

EVALUACIÓN DE LA COMPATIBILIDAD DEL ÁCARO DEPREDAADOR *NEOSEIULUS CALIFORNICUS* (MCGREGOR) CON SIETE PRODUCTOS DE USO COMERCIAL BAJO CONDICIONES SEMICONTROLADAS



AUTOR:

IVONN YUDITH LINARES VACCA

Trabajo de grado presentado como requisito para optar por el título de:

BIÓLOGA APLICADA

DIRECTOR: FERNANDO CANTOR RINCÓN

CODIRECTORA: ESTEFANÍA RAMÍREZ LÓPEZ

UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS Y APLICADAS

PROGRAMA DE BIOLOGÍA APLICADA

CAJICÁ, 2025

Índice de contenidos

1	Introducción	8
2	Materiales y Métodos.....	14
2.1	Identificación y obtención de los productos comerciales	14
2.2	Obtención de los ácaros <i>Tetranychus urticae</i> y <i>Neoseiulus californicus</i>	15
2.3	Evaluación de la supervivencia de <i>Neoseiulus californicus</i> bajo el efecto de dos tipos de aplicación de los siete productos comerciales	15
2.3.1	Preparación de los productos	16
2.3.2	Preparación de la unidad experimental	16
2.3.3	Montaje de los individuos móviles	17
2.3.4	Montaje de los individuos inmóviles	17
2.3.5	Registro de la supervivencia	17
2.4	Categorización del grado de toxicidad de los siete productos comerciales sobre <i>Neoseiulus californicus</i>	18
2.5	Análisis estadísticos	18
3	Resultados	19
3.1	Identificación de los productos comerciales utilizados en la finca Rosas Aguaclara S.A.S	19
3.2	Supervivencia de los individuos móviles de <i>Neoseiulus californicus</i> bajo el efecto de dos tipos de aplicación de los productos comerciales	21
3.2.1	Aplicación por aspersión directa.....	22

3.2.2	Aplicación por superficie tratada	22
3.2.3	Análisis de Devianza (ANODEV)	23
3.2.4	Test de Dunn	24
3.3	Supervivencia de los individuos inmóviles de <i>Neoseiulus californicus</i> bajo la aplicación por aspersión directa de siete productos comerciales	25
3.3.1	Análisis de varianza	26
3.4	Categorización del grado de toxicidad de los siete productos comerciales sobre <i>Neoseiulus californicus</i>	27
4	Discusión.....	28
5	Conclusiones y Recomendaciones	34
6	Referencias.....	35

Índice de Tablas

Tabla 1. Tratamientos evaluados para determinar la compatibilidad de siete productos de uso comercial con individuos móviles e inmóviles de <i>Neoseiulus californicus</i>	15
Tabla 2. Categorización de la toxicidad de los productos de uso comercial sobre <i>Neoseiulus californicus</i> de acuerdo con IOBC.....	18
Tabla 3. Productos suministrados por la finca Rosas Aguaclara para llevar a cabo la evaluación de la compatibilidad entre el ácaro depredador y los productos comerciales.....	19
Tabla 4. Análisis de devianza de la supervivencia de <i>Neoseiulus californicus</i> bajo el efecto de ocho tratamientos y dos tipos de aplicación.	24
Tabla 5. Comparación de la supervivencia de <i>N. californicus</i> bajo el efecto de ocho tratamientos mediante el test de Dunn.....	24
Tabla 7. Categorización del grado de toxicidad de los productos comerciales usados en la finca Rosas Aguaclara sobre <i>Neoseiulus californicus</i>	27

Índice de Figuras

Figura 1. Supervivencia de los individuos móviles de <i>Neoseiulus californicus</i> bajo el efecto ocho tratamientos por el tipo de aplicación por aspersión directa.	22
Figura 2. Supervivencia de los individuos móviles de <i>Neoseiulus californicus</i> bajo el efecto de ocho tratamientos por el tipo de aplicación por superficie tratada.	23
Figura 3. Eclosión de los huevos de <i>Neoseiulus californicus</i> bajo el efecto de ocho tratamientos por el tipo de aplicación por aspersión directa.....	26

Resumen

Neoseiulus californicus es un organismo de control biológico clave para el manejo de la plaga *Tetranychus urticae* en los cultivos comerciales de rosas de la Sabana de Bogotá. Sin embargo, la frecuente aplicación de agroquímicos en estos cultivos limita su uso como controlador biológico. Con el fin de abordar esta problemática, se evaluó la compatibilidad de siete productos comerciales con *N. californicus*, en el marco de una estrategia de control integrado en la finca Rosas Aguaclara. Para ello, se seleccionaron los productos más utilizados en la finca: Stimulate, ADN clean, Kasumin, Cytozyme, Picatina flora, Segovis flora y Ceraquint, para determinar su efecto sobre la supervivencia del enemigo natural bajo dos tipos de aplicación: aspersión directa y superficie tratada, considerando las dosis recomendadas por la finca. Los resultados revelaron que no hubo diferencias significativas entre los dos tipos de aplicación. Si bien se observó una reducción en la supervivencia del ácaro depredador bajo ciertos tratamientos, todos los productos se consideraron compatibles con *N. californicus*, ya que la mortalidad no superó el 30%, clasificándose en la clase 1 de la Organización Internacional para el Control Biológico (IOBC). Esto sugiere que la finca Rosas Aguaclara puede emplear ambas estrategias de control sin comprometer la viabilidad del artrópodo benéfico.

Palabras clave: *N. californicus*, control biológico, agroquímicos, supervivencia, toxicidad, compatibilidad.

Abstract

Neoseiulus californicus is a key predator for the biological control of *Tetranychus urticae* in rose crops in the Bogota savanna. However, the frequent use of agrochemicals in these crops may affect its effectiveness. To evaluate the compatibility of seven commercial products with *N. californicus*, trials were conducted under semicontrolled conditions at the Rosas Aguaclara farm. The most commonly used products in the farm: Stimulate, ADN Clean, Kasumin, Cytozyme, Picatina Flora, Segovis Flora, and Ceraquint were selected, and their effect on the predator's survival was assessed through two application methods: direct spraying and treated surface, using the farm's recommended doses. The results showed no significant differences between the two application methods. Although some treatments reduced predator survival, none exceeded 30% mortality, classifying all products as compatible according to the International Organization for Biological Control (IOBC) scale. These findings suggest that Rosas Aguaclara farm can use these products without compromising the biological control of *N. californicus*.

Keywords: *Neoseiulus californicus*, biological control, agrochemicals, survival, toxicity, compatibility.

1 Introducción

En Colombia, la producción de flores es la segunda actividad agrícola más importante después del café y representa una fuente significativa de ingresos para el país (McGowan, 2006). Esta importancia se debe al alto valor económico de las flores cortadas y a la gran demanda que existe en los mercados internacionales (Pinzón *et al.*, 2022). Además, gracias a su diversidad y a las condiciones favorables del suelo, clima, humedad y temperatura, el país ha logrado posicionarse como el segundo mayor exportador de flores a nivel mundial, después de los Países Bajos (Escobar *et al.*, 2018; Algarra *et al.*, 2020; Pérez, 2021).

En ese escenario, la producción de flores destinadas a la exportación se localiza principalmente en los departamentos de Antioquia y Cundinamarca, donde el 79% de los cultivos se encuentra en la Sabana de Bogotá, seguido por un 17% en el departamento de Antioquia y un 4% restante distribuido en otros departamentos (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [DANE], 2020; Prada y Laguna, 2021). Esta distribución geográfica ha permitido que el país exporte aproximadamente 50 variedades de flores (DANE, 2020, Prada & Laguna, 2021), destacándose las rosas con un 30,7% y los claveles con un 23,2%, debido a su gran extensión de cultivo, diversidad y alta demanda (DANE, 2020; Nova, 2021; Pinzón *et al.*, 2022).

Como resultado, Colombia se ha consolidado como un importante proveedor en el comercio internacional, exportando principalmente a países como Estados Unidos, Japón, Países Bajos, Reino Unido y Canadá (Asmar, 2021). En 2022, el país exportó aproximadamente 317.000 toneladas de flores, alcanzando un valor de 2.052 millones de dólares, lo que representó un crecimiento del 18,8% en valor, en comparación con el año 2021 (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MinAgricultura], 2023). Sin embargo, más allá de su impacto en el comercio, el sector floricultor es una fuente de empleo permanente en el país, ya que el aumento de la demanda de las flores ha impulsado la generación de más de 200.000 puestos de trabajo en varios municipios de Colombia (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2024). Este crecimiento no solo fortalece la economía nacional, sino que también tiene un impacto social significativo, ya que el 70% de la mano de obra en el sector esta conformado por mujeres, brindando oportunidades laborales a muchas familias (ICA, 2024).

A pesar del éxito, las empresas productoras de flores de corte para exportación enfrentan diversos problemas fitosanitarios que ocasionan pérdidas económicas significativas para los floricultores (Caro *et al.*, 2008). Uno de estos problemas es la presencia de plagas como *Trialeurodes vaporariorum*, *Frankliniella occidentalis* y *Tetranychus urticae*, las cuales representan una amenaza constante para los cultivos, provocando pérdidas que pueden oscilar entre el 28% y el 95% de la producción (Hedge *et al.*, 2020). En particular, *T. urticae* se ha mantenido como una de las plagas más persistentes en los cultivos de rosas de la Sabana de Bogotá desde la década de los 90 hasta la actualidad (Corredor & García, 1992; Martínez, 2021).

Tetranychus urticae, comúnmente conocido como arañita roja, pertenece al phylum Arthropoda, clase Arachnida, orden Acarida, familia Tetranychidae, género *Tetranychus* y especie *T. urticae* (EPPO, 2020). Esta especie es considerada una de las plagas más importantes a nivel mundial debido a su corto ciclo de vida, rápida tasa de desarrollo y alta capacidad de dispersión, características que dificultan su manejo en diversos cultivos. En cultivos de rosas, se han reportado pérdidas en la producción de entre el 60 % y el 80 % (Calle, 2018; Guaras y Lanchimba, 2024). Con un tamaño que varía entre 0.2 y 0.6 mm, *T. urticae* se distingue por la presencia de dos manchas oscuras a los costados de su cuerpo, cuya tonalidad puede cambiar de verde a rojiza según su alimentación (Sarwar, 2020; Chisabo, 2021). Además, presenta un marcado dimorfismo sexual, ya que las hembras adultas tienen una forma globosa, mientras que los machos son más pequeños y presentan una forma de pera (Calle, 2018).

En cuanto a su ciclo de vida, *T. urticae* pasa por cinco fases de desarrollo: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto. Entre cada fase activa, el ácaro pasa por un período de quiescencia en el que adopta una posición característica antes de pasar a la siguiente etapa (Argolo, 2012). Además, su rápido desarrollo no solo le permite completar su ciclo de vida en poco tiempo, sino que también influye en su alta capacidad reproductiva, ya que una hembra puede poner entre 100 y 120 huevos a lo largo de su vida, con un promedio de 3 a 5 huevos diarios. Sin embargo, esta cantidad depende directamente de la calidad y disponibilidad del alimento, así como de las condiciones ambientales (Calle, 2018).

De este modo, la dinámica poblacional de este ácaro está influenciada por factores ambientales tales como la temperatura, la humedad, la luz solar y la velocidad del viento (Bamel y Gulati, 2021). Es así como las temperaturas elevadas y condiciones de baja humedad favorecen

el incremento de sus poblaciones, mientras que, en climas fríos, la actividad de *T. urticae* disminuye considerablemente (Jiménez, 2022). En ese sentido, el ácaro fitófago puede completar su ciclo de desarrollo en solo 9 días bajo una temperatura de 30° C, lo que contribuye a su rápida proliferación en ambientes favorables (Argolo, 2012).

A medida que sus poblaciones aumentan, los individuos tienden a agruparse en el envés de las hojas, donde forman colonias densas y producen telarañas que les brindan protección contra depredadores y tratamientos químicos (Forero *et al.*, 2010). Sin embargo, en infestaciones severas, los individuos pueden extenderse a ambas superficies de la hoja (Puspitarini *et al.*, 2021). Su alimentación provoca daños visibles en el follaje, como reducción foliar, decoloración y desecación en el haz de las hojas (Zambrano, 2019). Estos efectos no solo comprometen la calidad del producto, sino que también pueden reducir el rendimiento del cultivo y generar retrasos en la producción (Chisabo, 2021).

Tras la identificación de *T. urticae* como una amenaza persistente para la producción de flores, la principal alternativa para el control de este ácaro es el enfoque químico basado en la aplicación de diversos agroinsumos (Melgar *et al.*, 2012). Esta estrategia es considerada rápida y efectiva por los floricultores, cuyo éxito depende de la aplicación precisa de productos y de la correcta sincronización de los tiempos de aplicación (Benavides *et al.*, 2013). Sin embargo, aunque el control químico es ampliamente utilizado entre los agricultores, su uso prolongando y excesivo (Pathak *et al.*, 2022) puede favorecer la resistencia de las plagas a los productos comerciales, reduciendo su efectividad (Ahmad *et al.*, 2024). Además, como señala Demoya (2023), *T. urticae* utiliza sus telarañas como barrera física, limitando el contacto con los plaguicidas y favoreciendo la supervivencia de individuos que a largo plazo podrían desarrollar resistencia.

Ante esta problemática, los productores suelen incrementar tanto las dosis previamente establecidas como la frecuencia de aplicación, lo que, a su vez intensifica los efectos negativos del control químico (Thieme *et al.*, 2010; Ahmad *et al.*, 2024). Esta limitación, además de generar costos innecesarios, también representa un riesgo para la salud del personal floricultor y el medio ambiente (Melgar *et al.*, 2012). Entre sus principales impactos se incluyen la contaminación del agua y del suelo, la pérdida de biodiversidad, los efectos adversos en organismos no objetivos y el desarrollo de enfermedades crónicas, entre otros (Kalyabina *et al.*, 2021; Pathak *et al.*, 2022; Ahmad *et al.*, 2024).

Por lo tanto, para evitar los problemas asociados al uso excesivo de los plaguicidas, el Manejo Integrado de Plagas (MIP) se presenta como una opción más sostenible que busca mantener un equilibrio ecológico en el cultivo, reduciendo las perturbaciones y promoviendo la salud tanto de las plantas como la del medio ambiente (Jack y Ellis, 2021). Este enfoque integral combina diferentes estrategias, que incluyen el control químico, etológico, cultural, mecánico y biológico, con el fin de mantener a las plagas dentro de niveles de infestación controlables, minimizando los impactos negativos tanto sobre los cultivos como sobre el ambiente (Fronza, 2021). Sin embargo, para que el MIP sea realmente efectivo, es de suma importancia que las diferentes técnicas empleadas sean compatibles entre sí, ya que una implementación adecuada de estas estrategias puede maximizar su eficacia (Deguine *et al.*, 2021). En consecuencia, la combinación de métodos en el MIP no solo optimiza el control de plagas, sino que también promueve la biodiversidad, reduce la resistencia de las plagas a los productos, protege el medio ambiente y la salud humana (Salgado, 2024).

Dentro de las estrategias del Manejo Integrado de Plagas, el control biológico es un componente clave, ya que se basa en la introducción de enemigos naturales para regular las poblaciones de plagas presentes en los cultivos (Zhang, 2003). Uno de los agentes de biocontrol más efectivos es *N. californicus*, un ácaro depredador ampliamente distribuido en países como Argentina, Chile, Estados Unidos, Japón, Ecuador, Colombia, Perú, Brasil y otras regiones tropicales y subtropicales (International Center of Tropical Agriculture [CIAT], 1995; McMurtry., 1997; Chen *et al.*, 2022).

Este ácaro es considerado un depredador especializado de la familia Tetranychidae, entre las que se incluye a *T. urticae*, una de las principales plagas de los cultivos de flores (Robles *et al.*, 2024). Al igual que su presa, el depredador *Neoseiulus californicus* atraviesa cinco estadios de desarrollo: huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto (Chisabo, 2021). Su ciclo de vida está influenciado por las condiciones ambientales, especialmente la temperatura y la humedad relativa, factores que determinan el tiempo necesario para completar su desarrollo. Puesto que, a temperaturas cercanas a 21°C, este ácaro depredador alcanza su fase adulta en aproximadamente 10 días, mientras que cuando la temperatura aumenta entre 28°C y 30°C, su desarrollo se acelera, completando su ciclo en solo 5 días (Abato, 2018).

De acuerdo con Chisabo (2021), *N. californicus* tiene un cuerpo en forma de pera, con un tamaño que varía entre 0.3 mm y 0.5 mm, y su tonalidad cambia en función de su alimentación tornándose de color ámbar tras consumir sus presas. Además, se caracteriza por tener patas más largas y ser más activo y rápido que *T. urticae*, lo que le otorga una ventaja significativa en el control de esta plaga. Aunque se alimenta de todos los estadios de su presa, estudios han demostrado que prefiere los individuos inmaduros móviles, como las larvas y ninfas (Walzer & Schausberger., 1999). Por lo tanto, su capacidad para consumir grandes cantidades de presas, junto con su tolerancia a temperaturas extremas y a algunos productos químicos, lo convierte en un excelente enemigo natural de *T. urticae* (Argolo, 2012; Hidalgo, 2021).

Esta ventaja ha motivado a varios productores de flores de la Sabana de Bogotá a replantear sus estrategias de manejo de plagas. Por lo que, conscientes de los problemas derivados del uso intensivo de pesticidas, han optado por reemplazar progresivamente el control químico por el control biológico en sus estrategias de manejo de plagas. Esta transición responde a la necesidad de reducir los impactos negativos del uso excesivo de pesticidas, tales como la resistencia de las plagas agrícolas, la contaminación ambiental, los riesgos para la salud humana y la disminución de las poblaciones de los organismos benéficos (Blanco *et al.*, 2023).

En este contexto, diversas investigaciones han destacado la importancia de los ácaros depredadores *N. californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en las estrategias de control biológico de *T. urticae* en varios cultivos agrícolas (Forero *et al.*, 2010; Argüelles *et al.*, 2013; Flores, 2013). En particular, estudios realizados por Golestan *et al.* (2021) y Mumtaz *et al.* (2023) han demostrado que *N. californicus* es un excelente regulador de la plaga *T. urticae*, gracias a su elevada capacidad de depredación. Sin embargo, se ha observado que este enemigo natural prefiere alimentarse del estadio larvario de la arañita roja en comparación con los otros estadios biológicos. Además, dichas investigaciones indican que su eficiencia de depredación alcanza niveles significativamente altos en un rango de temperatura entre 24°C y 36°C.

No obstante, aunque *N. californicus* ha demostrado ser efectivo en el control de *T. urticae*, este enemigo natural por sí solo no puede controlar todas las especies invasoras presentes en un cultivo. Por esta razón, en muchos casos es necesario recurrir a la aplicación de pesticidas para combatir plagas secundarias que no pueden ser controladas mediante métodos biológicos (Martínez, 2021). Puesto que la presencia de organismos como trips, mosca blanca, áfidos, hongos

y bacterias, entre otros, puede causar daños significativos si no se controlan a tiempo, lo que justifica el uso de agroquímicos para evitar pérdidas económicas en los cultivos agrícolas (Brechelt, 2004). Sin embargo, la aplicación de estos productos en áreas donde se liberan organismos benéficos puede generar efectos adversos, ya que muchos presentan una alta toxicidad no solo para las plagas, sino también para sus enemigos naturales (Vázquez *et al.*, 2008). De hecho, estudios previos han señalado que el uso de productos sintéticos en el manejo de la arañita roja y otras plagas en los cultivos de rosa puede afectar negativamente los ácaros depredadores (Forero *et al.*, 2010).

En ese sentido, la compatibilidad entre el ácaro depredador y los productos comerciales utilizados para el control de plagas secundarias es un aspecto importante en la implementación de las estrategias del Manejo Integrado de Plagas. Según la Real Academia Española (RAE), la compatibilidad se define como la capacidad de dos elementos para coexistir sin causar interferencias. Con base en esta definición, el término se adaptó en el ámbito biológico para referirse a la capacidad de los productos fitosanitarios para actuar sin afectar negativamente la supervivencia, el comportamiento o la eficacia depredadora del organismo benéfico. Por ello, para que un producto sea considerado compatible con un agente de control biológico debe cumplir con ciertas características, como selectividad, baja residualidad, rápida degradación, dosis bajas y un método de aplicación eficiente (Greco *et al.*, 2002).

La aplicación de los productos sobre los ácaros depredadores puede realizarse de dos formas distintas: mediante la exposición directa sobre su cuerpo para evaluar los efectos directos o aplicándolos sobre su alimento para analizar los impactos indirectos (Johnson y Tabashnik., 1999). Sin embargo, bajo ambas formas de aplicación, si los productos no son compatibles con el controlador biológico, su rendimiento es afectado, alterando su capacidad motora, comportamiento, tasa reproductiva y supervivencia (Van Driesche *et al.*, 2007).

En consecuencia, es fundamental considerar los efectos que los productos pueden tener sobre el ácaro depredador, ya que estos son especialmente relevantes en el contexto de los cultivos comerciales dedicados a la producción de rosas para exportación. Un claro ejemplo de esto es la finca Rosas Aguaclara, ubicada en Cogua, Cundinamarca, un departamento que se destaca por ser el principal productor de flores de corte en Colombia, con una participación del 66% en la producción nacional (Lozano *et al.*, 2023). Puesto que, debido a la magnitud de su producción, la

finca debe cumplir con rigurosos estándares de calidad para satisfacer las exigencias del mercado internacional. Por esta razón, la finca Rosas Aguaclara ha implementado el uso del artrópodo benéfico *N. californicus* como estrategia de control de *T. urticae*.

Sin embargo, a pesar de su efectividad, la finca emplea diversos pesticidas en sus rotaciones para el control de plagas secundarias, muchos de los cuales no han sido evaluados previamente en términos de su compatibilidad con este enemigo natural. Ante esta problemática, surge la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo el uso individual de siete productos comerciales afecta la supervivencia de *N. californicus*, considerando las dosis aplicadas en la finca Rosas Aguaclara S.A.S para el cultivo de rosas? La respuesta a esta pregunta permitirá definir estrategias de manejo que minimicen el impacto negativo de los productos fitosanitarios sobre los enemigos naturales, optimizando la compatibilidad entre ambas estrategias de control. Esto garantizará que la finca Rosas Aguaclara continúe beneficiándose del control biológico sin comprometer su efectividad debido al uso de productos comerciales para el control de plagas secundarias, favoreciendo un manejo más sostenible en los cultivos de rosas.

Con el fin de aportar estrategias al sector productivo, el objetivo general de este estudio es evaluar la compatibilidad de siete productos comerciales con el ácaro depredador *Neoseiulus californicus*, como estrategia de control integrado en la finca Rosas Aguaclara S.A.S ubicada en Cogua, Cundinamarca. Para ello, se identificarán los productos más utilizados en la finca Rosas Aguaclara S.A.S para combatir plagas y enfermedades, con el fin de obtener aquellos que serán evaluados en los ensayos de compatibilidad con *N. californicus*. Seguidamente, se determinará el efecto de estos productos sobre la supervivencia de *N. californicus* bajo dos tipos de aplicación siguiendo las dosis recomendadas por la finca. Por último, se categorizará el grado de toxicidad de los productos sobre el ácaro depredador *N. californicus* bajo las dosis utilizadas en la finca para el cultivo de rosas.

2 Materiales y Métodos

2.1 Identificación y obtención de los productos comerciales

Los siete productos comerciales empleados en el experimento de compatibilidad con el ácaro depredador *N. californicus* fueron suministrados por la finca Rosas Aguaclara S.A.S, ubicada en Cogua – Cundinamarca. Para su obtención, se realizó a cabo una visita a la finca en

diciembre del año 2023, durante la cual se llevó a cabo una entrevista no estructurada para identificar los productos más utilizados para el control de plagas y enfermedades en el cultivo de rosas. Posteriormente, la finca proporcionó los productos en frascos color ámbar, debidamente etiquetados con su nombre y dosis correspondientes. Una vez recibidos, los frascos fueron trasladados al campus de la Universidad Militar Nueva Granada y almacenados en una nevera de icopor para garantizar su conservación en un entorno fresco.

2.2 Obtención de los ácaros *Tetranychus urticae* y *Neoseiulus californicus*

Los individuos de *T. urticae* se obtuvieron semanalmente de plantas de *Phaseolus vulgaris* (variedad bola roja), procedentes de la cría de ácaros mantenida por el grupo de control biológico de la Universidad Militar Nueva Granada en Cajicá, Cundinamarca, bajo condiciones de invernadero. Simultáneamente, para la obtención de los adultos de *N. californicus* se realizaron montajes semanales de los individuos en cajas de Petri con hojas de frijol como parte del protocolo de evaluación de la compatibilidad. Durante este proceso, se introdujeron individuos de *N. californicus* en las cajas con el propósito de que ovipositaran durante dos días. Luego de esto, los huevos eran transferidos a hojas de frijol limpias y se procedía a observar el desarrollo de los individuos durante un período de cinco días, desde la eclosión hasta alcanzar la etapa adulta.

2.3 Evaluación de la supervivencia de *Neoseiulus californicus* bajo el efecto de dos tipos de aplicación de los siete productos comerciales

Para evaluar la supervivencia del ácaro depredador bajo el efecto de dos tipos de aplicación: aspersión directa y superficie tratada de los siete productos comerciales usados en la finca Rosas Aguaclara, se siguió la metodología propuesta por Numa *et al.*, (2011), con algunas modificaciones. La evaluación se realizó durante un período de ocho semanas, durante las cuales se evaluaron 24 tratamientos por ácaro depredador, realizando 25 repeticiones por tratamiento (Tabla 1).

Tabla 1. Tratamientos evaluados para determinar la compatibilidad de siete productos de uso comercial con individuos móviles e inmóviles de *Neoseiulus californicus*.

Número	Tratamientos	Tipo		Dosis	Tipo de aplicación
--------	--------------	------	--	-------	--------------------

			Casa comercial		Individuos inmóviles	Individuos Móviles
1	Control absoluto (Agua)	-	-	-	Aspersión directa (1.5 mL sobre el ácaro depredador)	Superficie tratada (0.75 mL + 0.75 mL) y Aspersión directa (1.5 mL)
2	Stimulate	Regulador fisiológico	Stoller	0.50 cc/L		
3	ADN clean	Desinfectante natural	ADN	1.00 cc/L		
4	Kasumin	Fungicida - Bactericida	Fedearroz	1.00 cc/L		
5	Cytozyme	Regulador fisiológico	BASF	1.00 cc/L		
6	Picatina flora	Fungicida	Syngenta	1.5 cc/L		
7	Segovis flora	Fungicida	Syngenta	0.70 cc/L		
8	Ceraquint	Fungicida	Ceradis	1.80 Kg/L		

2.3.1 Preparación de los productos

Se realizó semanalmente, diluyendo cada uno de los productos suministrados por la finca en 200 mL de agua destilada, siguiendo las dosis sugeridas por la finca Rosas Aguacilara (Tabla 1).

2.3.2 Preparación de la unidad experimental

Cada unidad experimental consistió en una caja de Petri que contenía una hoja de *P. vulgaris* limpia, a la cual se le envolvió el peciolo con un trozo de algodón humedecido con agua destilada para mantener su turgencia. Así mismo, para prevenir la fuga de los ácaros depredadores, se colocó una junta tórica de algodón alrededor del borde interno de cada caja de Petri, y éstas se cubrieron con una tapa de papel vinipel.

2.3.3 Montaje de los individuos móviles

Se siguió la proporción establecida por Forero *et al.*, (2008), quienes proponen que por cada *N. californicus* debe haber 20 individuos de *T. urticae* durante un período de 24 horas. Sin embargo, para evitar que las presas fueran un factor limitante durante el desarrollo del estudio, se aumentó la proporción a 35 individuos de *T. urticae* por cada *N. californicus*, reponiendo el número de presas cada 24 horas.

Para este montaje se utilizaron dos tipos de aplicación: aspersión directa y superficie tratada. Cabe destacar que, en ambos casos, se utilizó la torre de Potter calibrada a 34.4 kPa, para así proporcionar una cobertura homogénea del producto.

En la aplicación por aspersión directa, se aplicaron 1.5 mL del producto directamente sobre el cuerpo del individuo adulto de *N. californicus*. Luego, con ayuda de un pincel ultrafino, se añadieron los ácaros de *T. urticae* en las cajas de Petri sobre las hojas de frijol, sin haber sido rociados previamente. Mientras que, en la aplicación por superficie tratada, los individuos de *N. californicus* fueron liberados en cada unidad experimental, después de aplicar 0.75 mL de la solución sobre *T. urticae* por cada lado de la hoja de *Phaseolus vulgaris*, completando un total de 1,5 mL del producto en cada unidad experimental.

2.3.4 Montaje de los individuos inmóviles

Semanalmente se seleccionaron huevos de *N. californicus* de las plantas de frijol y se colocaron individualmente en cada caja de Petri usando un pincel ultrafino. Acto seguido, cada individuo era asperjado directamente con 1.5 mL del producto mediante la torre de Potter. Finalmente, la revisión de la eclosión de los huevos se realizó a las 24, 48, 72 y 96 horas post montaje, con el fin de verificar si los individuos lograban eclosionar bajo el efecto del tratamiento aplicado.

2.3.5 Registro de la supervivencia

Para registrar la supervivencia del enemigo natural bajo cada tratamiento, se realizaron conteos semanales en cada caja de Petri a las 24, 48, 72 y 96 horas después de haber realizado los montajes, mediante de la observación de los individuos con un estereoscopio.

2.4 Categorización del grado de toxicidad de los siete productos comerciales sobre *Neoseiulus californicus*

La categorización del grado de toxicidad de los productos comerciales se realizó en función del porcentaje de mortalidad de *N. californicus*, empleando la escala de la Organización Internacional para el Control Biológico [IOBC] del efecto de los pesticidas sobre los enemigos naturales (Guerreros & Arias, 2012):

Tabla 2. Categorización de la toxicidad de los productos de uso comercial sobre *Neoseiulus californicus* de acuerdo con IOBC

	Clase	Categoría de toxicidad	Porcentaje de mortalidad
	1	No tóxico	<30%
	2	Ligeramente tóxico	30 a 79%
	3	Moderadamente tóxico	80 a 99%
	4	Altamente tóxico	> 99%

Nota: Tomado de IOBC/WPRS – Working Group “Pesticides and Beneficial Organisms”

En consecuencia, de acuerdo con el IOBC como parámetro de compatibilidad se estableció que, si la mortalidad del ácaro depredador era inferior al 30% y los productos se clasificaban en la clase 1, este se consideraba compatible con *N. californicus*.

2.5 Análisis estadísticos

Para la presentación de los datos, se realizaron gráficos de líneas en el software R para visualizar la supervivencia de los individuos móviles e inmóviles de *N. californicus* durante las 96 horas de evaluación. En el caso de la supervivencia de los individuos móviles, se ajustó un modelo lineal generalizado (GLM) con distribución binomial, en el que se incluyeron los factores “Tipo de aplicación” y “Tratamiento” para evaluar su efecto sobre la supervivencia del ácaro. A partir de ese modelo, se realizó un análisis de devianza (ANODEV) para determinar si existían diferencias significativas entre los tratamientos. Posteriormente, se aplicó un test de Dunn con ajuste de p valor mediante el método de Benjamini- Hochberg, para así realizar comparaciones múltiples entre los tratamientos. Así mismo, para los datos correspondientes a la supervivencia de los individuos

inmóviles se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para evaluar si existían diferencias significativas entre los tratamientos en relación a la eclosión, considerando el factor tiempo. Aunque se registró el tiempo para evaluar la dinámica poblacional, el objetivo principal fue determinar si al final del periodo los huevos lograban eclosionar en su totalidad.

3 Resultados

3.1 Identificación de los productos comerciales utilizados en la finca Rosas Aguaclara S.A.S

La finca Rosas Aguaclara se dedica a la producción de una variedad de rosas de alta calidad, un cultivo que tiene un gran impacto en la economía local. Es por ello, que en la finca se identificaron diversos productos comerciales utilizados tanto para el manejo de plagas y enfermedades como para promover el crecimiento y desarrollo de las rosas. De estos, se seleccionaron siete productos que se incluyen en las rotaciones de la finca, pero que no habían sido previamente evaluados en términos de compatibilidad con el ácaro depredador *N. californicus*, debido a que no son acaricidas y su acción está dirigida a otros organismos, como hongos, o actúan como reguladores de crecimiento de las plantas.

Esto se debe a que generalmente se asume que no afectan a los organismos benéficos, lo que ha llevado a que no se les dé la misma atención en estudios de compatibilidad. Sin embargo, evaluar su efecto es fundamental, ya que incluso productos diseñados para otros fines pueden generar efectos adversos sobre el depredador. A continuación, se presenta información detallada de los productos proporcionados por la finca, que incluye sus principales ingredientes activos, blancos de acción, dosis recomendadas por la finca, modos de acción y categorías toxicológicas.

Tabla 3. Productos suministrados por la finca Rosas Aguaclara para llevar a cabo la evaluación de la compatibilidad entre el ácaro depredador y los productos comerciales.

Producto Comercial	Ingrediente activo	Blanco	Dosis	Modo de acción	Categoría toxicológica
Stimulate	Citoquininas, ácido Giberélico y Ácido 3 Indol butírico	Crecimiento, desarrollo de brotes y mejoramiento	0.50 cc/L	Reestablece el equilibrio hormonal, estimula el desarrollo radicular e induce brotación (Stoller, s.f.)	II

	(Stoller, s.f.)	de la calidad (Stoller, s.f.)			
ADN clean	Extractos de <i>Cnidium monnieri</i> , <i>Rheum palmatum</i> y <i>Fallopia japonica</i> (ADN verde, 2024)	<i>Peronospora sparsa</i> (Stoller, s.f.)	1.00 cc/L	Afecta la permeabilidad celular y algunos procesos enzimáticos de microorganismos patógenos (ADN verde, 2024)	III
Kasumin	Kasugamicina (Fedearroz, s.f.)	Bacterias y hongos fitopatógenos (Fedearroz, s.f.)	1.00 cc/L	Inhibe la síntesis de proteínas en bacterias y hongos al bloquear el ingreso de aminoácidos en los ribosomas (Fedearroz, s.f.)	III
Cytozyme	Citoquininas, ácido Giberélico, Ácido 3 Indol Butírico y minerales (BASF, s.f.)	Crecimiento vegetal y mejoramiento de la calidad de los cultivos	1.00 cc/L	Estimula el metabolismo y la fitorregulación de la plata, para así maximizar su actividad biológica (BASF, s.f.)	III
Picatina flora	Pydiflumetofen y Fludioxonil (Syngenta, 2023)	<i>Bortrytis cinerea</i> y <i>Erysiphe spp.</i> (Syngenta, 2023)	1.5 cc/L	Bloquea el proceso respiratorio del hongo y la síntesis de enzimas del grupo de las quinazinas (Syngenta, 2023)	III
Segovis flora	Mandipropamid y Oxathiapiprolin (Syngenta, 2023)	<i>Peronospora sparsa</i> (Syngenta, 2023)	0.70 cc/L	Protege los brotes nuevos al moverse a través del xilema y al penetrar los tejidos, proporcionando una acción translaminar (Syngenta, 2023)	III
Ceraquint	Fosfito de potasio y Sulfato de	<i>Peronospora sparsa</i> (Ceradis, s.f.)	1.80 Kg/L	Forma una barrera protectora con Cu y PO_3^{3-} , penetrando y moviéndose por el	III

	cobre (Ceradis, s.f.)			xilema y floema para activar las defensas de la planta (Ceradis, s.f.)	
--	--------------------------	--	--	--	--

II: Moderadamente tóxico, III: Ligeramente tóxico

La información presentada en la tabla destaca los productos más usados dentro de la finca, los cuales varían en toxicidad y modo de acción. Según la clasificación toxicológica establecida en el Decreto 1843 de 1991 del Ministerio de Salud de Colombia, indicada en la etiqueta de cada producto, ninguno de los productos evaluados presenta una categoría de alta toxicidad, siendo clasificados como moderadamente tóxicos (Categoría II) y ligeramente tóxicos (Categoría III) (Ministerio de Salud, 1991). Sin embargo, su efecto sobre *N. californicus* puede variar, lo que resalta la importancia de evaluar su impacto sobre los organismos benéficos para mantener los cultivos en buenas condiciones sin depender exclusivamente de los pesticidas.

3.2 Supervivencia de los individuos móviles de *Neoseiulus californicus* bajo el efecto de dos tipos de aplicación de los productos comerciales

Para evaluar la compatibilidad de los productos comerciales con *Neoseiulus californicus*, se realizaron ensayos bajo dos tipos de aplicación: por aspersión directa y por superficie tratada. El diseño experimental siguió los procedimientos detallados previamente en la metodología, utilizando 24 tratamientos y 25 repeticiones por tratamiento. Las observaciones se realizaron a las 24, 48, 72 y 96 horas post-aplicación, tal como se indicó en los ensayos iniciales.

De esta manera, se encontró que la supervivencia del ácaro depredador variaba dependiendo de los productos y el tipo de aplicación utilizado. Es así como los productos Stimulate, ADN clean y Segovis mostraron un porcentaje de supervivencia del 100% a lo largo de las 96 horas de evaluación. Mientras que los productos Kasumin, Cytozyme, Picatina flora y Ceraquint presentaron una disminución en la supervivencia del ácaro depredador durante las primeras 72 horas. Cabe destacar que, bajo la aplicación por aspersión directa, la supervivencia del enemigo natural fue más estable, obteniendo un porcentaje promedio del 97% al cabo de las 96 horas de evaluación. Mientras que, la supervivencia bajo la aplicación por superficie tratada fue ligeramente menor, con un porcentaje promedio del 95%. A pesar de que ambas formas de aplicación mantuvieron porcentajes de supervivencia similares, la aplicación por aspersión directa mostró una reducción menos pronunciada en comparación con la aplicación por superficie tratada.

3.2.1 Aplicación por aspersión directa

Aunque el porcentaje de supervivencia promedio fue elevado bajo la aplicación por aspersión directa, varios de los productos presentaron una reducción en la supervivencia de *Neoseiulus californicus*. En la figura 1, se observa que los productos Stimulate, ADN clean, Segovis y Ceraquint mantuvieron una supervivencia del 100% durante todo el periodo de observación. Por otro lado, Kasumin mostró una disminución en la supervivencia al 92% a las 24 horas, mientras que Cytozyme descendió al 96% durante las primeras 24 horas y al 92% a las 72 horas. En el caso, de Picatina Flora presentó una reducción al 96% después de 48 horas. Este comportamiento sugiere que, aunque los tres productos generaron un impacto inicial en la población de los ácaros depredadores, su efecto no compromete significativamente la supervivencia de ellos.

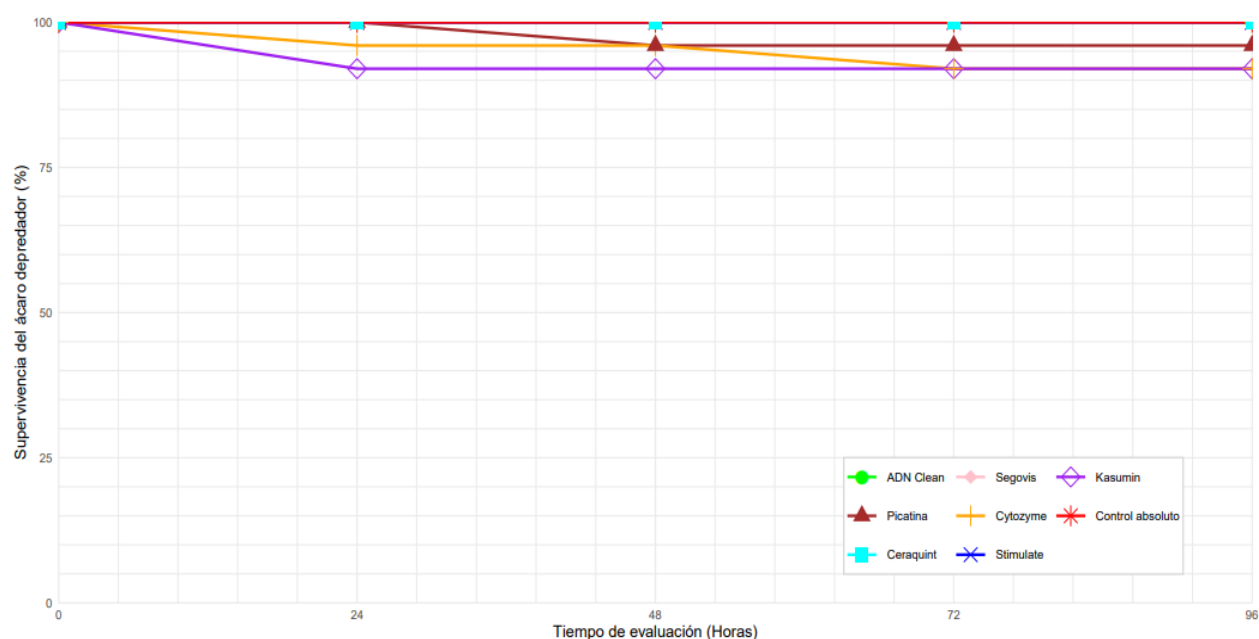


Figura 1. Supervivencia de los individuos móviles de *Neoseiulus californicus* bajo el efecto ocho tratamientos por el tipo de aplicación por aspersión directa.

3.2.2 Aplicación por superficie tratada

Bajo el tipo de aplicación por superficie tratada, se observó una tendencia similar en cuanto a los productos con mayor porcentaje de supervivencia del ácaro depredador, aunque en algunos casos se observó una disminución en la supervivencia del enemigo natural más pronunciada en comparación con la aplicación por aspersión directa. Los productos Stimulate, ADN clean,

Picatina Flora y Segovis flora mantuvieron una supervivencia del 100% durante las 96 horas de observación, lo que indica que estos productos no parecen tener un efecto negativo sobre los individuos móviles de *Neoseiulus californicus*. En contraste, Kasumin mostró una reducción en la supervivencia, descendiendo al 84% durante las primeras 24 horas y manteniéndose constante hasta el final del ensayo. Por su parte, Cytozyme tuvo una ligera disminución al 96% a las 72 horas, manteniéndose estable posteriormente. Mientras que Ceraquint redujo la supervivencia del individuo a un 96% a las 24 horas y a un 88% a las 48 horas después.

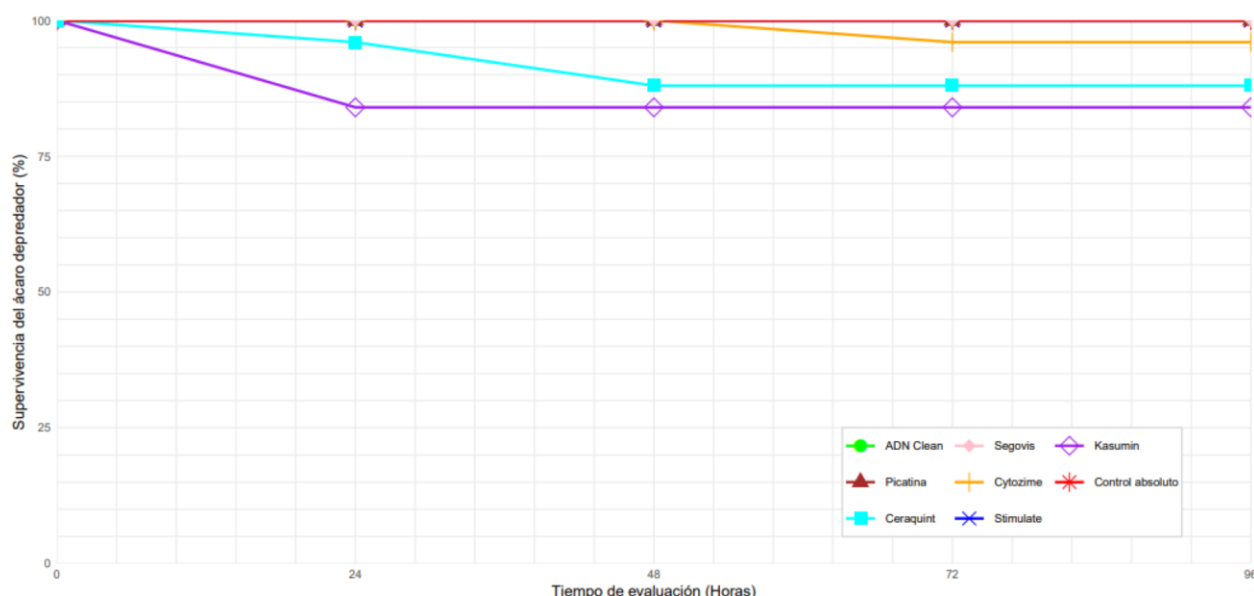


Figura 2. Supervivencia de los individuos móviles de *Neoseiulus californicus* bajo el efecto de ocho tratamientos por el tipo de aplicación por superficie tratada.

3.2.3 Análisis de Devianza (ANODEV)

Para determinar si había diferencias significativas en los resultados obtenidos, se utilizó un modelo lineal generalizado (GLM) para analizar la influencia del tipo de aplicación y los tratamientos sobre la supervivencia del ácaro depredador. Los resultados mostraron que no hubo diferencias significativas entre los dos tipos de aplicación ni entre los tratamientos, ya que los valores de p obtenidos fueron mayores a 0.998 para cada variable, indicando una falta de significancia estadística. Luego de esto, se realizó un análisis de devianza para evaluar la significancia estadística del tipo de aplicación y los tratamientos sobre *N. californicus*, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 4. Análisis de devianza de la supervivencia de *Neoseiulus californicus* bajo el efecto de ocho tratamientos y dos tipos de aplicación.

	Chi-cuadrado (LR Chisq)	Grados de libertad (Df)	P valor (Pr>Chisq)
Tipo de aplicación	0.7626	1	0.3825
Tratamientos	22.8131	7	0.0018 **
Tipo de aplicación: Tratamientos	6.1262	7	0.5250

Signif. Codes: 0 “****” 0.001 “***” 0.01 “**” 0.05 “.” 0.1 “ ” 1

En contraste con los resultados del GLM, el análisis de devianza mostró que el tipo de aplicación no tuvo un efecto significativo sobre el ácaro depredador ($p = 0.3825$), lo que sugiere que el tipo de aplicación no influyó considerablemente en la supervivencia del ácaro. Esto indica que, independientemente de cómo se apliquen los productos comerciales sobre el enemigo natural, el porcentaje de supervivencia de los individuos se mantendrá constante. Sin embargo, los tratamientos sí mostraron una diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.0018$), sugiriendo que la supervivencia de los ácaros depredadores varía dependiendo del producto utilizado en los ensayos de compatibilidad. Por último, no se encontró una interacción significativa entre el tipo de aplicación y los tratamientos ($p = 0.5250$), es decir que no hubo una diferencia significativa en cómo los tratamientos afectaron a los ácaros de acuerdo con el tipo de aplicación.

3.2.4 Test de Dunn

Después de identificar un efecto significativo de los tratamientos en el análisis de devianza, se llevó a cabo un test de Dunn para realizar comparaciones múltiples entre los siete productos comerciales y el control. De esta forma, en la tabla 5 se presentan los valores de p no ajustados que resultaron de comparar los efectos de los diferentes tratamientos sobre la supervivencia del ácaro *N. californicus*.

Tabla 5. Comparación de la supervivencia de *N. californicus* bajo el efecto de ocho tratamientos mediante el test de Dunn.

Tratamiento	Control	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7
Control	-	1.0000	1.0000	0.0007	0.0911	0.5733	1.0000	0.0911
P1	1.0000	-	1.0000	0.0007	0.0911	0.5733	1.0000	0.0911

P2	1.0000	1.0000	-	0.0007	0.0911	0.5733	1.0000	0.0911
P3	0.0007	0.0007	0.0007	-	0.0911	0.0049	0.0007	0.0911
P4	0.0911	0.0911	0.0911	0.0911	-	0.2600	0.0911	1.0000
P5	0.5733	0.5733	0.5733	0.0049	0.2600	-	0.5733	0.2600
P6	1.0000	1.0000	1.0000	0.0007	0.0911	0.5733	-	0.0911
P7	0.0911	0.0911	0.0911	0.0911	1.0000	0.2600	0.0911	-

P1: Stimulate, P2: ADN clean, P3: Kasumin, P4: Cytozyme, P5: Picatina flora, P6: Segovis flora, P7: Ceraquint

Los resultados de la prueba de Dunn revelaron que los tratamientos Stimulate, ADN clean, Cytozyme, Picatina flora, Segovis flora y Ceraquint mostraron valores p que no fueron estadísticamente significativos (> 0.05). Esto indica que no hubo diferencias notables en la supervivencia del organismo benéfico bajo estos tratamientos, lo que sugiere que los productos evaluados no afectan negativamente al ácaro depredador. En consecuencia, los tratamientos evaluados resultaron ser compatibles con los individuos móviles de *N. californicus*, siendo beneficioso para la finca Rosas Aguaclara al mantener la efectividad del controlador biológico en los cultivos de rosas. Sin embargo, se encontró que el tratamiento con Kasumin si mostró valores de p estadísticamente significativos (< 0.05) en comparación con los demás tratamientos, evidenciando que este tiene un efecto negativo sobre la supervivencia del ácaro depredador, y, por ende, podrías comprometer el manejo adecuado de las plagas en la finca

3.3 Supervivencia de los individuos inmóviles de *Neoseiulus californicus* bajo la aplicación por aspersión directa de siete productos comerciales

Al evaluar la supervivencia de los individuos inmóviles del ácaro depredador, se observó que todos los huevos de *N. californicus* lograron eclosionar bajo cada uno de los tratamientos evaluados. La eclosión se presentó de manera gradual a partir de las 24 horas, alcanzando el 100% de eclosión de los individuos del artrópodo benéfico a las 96 horas de evaluación. Sin embargo, se observaron diferencias en el tiempo necesario para alcanzar la eclosión total de los huevos entre los distintos tratamientos. Es así como, en la figura 3 se puede observar que los tratamientos con Stimulate, Kasumin, Cytozyme, Picatina flora, Segovis flora y Ceraquint lograron el 100% de eclosión durante las primeras 72 horas. Mientras que el tratamiento con ADN clean presento una eclosión más lenta, alcanzando el 100% a las 96 horas de evaluación. A pesar de estas diferencias en el tiempo de eclosión, los resultados indican que ninguno de los productos afectó negativamente

la capacidad de los huevos para eclosionar completamente, demostrando así que los productos evaluados no afectaron la viabilidad de los huevos de *Neoseiulus californicus*.

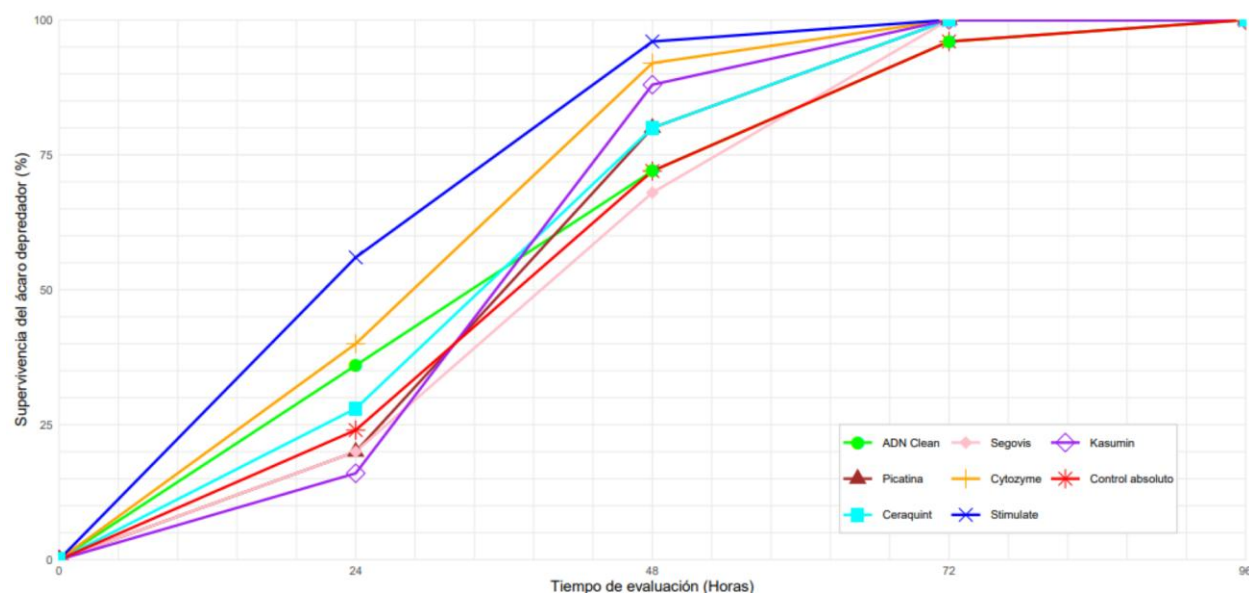


Figura 3. Eclosión de los huevos de *Neoseiulus californicus* bajo el efecto de ocho tratamientos por el tipo de aplicación por aspersión directa.

3.3.1 Análisis de varianza

El análisis de varianza (ANOVA) reveló que no hubo diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la eclosión de los huevos del ácaro depredador ($F = 0.28288$, $p = 0.9519$). Sin embargo, el factor tiempo mostró una influencia significativa en el proceso de eclosión ($F = 181.0534$, $p < 0.001$), lo que confirma que el tiempo es un factor clave en la eclosión completa de los huevos, lo cual se presenta en la siguiente tabla:

Tabla 6. Análisis de varianza (ANOVA) de la eclosión de los huevos de *Neoseiulus californicus* bajo el efecto de ocho tratamientos y dos tipos de aplicación

	Grados de libertad (Df)	Suma de cuadrados (Sum Sq)	Media de cuadrados (Mena Sq)	Valor F (F value)	Valor de P (Pr (>F))
Tratamientos	7	646	92	0.28288	0.9519
Tiempo	1	57889	57889	181.0534	1.128e-12 ***

Interacción (Tratamientos x Tiempo)	7	127	18	0.0568	0.9997
Residuales	24	7674	320		

3.4 Categorización del grado de toxicidad de los siete productos comerciales sobre *Neoseiulus californicus*

De acuerdo con los resultados obtenidos, se encontró que todos los productos comerciales presentaron un porcentaje de mortalidad inferior al 30% sobre el ácaro depredador *Neoseiulus californicus*. Cabe destacar que el porcentaje de mortalidad se calculó a partir de los porcentajes de supervivencia obtenidos a las 96 horas de evaluación. De este modo, en la tabla 6 se presentan los siete productos comerciales categorizados de acuerdo con la escala de la Organización Internacional para el Control Biológico [IOBC] del efecto de los pesticidas sobre los enemigos naturales, junto con información sobre su compatibilidad con el enemigo natural usado en la finca Rosas Aguacalara para el control de plagas y enfermedades en los cultivos de rosas.

Tabla 7. Categorización del grado de toxicidad de los productos comerciales usados en la finca Rosas Aguacalara sobre *Neoseiulus californicus*.

Producto comercial	Porcentaje de mortalidad		Categoría del IOBC (Toxicidad)		Compatibilidad	Observaciones
	Aspersión directa	Superficie tratada				
Stimulate	0%	0%		Clase 1 (No tóxico)	Compatible	Sin observaciones
ADN Clean	0%	0%		Clase 1 (No tóxico)	Compatible	Sin observaciones
Kasumin	8%	16%		Clase 1 (No tóxico)	Compatible	El enemigo natural evitaba estar sobre la hoja tratada con el producto
Cytozyme	8%	4%		Clase 1 (No tóxico)	Compatible	Sin observaciones
Picatina flora	4%	0%		Clase 1 (No tóxico)	Compatible	Sin observaciones

Segovis flora	0%	0%		Clase 1 (No tóxico)	Compatible	Sin observaciones
Ceraquint	0%	12%		Clase 1 (No tóxico)	Compatible	Sin observaciones

Con base en la información anterior, se evidenció que todos los productos comerciales evaluados se categorizaron dentro de la clase 1 propuesta por la escala de clasificación del IOBC, indicando que ninguno de los productos es tóxico para el ácaro depredador *Neoseiulus californicus*. A pesar de los productos Kasumin, Cytozyme, Picatina flora y Ceraquint mostraron una reducción en el porcentaje de supervivencia, ninguno de ellos superó el umbral del 30% de mortalidad tanto para la aplicación por aspersión directa como por superficie tratada. Esta observación sugiere que, aunque ciertos tratamientos pueden provocar una reducción en la supervivencia del ácaro depredador, se encontró que todos los productos evaluados son compatibles con el enemigo natural al mantenerse dentro de un rango que permite su uso en los cultivos de rosas sin causar un daño significativo sobre ellos.

4 Discusión

La evaluación de la compatibilidad entre productos fitosanitarios y enemigos naturales, como *N. californicus* es fundamental para el éxito de los programas de control biológico en cultivos comerciales de rosas, especialmente en la Sabana de Bogotá. Este tipo de estudios garantiza que los productos utilizados para el manejo de plagas no actúen negativamente sobre los depredadores naturales, maximizando la eficiencia del control biológico. Sin embargo, como señalo Croft (1990), algunos productos pueden tener efectos adversos tanto en las plagas como en los enemigos naturales debido a similitudes fisiológicas básicas, causando una alta mortalidad en ambos grupos. Por ello, es esencial considerar el impacto de los agroquímicos sobre los ácaros depredadores y otros organismos benéficos, ya que la literatura advierte que diversos productos pueden afectar negativamente a los depredadores, aun cuando no sean mencionados en las etiquetas de estos (Van Driesche *et al.*, 2007).

En este estudio, se evaluaron siete productos comerciales utilizados comúnmente en la finca Rosas Aguaclara, los cuales según la clasificación toxicológica establecida en el Decreto 1843 de 1991 del Ministerio de Salud de Colombia, se encuentran clasificados en las categorías II y III, correspondientes a sustancias moderada y ligeramente peligrosas para la salud humana

(Ministerio de Salud, 1991; Ramírez & Lacasaña, 2001; Yadav & Devi, 2017). Aunque esta clasificación esta orientada al riesgo en humanos, también puede considerarse dentro de los criterios generales de selección de insumos en programas del MIP. En ese contexto, los resultados mostraron que todos los productos evaluados fueron compatibles con *Neoseiulus californicus*, ya que los porcentajes de supervivencia oscilaron entre el 84% y el 100%, sin superar el umbral del 30% de mortalidad. Como resultado, todos los productos se clasificaron dentro de la categoría 1 de toxicidad propuesta por la IOBC, lo que indica un bajo impacto sobre el ácaro depredador y su posible viabilidad en los programas de control biológico. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos que muestran que algunos pesticidas pueden tener un impacto limitado en los depredadores naturales, como lo reportaron Theiling y Croft (1988) y Ramírez (2003), quienes establecen que los insecticidas son generalmente los más tóxicos para los depredadores y parasitoides, seguidos por herbicidas, acaricidas y fungicidas.

De esta forma, el análisis estadístico mostró diferencias significativas en la supervivencia de *N. californicus* entre los tratamientos ($p=0.0018$), lo que indica que algunos productos tienen un mayor impacto que otros sobre la supervivencia del depredador. Por otro lado, se encontró que el tipo de aplicación no tuvo un efecto significativo ($p=0.3825$), sugiriendo que la supervivencia del depredador es consistente independientemente del método de aplicación usado. Esto coincide con los hallazgos de Forero *et al.* (2010), quienes tampoco encontraron diferencias significativas entre las metodologías de aplicación. Además, no se observó interacción significativa entre los tratamientos y el tipo de aplicación ($p=0.5250$), lo que refuerza la idea de que el método de aplicación no modifica el efecto de los productos sobre el ácaro.

Aun cuando todos los productos fueron compatibles con *N. californicus* y se clasificaron en la primera categoría de toxicidad según la IOBC, cuatro de ellos mostraron una leve disminución en la supervivencia del artrópodo benéfico. Por lo que a pesar de que esta disminución se encuentra dentro de los márgenes aceptables, sugiere que estos productos pueden tener un impacto sutil sobre el enemigo natural. Cabe mencionar que, en general, no se encontraron estudios previos que evaluaran específicamente el efecto de estos productos sobre el ácaro depredador, por lo tanto, la mayoría de información disponible se refiere únicamente a sus ingredientes activos.

En el caso de Cytozyme, si bien presentó una ligera reducción en la supervivencia del artrópodo benéfico, su efecto no fue significativo, manteniendo la mortalidad por debajo del 12%

bajo ambos tipos de aplicación, demostrando ser un producto compatible en el manejo integrado de plagas. Es así como los resultados sugieren que las fitohormonas presentes en el producto Cytozyme, como el ácido Giberélico, las citoquininas y el ácido 3-indol-butírico (BASF, s.f.) no afectan de manera negativa al ácaro depredador, probablemente porque estas hormonas cumplen funciones clave en el desarrollo y crecimiento de la planta, más que en la defensa contra los enemigos naturales. Puesto que el ácido giberélico es reconocido por su papel en la iniciación de la floración (Alcantara *et al.*, 2019), mientras que las citoquininas junto con una adecuada concentración de auxinas se relacionan con el crecimiento y elongación de las raíces, acelerando el crecimiento vegetal (Salazar *et al.*, 2018). De esta manera, el uso de reguladores fisiológicos en cultivos de rosas permite a las plantas optimizar su respuesta frente a diversos tipos de estrés (Sakthi *et al.*, 2021), sin comprometer la efectividad del control biológico.

Siguiendo con el producto Kasumin, aunque no se clasificó en una categoría alta de toxicidad y fue compatible con el ácaro, se observó una mortalidad de *N. californicus* del 24% bajo ambos tipos de aplicación. Estudios previos han demostrado que el principio activo, la kasugamicina, presenta baja toxicidad para humanos, animales y plantas (Duffin y Seifert, 2009). Un ejemplo de ello son las investigaciones realizadas en ratones, ratas y monos, las cuales no mostraron efectos tóxicos a dosis muy altas (5000 mg/kg en ratas y más de 800 mg/kg en monos), pero en conejos se reportaron lesiones oculares, probablemente debido al carácter ácido del fungicida (Ujváry, 2010). Esta información sugiere que el producto no tiene un impacto fuerte en organismos que no son su blanco, es decir que al no ser un acaricida ni insecticida, no está diseñado para interferir con la fisiología de los ácaros, lo que puede explicar su baja toxicidad en *N. californicus*.

Cabe destacar que, si bien no se evaluaron específicamente los efectos colaterales de los pesticidas sobre el ácaro depredador, se observó que la mortalidad asociada a Kasumin podría estar relacionada con un efecto de repelencia. Puesto que, durante los ensayos de compatibilidad, se observó que los ácaros evitaban permanecer sobre las hojas tratadas y no se encontraron cuerpos dentro de las cajas de Petri, lo que sugiere que podrían haber escapado del área tratada. Estos hallazgos concuerdan con lo reportado por Beers y Schmidt (2015), quienes encontraron que ciertos pesticidas pueden inducir comportamientos de repelencia e irritabilidad en enemigos naturales. Un ejemplo de esto es el comportamiento de *Phytoseiulus persimilis* y *Neoseiulus californicus* bajo el efecto de clorfenapir y acequinocilo, ya que los individuos preferían moverse

a áreas no tratadas con los productos (Niaki *et al.*, 2024). De este modo, aunque la repelencia podría afectar el control de la plaga, también puede reducir los efectos nocivos de los pesticidas sobre los enemigos naturales al evitar el contacto con las sustancias que los pueden poner en riesgo, permitiendo una mayor supervivencia y un control continuo de las plagas (Hislop *et al.*, 1981; Gerson *et al.*, 2003). Sin embargo, existe el riesgo de que los ácaros abandonen permanentemente el área tratada (Niaki *et al.*, 2024). Con base en lo anterior, se sugiere realizar estudios adicionales para evaluar los efectos colaterales de productos como Kasumin sobre el ácaro depredador.

De igual forma, los fungicidas Picatina flora y Ceraquint mostraron una mortalidad del enemigo natural menor al 15%, lo que hace que las dos estrategias sean compatibles entre sí. En el caso de Picatina flora, el cual está compuesto por los ingredientes activos pydiflumetofen y fludioxonil, se encontró que el primer ingrediente activo actúa en los hongos inhibiendo la respiración en el complejo II mitocondrial, bloqueando los sitios de unión de la ubiquinona (Bai *et al.*, 2021). Mientras que el fludioxonil inhibe una proteína quinasa que regula la osmosensibilidad en los hongos, causando que las conidias se hinchen y estallen (Cerón, 2020). Estos mecanismos contra hongos pueden explicar la baja toxicidad observada en el ácaro benéfico, al no inducir efectos letales en organismos que no son el blanco del producto.

En cuanto a Ceraquint, el producto ha demostrado ser eficaz en el control de hongos al estar compuesto por fosfitos que son sales del ácido fosforoso que se desplazan sistemáticamente a través de toda la planta y se encargan del control de enfermedades causadas por oomicetos, como lo es el caso de *Peronospora sparsa* en diversos cultivos de importancia económica (Einhardt *et al.*, 2020; Gilardi *et al.*, 2020). Por otro lado, el sulfato de cobre se caracteriza por ser un fungicida que actúa durante las primeras etapas del ciclo biológico de los hongos, impidiendo que ocurra la esporulación y el desarrollo de la enfermedad (Moreno, 2021). De esta forma, el fosfito de potasio y el sulfato de cobre, en las dosis recomendadas por la finca, protegen al cultivo contra los hongos sin interferir con el rol de los enemigos naturales.

Con base en lo anterior, diversas investigaciones han revelado que los insecticidas y los acaricidas tienden a tener un mayor impacto en la mortalidad de los enemigos naturales, en comparación con los fungicidas, lo que explicaría la baja mortalidad presentada por *N. californicus* bajo el efecto de los fungicidas evaluados en este estudio. Lo anterior, se relaciona con lo encontrado por Poletti *et al.*, (2008) quienes reportaron que *Neoseiulus californicus* fue compatible

con 12 de los 21 productos evaluados, de los cuales ocho eran fungicidas y ninguno de ellos afectó la supervivencia de los individuos móviles e inmóviles, ni la reproducción de las hembras adultas, con la excepción del producto mancozeb.

Sin embargo, a pesar de los resultados favorables observados en diversas investigaciones acerca del efecto de los fungicidas sobre los ácaros depredadores, es importante seguir evaluando su impacto sobre ellos (Reiff *et al.*, 2021). Debido a que, al igual que los insecticidas, herbicidas y acaricidas, los fungicidas pueden tener consecuencias negativas sobre artrópodos benéficos, aunque no estén diseñados para afectarlos, como lo es el caso de *Neoseiulus californicus*. (Busuulwa *et al.*, 2024). Puesto que estos productos interfieren en procesos vitales que son comunes en todos los organismos, como lo son la respiración y la división celular (Sánchez, 2021).

En este estudio también fue importante evaluar la viabilidad de los individuos inmóviles de *Neoseiulus californicus* bajo la influencia de los siete productos comerciales utilizados en la finca rosas Aguaclara por aspersión directa, dado que la eclosión de los huevos es esencial para asegurar que ninguno de los productos obstaculice su desarrollo, ya que esto afectaría su capacidad para controlar a *T. urticae* a largo plazo. Como resultado hubo variaciones en el tiempo necesario para alcanzar la eclosión completa, todos los tratamientos permitieron el 100% de eclosión. De tal manera, el análisis estadístico mostró que el tiempo fue el factor más relevante en el proceso de eclosión ($F=181.0534$, $p<0.001$), mientras que no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos ($F=0.28288$, $p=0.9519$). Esto coincide con investigaciones previas que destacan que el tiempo de eclosión puede variar de acuerdo con factores ambientales, como la temperatura y la humedad (Sabelis & Dicke., 1985). Es así como estos resultados sugieren que, bajo las dosis de los productos utilizadas en la finca, la eclosión de nuevas generaciones no queda comprometida.

Por tal motivo, la evaluación específica de los estadios de huevos y adultos se basa en su relevancia para el control biológico de la arañita roja, ya que la literatura señala que los adultos de *N. californicus* tienen un mayor consumo de *T. urticae* (Argüelles *et al.*, 2013). Esto se relaciona con lo reportado por Sabelis y Dicke (1985), quienes expresaron que los adultos requieren más nutrientes y energía, lo que conduce a un mayor consumo de presas en comparación con los estadios inmaduros. Por otro lado, al evaluar la viabilidad de los huevos, se puede comprobar que a pesar de que el tiempo juega un papel importante en la eclosión, los huevos logran eclosionar y los individuos pueden continuar su ciclo de vida bajo el efecto de estos productos, indicando que

las hembras siguen siendo capaces de reproducirse y que sus descendientes pueden desarrollarse adecuadamente. No obstante, es importante evaluar los efectos subletales de los productos sobre los ácaros, como la fecundidad, para asegurar un control biológico efectivo a largo plazo.

Además, es importante resaltar que la respuesta de los organismos no objetivo a los diferentes pesticidas varía de acuerdo con la especie evaluada (Busuulwa *et al.*, 2024). De hecho, en el caso de *Neoseiulus californicus*, se ha demostrado que es más tolerante a ciertos insecticidas, acaricidas y fungicidas, en comparación con otros enemigos naturales, como *N. womersleyi* (Amano *et al.*, 2004). Esta diferencia en la tolerancia puede aprovecharse en los programas de manejo integrado de *T. urticae*, ya que permite que el artrópodo benéfico mantenga su eficacia incluso cuando se utilizan estos productos en las rotaciones habituales para el control de plagas y enfermedades en la finca Rosas Aguaclara.

Lo anterior, se relaciona con lo encontrado en este estudio, donde se observó que todos los productos comerciales evaluados resultaron ser compatibles con *Neoseiulus californicus*, revelando que tanto los individuos móviles como los inmóviles mostraron una alta tolerancia a los productos, sin registrar una mortalidad superior al 30% en ningún tratamiento. Considerando que, en la mayoría de los casos, solo se vieron afectados un máximo de cuatro individuos por tratamiento, lo cual sugiere que la mortalidad observada podría atribuirse a factores externos, como las condiciones ambientales, la desaparición de algunos individuos, o la muerte provocada durante la aspersión, posiblemente por el tamaño de las gotas que pudo haber causado el ahogamiento de los individuos. Lo mencionado está relacionado con los resultados reportados por Jara (2023), quien indicó que el ácaro depredador *T. evectus* en algunos casos había escapado del área de observación y en otros había muerto por ahogamiento.

Finalmente, resulta especialmente relevante que las fincas productoras de flores de corte utilicen productos con una baja categoría de toxicidad en sus cultivos. Esto no solo minimiza el impacto negativo sobre los ácaros depredadores, sino que también protege la calidad del cultivo al optar por productos con menor impacto ambiental. Por esta razón es necesario promover la colaboración entre floricultores e investigadores, para desarrollar técnicas más sostenibles, promoviendo el uso de agroquímicos de baja toxicidad que sean compatibles con los enemigos naturales (Ahmad *et al.*, 2024). Esto ayudaría a disminuir la dependencia de pesticidas convencionales, favoreciendo prácticas más responsables con el medio ambiente.

Así mismo, es importante considerar la salud del personal de la finca Rosas Aguaclara que es expuesto a la exposición de estos productos, ya que, según la OMS, cerca de un millón de personas sufren intoxicaciones agudas como resultado del contacto directo con plaguicidas (Hassaan & El Nemr, 2020). Esta exposición puede afectar la piel, los ojos, la boca y el tracto respiratorio, lo que provoca síntomas como dolor de cabeza, vómitos, irritación y erupciones en la piel (Adamu & Abebe, 2022; Pathak *et al.*, 2022). En casos más graves, la exposición a productos con categorías toxicológicas altas puede contribuir al desarrollo de enfermedades como el cáncer, asma, trastornos reproductivos, neurotoxicidad, entre otros (Kalyabina *et al.*, 2021). En ese sentido, un estudio realizado en Colombia encontró que la exposición a pesticidas en Usme y Sumapaz puede disminuir el índice de inteligencia y capacidad cognitiva (Benavides *et al.*, 2022). En consecuencia, es importante implementar el uso de productos con baja toxicidad que protejan la viabilidad del ácaro depredador, el medioambiente y la salud del personal floricultor.

Como última observación, si bien en este estudio no se evaluó como las experiencias de alimentación de los ácaros depredadores afectan su reproducción, se debe considerar que, al preparar un montaje para que las hembras ovipositen, es necesario utilizar individuos que no hayan pasado por largos periodos sin alimentarse. Dado que durante el experimento se emplearon ácaros provenientes de cajones donde no tenían una buena fuente de alimentación, y como resultado se observó una baja cantidad de huevos puestos por las hembras. Este hallazgo concuerda con los estudios de Greco *et al.*, (2005) y Xie *et al.*, (2021) quienes reportaron que la capacidad para poner huevos de las hembras de *N. californicus* que pasan entre 2 y 4 días sin alimentarse es afectada negativamente, reduciendo tanto la cantidad de huevos que depositan al día como el tiempo que tardan en ponerlos. Sin embargo, su fecundidad diaria puede recuperarse de 2 a 3 días una vez reciban suficiente comida. Por lo tanto, es de vital importancia asegurar que los ácaros depredadores cuenten con una buena fuente de presas al realizar estudios de compatibilidad.

5 Conclusiones y Recomendaciones

Este estudio ha revelado que todos los productos evaluados son compatibles con el ácaro depredador *Neoseiulus californicus*, al clasificarse en la primera categoría de la escala de toxicidad de la Organización Internacional de Control Biológico (IOBC), indicando que, a pesar de la disminución de la supervivencia del artrópodo benéfico bajo el efecto de ciertos productos, ninguno de ellos superó el umbral del 30% de mortalidad bajo ambos tipos de aplicación. Estos

resultados sugieren que el uso de estos productos no compromete la capacidad del ácaro depredador para ejercer su control sobre *Tetranychus urticae* en la finca Rosas Aguaclara, lo que representa un aporte valioso para la finca, ya que el personal floricultor puede continuar utilizando estos productos para el manejo de plagas y enfermedades secundarias en sus cultivos de rosas sin afectar la eficacia del controlador biológico. No obstante, es importante señalar que la evaluación de los productos se centró especialmente en los efectos letales, por lo que se recomienda que futuras investigaciones profundicen en la evaluación de los efectos subletales, así como los efectos colaterales de los productos sobre el ácaro, como la repelencia, para garantizar un control biológico aún más eficiente.

6 Referencias

- Adamu, A., & Abebe, W. (2022). Practices and challenges of wheat producer farmers on safe pesticide use in Basoliben district, East Gojjam zone, Ethiopia. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(1), 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.06.013>
- ADN Verde. (2024). *Ficha técnica de ADN Clean: Desinfectante natural* [Ficha técnica no publicada].
- Ahmad, F., Ahmad, A., Alsayegh, A., Zeyaulah, M., AlShahrani, A., Muzammil, K., Saati, A., Wahab, S., Elbendary, Y., Kambal, N., Abdelrahman, H., & Hussain, S. (2024). Pesticides impacts on human health and the environment with their mechanisms of action and possible countermeasures. *Heliyon*, 10(7), e29128. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29128>
- Alcántara, J., Acero, J., Alcántara, J., & Sánchez, R. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109–129.
- Algarra, A., Muñoz, A., Niño, L., Pérez, C., & Ramírez, C. (2020). *Mejoramiento del proceso logístico para la exportación de flores desde Colombia* [Tesis de pregrado, Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano]. Repositorio Universidad Politécnico Grancolombiano.
- Amano, H., Ishii, Y., & Kabori, Y. (2004). Pesticide susceptibility of two dominant Phytoseiidae mites, *Neoseiulus californicus* and *N. womersleyi*, in conventional Japanese fruit orchards (Gamasiina: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology*, 13, 65–70.
- Argolo, P. (2012). *Gestión integrada de la araña roja Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae): Optimización de su control biológico en clementinos* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Valencia]. Repositorio Universidad Politécnica de Valencia.

- Argüelles, A., Plazas, N., Bustos, A., Cantor, F., Rodríguez, D., & Hilarion, A. (2013). Interacción entre dos ácaros depredadores de *Tetranychus urticae* KOCH (Acariformes: Tetranychidae) en laboratorio. *Acta Biológica Colombiana*, 18(1), 137–148.
- Asmar, S. (2021). En 2020, el total de exportaciones de flores desde Colombia alcanzó US\$1.393 millones. *Agronegocios*. Recuperado el 5 de febrero de 2025, de <https://www.agronegocios.co/agricultura/en-2020-el-total-de-exportaciones-de-flores-desde-colombia-alcanzo-us-1-393-millones-3126881>
- Bai, Y., Gu, C., Pan, R., Abid, M., Zang, H., Yang, X., Tan, G., & Chen, Y. (2021). Activity of a novel succinate dehydrogenase inhibitor fungicide pydiflumetofen against *Fusarium fujikuroi* causing rice bakanae disease. *Plant Disease*, 105(10), 3208–3217. <https://doi.org/10.1094/PDIS-10-20-2274-RE>
- Bamel, K., & Gulati, R. (2021). Biology, population built up and damage potential of red spider mite, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) on marigold: A review. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 9(1), 547–552.
- BASF. (s.f.). *Ficha técnica Cytozyme foliar SC: Regulador fisiológico*. BASF. Recuperado el 8 de octubre de 2024, de <https://agriculture.basf.com/co/es/proteccion-de-cultivos-y-semillas/productos/cytozyme-foliar-sc>
- Beers, E., & Schmidt, R. (2015). Lethal, sublethal, and behavioral effects of sulfur-containing products in bioassays of three species of orchard mites. *Journal of Economic Entomology*, 102, 324–335. <https://doi.org/10.1093/jee/tou047>
- Benavides, J., Hernández, D., Menezes, J., van Wendel de Joode, B., Vásquez, Y., Bahia, T., Quintana, M., Molina, N., Moya, I., & Hernández, M. (2022). Prenatal and postnatal exposure to pesticides and school-age children's cognitive ability in rural Bogotá, Colombia. *NeuroToxicology*, 90, 112–120. <https://doi.org/10.1016/j.neuro.2022.03.008>
- Benavides, P., Gil, Z., Góngora, C., & Arcila, A. (2013). Manejo integrado de plagas. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, *Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura* (Vol. 2, pp. 179–214). Cenicafé. https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_23

- Blanco, S., Tello, V., Rioj , T., & Carevic, F. (2023). Uso de setos y bandas florales para el manejo de plagas agrícolas en el cultivo de *Solanum lycopersicum* L. para reducir el uso de plaguicidas. *Idesia (Arica)*, 41(2), 127–134. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292023000200127>
- Brechelt, A. (2004). *El manejo ecológico de plagas y enfermedades*. Red de Acción en Plaguicidas y sus Alternativas para América Latina (RAP-AL) & Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA).
- Busuulwa, A., Revynthi, A., Liburd, O., & Lahiri, S. (2024). Residual effect of commonly used fungicides in strawberries on *Amblyseius swirskii*, *Neoseiulus cucumeris*, and *Neoseiulus californicus* (Mesostigmata: Phytoseiidae). *Experimental and Applied Acarology*, 93, 253–272. <https://doi.org/10.1007/s10493-024-00928-1>
- Calle, R. (2018). *Evolución estacional (primavera-verano) y variabilidad de los caracteres taxonómicos de Tetranychus sp. (Acari: Tetranychidae) en Musa paradisica var. Williams en Piura* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio de la Universidad Nacional de Piura.
- Caro, C., Suárez, L., & Benavides, M. (2008). Caracterización taxonómica de la especie *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), plaga del cultivo de rosas para exportación. *Inventum*, 3(4), 89–93.
- Ceradis. (s.f.). *Ficha técnica de Ceraquint*. Recuperado el 8 de octubre de 2024, <https://ceradis.com/wp-content/uploads/2017/11/ceraquint-sp-2016.pdf>
- Cerón, F. (2020). *Evaluación de Picatina Flora para el control de Botrytis cinerea en el cultivo de rosa*. Metroflor-Agro. <https://www.metroflorcolombia.com/evaluacion-de-picatina-flora-para-el-control-de-botrytis-cinerea-en-el-cultivo-de-rosa/>
- Chen, L., Jiang, C., Zhang, X., Song, C., Wang, R., Wang, X., & Li, Q. (2022). Prediction of the potential distribution of the predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) in China under current and future climate scenarios. *Scientific Reports*, 12(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15308-1>
- Chisabo, N. (2021). *Uso de Phytoseidos en el manejo integrado de Tetranychus urticae en ornamentales* [Tesis de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales.

- Corredor, D., & García, P. (1992). Manejo integrado de plagas en condiciones de invernadero, con especial referencia a trips. *Agronomía Colombiana*, 9(2), 192–195.
- Croft, B. (1990). *Arthropod biological control agents and pesticides* (p. 723). Oregon State University Press.
- DANE. (2020). Departamento Administrativo Nacional de Estadística. *Censo de fincas productoras de flores*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuaria/censo-de-fincasproductoras-de-flores>
- Deguine, J., Aubertot, J., Flor, R., Lescourret, F., Wyckhuys, K., & Ratnadass, A. (2021). Integrated pest management: Good intentions, hard realities. *Agronomy for Sustainable Development*, 41(38). <https://doi.org/10.1007/s13593-021-00689-w>
- Demoya, Y. (2023). *Monitoreo de la “araña roja” Tetranychus urticae, bajo invernadero en plantas de Chrysanthemum spp en el municipio de Tenjo, Cundinamarca* [Trabajo de pregrado, Universidad de Córdoba]. Repositorio Universidad de Córdoba.
- Duffin, P., & Seifert, H. (2009). ksgA mutations confer resistance to kasugamycin in *Neisseria gonorrhoeae*. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 33, 321–327. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2008.08.030>
- Einhardt, A., Souza, G., Silveira, P., & Rodrigues, F. (2020). Potassium, calcium, and zinc phosphites on white mold control in soybean. *Bragantia*, 79(3), 417–424. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20200137>
- EPPO (European and Mediterranean Plant Protection Organization). (2020). *Tetranychus urticae (TETRUR)*. EPPO Global Database. <https://gd.eppo.int/taxon/TETRUR>
- Escobar, Y., & Gómez, L. (2018). *Análisis de la exportación de flores colombianas durante el período de 2012-2017* [Trabajo de pregrado, Universidad Cooperativa de Colombia]. Repositorio Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/13762>
- Fedearroz. (s.f.). *Ficha técnica de Kasumin*. Fedearroz. Recuperado el 8 de octubre de 2024, de https://fedearroz-website.s3.amazonaws.com/media/documents/KASUMIN_2SL-FICHA_TECNICA-RN.pdf

- Flores, E. (2013). *Eficiencia del predador Amblyseius californicus en el control biológico del ácaro Tetranychus urticae en dos variedades del cultivo del rosal en la zona de Cayambe, provincia de Pichincha* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio Universidad Técnica de Babahoyo. <https://repositorio.utb.edu.ec/handle/49000/3124>
- Forero, G., Rodríguez, M., Cantor, F., Rodríguez, D., & Cure, J. (2008). Criterios para el manejo de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) con el ácaro depredador *Amblyseius* (*Neoseiulus*) sp. (Acari: Phytoseiidae) en cultivos de rosas. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 78–86. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/13055>
- Forero, J., Argüelles, P., Cantor, F., & Rodríguez, D. (2010). Bioensayo para evaluar la compatibilidad de adultos de *Neoseiulus californicus* (Parasitiformes: Phytoseiidae) con algunos pesticidas de uso comercial en condiciones semicontroladas. *Agronomía Colombiana*, 28(2), 273–280. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/article/view/22538>
- Fronza, R. (2021). *Actualización en el manejo integrado de plagas en mandarina (Citrus reticulata Blanco) en el Norte Chico del Perú* [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio UNALM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4942>
- Gerson, U., Smiley, R., & Ochoa, R. (2003). The effect of agricultural chemicals on acarine biocontrol agents. En U. Gerson, R. Smiley, & R. Ochoa (Eds.), *Mites (Acari) for pest control* (pp. 367–383). Blackwell Science. <https://doi.org/10.1002/9780470750995>
- Gilardi, G., Pugliese, S., Gullino, M., & Garibaldi, A. (2020). Effect of biocontrol agents and potassium phosphite against *Phytophthora* crown rot, caused by *Phytophthora capsici*, on zucchini in a closed soilless system. *Scientia Horticulturae*, 265, 109207. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109207>
- Golestan, M., Nateq, H., Kamali, H., & Farazmand, A. (2021). Study of population relationship and the effect of several acaricides on *Tetranychus urticae* Koch and the predatory mite *Neoseiulus californicus* (McGregor) in greenhouse roses. *Plant Pest Research*, 11(3), fa59–fa69. <https://doi.org/10.22124/iprj.2021.5259>
- Greco, N., Liljestrom, G., Cédola, C., & Roggiro, M. (2005). Effect of prey deprivation on survival and reproduction of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) females. *Acarologia*, 46(1–2), 13–18.

- Greco, N., Sánchez, N., & Pereyra, P. (2002). Principios de manejo de plagas en una agricultura sustentable. En S. J. Sarandón (Ed.), *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable* (pp. 251–274). Ediciones Científicas Americanas.
- Guaras, S., & Lanchimba, C. (2024). *Uso de la canela (Cinnamomum verum) y molle (Schinus molle L.) para el manejo de Tetranychus urticae en una variedad de Rosa spp de exportación en el Ecuador* [Trabajo de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio Universidad Politécnica Salesiana.
- Guerreros, G., & Arias, R. (2012). Selectividad de insecticidas sobre huevos de *Cycloneda sanguinea* (L., 1763) (Coleoptera: Coccinellidae). *Investigación Agraria*, 14(1), 11–16.
- Hassaan, M. A., & El Nemr, A. (2020). Pesticides pollution: Classifications, human health impact, extraction and treatment techniques. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 46(3), 207–220. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2020.08.007>
- Hegde, J., Ashrith, K., Chakravarthy, A., & Gopalkrishna, H. (2020). Insect pests of roses and their management. En P. Suprakash & A. K. Chakravarthy (Eds.), *Advances in pest management in commercial flowers* (pp. 85–101). Apple Academic Press. <https://doi.org/10.4324/9780429284120-6>
- Hidalgo, A. (2021). *Evaluación de alternativas de control no convencionales de ácaros del género Tetranychus urticae en dos variedades de rosas* [Tesis de maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi]. Repositorio Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Hilarión, A., Niño, A., Cantor, F., Rodríguez, D., & Cure, J. (2008). Criterios para la liberación de *Phytoseiulus persimilis* Athias Henriot (Parasitiformes: Phytoseiidae) en cultivo de rosa. *Agronomía Colombiana*, 26(1), 68–77.
- Hislop, R. G., Auditore, P. J., Weeks, B. R., & Prokopy, R. J. (1981). Repellency of pesticides to the mite predator *Amblyseius fallacis*. *Protection Ecology*, 3, 253–258.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2023). *Con 700 millones de tallos, Colombia aporta variedad y calidad de flores al mundo*. <https://www.ica.gov.co/noticias/con-700-millones-de-tallos-colombia-aporta-variedad>
- International Center of Tropical Agriculture (CIAT). (1995). *Cassava program annual report-1994* (p. 47). CIAT.

- Jack, C., & Ellis, J. (2021). Integrated pest management control of *Varroa destructor* (Acari: Varroidae), the most damaging pest of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) colonies. *Journal of Insect Science*, 21(5), 6. <https://doi.org/10.1093/jisesa/ieab058>
- Jara, D. (2023). *Biología y comportamiento del ácaro depredador Typhlodromus evectus*, Schutgers, 1996, bajo condiciones de laboratorio [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio La Molina.
- Jiménez, A. (2022). *Alternativas de manejo para la araña roja (Tetranychus urticae), en el cultivo de cáñamo (Cannabis sativa)* [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo]. Repositorio de la Universidad Técnica de Babahoyo.
- Johnson, M., & Tabashnik, B. (1999). Enhanced biological control through pesticide selectivity. En T. S. Bellows & T. W. Fisher (Eds.), *Handbook of biological control: Principles and applications* (pp. 297–317). Academic Press.
- Kalyabina, V., Esimbekova, E., Kopylova, K., & Kratasyuk, V. (2021). Pesticides: formulants, distribution pathways and effects on human health – a review. *Toxicology Reports*, 8, 1179–1192. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2021.06.004>
- Lozano, R., Rodríguez, C., & Sepúlveda, J. (2023). Simulación del proceso de inventarios en una poscosecha de rosas de exportación bajo un enfoque de Business Process Management. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1), Artículo e2450. https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2450
- Martínez, M. (2021). *Sistemas agroforestales y conservación de enemigos naturales de plagas de flores de corte en fincas de la Sabana de Bogotá* [Tesis de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales]. Repositorio Institucional UDCA.
- Martínez, V. B. (2021). *Variabilidad genética y resistencia a insecticidas en Orius laevigatus (Fieber) (Hemiptera: Anthocoridae) para mejorar su eficacia en el control de plagas* [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Cartagena]. <https://repositorio.upct.es/handle/10317/9384>
- McGowan, C. (2006). Spotlight on South America: See how Colombia and Ecuador work to grow their share of the floral market. *Superflora Retailing Magazine*. http://www.pdf.org/DOCUMENTS/NewsStories/060927_Super_Floral_Retailing_Magazine_Spotlight_South_America_Asoolflores.pdf

- McMurtry, J. (1977). Some predacious mites (Phytoseiidae) on citrus in the Mediterranean region. *Entomophaga*, 22(1), 19–30. <https://doi.org/10.1007/BF02373799>
- Melgar, M., Meneses, A., Orozco, H., Perez, O., & Espinosa, R. (2012). *El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala*. Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar – Artemis Edinter. ISBN: 978-9929-40-469-4
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura). (2023). *Las flores del 'País de la Belleza' conquistan el mundo con calidad*. <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/Las-flores-del-%E2%80%98Pa%C3%ADs-de-la-Belleza%E2%80%99-conquistan-el-mundo-con-calidad.aspx>
- Ministerio de Salud. (1991). *Decreto 1843 de 1991, por el cual se reglamenta el uso y manejo de plaguicidas en el territorio nacional*. Diario Oficial No. 39.740.
- Moreno, K. (2021). *Evaluación de alternativas de manejo de Verticillium theobromae en banano orito (Musa acuminata) en Santo Domingo de los Tsáchilas* [Trabajo de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. Repositorio Universidad de las Fuerzas Armadas.
- Mumtaz, M., Rahman, V. J., Saba, T., Huang, T., Zhang, Y., Jiang, C., & Li, Q. (2023). Functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *PeerJ*, 11, e16461. <https://doi.org/10.7717/peerj.16461>
- Niaki, N., Golpaygani, A., Torabi, E., Besheli, B., & Saboori, A. (2024). Repellent and acaricidal effects of the chlorfenapyr and acequinocyl on the predatory mites, *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) [Preprint]. *Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4604689/v1>
- Nova, E. (2021). *Implementación de metodologías basadas en la sostenibilidad y mejora continua de los procesos, obteniendo costos competitivos de empresas del sector floricultor* [Ensayo de especialización, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio Universidad Militar Nueva Granada.
- Numa, J., Bustos, A., Rodríguez, D., & Cantor, F. (2011). Laboratory and greenhouse evaluation of the entomopathogenic fungi and garlic-pepper extract on the predatory mites, *Phytoseiulus*

- persimilis* and *Neoseiulus californicus*, and their effect on the spider mite *Tetranychus urticae*. *Biological Control*, 57(2), 143–149. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2011.02.005>
- Pathak, V., Verma, V., Rawat, B., Kaur, B., Babu, N., Sharma, A., Dewali, S., Yadav, M., Kumari, R., Singh, S., Mohapatra, A., Pandey, V., Rana, N., & Cunill, J. (2022). Current status of pesticide effects on environment, human health and its eco-friendly management as bioremediation: A comprehensive review. *Frontiers in Microbiology*, 13, Article 962619. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.962619>
- Pérez, A. (2021). *Análisis de los factores que influyen en las exportaciones de rosas hacia Estados Unidos. Período 2010–2019* [Tesis de pregrado, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE]. Repositorio Universidad de Fuerzas Armadas ESPE.
- Pinzón, A., Peña, E., Cuarán, L., & Redondo, C. (2022). Sector floricultor colombiano en los TLC con Canadá y República de Corea. *Podium*, (42), 117–136. <https://doi.org/10.31095/podium.2022.42.7>
- Poletti, M., Collette, L., & Omoto, C. (2008). Compatibilidad de agrotóxicos con los ácaros predadores *Neoseiulus californicus* (McGregor) y *Phytoseiulus macropilis* (Banks) (Acari: Phytoseiidae). *BioAssay*, 3(3), 2–14. <https://doi.org/10.14295/BA.v3i3.33>
- Theiling, K., & Croft, B. (1988). Pesticide side-effects on arthropod natural enemies: A database summary. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 21(3–4), 191–218. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90088-6](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90088-6)
- Thieme, T., Heimbach, U., & Müller, A. (2010). Chemical control of insect pests and insecticide resistance in oilseed rape. En I. H. Williams (Ed.), *Biocontrol-based integrated management of oilseed rape pests* (pp. 313–336). Springer. https://doi.org/10.1007/978-90-481-3983-5_12
- Ujváry, I. (2010). Pest control agents from natural products. En R. Krieger (Ed.), *Hayes' handbook of pesticide toxicology* (3.^a ed., pp. 119–229). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374367-1.00003-3>
- Van Driesche, R., Hoddle, M., Center, D., Ruíz, E., Coronada, J., & Manuel, J. (2007). *Control de plagas y malezas por enemigos naturales* (No. 632.96 V33). U.S. Department of Agriculture, Forest Health Technology Enterprise Team.

- Vázquez, L., Matienzo, Y., Veitía, M., & Alfonso, J. (2008). *Conservación y manejo de enemigos naturales de insectos fitófagos en los sistemas agrícolas de Cuba*. Centro de Información y Documentación de Sanidad Vegetal (CIDISAV).
- Walzer, A., & Schausberger, P. (1999). Cannibalism and interspecific predation in the phytoseiid mites *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*: Predation rates and effects on reproduction and juvenile development. *Biocontrol*, 43(4), 457–468. <https://doi.org/10.1023/A:1009980401662>
- Xie, Q., Lv, L., Wang, D., & Xu, N. (2021). Impact of feeding experiences on oviposition and sex allocation of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *Systematic and Applied Acarology*, 26(8), 1426–1436. <https://doi.org/10.11158/saa.26.8.3>
- Yadav, C., & Devi, L. (2017). Pesticides classification and its impact on humans and the environment. *Environmental Science and Engineering*, 6(7), 140–158.
- Zambrano, Y. (2019). *Evaluación de Lecanicillium lecanii cepa elite en el control de ácaros fitófagos (Tetranychus urticae) en cultivo de Rosa sp. en Facatativá-Cundinamarca* [Trabajo de pregrado, Universidad de Pamplona]. Repositorio Hualago, Universidad de Pamplona.
- Zhang, Z. (2003). *Mites of greenhouses: Identification, biology, and control*. CABI Publishing. <https://doi.org/10.1079/9780851995908.0000>