducción de la cosecha. Se señalan 56-65 % de reducción de cosecha de frutos en manzano, 50-65 % en algodón, 47 % en bayas de cerezas, 30 a 70 % del rendimiento en arroz y hasta 70 % de frutas manchadas en cítricos. Frecuentemente los ácaros reducen la producción de vegetales, frutos y granos entre otras producciones de interés para la

alimentación del hombre y los animales (Rojas, 2002). El P. Oleivora se determina como plaga cuarentenaria dado que poseen riesgo fitosanitario para los cultivos (Rojas, 2002).

Sistematización del Problema

Contexto. Colombia presenta óptimas condiciones para la producción de limón tahítí, dichas condiciones también se presentan favorables para la propagación de plagas de gran importancia económica como los ácaros tostadores.

Problemática. Los ácaros tostadores disminuyen hasta en un 70% la producción del cultivo, provocando defoliación, disminución en la producción de frutos y pérdida de la cosecha.

Métodos Tradicionales de Control. Los agricultores tradicionalmente recurren al uso de agroquímicos-insecticidas para lograr combatir los ácaros fitófagos, pero este método de control presenta resistencia a los productos, impactos ambientales negativos.

Necesidad de Alternativas Sostenibles. Existe una necesidad inminente de encontrar estrategias de control más sostenibles y amigables con el medio ambiente, que no generen impacto ambiental negativo, resistencia de las plagas al producto.

Enfoque en Hongos Biológicos. El objetivo de este trabajo se centra en la evaluación de efecto con una mezcla de hongos biológicos (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*) como alternativa de control de ácaros fitófagos en el cultivo de limón Tahití.

Objetivo. El objetivo de este trabajo es determinar la dosis óptima de la mezcla de hongos y evaluar su eficacia en el control del acaro tostador, para brindar a los agricultores una alternativa limpia y sostenible para sus cultivos y generar mejores producciones.

Importancia. se aborda un tema importante ya que la investigación contribuirá al fortalecimiento del gremio citrícola de Colombia, brindando a los agricultores una alternativa razonable y amigable con el medio ambiente y salvaguardando en primer lugar la salud humana.

Esta sistematización del problema destaca la necesidad de encontrar alternativas sostenibles de control de ácaros fitófagos en la producción de limón, y propone usar una mezcla de hongos biológicos para mejorar la producción y proteger los cultivos de limón en Colombia.

Marco de Referencia

Estado del Arte

En el distrito de San Andrés provincia ICA, se realizó ensayo con un producto biológico BaB8, cepa de *Beauveria bassiana* cepa 8, el cual es un hongo entomopatógeno que puede atacar a los insectos en diferentes estadios, pues las esporas que produce este hongo germinan en la superficie del insecto y comienza a penetrar, causándole la muerte, se aplicó BaB 8® (*Beauveria bassiana*) mediante aplicación foliar con pulverizadora a una dosis de 3 L/ha con una concentración de 1×10^{12} conidias/L, Se evaluó el número de ninfas y adultos presentes en las hojas en los tres tercios del árbol y en distintos grados de madurez de la hoja, a los 7 y 14 días, los resultados mostraron que el número de ácaros totales por tratamiento disminuyen, tanto en el control químico como con el uso de BaB 8® (*Beauveria bassiana*), las ninfas mostraron ser más susceptibles a ambos tratamientos y los resultados se observaron a los 14 días después de la aplicación, Sin duda, el BaB 8® (*Beauveria bassiana*) es evidentemente un agente de biocontrol prometedor contra el ácaro del tostado *Phyllocoptruta oleivora*, una de las principales plagas de los cultivos de cítricos. (Ecofertilizing, 2021).

Algunos hongos ya se consiguen comercialmente y se pueden aplicar para el control de plagas, por ejemplo, el *Lecanicillium lecanii* ha sido utilizado con gran éxito para el control de plagas en invernaderos en Europa y otros países desde hace varios años. Hongos como *Beauveria bassiana*, *Paecilomyces spp.*, *Lecanicillium lecanii*, *Nomuraea rileyi* y otros están comercialmente disponibles en Colombia, controlan diferentes clases de insectos y tienen un gran espectro microbial para su utilización como plaguicidas (Corpoica, 2017)

Pruebas de eficacia con diferentes ingredientes activos Propargite-tetradifon, milbemectina, Fenpyroximate, Cyflumetofen del grupo Beta- Kenotriilo, Etofenprox, esporas de

Beauveria bassiana cepa GHA), para el control de (*Phyllocoptruta oleivora*) ácaro tostador y (*Polyphagotarsonemus latus*) acaro blanco en limas ácidas (*Citrus latifolia* Tanaka), en la zona del Espinal, Tolima (Cortes, 2012). Esto buscando establecer un Manejo Integrado de Plagas basado en rotación de compuestos, también se evaluó manejos que han presentado resultados favorables en campo sin emplear productos comerciales enfocados al control de plagas y de fácil acceso como detergentes, hallando resultados cualitativos iniciales más efectivos que los presentados por los acaricidas ensayados. Ácaros que afectan la calidad del fruto de lima Tahití en el Valle del Cauca (Rios, 2017), los experimentos se realizaron en Caicedonia (Valle del Cauca) sobre arboles de 5 años de edad, se utilizaron diferentes alternativas para el control de P. latus y P. oleivora se evaluaron sobre plantas de lima Tahití con el fin de saber cuáles disminuían el daño ocasionado por los ácaros en los frutos. Los tratamientos fueron los hongos (*Paecilomyces fumosoroseus*) Brown and Smith, (*Beauveria bassiana*) Balsamo Vuillemin, (*Metarhizium anisopliae*) Metschnikoff Sorokin, abamectina, Aceite agrícola, spiromesifen y el depredador *Chrysoperla externa* (Hagen). Los tratamientos Crisopa, P. fumosoroseus, abamectina y spiromesifen evidenciaron un menor daño sobre la epidermis del fruto de lima Tahití (Rios, 2017). Estrategias Biotecnológicas para el Manejo de Ácaros en Cítricos (Girón-Santander), El propósito de este trabajo, es evaluar nuevas fuentes de moléculas bioactivas con carácter ovicida y acaricida en especímenes adultos, a partir de diferentes estrategias de biocontrol tales como extractos fúngicos, extractos de plantas medicinales y uso de nanos compuestos, los ácaros fueron analizados, se aislaron diferentes hongos ascomicetes, después del proceso solo 5 morfo especies de hongos lograron causar mortalidad por encima del 50% en ácaros vivos establecidos en plántulas de lima Tahití, en ensayos bajo condiciones de invernadero (Sierra, 2017)

Se realizó ensayo en el municipio de Caicedonia Valle, donde se liberaron depredadores naturales del acaro tostador, donde A. herbicolus (500 individuos/árbol); T3. Liberación de C. carnea (100 larvas/árbol) y T4. Testigo agricultor (abamectina, 1.5 cc/l). El experimento fue conformado por 16 árboles y 4 unidades experimentales por repetición, en cada árbol se marcaron 3 estructuras florales y 3 frutos de tres a cuatro meses de desarrollo (5-6 cm de diámetro). Se evalúa la actividad acaricida de (abamectina®, *Paecilomyces fumosocereus*®, Aceite agrícola®) y la depredación (dos especies de Phytoseiidae y de Chrysoperla carnea) en el control de los ácaros P. oleivora y P. latus especies que causan el manchado, deformación de frutos y brotes. Los resultados encontrados en el presente estudio demuestran la importancia de los controladores naturales en la disminución de las poblaciones plaga, los Phytoseiidae y C. carnea liberados ejercieron control disminuyendo las poblaciones de P. latus, lo cual se vio reflejado en un menor daño. Sin embargo, no se observó efecto de control significativo sobre P. oleivora con los depredadores liberados, lo cual comprueba la existencia de pocos reportes de ácaros depredadores, que contribuyan a la disminución de esta plaga. (LÓPEZ).

Marco Contextual

Generalidades del cultivo de limón o lima ácida Tahití La lima ácida o limón Tahití pertenece a la familia botánica rutácea y al género citrus; fue introducida a Colombia en 1941 y se caracteriza por producir frutos sin semilla debido a que es un triploide y no cuenta con polen viable; es un fruto de color verde, de forma semiredonda a ovalada y peso de 50 a 100 gramos (Aguilar et al., 2012). Cabe indicar que para el mercado interno el atributo más importante es el contenido de jugo, siendo el departamento del Tolima el que produce la mejor calidad en este aspecto. Para el mercado de exportación las características del fruto de mayor interés son el color verde intenso del fruto, la ausencia de áreas con «golpe de sombra» y la cualidad es de la corteza; teniendo en cuenta que el mayor uso de la fruta es en la coctelería, especialmente en los mercados europeos. Lebrija (Santander), la principal región exportadora, por la buena calidad de la fruta lograda por las condiciones ambientales de la región y el manejo como raleo de frutos y podas, con lo que se mejora la exposición de los frutos a la luz solar, obteniendo así el verde intenso deseado (Hernández, D. R., et al., 2014).

Por otra parte, se considera un cultivo precoz con alta productividad, aunque haya sido afectado por problemas fitosanitarios ocasionados por el virus de la tristeza de los cítricos (CTV) y por condiciones ambientales como las heladas. Según, Quiroga et al. (2010), citado por Aguilar et al. (2012), en el piedemonte del departamento del Meta, del sexto al onceavo año del cultivo la incidencia de CTV pasó del 16,5% al 100 % y la severidad del 29,4 % al 84 %, reduciendo la vida útil del huerto de 20 a 8 años. En consecuencia, se ha implementado la técnica de micro injertación de ápices caulinares, yemas libres de virus de la tristeza (CTV), las cuales han sido distribuidas a viveristas registrados de diferentes regiones del país (DANE, 2015).

Condiciones agroecológicas Clima: En condiciones tropicales el factor climático de mayor importancia en el desarrollo y comportamiento productivo de los cultivos de cítricos corresponde a la precipitación, en cuanto a la frecuencia y distribución de las lluvias, seguida de la radiación solar, la temperatura, la humedad relativa o del ambiente y la velocidad del viento. En conjunto, estos factores condicionan la fenología de los árboles y las prácticas de manejo del cultivo como riego, fertilización, podas y control fitosanitario (Hernández, D. R., et al., 2014). En Colombia, los cítricos se cultivan desde el nivel del mar hasta los 2.100 metros; pero el mejor comportamiento en la producción para la comercialización se logra máximo a alturas entre los 1.500 y los 1.600 msnm. Las temperaturas óptimas para el cultivo de cítricos en general en Colombia están entre los 18 y 30 °C (DANE, 2015).

Un tema importante es la afectación de los ácaros dado que alcanza hasta el 70% de la producción (Rojas, 2002). Los ácaros no son insectos, poseen generalmente cuatro pares de patas, su cuerpo es segmentado, son más pequeños que la mayoría de los insectos, los que se alimentan de las plantas se denominan fitófagos, y afectan a los cítricos mediante la extracción de savia y del contenido de las células vegetales (Corpoica, 2017).

En Colombia se encuentran reportadas varias especies de ácaros fitófagos de importancia económica para el cultivo (Posada, 1989). Los más frecuentes y de mayor importancia en varias regiones productoras son: el ácaro tostador de los cítricos (*Phyllocoptruta oleivora*), de la familia *Eriophyidae*; el ácaro blanco tropical (*Polyphagotarsonemus latus*) (Banks), de la familia *Tarsonemidae*; el ácaro rojo plano (*Brevipalpus yothersi*) Baker (antes *B. phoenicis*), de la familia *Tenuipalpidae*, y las especies *Tetranychus urticae* Koch, *Panonychus citri* y *Eutetranychus banksi*, denominadas arañitas rojas o arañitas amarillas, pertenecientes a la familia *Tetranychidae*. Más recientemente, entre 2010 y 2012, el ácaro hindú de los cítricos

Schizotetranychus hindustanicus (Hirst) de la familia Tetranychidae, considerado de importancia cuarentenaria, fue reportado en Colombia, en los departamentos de la Guajira y Magdalena, afectando naranjo Valencia y limón criollo (ICA, 2012a) (Corpoica, 2017).

Marco Teórico

Estudios adelantados por Mesa (2010) y Mesa et al. (2011a) en la región suroccidental de Colombia confirman que el ácaro blanco *P. latus* (familia Tarsonemidae) y el ácaro tostador *P. oleivora* (familia Eriophyidae) son las únicas especies de ácaros reportadas que causan daño a los frutos de naranjo Valencia y han adquirido gran importancia en los cultivos de cítricos de la región. Mencionan, además, ácaros de la familia Tenuipalpidae, como *Brevipalpus phoenicis* Geijskes y *Brevipalpus obovatus* Donnadieu; de la familia Tetranychidae, mencionan *Panonychus citri* y *Eutetranychus banksi* como especies presentes en la región de estudio, generalmente en densidades poblacionales bajas. En Colombia se registraron, además, las especies de la familia Tarsonemidae: *Daidalotarsonemus* sp., *Fungitarsonemus* sp., *Tarsonemus* sp., *Xenotarsonemus* sp. Y *Phytonemus* sp., que pueden llevar adheridas esporas de hongos en su cuerpo y por ello podrían diseminar enfermedades en los cultivos de cítricos (Corpoica, 2017).

En general, la incidencia de los ácaros en los cultivos se intensifica cuando hay baja humedad relativa y las temperaturas son medias o altas. Las poblaciones de ácaros se incrementan especialmente en las épocas de verano, cuando las precipitaciones disminuyen y se presentan deficiencias de agua. La presencia de polvo favorece, en épocas secas, el establecimiento e incremento de los ácaros dañinos en las plantaciones, en especial las poblaciones del ácaro tostador (Corpoica, 2017). El acaro tostador se considera una de las plagas más importantes para los cítricos en el mundo por su amplia distribución y los daños que causa directamente sobre los frutos, lo cual afecta los precios y el mercadeo de la fruta en fresco (García et al., 1991). En Colombia se encuentra disperso en las zonas productoras de cítricos del país (Las principales zonas productoras son Valle del Cauca, Santander, Tolima, Caldas y

Antioquia (Redagricola, 2020)), afecta a todas las especies de cítricos cultivadas y presenta similar preferencia por naranjos, mandarinos, limones, limas o tangelos (Corpoica, 2017).

Figura 1

*Frutos de limón afectados por daño de Acaro (*Phyllocoptructa oleivora*)*



Fuente: Información Propia

El ácaro tostador (*P. oleivora*) es muy pequeño y no es visible a simple vista: su tamaño oscila entre 0,13 y 0,16 mm, tiene forma alargada, color amarillo claro y sus cuatro pares de patas sobresalen hacia la parte delantera de su cuerpo. Se alimenta del contenido de las células epidérmicas de las hojas y los frutos de todas las variedades de cítricos cultivadas, a consecuencia de su alimentación, el daño causado por este ácaro en las hojas se manifiesta en forma de deformaciones, producción y acumulación de una costra en el envés, acartonamiento y caída del follaje (Corpoica, 2017).

(Mesa 2011b) confirma que este ácaro tiene pocas hospederas alternas y vive principalmente en los cítricos. Por otro lado el Ica nos menciona el tiempo de desarrollo de huevo a adulto dura de siete a nueve días y la longevidad de los adultos es de aproximadamente unos nueve días, durante los cuales una hembra puede colocar 15 huevos en promedio.(Corpoica, 2017). A continuación evidenciamos en la figura 2 el acaro tostador en su estado adulto.

Figura 2

Acaro tostador (P. oleivorara)



Fuente. Propia

De los huevos emergen las larvas vermiformes o fusiformes, que inicialmente son translúcidas y posteriormente toman un color amarillo; después de dos días estas larvas se transforman en pupas conservando la misma forma. Las pupas son veriformes, poseen dos pares de patas situadas en el propodosoma; el ciclo de vida es de 7,4 días (dependiendo de la temperatura puede variar). El ácaro es de color amarillo a pardo claro, observándose este último color en los ejemplares más viejos; la hembra mide 0,16 mm y el macho 0,13 a 0,14 mm de largo, el cuerpo es fusiforme y el abdomen presenta anillos incompletos y desiguales entre la zona dorsal y ventral, resultando más numerosos en esta última zona. Los ácaros jóvenes son diminutos de color blanco en un inicio y amarillos después (Invesa, 2020). Ciclo de vida: Metamorfosis hemimetábola. La plaga en estado de huevo puede tardar de 2 a 3 días para su eclosión, atraviesa dos estados de ninfa; la primera ninfa tarda 2 días y la segunda ninfa de 7 a 8 días, y en estado adulto puede vivir de 6 a 14 días (Invesa, 2020).

Es un ácaro de color amarillo a pardo claro. El escudo dorsal presenta dos setas diminutas; no posee línea media, las líneas admediales están unidas en una figura geométrica semejante a un bastón. La faldilla genital de la hembra tiene 14 a 16 rebordes en una sola hilera. En citrus spp. El ácaro se localiza en el envés de las hojas, ramas tiernas y los frutos. Es

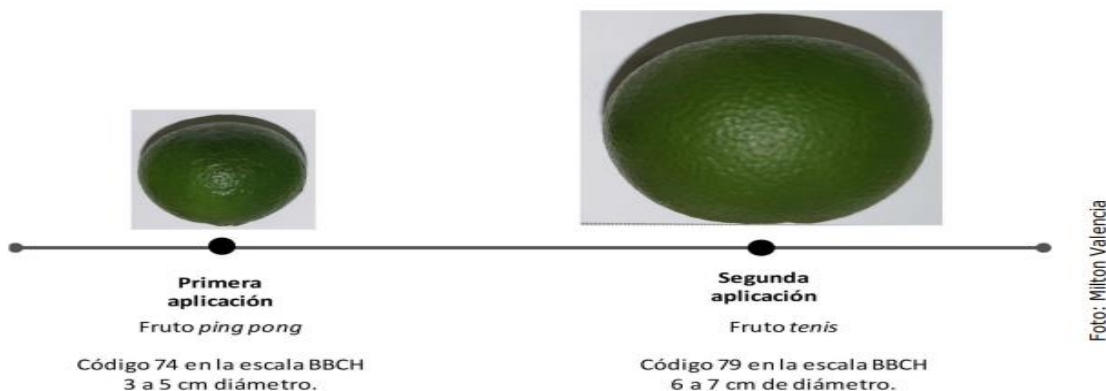
extremadamente pequeño, en estado adulto mide de 0.12 a 0.15 mm de largo y de 0.05 a 0.06 de ancho.

En los frutos jóvenes el daño se inicia cuando la población alcanza una densidad de 15 ácaros por cm², se produce una decoloración de la corteza del fruto, de amarillo tenue o plateado que en un período de 2-3 semanas se transforma y adquiere un color pardo oscuro (Rojas, 2002).

Umbral de daño: Se indica que, durante enero, febrero, marzo antes de la brotación anual se utiliza de 15 - 30% de hojas ocupadas como umbral y en la etapa de fructificación hasta 10% de frutos con hasta 10 ácaros/cm² (Rojas, 2002). El ataque de (*P. oleivora*) se realiza más o menos en promedio a los 90 días de la pos-antesis (floración) en frutos de 3 a 5 cm de diámetro, tamaño que los agricultores relacionan con el de una pelota de ping-pong (MinAgricultura, 2022).

Figura 3

Promedio tamaño de frutos de limón donde es atacado por el acaro (P. Oleivora)



Fuente: (MinAgricultura, 2022).

Según varias literaturas el daño se produce en estado adulto. Los mayores daños aparecen en Junio y en algunos años en Julio y Agosto. Los daños tempranos pueden producir rotura de la cutícula del fruto y disminuciones significativas de vitamina C y cambios en el contenido de

azúcar, las pérdidas más notables se encontraron a partir de daños fuertes, que ocupen más del 50% de la superficie del fruto (Rojas, 2002). Se localiza en las hojas y en la parte exterior de los frutos en formación; cuando este ácaro se establece y su población es numerosa, los cubre un aspecto empolvado. En infestaciones tempranas, si los frutos se atacan cuando se encuentran en formación, de menos de 3 cm de diámetro, adquieren una superficie rugosa y una coloración bronceada generalizada en toda la superficie, que se hace notoria cuando los frutos completan su desarrollo. Si las infestaciones son tardías, o sea, si los frutos son atacados en etapa de maduración o cuando ya se encuentran desarrollados, su superficie se torna tersa y adquiere un color oscuro en algunas áreas. Los frutos afectados se desarrollan lentamente, pierden humedad y su corteza se reblandece, lo cual dificulta su comercialización, ya que la apariencia oscura de los frutos afectados reduce la aceptación y el precio en el mercado. Las mayores densidades poblacionales se presentan cuando la temperatura y la humedad relativa son altas, sin llegar a extremos. Las épocas de veranos húmedos y los meses en que se inician las lluvias inducen los incrementos en las poblaciones de este ácaro. En condiciones extremas de humedad relativa alta o baja, las poblaciones son menores. Estudios recientes demuestran que la densidad de la copa del árbol, es decir, de la parte aérea de los árboles, tiene un efecto en la dinámica poblacional del ácaro tostador y su incremento en cortos periodos de tiempo: mientras más densa es la copa, las condiciones son menos favorables para el rápido crecimiento de las poblaciones del ácaro, pues la temperatura interna es menor y la humedad relativa es mayor (Corpoica, 2017).

Ingredientes Activos Químicos Más Utilizados en el Control de Acaro.

Los métodos de control más utilizados son las aplicaciones preventivas de azufre o de acaricidas como la abamectina. Debido a los plaguicidas químicos como los acaricidas pueden dejar residuos en los cultivos, lo que evita muchas veces su potencial de agroexportación, el

control biológico ha surgido como una herramienta muy útil para el control de diversas plagas y enfermedades. Existen reportes del control del ácaro del tostado de los cítricos con parasitoides; sin embargo, su manejo es complicado al momento de llevar al controlador a lugares alejados (Ecofertilizing, 2020). En la zona del Espinal Tolima el control químico es el método más utilizado para el manejo de ácaros en cítricos. Rodríguez (2012) encontró que 95% de los citricultores de la región suroccidental de Colombia recurre a este método como estrategia de manejo y sólo 5% utiliza algunas medidas culturales. En la zona del Espinal Tolima, la abamectina es el producto que más se emplea para el manejo de especies como *P. latus*, *P. oleivora* y *B. phoenicis* y en menor porcentaje, clorfenapir, piretroides, y los reguladores de crecimiento como azufre, mezclas de jabón con aceites, neonicotinoides, ácidos tetrónicos y los hongos entomopatógenos (*Phaeoacremonium solanaceae*) y (*Beauveria bassiana*) Rogers et al. (2009) confirmaron el uso intensivo de acaricidas en cultivos de cítricos, especialmente en el control del vector de la leprosis de los cítricos *B. phoenicis* y del ácaro tostador *P. oleivora* (Cortes, 2012). En el mercado encontramos diversos productos químicos en diversas casas comerciales controladores de acaro como el Candonga 1.8 (Invesa), Vertimec 8.4 SC (Syngenta), Abamectina (DVA), EVIL 1.8 EC Abamectina (Avgust), Emprox 328 SC – (Rotam), en su mayoría con ingrediente activo abamectina o mezclas con este. Manejo y control del de *P. oleivora* se implementa el control biológico y el control químico.

Control biológico. Aplicaciones del hongo (*Hirsutiella thompsonii*) Fisher, fitoseidos.

Hongos. (*Entomophthora virulenta*) (5 ml/l), (*Paecilomyces fumosoroseus*) (2 ml/l), (*Beauveria bassiana*) (2 ml/l; 1 g/l) (RESTAN, 2022).

Control químico. Se puede realizar aplicaciones con Azufre, Abamectina, QL-Agri (2,5 ml/l), Aceite mineral (3 ml/l), Jabón (5 ml/l). Quillay saponaria (1,5 ml/l) (RESTAN, 2022).

En relación a productos biológicos dirigidos al control de ácaros encontramos:

Natural control es una empresa ubicada en La Ceja Antioquia – Colombia y tiene en su portafolio el producto SAFELOMYCES WP es un producto biológico único con base en cepas NATURAL CONTROL especializadas y seleccionadas del hongo (*Paecilomyces lilacinus*) y (*Paecilomyces fumosoroseus*) especializadas en control de nematodos, ácaros, broca, y huevos de insectos, recomendado para cultivos de Flores, follajes, frutales, hortalizas, papa, café, caña, forestales, plátano, banano, palma de aceite, pastos, tomate, aromáticas, arroz, maíz, algodón.

Empresa Agroactivo de Medellín, Colombia, SA. Presenta el producto BIOLECANI (*Lecanicillium lecanii*) este 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 saprofito (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.

Bio-Crop (Palmira Valle Colombia), presenta un productos a base del hongo *Paecilomyces fumosoroseus*: 5.0×10^8 Conidias/ cc, ACAREX®s.c. es un bioinsumo que controla ácaros plaga (*Phyllocoptruta oleivora*) Cuando las esporas de ACAREX®s.c. entran en contacto con el cuerpo del ácaro, parasitan, germinan e invaden al huésped a través de la cutícula por medio de enzimas que la degradan, una vez dentro, el hongo libera toxinas que terminan por causar trastornos fisiológicos y daños en el sistema nervioso, hasta provocar su muerte.

En el Tolima una de las empresas promotoras en productos biológicos es la Organización Pajonales SAS, quien presenta en su portafolio una lista de productos biológicos registrados ante el ICA y otros en proceso de registro ICA también, en el momento inician pruebas con una mezcla de hongos (*Beauveria bassiana*) a concentración de $1 * 10^8$ conidios/ml, es decir cada mililitro contiene 100 millones de conidios o esporas, (*Lecanicillium lecanii*) a concentración de $1 * 10^8$ conidios/ml y (*paecilomyces fumosoroseus*) a concentración de $1 * 10^8$ conidios/ml, con porcentajes iguales de concentración para control de acaro tostador (*Phylocoptructa Oleivora asmet*), en presentación por litro, de los cuales dos de estos hongos ya están registrados ante el ICA (*Beauveria bassiana*), registro 12819, (*Lecanicillium lecanii*), 11914) (ICA, 2022), y el (*paecilomyces fumosoroseus*) se encuentra en proceso de registro.

Para la aplicación de esta mezcla se mencionan las siguientes recomendaciones

Aplicar antes de las 10:00am o después de las 04:00pm para evitar exponer los microorganismos a altas temperaturas en los estados iniciales.

1. No almacenar con productos químicos
2. Almacenar a temperatura ambiente evitando rayos UV.
3. Después de abierto úselo en el menor tiempo posible, evitando su contaminación
4. Conserve en un lugar fresco y seco
5. Evitar cualquier contacto innecesario con el producto.
6. Solo refrigeración, no congelar
7. Evitar someter el producto a temperatura mayor a $25^{\circ} C$
8. No fume, ni consuma alimentos durante el manejo del producto
9. Mantener fuera del alcance de los niños.
10. Destruir el envase y sus componentes después de usado.

Por ser un organismo natural, habitante permanente del medio ambiente, no representa ningún riesgo para la salud humana, si se ingieren alimentos tratados con el producto.

Marco Conceptual

El presente trabajo pretende también brindar al agricultor alternativas sostenibles y amigables con el medio ambiente, que no generen malestar en ningún aspecto, intentando salvaguardar la salud humana, ante todo. Es tratar de hacer un cambio de mentalidad al agricultor, dicha mentalidad que se viene cultivando desde el siglo XIX cuando el agotamiento de los suelos europeos provoco una serie de importantes hambrunas, lo que genero que los científicos realizaran una serie de investigaciones con los agroquímicos para potenciar las producciones en los cultivos (Barcelonesa, 2020). Desde entonces los agroquímicos tuvieron su auge en la agricultura por su rápido control y efectividad dentro de cada uno de sus usos. Entonces, esto nos proyectó cada día vivir en la evolución del uso de estas sustancias sin pensar en el efecto que esto causa al medio ambiente y más aún a la salud humana. Sin embargo, el control de plagas sigue siendo uno de los mayores desafíos en el sector agrícola, ya que estas pueden afectar significativamente la producción y la calidad de los cultivos. Además, el uso de insecticidas químicos preocupa por sus efectos negativos en el medio ambiente y la salud humana.

En este contexto, la investigación sobre el uso de hongos entomopatógenos como alternativa sostenible en el control de plagas es un tema importante y relevancia en Colombia y en otros países productores de alimentos. Este enfoque puede representar una nueva perspectiva para el sector agrícola en términos de prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. Por eso buscamos alternativas de control limpias y amigables con el medio ambiente y priorizar la salud humana. Este proyecto busca dar una alternativa de control al acaro

tostador usando una mezcla de hongos amigable con el medio ambiente y eficiente para el agricultor.

Marco Normativo

Este trabajo de grado se enmarca en diversas normativas sobre la producción agrícola, la protección de cultivos y el manejo de plagas. A continuación, se mencionan algunas de las leyes y pertinentes para el desarrollo de la investigación: Ley 101 de 1993 - "Por la cual se adopta el régimen de propiedad industrial y se fundamentan normas relativas a la competencia desleal". Esta ley establece disposiciones sobre la protección de los derechos de propiedad intelectual, incluida la patentabilidad de innovaciones en el ámbito agrícola. Ley 9 de 1979 - "Por la cual se dictan medidas sanitarias". Esta ley establece los lineamientos y disposiciones para el control sanitario en la producción agrícola, incluyendo el uso de productos químicos y biológicos en la protección de cultivos.

Resolución 1312 de 2009 - "Por la cual se establece el régimen de registro y control de los plaguicidas químicos de uso agrícola". Esta resolución regula el registro, la comercialización y el uso de plaguicidas químicos en la agricultura, asegurando su calidad, eficacia y seguridad para el medio ambiente y la salud humana.

Resolución 001390 de 2008 - "Por la cual se reglamenta la producción, manejo y uso de organismos de control biológico". Esta resolución establece los requisitos y procedimientos para la producción, manejo y uso de organismos de control biológico, incluyendo hongos y otros agentes biológicos utilizados en el control de plagas. Decreto 1843 de 1991 - "Por cual se reglamenta la Ley 9 de 1979 en relación con el control de plaguicidas." Este decreto establece las normas y procedimientos para registrar, importar, exportar, almacenar, transportar y usar

plaguicidas químicos en Colombia, para garantizar su adecuado manejo y minimizar los impactos negativos en el medio ambiente y la salud.

Estas normativas y brindarán el marco legal y técnico necesario para el desarrollo de la investigación, asegurando el cumplimiento de los estándares de calidad, seguridad y protección ambiental en el uso de productos químicos y biológicos en la producción de limón y el control de ácaros fitófagos.

Metodología

Método

Este trabajo se realiza siguiendo un enfoque metodológico en diferentes etapas y técnicas de investigación. A continuación, se describe el método utilizado.

Revisión Bibliográfica. Se realizó una revisión exhaustiva de literatura técnica y científica relacionada con la producción de limón tahítí y control de ácaros fitófagos, con el objetivo de obtener una información sólida y de conocimientos especializados sobre el tema.

Identificación del Problema. Se identificó el problema al abordar el presente trabajo este se centró en la búsqueda de una alternativa limpia y amigable con el medio ambiente para el control del acaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora*).

Diseño del Experimento. Se selecciona un lote con árboles de 4 años de edad, en un lote de limón Tahití ubicado en el corregimiento de Chicoral - Tolima, Se determinaron las variables a medir, los tratamientos a aplicar y las repeticiones necesarias para obtener resultados confiables.

Aplicación de Tratamientos. Se realiza aplicación de la mezcla de hongos (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*) con efecto acaricida, con el objetivo de evaluar su eficacia en el control del ácaro tostador, también se incluye un tratamiento testigo observacional donde no se aplica producto.

Análisis de Datos. Los datos recolectados fueron analizados estadísticamente utilizando el método tukey, se realizaron comparaciones entre los tratamientos para determinar la eficacia entre los tratamientos y así determinar el más adecuado.

Análisis y Discusión de Resultados. Se interpretaron los resultados obtenidos a partir del análisis de datos en el cual se identificó la dosis más adecuada para el control de acaro tostador, se realizó una discusión de los hallazgos con la literatura existente.

Conclusiones y Recomendaciones. Se construyeron conclusiones en base a los resultados obtenidos en la investigación y se mencionaron recomendaciones a tener en cuenta en el control de ácaros fitófagos en el cultivo de limón Tahit.

Tipo de estudio. El tipo de estudio realizado en este trabajo es un estudio de tipo experimental. El ensayo se realizó en un lote de campo en el cultivo de limón Tahití, donde se aplicaron diferentes tratamientos para determinar la dosis adecuada de una mezcla de hongos para control de acaro tostador. En donde se realizaron evaluaciones sistemáticas antes y después de la aplicación de cada tratamiento realizando una comparación de resultados obtenidos en cada tratamiento. Este tipo de estudio experimental permite establecer relaciones de causa y efecto entre las variables manipuladas y los resultados observados, lo que proporciona evidencia científica sólida para respaldar las conclusiones y recomendaciones del trabajo.

Recolección de datos. Para el presente trabajo se realizó una recolección de datos ordenada y planeada, a continuación, se menciona el procedimiento de recolección de datos.

Diseño de la Muestra. Se establece la distribución de los tratamientos en campo y las repeticiones correspondientes garantizando la representatividad de los datos.

Evaluaciones Previas. Se recolectan datos mediante evaluaciones previas a cada aplicación de tratamiento, donde se cuantifica la población de acaro tostador.

Aplicación de tratamientos. se realizó la aplicación de cada tratamiento siguiendo las dosis previas establecidas evitando cualquier tipo errores en los datos.

Evaluaciones Posteriores. Después de pasados cinco días de aplicado los tratamientos se realizó evaluación donde se cuantifican la población de ácaros para evaluar los efectos de control de la mezcla.

Registro de Variables. En el proceso se consideró información relevante como condiciones climáticas, ubicación geográfica, requerimientos del cultivo, edad del cultivo, etapa de afectación del fruto por la plaga, entre otras condiciones importantes a considerar.

Validación de Datos. Se perpetró un estudio exhaustivo de los datos recolectados para verificar su calidad y consistencia.

Análisis de Datos. Los datos recolectados se analizaron con métodos estadísticos apropiados para determinar la efectividad de los tratamientos y sacar conclusiones relevantes.

Ensayo ubicado en el corregimiento de Chicoral Tolima, finca el Diamante (marzo-2023). El corregimiento de Chicoral Tolima se encuentra ubicado a 44 kilómetros de la capital musical de Colombia Ibagué, en coordenadas Latitud: 4.2428331, Longitud: -74.9279641, La lluvia cae en todos los meses del año. La temperatura media anual en Chicoral es 21° y la precipitación media anual es 3267 mm, la humedad media es del 91% y el Índice UV es 4, finca el Diamante, cuenta con área de 120 hectáreas cultivadas en limón Tahití, el cultivo cuenta con asistencia técnica en el transcurso del año y monitoreo constante de plagas en los lotes de acaro tostador, para control se está realizando aplicaciones con Abamectina, Spiral, Azufre.

El ensayo se realiza en una finca ubicada en la finca el diamante corregimiento de Chicoral Tolima, país Colombia.

.Figura 4

Localización geografica del ensayo



Fuente. Google

Fuente. Google earth

La selección de la dosificación para el desarrollo del estudio se realizó teniendo en cuenta la dosis estipulada para cada uno de los productos, en el producto químico se tuvo en cuenta la dosis estipulada en la etiqueta y para el producto biológico se mantuvo las indicaciones dadas por los desarrolladores del producto. En la determinación de las dosis para el producto biológico, se utilizaron 3 tratamientos en dosis referenciados como dosis estándar (14 cm³/Litro), , la mitad de la dosis (7cm³/Litro) y el doble de la dosis (21cm³/Litro), para el producto químico (Abamectina) se utilizó la dosis recomendada en la etiqueta (1.2 cm³/Litro), igual que un tratamiento sin aplicación determinado como testigo. En pruebas de eficiencia de productos agrícolas, como herbicidas, insecticidas o fungicidas, la mitad de la dosis (X/2), dosis estándar

(X) y el doble de la dosis (2X), se refieren a diferentes niveles de dosificación del producto que se aplican en un estudio experimental. Estos niveles de dosificación se utilizan para evaluar la eficacia del producto a diferentes concentraciones y determinar la dosis óptima para lograr el control deseado de la plaga, maleza o enfermedad objetivo.

Explicación de cada uno de estos niveles de dosificación:

1. Dosis X/2 (mitad de la dosis recomendada): Esta es la mitad de la dosis recomendada por el fabricante utilizada en la práctica agrícola. Se utiliza para evaluar la eficacia del producto a una dosis reducida y para determinar si una dosis más baja sigue siendo efectiva para el control de la plaga, maleza o enfermedad objetivo. También puede ayudar a identificar el punto de inflexión donde la eficacia del producto comienza a disminuir significativamente.

2. Dosis X (dosis estándar): Esta es la dosis recomendada por el fabricante o la dosis estándar utilizada en la práctica agrícola. Se utiliza como punto de referencia para comparar la eficacia de otros niveles de dosificación. Si el producto es efectivo a esta dosis estándar, se considera que cumple con las expectativas de control.

3. Dosis 2X (doble de la dosis recomendada): Esta es el doble de la dosis recomendada por el fabricante o la dosis estándar utilizada en la práctica agrícola. Se utiliza para evaluar la eficacia del producto a una dosis más alta y para determinar si aumentar la dosis conduce a una mejora significativa en el control de la plaga, maleza o enfermedad objetivo. También puede ayudar a identificar el punto donde la eficacia del producto alcanza un máximo o disminuye por posibles efectos adversos.

En resumen, al realizar pruebas de eficiencia de productos agrícolas, incluir dosis X/2, X y 2X permite evaluar la respuesta del cultivo y la plaga, maleza o enfermedad objetivo a

diferentes niveles de dosificación, lo que ayuda a determinar la dosis óptima para lograr el control deseado con eficacia y eficiencia.

Para este ensayo se seleccionó un lote homogéneo, con edad de 4 años, se escogieron 40 árboles en bloques completamente al azar, se identificaron los árboles con cada tratamiento correspondiente, seguidamente se realizó evaluación previa en cada punto cardinal, marcando la rama con los frutos (3) donde se cuantificación de los individuos. Alrededor de la cuatro 04:00pm de la tarde se procede a hacer la aplicación de cada uno de los tratamientos los cuales consisten en:

Tratamiento 0. Corresponde a ocho (8) unidades experimentales, que no aplican ningún producto y se mantienen en observación. Este tratamiento se llama testigo observacional, se realiza evaluación inicial y se cuantifica en tres frutos de una rama del árbol debidamente marcada para mantener una secuencia del avance o proliferación de la plaga. En esta cuantificación inicial de ácaros presenta 823, sumatoria de todas las unidades experimentales de cada punto cardinal evaluado, el punto cardinal consiste en tres frutos, de cada fruto se realiza conteo de 1cm², para dicho conteo se utiliza lupa de 60X.

Tratamiento 1. Corresponde a ocho (8) unidades experimentales las cuales se aplicaron con producto biológico y es la mezcla de tres hongos (*Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*, *paecilomyces fumosoroseus*) para este tratamiento se utilizó dosis de 7cm³/ litro de agua, se utilizaron 16 litros de agua para las 8 unidades experimentales (2 litros por cada unidad experimental), la aplicación se realizó a las 04:30pm, la población inicial de individuos a controlar fue de 986, sumatoria de todas las unidades experimentales de cada punto cardinal evaluado, el punto cardinal consiste en tres frutos, de cada fruto se realiza conteo de 1cm², para dicho conteo se utiliza lupa de 60X.

Tratamiento 2. Corresponde a ocho (8) unidades experimentales las cuales se aplicaron con producto biológico y es la mezcla de tres hongos (*Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*, *paecilomyces fumosoroseus*) para este tratamiento se utilizó dosis de 14cm³/ litro de agua, se utilizaron 16 litros de agua para las 8 unidades experimentales (2 litros por cada unidad experimental), la aplicación se realizó a las 04:30pm, la población inicial de individuos a controlar fue de 823, sumatoria de todas las unidades experimentales de cada punto cardinal evaluado, el punto cardinal consiste en tres frutos, de cada fruto se realiza conteo de 1cm², para dicho conteo se utiliza lupa de 60X.

Tratamiento 3. Corresponde a ocho (8) unidades experimentales las cuales se aplicaron con producto biológico y es la mezcla de tres hongos (*Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*, *paecilomyces fumosoroseus*) para este tratamiento se utilizó dosis de 21cm³/ litro de agua, se utilizaron 16 litros de agua para las 8 unidades experimentales (2 litros por cada unidad experimental), la aplicación se realizó a las 04:30pm, la población inicial de individuos a controlar fue de 589, sumatoria de todas las unidades experimentales de cada punto cardinal evaluado, el punto cardinal consiste en tres frutos, de cada fruto se realiza conteo de 1cm², para dicho conteo se utiliza lupa de 60X.

Tratamiento 4. Corresponde a ocho (8) unidades experimentales las cuales se aplicaron con producto químico (Abamectina Pilarmetin), para este tratamiento se utilizó dosis de 1,2cm³/ litro de agua, se utilizaron 16 litros de agua para las 8 unidades experimentales (2 litros por cada unidad experimental), la aplicación se realizó a las 04:30pm, la población inicial de individuos a controlar fue de 226, sumatoria de todas las unidades experimentales de cada punto cardinal evaluado, el punto cardinal consiste en tres frutos, de cada fruto se realiza conteo de 1cm², para dicho conteo se utiliza lupa de 60X.

Tabla 1.*Descripción de Tratamientos Aplicados en el Ensayo*

Tratamiento	Producto	Dosis de Producto cm3/L	Producto Utilizado/Tratamiento	# Árboles/ Tratamiento	Litros de Agua/Tratamiento
T0	Testigo	-	-	-	-
T1	Mezcla de hongos	7 cm3/L	56 cm3	8	16
T2	Mezcla de hongos	14 cm3/L	112 cm3	8	16
T3	Mezcla de hongos	21 cm3/L	168 cm3	8	16
T4	Abamectina Pilarmetin	1,2 cm3/L	9,6 cm3	8	16

Nota. Esta tabla describe cada uno de los tratamientos respecto a dosis, producto utilizado, número de árboles, y litros de agua por tratamiento, la mezcla de hongos hace referencia a el producto biológico con los hongos (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*).

El ensayo se desarrolló en el corregimiento de Chicoral Tolima. El ensayo se realizó con la mezcla de 3 hongos biológicos que son: (*Beauveria bassiana*) a concentración de $1 * 10^8$ conidios/ml, es decir cada mililitro contiene 100 millones de conidios o esporas, (*Lecanicillium lecanii*) a concentración de $1 * 10^8$ conidios/ml y (*Paecilomyces fumosoroseus*) a concentración de $1 * 10^8$ conidios/ml, con porcentajes iguales de concentración para control de acaro tostador (*Phyllocoptructa oleivora asmet*), en presentación por litro.

(*Beauveria bassiana*). Mecanismo de acción. Cuando el insecto entra en contacto con el producto, iniciando la germinación de las esporas y la formación del micelio del hongo, que penetra por el tegumento del insecto mediante la acción mecánica y de enzimas hidrolíticas. En consecuencia, causa el deterioro del sistema inmune del hospedero, lo que genera finalmente la muerte (Pajonales SAS, 2008).

El ciclo de vida de este hongo consta de dos fases. La patogénica y la saprofítica.

El desarrollo del hongo se puede dividir hasta en ocho etapas, las cuales se describen a continuación:

Adhesión. El primer contacto entre el hongo entomopatógeno y el insecto sucede cuando la espora (conidio) es depositada en la superficie del insecto.

Germinación. El conidio inicia el desarrollo del tubo germinativo y órgano sujetador llamado apesorio, que le permite fijarse a la superficie del insecto.

Penetración. Después de la fijación mediante mecanismos físicos (acción de presión sobre la superficie de contacto) y químicos (acción de enzimas: proteasas, lipasas y quitinasas), el hongo ingresa en el insecto a través de las partes blandas.

Producción de Toxinas. Dentro del insecto, el hongo ramifica sus estructuras y coloniza las cavidades de hospedante. Produce la toxina llamada Beauvericina que ayuda a romper el sistema inmunológico del patógeno, lo que facilita la invasión del hongo a todos los tejidos. Otras toxinas que secreta son beauverolides, bassianolida, isarolides, ácido oxálico, y los pigmentos tenellina y bassianina que han mostrado actividad insecticida.

Muerte del Insecto. Con la muerte del patógeno finaliza la fase parasítica dando inicio a la fase saprofita.

Multiplicación y Crecimiento. Después de la muerte del insecto, el hongo multiplica sus unidades infectivas (hifas) y estas de manera simultánea crecen, terminando por invadir todos los tejidos del insecto, haciéndose resistente a la descomposición, aparentemente por los antibióticos segregados por el hongo. Después de la completa invasión, el desarrollo dependerá de la humedad relativa del medio (Pajonales SAS, 2008).

(*Lecanicillium lecanii*). Modo de acción. Es un inoculante biológico, el cual confiere potencial adaptativo a la planta huésped frente a condiciones adversas; de tipo abiótico, con

mayor rango de tolerancia a sequía y al estrés oxidativo, tolerancia a suelos ácidos con altos niveles de Zn y Al, estimulando el crecimiento vegetal con gran capacidad de influir en la utilización y disponibilidad de nutrientes fijados en la micela del suelo (Pajonales SAS, 2019).

Contiene conidios en latencia. Estimula la planta a producir metabolitos secundarios bioactivos, entre los que están la fitoalexinas que tiene propiedades antifúngicas, antibacterianas y antivirales, que ayudan a proteger la planta contra patógenos. Su ingrediente activo *Lecanicillium lecanii* mejora la adaptabilidad de la planta frente a condiciones de estrés ambiental como la sequía, salinidad, temperatura, radiación ultravioleta y estrés nutricional (Pajonales SAS, 2019).

(Paecilomyces fumosoroseus). Cuando las esporas entran en contacto con el cuerpo del ácaro, parasitan, germinan e invaden al huésped a través de la cutícula por medio de enzimas que la degradan; una vez dentro, el hongo libera toxinas que terminan por causar trastornos fisiológicos y daños en el sistema nervioso, hasta provocar su muerte (Agroactivo, 2023).

Descripción del Producto. Características generales

Principio Activo. Estructuras en latencia del hongo (*Beauveria bassiana*), Conidios en latencia del hongo (*Lecanicillium lecanii*), Conidios en latencia del hongo (*Paecilomyces fumosoroseus*).

Método

Diseño Experimental. Bloques completamente al Azar

Repeticiones. 8 Repeticiones, cada árbol es una repetición, (8 árboles por tratamiento).

Diseño de Bloques al Azar. Es el de más fácil ejecución. El bloque es la unidad básica y es igual a las réplicas porque contiene todas las variantes, las que están distribuidas al azar. La forma de los bloques puede ser cuadrada o rectangular. El diseño es idóneo para experimentos de

variedades, así como experimentos aerotécnicos. Puede ser utilizado en experimentos unifactoriales y multifactoriales. La forma, el tamaño y la orientación de los bloques se deben hacer buscando la homogeneidad dentro de ellos. Los tratamientos se asignan al azar dentro de cada bloque. El número de tratamientos no debe ser muy grande para garantizar la homogeneidad de cada bloque. Este diseño tiene el inconveniente que solo se puede eliminar la variabilidad entre réplicas. Entre sus ventajas destacan: Economía en el trabajo experimental. - Puede utilizarse tanto un número pequeño o grande de variantes. - Puede aplicársele anova a los datos (elimina el efecto de la desigualdad de la fertilidad y establece la diferencia entre variantes con mayor seguridad. El diseño tiene el inconveniente, que solo se puede eliminar la variabilidad de la fertilidad del suelo entre réplicas, siendo en este sentido inferior a otros diseños más complejos (González, 2005).

Tamaño de la Unidad Experimental. Para el ensayo se toman 4 bloques con 10 unidades experimentales por bloque, en cada unidad experimental se definió como unidad de observación (o muestreo) un árbol y en cada uno se marcaron cuatro ramilletes, tres frutos de 3 a 4 meses con desarrollo de 3 a 5 cm de diámetro, para 12 limones por árbol.

El ensayo se ubicó en un lote del cultivo de limón Tahití, con una distancia de siembra 7 metros entre surco y 5 metros entre árbol, se toman 40 árboles por tratamiento, (5 tratamientos, 8 repeticiones por tratamiento/cada árbol aplicado es una repetición), los árboles se toman al azar. Por cada árbol se toma los cuatros puntos cardinales, y de cada punto cardinal 3 limones. En general las para el ensayo se identifican 384 frutos como unidades muestrales.

Se identifican las ramas con cinta en cada punto cardinal a evaluar, y en cada punto se evalúa población de ninfas y adultos de acaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora ashmead*), esto con el objetivo de cuantificar población inicial en la evaluación previa y efecto de control,

eficacia y la mejor dosis de aplicación para el control de acaro tostador (*Phyllocoptruta oleivora*) en las evaluaciones posteriores de la mezcla de hongos (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*) aplicada.

Figura 5

Marcación de los tratamientos y puntos de cuantificación en el área de ensayo



Fuente: Propia

Se realiza evaluación previa (antes de aplicar los tratamientos), la evaluación se realiza en la mañana, la aplicación se realiza después de las 04:00pm, por recomendación de la ficha técnica, para evitar exponer los microorganismos al sol directo (Pajonales, 2020). Se hace una única aplicación con diferentes tratamientos, las aplicaciones se realizan con bomba de espalda de 20 litros, boquilla de cono hueco la cual es recomendada para aplicaciones de insecticidas y acaricidas (Unisem, 2014), para este caso se aplican aproximadamente 16 litros/tratamiento.

Las aplicaciones de los tratamientos se realizan en su totalidad el mismo día, para mantener las mismas condiciones ambientales. Se toman los cuatro puntos cardinales del árbol, con máximo 3 frutos dando en total de 12 frutos evaluados/árbol, esto se debe principalmente a que (*Phyllocoptruta oleivora*) acaro tostador de los cítricos soportan altas temperaturas, pero no la luz solar directa por lo tanto así obtendremos homogeneidad a la hora de tomar los datos

teniendo en cuenta que el punto cardinal donde hay menos luz solar habrá mayor incidencia del acaro (MORENO, 2009)

Figura 6

Aplicación del producto en campo con bamba de espalda



Fuente: Propia

Se realizan las evaluaciones con la lupa (60X), se observará la cantidad de ácaros por cada centímetro cuadrado (Aproximadamente el área que toma la lupa es de 1cm²,) sobre el cual se hace el conteo de la fluctuación de la población del acaro.

Figura 7

Marcación de cm² para Cconteo de la Población de Acaro Tostador en los Frutos



Fuente: Propia

Nota: Demarcación y conteo poblacional de ácaros en campo.

Análisis de Varianza (ANAVA). Se utilizó Análisis de la Varianza (ANAVA) es una forma estadística que se utiliza para comparar las varianzas entre las medias (o el promedio) de

diferentes grupos. Una variedad de contextos lo utilizan para determinar si existe alguna diferencia entre las medias de los diferentes grupos o tratamientos (TIBC, 2022).

Los datos de campo se verifican mediante análisis de varianza (ANAVA) con un nivel de significancia del 5%. En el análisis de varianza se determinará si existe un efecto significativo de los tratamientos. Para la comparación de las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Tukey 5% de significancia, comparando los seis tratamientos realizados del ensayo.

En el contexto de este trabajo, se empleó el ANOVA para analizar los datos recolectados durante las evaluaciones posteriores a la aplicación de los tratamientos en los árboles de limón tahití. El objetivo principal fue determinar si existieron diferencias significativas en el control de los ácaros tostadores entre los tratamientos evaluados. El ANOVA genera una prueba estadística de llamada P valor, que compara la variación entre los tratamientos con la variación dentro de los tratamientos. Si el P valor es estadísticamente significativo, hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto al control de los ácaros tostadores. Además del ANOVA, es posible realizar análisis complementarios, como pruebas de comparaciones múltiples (por ejemplo, la prueba de Tukey), para identificar qué tratamientos difieren significativamente entre sí.

Recolección de Datos en Campo

Para la recolección de datos en campo se realizaron tres evaluaciones con intervalo de 7 días entre aplicación, en cada evaluación se realizó la cuantificación de un número de individuos por bloque y tratamiento. Para el análisis estadístico se consideró la evaluación inicial y la final de ácaros adultos y de ninfas. A continuación, se relaciona tablas con los datos recolectados en campo.

Tabla 2*Datos Recolectados en Campo de Acaros Adultos*

Acaro Adulto Evaluación Inicial			Acaro Adulto Evaluación Final		
Bloque	Tratamiento	Promedio	Bloque	Tratamiento	Promedio
1	0	0,9	1	0	3
1	1	8.5	1	1	3.2
1	2	16.1	1	2	6.3
1	3	15.2	1	3	2.9
1	4	7.6	1	4	0.8
2	0	17	2	0	24.3
2	1	18.3	2	1	3.3
2	2	10.9	2	2	4.4
2	3	8.1	2	3	3.3
2	4	0	2	4	0.2
3	0	3.9	3	0	19.5
3	1	11.5	3	1	7.7
3	2	7.3	3	2	2.9
3	3	0	3	3	0
3	4	0.8	3	4	0.5
4	0	12.6	4	0	19.2
4	1	2.8	4	1	3.4
4	2	0	4	2	0
4	3	1.2	4	3	0.7
4	4	1	4	4	0.5

Nota. Las tablas muestran la cuantificación promediada de ácaros adultos en la evaluación inicial y la final.

Tabla 3*Datos Recolectados en Campo de Ninfas*

Ninfas Evaluación Inicial			Ninfas Evaluación Final		
Bloque	Tratamiento	Promedio	Bloque	Tratamiento	Promedio
1	0	0.2	1	0	0.2
1	1	0.7	1	1	0.7
1	2	2.5	1	2	1.1
1	3	2.2	1	3	1.1
1	4	0.5	1	4	0.4
2	0	2	2	0	3.7
2	1	3.2	2	1	1.2
2	2	1.3	2	2	1.3
2	3	0.7	2	3	0.5
2	4	0	2	4	0
3	0	0.7	3	0	3
3	1	1.4	3	1	1.4
3	2	1.1	3	2	0.5
3	3	0	3	3	0
3	4	0	3	4	0.4
4	0	2.5	4	0	2
4	1	0.1	4	1	0.4
4	2	0	4	2	0
4	3	0.1	4	3	0
4	4	0	4	4	0.2

Nota. Las tablas muestran la cuantificación promediada de ácaros ninfas en la evaluación inicial y la final.

Eficacia Biológica. Para hallar la eficacia que ejerció el producto biológico para el control de acaro se analizaron diversas fórmulas una de ellas Abbott, esta es utilizada cuando la población es homogénea digamos en la parcela tratada antes de la aplicación tengo 10 individuos y en el testigo (la sin tratar) tengo 10 individuos, a los 5 días después en la parcela tratada tengo 2 individuos y en el testigo 20 individuos. Según el concepto planteado anteriormente la fórmula de Abbott evalúa población homogénea lo cual no es nuestro caso, dado que nuestra población de ácaros *Phylcoptruca Oleivora* es heterogénea, por ende, se utilizó la fórmula de Henderson

Figura 8

Fórmula de Henderson & Tilton: Población Heterogénea

2. HENDERSON Y TILTON:

$$\% \text{ de eficacia} = 100 \times \left(1 - \frac{T_a \times C_b}{T_b \times C_a} \right)$$

T_b = infestación en la parcela tratada antes del tratamiento
 T_a = infestación en la parcela tratada después del tratamiento
 C_b = infestación en la parcela testigo antes del tratamiento
 C_a = infestación en la parcela testigo después del tratamiento

. Fuente:(Gutierrez, 2021)

A continuación, se menciona el desarrollo de la fórmula Henderson & Tilton para nuestra población de heterogénea de ácaros. La fórmula se desarrolla entre los resultados de la cuantificación de los tratamientos de la evaluación inicial y la intermedia, y la cuantificación de individuos de la evaluación inicial comparada con la cuantificación de individuos de la evaluación final.

En primer lugar, se realiza la sumatoria total de individuos cuantificados por tratamiento de cada bloque, en cada evaluación, la primera se realiza antes de aplicar los tratamientos en

campo y se denomina evaluación inicial, la segunda se realiza siete días después de aplicados los tratamientos y se denomina evaluación intermedia, la tercera se realiza a los catorce días después de aplicados los tratamientos y se denomina evaluación final. Los bloques en campo están distribuidos al azar, son cuatro bloques denominados Bloque uno, Bloque dos, Bloque tres, y Bloque cuatro; de igual forma, son 5 tratamientos y se identifican como T0 para el tratamiento cero, T1 para el tratamiento dos, T3 para el tratamiento tres, T4 para el tratamiento cuatro, ninfas y para ácaros adultos.

Tabla 4

Consolidado de Acaros Adultos por Tratamiento en la Evaluación Inicial

Evaluación	Tratamiento	Ácaros
Inicial	T0	824
Inicial	T1	986
Inicial	T2	823
Inicial	T3	589
Inicial	T4	226
Total		3448

Nota. Sumatoria de ácaros adultos en los bloques por cada tratamiento

Tabla 5.

Consolidado de Acaros Adultos por Tratamiento en la Evaluación Intermedia

Evaluación	Tratamiento	Ácaros
Intermedia	T0	1376
Intermedia	T1	505
Intermedia	T2	419
Intermedia	T3	241
Intermedia	T4	95
Total		2636

Nota. Sumatoria de ácaros adultos en los bloques por cada tratamiento

Tabla 6*Consolidado de Ácaros Adultos por Tratamiento en la Evaluación Final*

Evaluación	Tratamiento	Ácaros
Final	T0	1583
Final	T1	421
Final	T2	325
Final	T3	165
Final	T4	49
Total		2543

Nota. Sumatoria de ácaros adultos en los bloques por cada tratamiento**Tabla 7***Consolidado de Acaros Ninfas por Tratamiento en la Evaluación Inicial*

Evaluación	Tratamiento	Ninfas
Inicial	T0	130
Inicial	T1	130
Inicial	T2	117
Inicial	T3	70
Inicial	T4	12
Total		459

Nota. Sumatoria de ácaros ninfas en los bloques por cada tratamiento

Tabla 8*Consolidado de Acaros Ninfas por Tratamiento en la Evaluación Intermedia*

Evaluación	Tratamiento	Ninfas
Intermedia	T0	177
Intermedia	T1	83
Intermedia	T2	67
Intermedia	T3	61
Intermedia	T4	31
Total		419

Nota. Sumatoria de ácaros adultos en los bloques por cada tratamiento**Tabla 9***Consolidado de Acaros Ninfas por Tratamiento en la Evaluación Final*

Evaluación	Tratamiento	Ninfas
Final	T0	212
Final	T1	64
Final	T2	35
Final	T3	33
Final	T4	27
Total		371

Nota. Sumatoria de ácaros adultos en los bloques por cada tratamiento.

Después del consolidado de la sumatoria de individuos por tratamiento respecto a la población de ácaros iniciales, intermedios y finales correspondientes a cada evaluación realizada en campo, podemos realizar el desarrollo de la formula Henderson & Tilton según la descripción de la figura 9.

% de control a los 7 días (pos aplicación) para acaro adulto

% de eficiencia para el tratamiento 0 (tratamiento de observación)

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 1376

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 824

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 824

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 1376

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(1376 \cdot 824)}{(824 \cdot 1376)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 0\%$$

Para el tratamiento 0, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, en comparativo con la cuantificación de la evaluación intermedia (siete días posaplicación) del mismo tratamiento 0, despejamos la formula según las indicaciones dadas y nos da una eficacia del 0%, esto en efecto que el tratamiento 0, es de observación y no lleva ningún producto para control, entonces la población inicial se encuentra en 824 individuos, y como no se realizó ninguna aplicación de control para acaro, en la segunda evaluación realizada en campo la cuantificación de los individuos aumento en un 66%, sumando 1376 ácaros por ende, no hay una disminución de población, el porcentaje de eficacia es 0%.

Este dato es el resultado de 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, multiplicar infestación en la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 1376 individuos, por infestación en la parcela testigo antes del tratamiento Cb que son 824 individuos, esto lo dividimos con el tratamiento a comparar que es el mismo tratamiento 0, entonces tomamos la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb que son 824 individuos, por la infestación de la parcela testigo después del tratamiento, Ca que son 1376 individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 1

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 505

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 986

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 824

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 1376

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(505 \cdot 824)}{(986 \cdot 1376)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 69\%$$

Para el tratamiento 1, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días posaplicación) del tratamiento 1, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 1, entonces se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 505 individuos, |se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 824 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela

tratada antes del tratamiento, Tb 986 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 1376 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 69%, con una reducción poblacional del 49% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 2

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 419

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 823

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 824

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 1376

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(419 \cdot 824)}{(823 \cdot 1376)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 70\%$$

Para el tratamiento 2, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días pos aplicación) del tratamiento 2, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 2, entonces se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 419 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 824 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 823 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 1376 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 70%, con una reducción poblacional del 49% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 3

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 241

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 589

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 824

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 1376

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(241 \cdot 824)}{(589 \cdot 1376)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 75\%$$

Para el tratamiento 3, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días posaplicación) del tratamiento 3, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 3, entonces se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 241 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 824 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 589 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 1376 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 75%, con una reducción poblacional del 59% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 4

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 95

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 226

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 824

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 1376

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(95 \cdot 824)}{(226 \cdot 1376)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 75\%$$

Para el tratamiento 4, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días posaplicación) del tratamiento 4, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 4, entonces se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 95 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 824 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 226 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 1376 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 75%, con una reducción poblacional del 58% de individuos.

Tabla 10*Consolidado de eficacia por tratamiento a los 7 días pos aplicación*

Tratamiento	# Individuos	# Individuos	% Eficacia
	Evaluación Inicial	Evaluación Intermedia	
T0	824	1376	0%
T1	986	505	69%
T2	823	419	70%
T3	589	241	75%
T4	226	95	75%
Total	3448	2636	

Nota. Se toman los datos iniciales de la primera evaluación (antes de aplicar el tratamiento) Vs evaluación Intermedia (siete días después de aplicar el tratamiento).

Según la tabla anterior se relacionan los datos de individuos adultos encontradas en la evaluación inicial Vs la evaluación intermedia, donde se evidencia que en el tratamiento 0, presenta una eficacia del 0% dado que no hay control, en el tratamiento 1, 2, 3 y 4 se evidencian porcentajes significativos de eficacia (69%, 70%, 75% 75%).

% de control a los 14 días pos aplicación

% de eficiencia para el tratamiento 0 (tratamiento de observación)

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 1583

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 824

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 824

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 1583

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(1583 \cdot 824)}{(824 \cdot 1383)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 0\%$$

Para el tratamiento 0, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, en comparativo con la cuantificación de la evaluación final (catorce días posaplicación) del mismo tratamiento 0, despejamos la formula según las indicaciones dadas y nos da una eficacia del 0%, esto en efecto que el tratamiento 0, es de observación y no lleva ningún producto para control, entonces la población inicial se encuentra en 824 individuos, y como no se realizó ninguna aplicación de control para acaro, en la evaluación final realizada en campo, la cuantificación de los individuos aumento en un 48%, sumando los 1583 ácaros, por ende, como no hay una disminución de población, el porcentaje de eficacia es 0%.

Este dato es el resultado de 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, multiplicar infestación en la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 1583 individuos, por infestación en la parcela testigo antes del tratamiento Cb que son 824 individuos, esto lo dividimos con el tratamiento a comparar que en este caso, es el mismo tratamiento 0, entonces tomamos la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb que son 824 individuos, por la infestación de la parcela testigo después del tratamiento, Ca que son 1583 individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 1

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 421

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 986

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 824

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 1583

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(421 \cdot 824)}{(986 \cdot 1383)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 78\%$$

Para el tratamiento 1, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación final (catorce días pos aplicación) del tratamiento 1, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 1, entonces se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 421 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 824 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 986 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 1583 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 78%, con una reducción poblacional del 57% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 2

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 325

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 823

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 824

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 1583

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(325 \cdot 824)}{(823 \cdot 1583)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 79\%$$

Para el tratamiento 2, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación final (a los catorce días pos aplicación) del tratamiento 2, tomando como comparativo el tratamiento 0, que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 2, entonces se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 325 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 824 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 823 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 1583 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 79%, con una reducción poblacional del 60% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 3

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 165

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 589

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 824

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 1583

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(165 \cdot 824)}{(589 \cdot 1583)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 85\%$$

Para el tratamiento 3, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados

en la evaluación final (a los catorce días posaplicación) del tratamiento 3, tomando como comparativo el tratamiento 0, que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 3, entonces se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 165 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 824 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 589 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 1583 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 85%, con una reducción poblacional del 72% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 4

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 49

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 226

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 824

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 1586

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(49 \cdot 824)}{(226 \cdot 1586)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 89\%$$

Para el tratamiento 4, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación final (a los catorce días pos aplicación) del tratamiento 4, tomando como comparativo el tratamiento 0, que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 4, entonces se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento,

Ta que son 49 individuos, |se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 824 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 226 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 1586 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 89%, con una reducción poblacional del 78% de individuos.

Tabla 11

Consolidado de eficacia por tratamiento a los 14 días pos aplicación, ácaros adultos

Tratamiento	# Individuos	# Individuos	% Eficacia
	Evaluación Inicial	Evaluación Final	
T0	824	1583	0%
T1	986	421	78%
T2	823	325	79%
T3	589	165	85%
T4	226	49	89%
Total	3448	2543	

Nota. Consolidado de eficacia, se evidencia en la evaluación final.

Se toman los datos iniciales de la primera evaluación (antes de aplicar el tratamiento) y se realiza el comparativo de eficacia por medio de la formula Henderson & Tilton, con la evaluación final (catorce días después de aplicar el tratamiento). Según la tabla anterior se relacionan los datos de las ninfas encontradas en la evaluación inicial Vs la evaluación final, donde se evidencia que en el tratamiento 0, presenta una eficacia del 0% dado que no hay control, en el tratamiento 1, 2 y 3 se evidencian altos porcentajes de control (78%, 79%, 85%), el tratamiento 4 que presenta una eficacia por encima de los demás tratamientos, con 89%.

% de control a los 7 días para acaro ninfas

% de eficiencia para el tratamiento 0 (tratamiento de observación)

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 177

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 130

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 130

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 177

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(177 \cdot 130)}{(130 \cdot 177)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 0\%$$

Para el tratamiento 0, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, en comparativo con la cuantificación de la evaluación intermedia (siete días posaplicación) del mismo tratamiento 0, despejamos la formula según las indicaciones dadas en la Figura 9 y nos da una eficacia del 0%, esto en efecto que el tratamiento 0, es de observación y no lleva ningún producto para control, entonces la población inicial se encuentra en 130 ninfas, y como no se realizó ninguna aplicación de control para acaro, en la segunda evaluación realizada en campo la cuantificación de los individuos aumento en un 36%, sumando 177 individuos, por ende, como no hay una disminución de población, el porcentaje de eficacia es 0. Este dato es el resultado de 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, multiplicar infestación en la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 177 individuos, por infestación en la parcela testigo antes del tratamiento Cb que son 130 individuos, esto lo dividimos con el tratamiento a comparar que es el mismo tratamiento 0, entonces tomamos la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb que son 130 individuos, por la infestación de la parcela testigo después del tratamiento, Ca que son 177 individuos

% de eficiencia para el tratamiento 1

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 83

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 130

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 130

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 177

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(83 \cdot 130)}{(130 \cdot 177)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 53\%$$

Para el tratamiento 1, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días posaplicación) del tratamiento 1, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 1, entonces es 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 83 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 130 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 130 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 177 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 53%, con una reducción poblacional del 36% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 2

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 67

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 130

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 130

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 177

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(67 \cdot 130)}{(130 \cdot 177)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 58\%$$

Para el tratamiento 2, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días posaplicación) del tratamiento 2, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 2, entonces es 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 67 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 130 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 130 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 177 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 58%, con una reducción poblacional del 48% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 3

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 61

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 70

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 130

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 177

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(61 \cdot 130)}{(70 \cdot 177)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 36\%$$

Para el tratamiento 3, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días posaplicación) del tratamiento 3, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 3, entonces es 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 61 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 130 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 70 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 177 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 36%, con una reducción poblacional del 53% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 4

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 31

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 12

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 130

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 177

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(31 \cdot 130)}{(12 \cdot 177)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = -90\%$$

Para el tratamiento 4, la formula se desarrolla con el número de individuos cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días posaplicación) del tratamiento 4, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 4, entonces es 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 31 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 130 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb que son 12 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca que son 177 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje negativo de eficacia del 90%, con un aumento de poblacional del 61% de individuos.

Tabla 12*Consolidado de eficacia por tratamiento a los 7 días pos aplicación*

Tratamiento	# Individuos	# Individuos	% Eficacia
	Evaluación Inicial	Evaluación Intermedia	
T0	130	177	0%
T1	130	83	53%
T2	117	67	58%
T3	70	61	36%
T4	12	31	-90%
Total	459	419	

Nota. Consolidado de eficacia, se evidencia en la evaluación intermedia.

Se toman los datos iniciales de la primera evaluación (antes de aplicar el tratamiento) y se realiza el comparativo de eficacia por medio de la formula Henderson & Tilton, con la evaluación intermedia (siete días después de aplicar el tratamiento).

Según la tabla anterior se relacionan los datos de las ninfas encontradas en la evaluación inicial Vs la evaluación intermedia, donde se evidencia que en el tratamiento 0, presenta una eficacia del 0% dado que no hay control, en el tratamiento 1, 2 y 3 se evidencian altos porcentajes de control (53%, 58%, 36%), contrario al tratamiento 4 que presenta una eficacia negativa del 90%, indicando que no hubo buen control.

% de control a los 14 días para acaro ninfas

% de eficiencia para el tratamiento 0 (tratamiento de observación)

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 212

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 130

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 130

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 212

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(212 \cdot 130)}{(130 \cdot 212)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 0\%$$

Para el tratamiento 0, la formula se desarrolla con el número de individuos ninfas cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, en comparativo con la cuantificación de la evaluación intermedia (siete días pos aplicación) del mismo tratamiento 0, despejamos la formula según las indicaciones dadas en la Figura 9 y nos da una eficacia del 0%, esto en efecto que el tratamiento 0, es de observación y no lleva ningún producto para control, entonces la población inicial se encuentra en 130 ninfas, y como no se realizó ninguna aplicación de control para acaro, en la tercera evaluación realizada en campo la cuantificación de los individuos aumento en un 39%, sumando 212 individuos, por ende, como no hay una disminución de población, el porcentaje de eficacia es 0. Este dato es el resultado de 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, multiplicar infestación en la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 212 individuos, por infestación en la parcela testigo antes del tratamiento Cb que son 130 individuos, esto lo dividimos con el tratamiento a comparar que es el mismo tratamiento 0, entonces tomamos la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb que son 130 individuos, por la infestación de la parcela testigo después del tratamiento, Ca que son 177 individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 1

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento.	Ta: 64
Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento.	Tb: 130
Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento.	Cb: 130
Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento.	Ca: 212

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(64 \cdot 130)}{(130 \cdot 212)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 70\%$$

Para el tratamiento 1, la formula se desarrolla con el número de individuos ninfas cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los catorce días posaplicación) del tratamiento 1, tomando como comparativo el tratamiento 0, que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 1, entonces es 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 64 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 130 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 130 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 212 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 70%, con una reducción poblacional del 51% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 2

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento.	Ta: 35
Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento.	Tb: 117

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 130

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 212

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(35 \cdot 130)}{(117 \cdot 212)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 82\%$$

Para el tratamiento 2, la formula se desarrolla con el número de individuos ninfas cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días posaplicación) del tratamiento 2, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 2, entonces es 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 35 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 130 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 117 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 212 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 82%, con una reducción poblacional del 70% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 3

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 33

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 70

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 130

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 212

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(33 \cdot 130)}{(70 \cdot 212)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 71\%$$

Para el tratamiento 3, la formula se desarrolla con el número de individuos ninfas cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días posaplicación) del tratamiento 3, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 3, entonces es 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 33 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 130 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb 70 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca 212 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje de eficacia del 71%, con una reducción poblacional del 53% de individuos.

% de eficiencia para el tratamiento 4

Ta: Infestación en la parcela tratada después del tratamiento. Ta: 27

Tb: Infestación en la parcela tratada antes del tratamiento. Tb: 12

Cb: Infestación en la parcela testigo antes del tratamiento. Cb: 130

Ca: Infestación en la parcela testigo después del tratamiento. Ca: 212

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(Ta \cdot Cb)}{(Tb \cdot Ca)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 100 \cdot \left(1 - \frac{(27 \cdot 130)}{(12 \cdot 212)} \right)$$

$$\% \text{ eficacia} = 38\%$$

Para el tratamiento 4, la formula se desarrolla con el número de individuos ninfas cuantificados en la evaluación inicial del tratamiento 0, comparado con el número de individuos cuantificados en la evaluación intermedia (a los siete días posaplicación) del tratamiento 4, tomando como comparativo el tratamiento 0 que es el testigo y así poder determinar el porcentaje de eficacia del tratamiento 4, entonces es 100 por la operación entre paréntesis de menos 1, se toma la infestación de la parcela tratada después del tratamiento, Ta que son 27 individuos, se multiplica por la infestación de la parcela testigo antes del tratamiento, Cb que son 130 individuos, esto lo dividimos entre la infestación en la parcela tratada antes del tratamiento, Tb que son 12 individuos, por la infestación en la parcela testigo después del tratamiento, Ca que son 212 individuos. Por lo tanto, obtenemos un porcentaje negativo de eficacia del 38%, con un aumento de poblacional del 55% de individuos.

Tabla 13

Consolidado de eficacia por tratamiento a los 14 días posaplicación individuos ninfas

Tratamiento	# Individuos Evaluación Inicial	# Individuos Evaluación Final	% Eficacia
T0	130	212	0%
T1	130	64	70%
T2	117	35	82%
T3	70	33	71%
T4	12	27	-38%
Total	459	371	

Nota. Consolidado de eficacia de la evaluación final.

Se toman los datos iniciales de la primera evaluación (antes de aplicar el tratamiento) y se realiza el comparativo de eficacia por medio de la formula Henderson & Tilton, comparado con la evaluación final (catorce días después de aplicar el tratamiento). Según la tabla anterior se relacionan los datos de las ninfas encontradas en la evaluación inicial Vs la evaluación final, donde se evidencia que en el tratamiento 0, presenta una eficacia del 0% dado que no hay control, en el tratamiento 2 y 3 se evidencian altos porcentajes de control (82 % y 71%), contrario al tratamiento 4 que presenta una eficacia negativa del 38%, dado que no hubo buen control.

Resultados

Resultados de análisis estadístico

Tabla 14

Bloques al azar Anova Modelo Lineal. Analisis de varianza acaros iniciales

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	151.9	37.98	1.09	0.406
Bloque	3	196.2	65.40	1.87	0.188
Error	12	419.2	34.93		
Total	19	767.3			

Nota: según el análisis de varianza los datos obtenidos son confiables

Tabla 15

Comparaciones por parejas de Tukey: tratamiento acaros iniciales

Tratamiento	N	Media	Agrupación
0	4	10.275	A
1	4	8.600	A
2	4	8.575	A
3	4	6.125	A
4	4	2.350	A

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Entonces podemos decir que según los parametros de Fischel como todos los tratamientos comparten una misma letra son significativamente iguales.

Tabla 16*Análisis de varianza acaros finales*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
tratamiento	4	662.72	165.68	7.62	0.003
bloque	3	42.24	14.08	0.65	0.599
Error	12	260.97	21.75		
Total	19	965.93			

Nota. Según el análisis de varianza los datos obtenidos son confiables

Tabla 17*Comparaciones por parejas de Tukey: tratamientoacaros finales*

Tratamiento	N	Media	Agrupación
0	4	16.500	A
1	4	4.400	B
2	4	3.400	B
3	4	1.725	B
4	4	0.500	B

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes, entonces para el tratamiento 1, no se aplicó ningún producto de control, por ende, es diferente a los demás.

Tabla 18*Análisis de Varianza ninfas iniciales*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	4.463	1.1157	1.08	0.411
Bloque	3	2.884	0.9613	0.93	0.457
Error	12	12.441	1.0367		
Total	19	19.788			

Nota. Según el análisis de varianza los datos obtenidos son confiables

Tabla 19*Comparaciones por parejas de Tukey confianza de 95%: tratamiento*

Tratamiento	N	Media	Agrupación
0	4	1.350	A
1	4	1.350	A
2	4	1.225	A
3	4	0.750	A
4	4	0.125	A

Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes. Teniendo en cuenta los parámetros de Fisher los tratamientos que comparten una misma letra son significativamente iguales, tal como se evidencia en la presente tabla.

Tabla 20*Análisis de varianza Ninfas finales*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamiento	4	9.837	2.4593	3.93	0.029
Bloque	3	2.017	0.6725	1.07	0.397
Error	12	7.515	0.6262		
Total	19	19.369			

Nota. Según el análisis de varianza los datos obtenidos son confiables

Tabla 21*Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%*

Tratamiento	N	Media	Agrupación
0	4	2.225	A
1	4	0.925	A B
2	4	0.725	A B
3	4	0.400	B
4	4	0.250	B

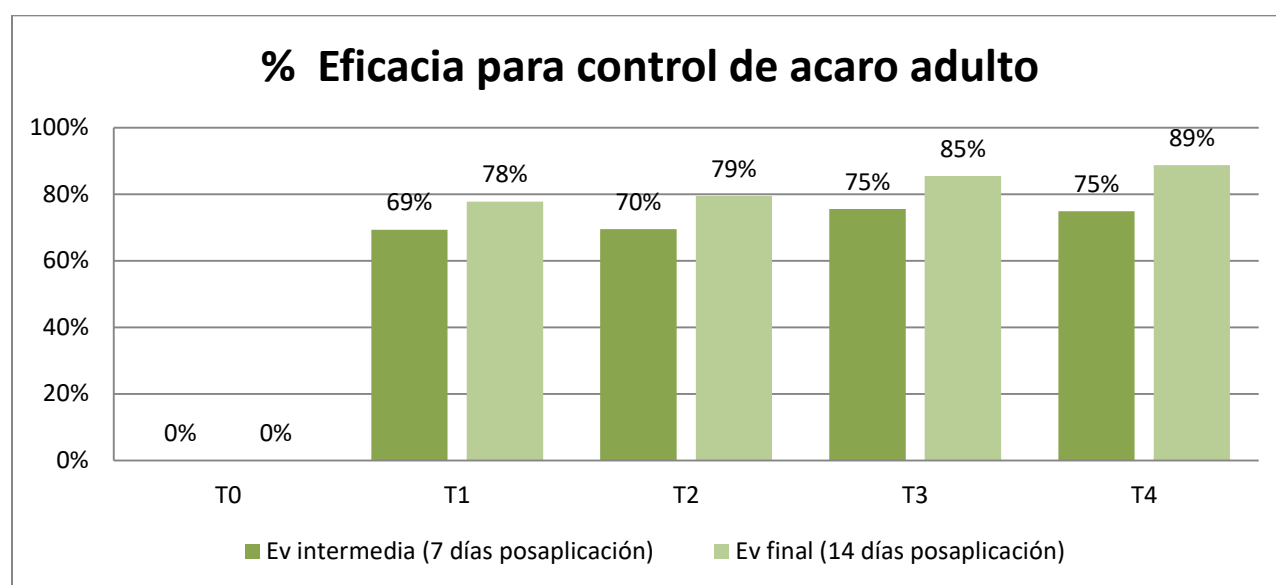
Nota. Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Resultados Gráficos

En el siguiente grafico podemos ver que en la evaluación intermedia ósea a los 7 días después de aplicado los tratamientos, el control de los tratamientos 3 y 4, están en un porcentaje de control en similitud de 75% de control, para la evaluación final se registra un dato diferente para los mismos tratamientos, sonde el tratamiento T3, evidencia una eficacia de un 85%, lo cual es un muy buen control, pero el tratamiento T4 obtiene un máximo de 89% de eficacia quedando por encima del producto evaluado.

Figura 9

Grafico Comparativo de los Resultados de Eficacia Acaro Adulto



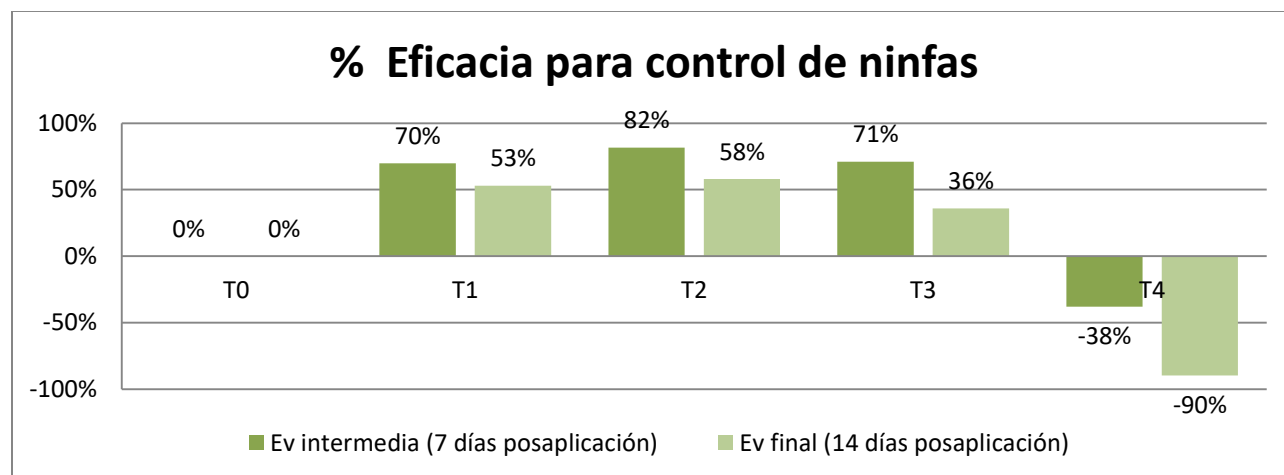
Nota. El anterior grafico representa los resultados de eficacia obtenidos de la evaluación intermedia vs la evaluación final para acaro adulto.

En el siguiente grafico podemos ver que en la evaluación intermedia ósea a los 7 días después de aplicado los tratamientos, se evidencia que en el tratamiento T0, no hay control alguno porque no tiene aplicación de producto, de los tratamientos T1, T2, T3, los cuales están

tratados con el producto biológico, se evidencia un control mayor, para el tratamiento T4, se evidencian datos negativos, ósea no se evidencia control ovicida, por ende, arrojan datos negativos.

Figura 10

Grafico comparativo de los resultados de eficacia acaró ninfas



Nota. El anterior grafico representa los resultados de eficacia obtenidos de la evaluación intermedia vs la evaluación final para ácaros ninfas.

Discusión

Tras aplicar los tratamientos en campo, se evidencia que el tratamiento 0, tiene una eficacia del 0%, al no tener control, a diferencia de los tratamientos 3 y 4, que tienen igual nivel de eficacia, el químico con un 75% y el biológico de igual forma con un 75% de eficacia a los 7 días, en este pudo evaluar las ventajas de usar uno u otro productor, teniendo en cuenta que el producto es más económico. Según lo evidenciado en la tabla 8 (evaluación inicial Vs evaluación final), el tratamiento de menor control es el 0, dado que no se aplicó en este, solo de observación, se evidencia que en los tratamientos 1 y 2 obtuvieron altos porcentajes de control, el 1 obtuvo 78% y el 2 un 79%, lo que indica que presentan control en altas poblaciones y puede ser una excelente alternativa de control para bajas poblaciones.

En la tabla 8, se evidencia que el control del químico fue de un 89 % de eficacia, siendo mayor con un 4 %, y un 85 % de eficacia, pero cabe resaltar los beneficios del uso biológico, amigable con el medio ambiente, no genera resistencia, no contamina el fruto para exportación, no daña la salud humana al aplicar, mejora los costos de producción. Podemos decir que el biológico puede contrarrestar ese 4% que obtuvo de demás el producto químico, con las excelentes ventajas que presentan su utilización en campo.

Un hallazgo destacado de este estudio es la evidencia de que los productos biológicos, como la mezcla de hongos, son una opción efectiva para el control de acaro. Según el 85% de eficacia que obtuvo en el control. La reducción significativa en la población de ácaros observada en los cultivos tratados con la mezcla de hongos demuestra su potencial como una herramienta viable en la gestión integrada de plagas. Esta información es valiosa cuando la demanda de alimentos está en constante aumento y la búsqueda de alternativas a los plaguicidas químicos tradicionales es crucial. La agricultura intensiva basada en el uso indiscriminado de plaguicidas

químicos presenta preocupaciones sobre la salud humana, deterioro del medio ambiente, entre otros, pues los químicos como también se demuestra en este ensayo, aunque tiene un excelente control con un 89% de eficacia, genera efectos negativos como: contaminación del suelo, agua, pérdida de biodiversidad, resistencia a plagas.

La adopción de productos biológicos en la agricultura podría abordar estas preocupaciones al reducir la cantidad de residuos químicos en los alimentos, minimizar la contaminación ambiental y promover la conservación de los enemigos naturales de las plagas.

En términos de economía es un producto rentable analizando sus bondades, la diferencia radica en \$5 entre el biológico que 1cm³ cuesta \$80 pesos comparado a una abamectina de uso habitual que 1 cm³ cuesta \$75, El biológico es \$5 pesos más caro, pero si consideramos la calidad de fruta para exportación, el potencial de los productos biológicos para impulsar la agro exportación, teniendo en cuenta que el producto exportado va tener mejor retribución económica, en realidad los \$5 pesos vendrían siendo una inversión más para el cultivo.

La demanda mundial de alimentos producidos de manera sostenible y libre de residuos químicos está en aumento. Los países que adopten prácticas agrícolas más ecológicas podrían beneficiarse al acceder a mercados internacionales que valoran la seguridad alimentaria y la sostenibilidad. La investigación actual respalda la noción de que la utilización de productos biológicos podría conferir una ventaja competitiva a los productos agrícolas en los mercados globales.

Cabe resaltar una importante ventaja adicional que evidencia el producto biológico y es su fuerte control en huevos y larvas de ácaros, según la figura 11 *Grafico comparativo de los resultados de eficacia acaro ninfas*, es evidente el control en todos los tratamientos aplicados con este biológico, en las dos evaluaciones, previniendo así una posible infestación prematura y

así mismo una nueva aplicación, lo que también nos ayuda en el tema económico. Pasando todo lo contrario para el tratamiento T4 en el cual se evidencian datos negativos en el control de huevos.

Conclusiones

Según el presente estudio se evidencia que el producto biológico obtuvo un 85% de eficiencia, con una diferencia mínimo de 4% al producto químico, por lo cual deducimos que puede ser una alternativa de control y para reducir el impacto ambiental y la exposición a residuos químicos, se ha fomentado el uso de control biológico como una alternativa sostenible y respetuosa con el medio ambiente.

Los agricultores en la región del Espinal Tolima utilizan principalmente tratamientos químicos para el control de ácaros en cítricos, obteniendo hasta un 89% de eficiencia en el control, especialmente la abamectina, entre otros productos químicos. Impactando negativamente la salud humana, deterioro del medio ambiente, contaminación del suelo, agua, pérdida de biodiversidad, resistencia a plagas. Sin embargo, el presente ensayo concluye la posibilidad alternativa de control biológico disponible en el mercado con un control de un 85%, disminuyendo los problemas antes mencionados con lo químicos.

La adopción de métodos de control biológico, como la utilización de hongos entomopatógenos, puede mejorar la sostenibilidad económica de las explotaciones agrícolas a largo plazo. La reducción de gastos en plaguicidas químicos y la implementación de prácticas más amigables con el medio ambiente pueden contribuir a una gestión más rentable de los cultivos.

Menor dependencia de insumos externos: Al utilizar productos biológicos, los agricultores pueden reducir su dependencia de insumos químicos importados, lo que puede ser beneficioso para la economía local y nacional. Además, al producir los propios hongos entomopatógenos, los agricultores pueden mantener un suministro interno constante y reducir la necesidad de importar productos químicos costosos.

Reducción de residuos y contaminación: Los productos biológicos no dejan residuos tóxicos en los cultivos y en el medio ambiente, a diferencia de muchos plaguicidas químicos. Esta característica no solo protege la salud de los consumidores y agricultores, sino que también evita problemas de contaminación ambiental y promueve una agricultura más sostenible.

Preservación de la biodiversidad: Al utilizar productos biológicos, se promueve el equilibrio natural en los ecosistemas agrícolas al no dañar a los enemigos naturales de las plagas. Esto ayuda a mantener la biodiversidad y la estabilidad de los ecosistemas, lo que a su vez beneficia a la producción agrícola a largo plazo.

En el presente ensayo la mezcla de hongos (*Paecilomyces fumosoroseus*, *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*) demostró una efectividad promedio del 78% al 85% en el control del ácaro tostador, lo que la convierte en una estrategia eficaz para reducir la población de ácaros en el cultivo de limón.

Se identificó una dosis más eficiente de la mezcla de hongos, logrando un 85% de efectividad en el control del ácaro tostador. Esto es importante para maximizar la eficacia y utilización del producto del tratamiento.

La rotación de productos promovida en el estudio ayuda a prevenir la resistencia de los ácaros tostadores, manteniendo la eficacia del tratamiento a largo plazo.

En general, la mezcla de hongos tiene un alto potencial para controlar el ácaro tostador, con porcentajes de efectividad que oscilan entre el 78% y el 85%, dependiendo de la dosis de aplicación.

Se observaron reducciones en la población de ácaro tostador con los tratamientos biológicos, utilizando diferentes dosis de la mezcla de hongos, en comparación con el tratamiento químico.

El uso de los hongos *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii* y *paecilomyces fumosoroseus* mostró un mecanismo de acción que involucra la adhesión, germinación, penetración, producción de toxinas y muerte del acaro tostador.

En general, los tratamientos biológicos fueron efectivos en el control del acaro tostador en los árboles de limón, y se observaron diferencias en la eficacia según la dosis utilizada. El tratamiento químico también mostró eficacia, pero se puede considerar como una alternativa menos favorable desde el punto de vista de la sostenibilidad y el impacto ambiental.

Es importante destacar que la investigación se realizó en una zona productora de limón Tahití en Colombia, donde la población de ácaros puede ser un desafío para los agricultores. y con el presente ensayo se presenta una alternativa sostenible para este problema.

El estudio realizado proporcionó información valiosa sobre el control de ácaros en el cultivo de limón Tahití usando tratamientos con productos biológicos.

Es importante seguir investigando y promoviendo el uso de alternativas de control biológico en la agricultura para reducir la dependencia de plaguicidas químicos y fomentar prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

Recomendaciones

Dado que los productos biológicos pueden tener diferentes efectos o comportamientos según los ambientes y tipos de cultivo, sería provechoso realizar otras investigaciones adicionales y poder comprender las interacciones entre los hongos entomopatógenos y otros organismos del ambiente.

Es recomendable lanzar programas educativos y de capacitación a los agricultores, para concientizar al gremio citricultor que hay alternativas sanas para el control del acaro tostador y así mejorar también su inclusión efectiva en las prácticas agrícolas.

Sería útil solicitar apoyos gubernamentales de incentivos económicos, a aquellos agricultores que adopten alternativas sanas para el control de acaro tostador, con lo cual se busca fomentar alternativas ambientalmente sostenibles en nuestro campo.

Las recomendaciones son dar a conocer las bondades de estos hongos entomopatógenos, realizar investigación de mercado y desarrolladores para promover la inversión en el desarrollo de nuevos productos y mejorar lo que existe.

Es importante que se expongan cuadros comparativos de los riesgos y beneficios entre el uso de productos químicos y biológicos, para que cada agricultor aprecie las ventajas de los biológicos y haga una buena elección para su cultivo, aun teniendo en cuenta consecuencia el bienestar ambiental de todos.

Se debe enfatizar en la importancia de la rotación de productos para el control de plagas teniendo en cuenta un enfoque de manejo integrado de plagas, fortaleciendo con los beneficios que presentan los biológicos.

Cabe resaltar la importancia en la capacitación de los técnicos locales en la producción e implementación de los productos biológicos, esto podría ayudar en la adopción y eficacia.

Es recomendable recopilar y documentar los reconocimientos exitosos con el uso de productos biológicos en situaciones agrícolas existentes, esto con el fin de persuadir a los agricultores a adoptar soluciones optimas en el campo.

Cabe resaltar la importancia de este tipo de investigaciones para el campo agrícola, porque son muy útiles y fomenta la inversión privada en la investigación y producción de productos biológicos, lo que generaría disponibilidad y diversidad en el mercado agrícola de estos hongos entomopatógenos.

Se recomienda como sugerencia establecer un sistema de monitoreo continuo de los tratamientos con hongos entomopatógenos a largo plazo en comparación con los productos químicos. Esto para ayudar a recopilar datos y adecuar estrategias según halla necesidad.

Es importante que los agricultores puedan presenciar manifestaciones en campo donde se vean directamente los efectos positivos de los hongos entomopatógenos actuando como controlador de acaro tostador, en comparación con los químicos. Para mostrar los excelentes resultados.

Aprovechando la ola actual de la tecnología es recomendable facilitar la creación de redes agrícolas donde agricultores cuenten experiencias exitosas de los productos biológicos y pueda haber intercambios de experiencias entre colegas, esto puede ser una forma poderosa de infundir información valiosa para nuestro campo.

Debemos promocionar, mediante todas las plataformas digitales y redes sociales, información de los grandes beneficios de los hongos entomopatógenos, donde tengan acceso de puntos de información, teléfonos de contacto y otras alternativas para llegar a un público más amplio y de diferentes grupos demográficos.

Es recomendable entregar paquetes tecnológicos con productos biológicos, modelos detallados para su uso, en combinación con otros modelos y medidas que fortalezcan el uso de hongos entomopatógenos.

Es importante realizar investigaciones de mercado dirigidas al detalle para identificar a profundidad las necesidades y preferencias de los agricultores, en términos de productos biológicos, que les gusta, que no les gusta, es como intentar adaptar lo que hay a la necesidad o demanda real.

Sería importante contar con algún tipo de certificación que se etiquete en los productos cultivados con productos biológicos, que aumentaría el valor en el mercado, como un plus agregado al producto, para incentivar el uso de productos biológicos en el campo agrícola.

Referencia Bibliográfica

Agrícolas, D. (2021). *Ciclo Bioinsumos: Herramientas Del Presente Que Alimentan El Futuro*. E

<https://www.elcabureia.com/blog/destacan-las-ventajas-de-los-bioinsumos-agricolas>

Alejandra, T. Y. (2021). *Exportación Del Limón Tahití Colombiano Hacia Alemania* .

<https://alejandria.poligran.edu.co/bitstream/handle/10823/2914/grupo%202%20lim%C3%B3n%20tahit%C3%ADa%20alemania.pdf?sequence=1&isallowed=Y>

Corpoica. (2017). *Colección Nuevo Conocimiento Agropecuario*.

<https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/download/10/8/97-1?inline=1>

Cortes, S. E. (2012). *Tesis*.

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/12171/716275.2012.pdf?sequence=1&isallowed=Y>

Dane. (2015). *Insumos Y Factores Asociados A La Producción*.

https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/bol_insumos_nov_2015.pdf

Ecofertilizing. (2021). *Redagricola*. [https://www.redagricola.com/pe/protector-de-los-](https://www.redagricola.com/pe/protector-de-los-citricos-contr-el-acaro-del-tostado-phyllocoptruta-oleivora/)

[Citricos-Contr-el-Acaro-Del-Tostado-Phyllocoptruta-Oleivora/](https://www.redagricola.com/pe/protector-de-los-citricos-contr-el-acaro-del-tostado-phyllocoptruta-oleivora/)

Gutierrez, E. (2021). *Metodología De Evaluación De Plagas*.

Invesa. (2020). *Acaro Tostador*. <https://www.invesa.com/product/acaro-tostador/>

López, K. I. (S.F.). *Evaluación De Estrategias De Manejo Biológico Y Acaricidas* .

<https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11640/karolimbachilopez.2012.pdf?sequence=1&isallowed=Y>

Minagricultura. (2022). *Ácaros De Importancia Económica*.

<https://Editorial.Agrosavia.Co/Index.Php/Publicaciones/Catalog/Download/67/50/720-1?Inline=1?Inline=1>

Ministerio De Agricultura. (2022). *Lmr*.

https://Www.Juntadeandalucia.Es/Export/Drupaljda/Lmr_De_Productos_Fitosanitarios_Mapa.Pdf

Ministerio De Agricultura. (S.F.). *Ácaros De Importancia Económica*.

<https://Editorial.Agrosavia.Co/Index.Php/Publicaciones/Catalog/Download/67/50/720-1?Inline=1>

Ministerio De Agricultura Y Desarrollo Rural. (2021). *Cadena Del Citricos*.

<https://Sioc.Minagricultura.Gov.Co/Citricos/Documentos/2021-03-31%20cifras%20sectoriales.Pdf>

Moreno, C. B. (2009). *Reconocimiento Y Manejo De Las Plagas* .

<http://Repository.Unilasallista.Edu.Co/Dspace/Bitstream/10567/607/1/Reconocimiento%20y%20manejo%20de%20las%20plagas.Pdf>

Pajonales. (2020). *Ficha-Tecnica-Multibacter-Media-Carta.Pdf - Pajonales*.

<https://Www.Pajonales.Com/Wp-Content/Uploads/2020/06/Ficha-Tecnica-Multibacter-Media-Carta.Pdf>

Phytoma. (1997). [https://Www.Researchgate.Net/Profile/Tomas-](https://Www.Researchgate.Net/Profile/Tomas-Cabello/Publication/256445492_Analisis_De_Eficacia_De_Productos_Fitosanitarios/Links/54c76c2f0cf289f0cecd1c7d/Analisis-De-Eficacia-De-Productos-Fitosanitarios.Pdf)

[Cabello/Publication/256445492_Analisis_De_Eficacia_De_Productos_Fitosanitarios/Links/54c76c2f0cf289f0cecd1c7d/Analisis-De-Eficacia-De-Productos-Fitosanitarios.Pdf](https://Www.Researchgate.Net/Profile/Tomas-Cabello/Publication/256445492_Analisis_De_Eficacia_De_Productos_Fitosanitarios/Links/54c76c2f0cf289f0cecd1c7d/Analisis-De-Eficacia-De-Productos-Fitosanitarios.Pdf)

Procolombia. (2021). *El Mercado De Cítricos En El Mundo | Informe*.

<https://www.colombiatrade.com.co/noticias/el-mercado-de-citricos-en-el-mundo-informe>

Redagricola. (2020). *Redagricola*. <https://www.redagricola.com/co/citricaldas-y-el-reto-de-tecnificar-la-produccion-para-ser-mas-competitivos/>

Rios, L. A. (2017). *Acaros Que Afectan La Calidad Del Fruto*. Valle Del Cauca:

https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/60828/2017_alvarez_rios_leonardo.pdf?sequence=1&isallowed=y

Rojas, D. L. (2002). *Curso Introductorio A La Acarología Aplicada*.

<https://docplayer.es/25568553-curso-introductorio-a-la-acarologia-aplicada-morfologia-taxonomia-y-diagnostico-fitosanitario-de-acaros-de-importancia-agricola.html>

Senasa. (2006). *Programa De Reposicionamiento De La Citricultura Correntina*.

https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-gua_prctica_para_la_identificacin_y_el_manejo_de.pdf

Sierra, B. E. (2017). *Estrategias Biotecnológicas Para El Manejo De Ácaros En Cítricos (Girón-Santander)*. https://ipt.biodiversidad.co/cr-sib/pdf.do?R=01749_hongoscitricos_20200707&N=173295068f5

https://ipt.biodiversidad.co/cr-sib/pdf.do?R=01749_hongoscitricos_20200707&N=173295068f5

Tibco. (2022). *¿Qué Es Análisis De La Varianza (Anova)?*

<https://www.tibco.com/es/reference-center/what-is-analysis-of-variance-anova>

Unisem. (2014). *Seleccione La Boquilla Correcta*.

<https://semillastodoterreno.com/2014/07/seleccione-la-boquilla-correcta>

Vclez, I. Z. (1970). *Dinamica De Poblaciones De Acaros*.

File:///C:/Users/Windows/Downloads/86358-Texto%20del%20art%C3%Adculo-461322-1-10-20200414%20(1).Pdf