UNIVERSIDAD
NACIONAL
DE COLOMBIA

Estudios básicos de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae) agente potencial de control de *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Tetranychidae) en *Persea americana* Mill. variedad Hass

Yorley Beatriz Lagos Alvarez

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Palmira, Colombia

2022

Estudios básicos de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae) agente potencial de control de *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Tetranychidae) en *Persea americana* Mill. variedad Hass

Yorley Beatriz Lagos Alvarez

Tesis presentada como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Ciencias Agrarias

Directora:

Nora Cristina Mesa Cobo

Ph.D., Profesora Titular de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira

Codirectora:

Ph.D., **Yeimy García Valencia**

Línea de Investigación: Protección de cultivos

Grupo de Investigación: Acarología

Universidad Nacional de Colombia

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Palmira, Colombia

2022

Dedicatoria

A Dios, por el don de la vida. A mis padres María Jovina Alvarez Rosero y Audelo Lagos Araujo por su amor, trabajo y sacrificio de todos estos años. Con amor y admiración para ustedes.

"Que Dios te conceda lo que pidas de todo corazón y que haga realidad lo que pienses hacer."

Salmos 20:4

Declaración de obra original

Yo declaro lo siguiente:

He leído el Acuerdo 035 de 2003 del Consejo Académico de la Universidad Nacional. «Reglamento sobre propiedad intelectual» y la Normatividad Nacional relacionada al respeto de los derechos de autor. Esta disertación representa mi trabajo original, excepto donde he reconocido las ideas, las palabras, o materiales de otros autores.

Cuando se han presentado ideas o palabras de otros autores en esta disertación, he realizado su respectivo reconocimiento aplicando correctamente los esquemas de citas y referencias bibliográficas en el estilo requerido.

He obtenido el permiso del autor o editor para incluir cualquier material con derechos de autor (por ejemplo, tablas, figuras, instrumentos de encuesta o grandes porciones de texto).

Por último, he sometido esta disertación a la herramienta de integridad académica, definida por la universidad.

_____

Yorley Beatriz Lagos Alvarez

Fecha 6/02/2023

Agradecimientos

A Dios por el don de la vida.

A mis padres María Jovina Alvarez Rosero y Audelo Lagos Araujo por su apoyo incondicional.

A mi hermano William Jovany Lagos Alvarez por estar siempre presente, acompañarme y por el apoyo moral que me brindo en toda esta etapa de mi vida.

A la Universidad Nacional de Colombia por contribuir con mi formación profesional.

A la profesora Nora Cristina Mesa Cobo por todo el apoyo, la paciencia, las enseñanzas brindadas para mi formación profesional y por el tiempo dedicado al desarrollo de este trabajo de investigación.

Al laboratorista Alfredo Rivera Peralta por su apoyo y disposición de colaborarme cuando necesité de su ayuda. Muchas gracias por siempre brindarme ánimo para continuar.

A Alexander Escobar y su empresa Bichopolis por la donación de los ácaros.

A Norbey Marín por el apoyo con el análisis estadístico de los resultados del presente trabajo de investigación.

Al grupo de Acarología por el conocimiento compartido.

A Iris Danelia Guardado Mateo, Angel Mauricio Herrera Palacios y Yefersson Rivera Valencia, por su apoyo directo e indirecto en el desarrollo de este trabajo.

A todas las personas que de distintas maneras influyeron e hicieron posible el desarrollo de este trabajo de investigación. ¡A todos muchas gracias!!!!

Resumen

Estudios básicos de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae) agente potencial de control de *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Tetranychidae) en *Persea americana* Mill. variedad Hass

La producción de aguacate ha incrementado a nivel mundial debido a la alta demanda que actualmente esta fruta tiene, gracias a su agradable sabor, textura cremosa y su excelente composición nutricional. No obstante, al igual que otros cultivos, su producción se ve afectada por el ataque de diferentes insectos y ácaros. Dentro de los ácaros asociados al cultivo se destaca la familia Tetranychidae, en especial, la especie *Oligonychus yothersi*, la cual es la de mayor importancia para los productores de aguacate Hass en Colombia. Su daño está relacionado con su alimentación ya que se alimenta sobre el haz de las hojas y ocasiona un aspecto bronceado sobre el tejido y a su vez, como daño secundario la producción se ve afectada. Su manejo, por lo general, se hace con productos de síntesis química, sin embargo, se están explorando alternativas de control biológico del ácaro con el fin de disminuir costos de producción, reducir las aplicaciones de químicos y con ello contribuir a ofrecer al mercado una fruta más limpia. Por tales motivos el objetivo de esta investigación fue evaluar los parámetros de la tabla de vida del ácaro depredador *N. californicus* al ser alimentado con *O. yothersi* en aguacate Hass. La investigación se realizó en el laboratorio de Entomología y Acarología de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira en condiciones de 26 ± 3°C y 56 ± 3% HR. La especie *N. californicus* presentó un tiempo de desarrollo de huevo a adulto de 5 días en aguacate Hass, con un porcentaje de sobrevivencia del 96%. La tasa neta de reproducción (Ro) fue de 9,7 individuos hembra/generación, la tasa intrínseca decrecimiento natural (rm) 0,20, la tasa finita de multiplicación (λ) 1,2 días, el tiempo generacional (T) fue de 10.9 días y el tiempo de duplicación (Td) fue de 3.3 días. Estos hallazgos confirman que *N. californicus* puede completar su desarrollo satisfactoriamente alimentándose de *O. yothersi* en aguacate Hass.

Palabras clave*:* *Persea americana; Oligonychus yothersi; Neoseiulus californicus;* ácaros.

Abstract

Basic studies of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Phytoseiidae) potential control agent of *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Tetranychidae) in *Persea americana* Mill. hass variety

Avocado production has increased worldwide due to the high demand for this fruit, thanks to its pleasant flavor, creamy texture and excellent nutritional composition. However, like other crops, its production is affected by the attack of different insects and mites. Among the mites associated with the crop, the Tetranychidae family stands out, especially the species *Oligonychus yothersi*, which is the most important for Hass avocado growers in Colombia. Its damage is related to its feeding, since it feeds on the leaves and causes a bronzed appearance on the tissue, and in turn, as secondary damage, production is affected. Its management is usually done with chemical synthesis products; however, biological control alternatives of the mite are being explored in order to reduce production costs, reduce chemical applications and thus contribute to offer a cleaner fruit to the market. For these reasons, the objective of this research is to evaluate the life table parameters of the predatory mite *N. californicus* when fed with *O. yothersi* on Hass avocado. The research was carried out in the Entomology and Acarology laboratory of the National University of Colombia, Palmira, in conditions of 26 ± 3°C and 56 ± 3% RH. *N. californicus* presented a time from egg to adult of 5 days in Hass avocado, with a high survival rate of 96%. The net reproductive rate (R0) was 9.7 female individuals/generation, the intrinsic rate of natural decrease (rm) 0.20, the finite multiplication rate (λ) 1.2 days, the generation time (T) was 10.9 days and the doubling time (Td) was 3.3 days. These findings confirm that *N. californicus* can successfully complete its development by feeding on *O. yothersi* on Hass avocado.

Keywords: *Persea americana; Oligonychus yothersi; Neoseiulus californicus;* mites.

Contenido

Resumen **6**

Lista de figuras 9

Lista de tablas **10**

Introducción **11**

Objetivos

1. Estado del arte **15**

1.1 Enfermedades del cultivo de aguacate 16
1.2 Artrópodos asociados al cultivo de aguacate 17
1.3 Ácaros fitófagos asociados al aguacate 18
1.3.1 Familia Tetranychidae 18
1.3.2 Familia Tarsonemidae ..... **¡Error! Marcador no definido.**
1.3.3 Familia Tenuipalpidae 20
1.3.4 Familia Eriophyidae 20
1.3.5 Oligonychus yothersi 20
1.4 Ácaros benéficos asociados al aguacate 23
1.5 Generalidades de *Neoseiulus californicus* 24
1.6 Estudios de depredación 26

2. Materiales y métodos **27**

2.1 Parámetros de la tabla de vida de *N. californicus* alimentándose de *O. yothersi* en aguacate Hass y de *T. urticae* en frijol 27
2.1.1 Establecimiento de la cría de *O. yothersi* 27
2.1.2 Establecimiento de la cría de *T. urticae* 29
2.1.3 Establecimiento de la cría del depredador *N. californicus* 31
2.1.4 Ensayos para determinar los parámetros de la tabla de vida de *N. californicus* alimentándose de *O. yothersi* en aguacate Hass y de *T. urticae* en frijol 33
2.2 Parámetros de la tabla de vida de *O. yothersi* en aguacate Hass 36
2.3 Capacidad de consumo de *N. californicus* sobre huevos, ninfas y adultos de *O. yothersi* 38

3. Resultados y discusión **39**

3.1 Parámetros de la tabla de vida de *N. californicus* alimentándose de *O. yothersi* en aguacate Hass y de *T. urticae* en frijol 39
3.2 Parámetros de la tabla de vida de *O. yothersi* en aguacate Hass 49
3.3 Capacidad de consumo de *N. californicus* sobre huevos, ninfas y adultos de *O. yothersi* 58

4. Conclusiones **62**

Lista de figuras

Figura 1. Metodología utilizada para establecer la cría de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass. 288
Figura 2. Colonia de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass 298
Figura 3. Plantas de frijol sin infestar 29
Figura 4. Plantas de frijol infestadas con *Tetranychus urticae* 300
Figura 5. Presentación comercial de *Neoseiulus californicus* 311
Figura 6. Metodología para la cría de *Neoseiulus californicus* 321
Figura 7. Metodología para evaluar los parámetros de la tabla de vida de *Neoseiulus californicus* 333
Figura 8. Observaciones diarias del estado de los Phytoseiidae**¡Error! Marcador no definido.**4
Figura 9. Cópula de *Neuseiulus californicus* 35
Figura 10. Metodología usada para determinar los parámetros de la tabla de vida de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass..... 37
Figura 11. Depredación de *Neoseiulus californicus* a los diferentes estados de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass..... 39
Figura 12. Estados de desarrollo de *Neoseiulus californicus* sobre aguacate Hass 41
Figura 13. Estados de desarrollo de *Neoseiulus californicus* sobre frijol..... 42
Figura 14. Porcentaje de sobrevivencia (lx) de *Neoseiulus californicus* 477
Figura 15. Fecundidad (mx) de *Neoseiulus californicus*..... 48
Figura 16. Estados de desarrollo de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass..... 50
Figura 17. Porcentaje de sobrevivencia (lx) de *Oligonychus yothersi* 55
Figura 18. Fecundidad (mx) de *Oligonychus yothersi* 566
Figura 19. Capacidad de consumo de *Neoseiulus californicus* sobre huevos de *Oligonychus yothersi*. 59
Figura 20. Capacidad de consumo de *Neoseiulus californicus* sobre ninfas de *Oligonychus yothersi*……
601
Figura 21. Capacidad de consumo de *Neoseiulus californicus* sobre adultos de *Oligonychus yothersi*. 612

Lista de tablas

Tabla 1. Duración de los diferentes estados inmaduros (días) de *Neoseiulus californicus* sobre aguacate Hass alimentado con *Oligonychus yothersi* y sobre frijol alimentado de *Tetranychus urticae*..... 444
Tabla 2. Duración de periodos reproductivos, longevidad y fecundidad de Neoseiulus californicus sobre aguacate Hass alimentado con *Oligonychus yothersi* y sobre frijol alimentado de *Tetranychus urticae*. 466

Tabla 3. Parámetros poblacionales de *Neoseiulus californicus* sobre aguacate Hass alimentado con *Oligonychus yothersi* y sobre frijol alimentado con *Tetranychus urticae.* 4949
Tabla 4. Duración de los diferentes estados inmaduros (días) de *Oligonychus yothersi* sobre aguacate Hass 52
Tabla 5. Duración de periodos reproductivos, longevidad y fecundidad de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass…… 55

Tabla 6. Parámetros poblacionales de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass... 57
Tabla 7. Capacidad de consumo de *Neoseiulus californicus* sobre huevos, ninfas y adultos de *Oligonychus yothersi*..... 58

Introducción

El aguacate (*Persea americana* Mill) tiene como su centro de origen América (Departamento Administrativo Nacional de Estadística [Dane], 2018 y Zapata et al., 2018), su nombre desciende de la palabra azteca náhualt o ahucalt, y también se conoce como palta, cura, avocado o abacate (Yabrudy, 2012). Es una fruta que, gracias a sus excelentes aportes nutricionales para la salud de los seres humanos, cada vez, gana mayor aceptación en el mundo. Motivo por el cual, es ampliamente comercializada y distribuida (Araújo et al., 2018).

Como respuesta al aumento de la demanda, la producción de aguacate ha incrementado a nivel mundial, las estadísticas estimaron una producción de 5,7 a 6,5 millones de toneladas en el año 2020. México se destaca como el principal productor, seguido de Republica Dominicana, Perú, Indonesia y Colombia (Arias et al., 2018). América Latina se ha posicionado como una región pro
misoria para la producción y comercialización del aguacate, donde se destacan Perú y Colombia como los países con mayor potencial de crecimiento debido a la disponibilidad de tierras (Arias et al., 2018), mientras que México en la actualidad presenta dificultades a causa del elevado costo de la tierra y problemas relacionados a cambios climáticos que dificultan el crecimiento del área cultivable (Schwartz et al., 2018).

En particular, en el 2018 Colombia contó con un área de 67.599,92 ha sembradas en aguacate (Red de información y comunicación del sector Agropecuario Colombiano [Agronet], 2021), en las cuales se cultivan variedades como: Choquette, Trinidad, Santana, Booth-8, Trapo, Colinre, Ettinger, Gwen, Lorena, Fuerte, Reed y Hass (Cañas-Gutiérrez et al., 2015), siendo esta última, la variedad más distribuida a nivel mundial, gracias a la popularidad que ha ganado en la gastronomía.

Para el año 2020, en Colombia se cosecharon 16.772 ha de aguacate Hass (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2020). Se estima que aproximadamente 54.000 empleos directos e indirectos se generan a lo largo de la cadena de esta fruta (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2021). Sin duda, se ha convertido en el nuevo producto “oro” de Colombia. Su siembra se ha incrementado, en especial, en departamentos como Antioquia, Tolima, Eje Cafetero y Valle del Cauca (Abello & Esmeral, 2018). Además de

Cundinamarca, Cauca y Santander (ICA, 2021). Su cultivo se posiciona como uno de los de mayor potencial de crecimiento a nivel nacional como producto de exportación (Lizarazo-Peña et al., 2021).

Sin embargo, al igual que otros cultivos, el aguacate también presenta diferentes problemas sanitarios que limitan su producción. En el país las enfermedades de mayor importancia económica son: la pudrición de raíces ocasionada por *Phytophthora cinnamomi* y el secamiento de árboles o marchitez a cusa de *Verticillium* sp. Adicional a estas, en el cultivo también es frecuente encontrar *Armillaria mellea*, *Rosellinia* sp., antracnosis del fruto (*Glomerella cingulata*, cuyo anamorfo es llamado *Colletotrichum gloeosporioides*), la mancha angular de la hoja y la mancha negra o peca del fruto (*Pseudocercospora purpurea* o *Cercospora purpurea*) (Tamayo, 2020).

Entre los artrópodos que afectan al cultivo se encuentran plagas de hábitos masticadores, como los perforadores de frutos y semillas, los barrenadores de troncos y ramas; y las plagas de hábitos chupadores: *Monalonion* sp., trips, insectos escama, cochinillas harinosas, pulgones y ácaros (Londoño, 2015; Kondo et al., 2020).

En Colombia, se han identificado diversas especies de ácaros asociadas al cultivo del aguacate, sin embargo, la especie más conocida es *Oligonychus yothersi* (McGregor 1914) (Prostigmata: Tetranychidae), se considera la de mayor importancia en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Valle del Cauca (Kondo et al., 2011; Mesa et al., 2014; Londoño, 2015; Zapata et al., 2018; Kondo et al., 2020). Situación que ha sido ratificada por García (2019), quien realizó un estudio acerca de la diversidad de ácaros asociados a *P. americana* en los núcleos productivos más importantes del país, y encontró que *O. yothersi* es la especie que predomina (76%) en la variedad Hass.

Este ácaro se alimenta sobre el haz de las hojas y produce manchas de color café o rosa pálido, que dan al tejido foliar un aspecto de bronceado cuando las poblaciones son altas (Kondo et al., 2011; Reyes-Bello et al., 2011). Además, puede provocar la marchitez y caída prematura de las hojas (Kondo et al., 2011). Los síntomas por lo general se presentan en las hojas bien desarrolladas, pero con rapidez se dispersan hacia las hojas jóvenes de las ramas. Este ácaro fitófago produce telarañas muy finas que recubren la colonia que se

ubica a lo largo de las nervaduras (Reyes-Bello et al., 2011) y como efecto secundario de su daño, la producción disminuye (Kondo et al., 2011).

En campo, *O. yothersi* por lo general es controlado por efecto de las lluvias y enemigos naturales como coccinélidos, crisopas y ácaros depredadores. No obstante, las aplicaciones recurrentes de plaguicidas alteran el balance ecológico, por ende, los enemigos naturales disminuyen y se pueden presentar brotes de este ácaro en los cultivos. Además, cuando se presentan periodos de altas temperaturas las poblaciones del fitófago aumentan, favorecidas por el polvo, para lo cual la recomendación general es hacer aplicaciones de productos químicos (Vargas-S., 2017). Sin embargo, es importante resaltar que en observaciones realizadas por Imbachi (2018) en café variedad Castillo en fincas de El Águila, Valle del Cauca, el investigador encontró poblaciones altas de *O. yothersi* en época de lluvias.

Durante los últimos años, la necesidad de disminuir los costos de producción, reducir el impacto ambiental de los plaguicidas y la exigencia de los consumidores por frutas con menos residuos de plaguicidas, han fortalecido los estudios sobre el control biológico y el manejo integrado de plagas en el cultivo de aguacate (Vargas-S., 2017).

En ese sentido, se han explorado herramientas como el uso de ácaros depredadores como posibles controladores de ácaros fitófagos del aguacate. En California, liberaciones del Phytoseiidae *Neoseiulus californicus* (McGregor) demostraron tener éxito en el control de *Oligonychus perseae* en cantidades de 2000 ácaros por árbol (Hoddle et al., 2000). A su vez, en Chile, Jiménez (2012) estudio la respuesta funcional de este depredador sobre *O. yothersi* en aguacate y encontró que este depredador tiene la capacidad de comportarse como un buen controlador biológico en los estados iniciales de infestación de *O. yothersi*.

En el país, los estudios de control biológico de *O. yothersi* en aguacate Hass se han centrado en el uso de hongos entomopatógenos (Vargas-S., 2017). Sin embargo, al tener en cuenta las adelantos de investigación realizados en otros países en el estudio de *N. californicus* como posible controlador biológico de ácaros fitófagos en *P. americana* y al considerar que en Colombia *N. californicus* es producido por algunas empresas a escala comercial para el control de *T. urticae* se planteó como objetivo de este trabajo, evaluar los

parámetros de la tabla de vida *N. californicus* al ser alimentado con el ácaro Tetranychidae *O. yothersi* en aguacate Hass.

Objetivos

Objetivo general

Evaluar los parámetros de la tabla de vida del ácaro depredador *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) al ser alimentado con *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass bajo condiciones controladas.

Objetivos específicos

- Determinar los parámetros de la tabla de vida de *N. californicus* alimentándose de *O. yothersi* en aguacate Hass y de *T. urticae* en frijol.
- Determinar la tabla de vida de *O. yothersi* en aguacate Hass
- Evaluar la capacidad de consumo de *N. californicus* sobre huevos, ninfas y adultos de *O. yothersi*.

1. Estado del arte

Origen y dispersión del cultivo de aguacate

El aguacate es originario de América, se cree que este frutal desciende de las tierras altas del centro y oriente de México, Guatemala y las tierras bajas de Centroamérica, región que hace parte de Mesoamérica, la cual, es considerada como el área de domesticación de esta fruta. Su distribución natural va desde México hasta Perú, y atraviesa Centroamérica, Colombia, Venezuela y Ecuador (Dane, 2018).

Importancia

El aguacate es considerado un alimento muy completo y benéfico debido a su alto aporte nutricional es una de las frutas con más cantidad de potasio y magnesio, aporta fibra dietética y es de fácil digestión (Taricco, 2019). Debido a que es considerado una fruta deliciosa por su suave y mantequillosa pulpa (INTA, 2017), su principal uso es el consumo en fresco en una gran variedad de comidas o la pulpa procesada en forma de guacamole; también es usado por la industria para la fabricación de shampoo y; cosméticos como aceites y cremas. Además, se le atribuyen propiedades medicinales utilizando hojas, cáscaras, semillas y corteza, es utilizado para la obtención de aceites los cuales son comparados con el aceite de oliva (Universidad EAFIT, 2021).

En Colombia se cultiva aguacate en 26 departamentos, en los cuales en el año 2018 se cosecharon 544.933,34 ton en 55.777,16 ha, con un rendimiento nacional de 20,15 ton/ha en promedio. El principal productor en el país es el departamento de Antioquia (137.291,76 ton), seguido de Caldas (88.733,90 ton), Tolima (76.674,30 ton), Risaralda (35.753,81 ton) y Valle del Cauca (28.999,50 ton) (Agronet, 2021).

Aguacate Hass

Esta variedad es predominantemente guatemalteca, pero con algunos genes mexicanos. Se considera que surgió por una mutación espontanea de parentales desconocidos que selecciono Rudolf Hass en La Glabra Heights, California. Este fruto fue seleccionado por presentar una alta calidad de pulpa, mayor productividad y madurez más tardía que el

aguacate Fuerte (Newett et al., 2007). El aguacate Hass fue patentado en 1935 y su patente expiró en el año 1952, fecha en la cual ganaba popularidad rápidamente sobre el Fuerte, dado que los consumidores lo preferían por su rico sabor y los mercados lo favorecían por su durabilidad y larga vida en los anaqueles (California Avocados, 2020).

El árbol se caracteriza por presentar un tamaño que varía entre medio a grande, su crecimiento es erecto y puede llegar a ser tan ancho como alto; su copa se caracteriza por ser redondeada. Sus frutos son ovoides, sin cuello, de tamaño pequeño a mediano, con un peso que oscila entre 140 y 400 g; su cascara es mediana a gruesa, coriácea, de textura rugosa y corchosa, superficie áspera y granulosa, gránulos que pueden desaparecer cuando el cultivo se encuentra establecido en altitudes altas (Newett et al., 2007).

La cascara del aguacate Hass es de color verde oscuro cuando el fruto está en el árbol y toma un color morado o negro cuando se madura; su semilla es mediana y redonda. Por otra parte, el fruto presenta una pulpa cremosa, amarilla y con un contenido de grasa del 17 al 21 % (Newett et al., 2007).

1.1 Enfermedades del cultivo de aguacate

En el cultivo de aguacate las enfermedades que mayor influencia tienen debido a su frecuencia y severidad, son: la pudrición de raíces, cuyo agente causal es *Phytophthora cinnamomi* (Daza et al., 2017; Ramírez-Gil & Morales-Osorio, 2021; Tamayo, 2020). El cual, causa poco desarrollo foliar, perdida de vigor, con marchitez que inicialmente puede ser leve, pero con el transcurso del tiempo es progresiva y pudre las raíces, lo cual impide el transporte de agua y nutrientes que conducen a la muerte de las plantas, y la marchitez ocasionada por *Verticillum* sp. (Tamayo, 2020).

Además de estas, los hongos *Armillaria mellea* y *Rosellinia* sp. también se encuentran frecuentemente en los cultivos establecidos en climas medios y fríos moderados. A su vez, se presentan enfermedades que ocasionan pérdidas en campo y deterioran la calidad de la fruta en poscosecha como los hongos causantes de la roña *Sphaceloma perseae* (Tamayo, 2020); la antracnosis del fruto *Glomerella cingulata*, cuyo anamorfo es llamado *Colletotrichum gloeosporioides* (Daza, Marín & Rincón, 2017; Ramírez-Gil & Morales-Osorio, 2021; Tamayo, 2020); la mancha angular de la hoja y la mancha negra o peca del

fruto *Pseudocercospora purpurea* o *Cercospora purpurea* (Daza, Marín & Rincón, 2017; Tamayo, 2020).

Por otra parte, en el país recientemente han cobrado importancia en el cultivo los patógenos: *Rhizopus stolonifer, Lasiodiplodia theobromae* y *Dothiorella* sp., los cuales afectan los frutos en poscosecha. Por otra parte *Calonectria* sp. e *Ilyonectria destructans* ocasionan pudrición de raíces y han ganado especial importancia en viveros, almácigos y en el campo (Tamayo, 2020).

En el cultivo también se presentan enfermedades que no son de importancia económica como el secamiento de ramas y la mancha foliar ocasionada por *Pestalotia* sp., la mancha algácea por *Cephaleuros virescens* que causa crecimientos redondos de color ladrillo en las hojas (Daza, Marín & Rincón, 2017; Tamayo, 2020), la mancha foliar por *Helminthosporium* sp. y la mancha de asfalto por *Phyllachora*. A su vez, hongos como *Fusarium* sp. y *Rhizoctonia* sp.; y nematodos como *Helicotylenchus* sp., *Rotylenchulus* sp. y *Pratylenchus* sp. recientemente se han detectado en viveros y almácigos retrasando el desarrollo de las plantas en el país (Tamayo, 2020).

1.2 Artrópodos asociados al cultivo de aguacate

Entre los insectos que afectan el fruto se encuentra el barrenador grande de la semilla del aguacate *Heilipus lauri* Boheman, el cual en su estado larval ocasiona pudrición de la pulpa y destruye la semilla, ya se parcial o totalmente. A su vez, las larvas y los adultos también se alimentan de tallos y ramas. La polilla de la semilla del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham, cuyas larvas hacen galerías en el fruto hasta alcanzar la semilla, donde las larvas de cuarto y quinto instar se alimentan de los cotiledones. Estas afectan frutos en todos los estados de desarrollo, además de ramas en periodos vegetativos y de floración, en las cuales hace túneles longitudinales que pueden ocasionar la muerte de la rama (Kondo et al., 2020).

Por otra parte, se encuentra el chinche del aguacate *Monalonion velezangeli* Carvalho y Costa. Su daño se concentra en las inflorescencias y los frutos, cuando estos son pequeños la punción que hace el chinche provoca que el crecimiento se detenga y el fruto se seque.

En frutos grandes se deteriore la calidad del producto debido al daño (Betancourt et al., 2017; Kondo et al., 2020).

En el cultivo también se puede presentar la mosca del ovario *Bruggmanniella perseae* Gagné y cucarrones marceños como: *Astaena* aff. *pygidialis* Moser, *Phyllophaga obsoleta* Blanchard, *Phyllophaga menetriesi* Blanchard, *Anomala undulata* Melsheimer y *Anomala cincta* Say. Estos insectos raspan frutos pequeños de 2 a 4 cm de diámetro y a su vez, pueden afectar hojas y flores dejándolas rasgadas o dañar los meristemos apicales (Kondo et al., 2020).

En cuanto a los artrópodos asociados al tallo y las ramas, en el cultivo se puede presentar *Copturomimus hustachei* Hustache, más conocido como el coleóptero perforador del tallo y ramas del aguacate; los chinches *Antiteuchus tripterus* F., *Antiteuchus pallescens* Stal y *Antiteuchus piceus* Palisot de Beauvois; trips como *Frankliniella gardeniae* Moulton, *Heliothrips haemorrhoidalis* Bouché, *Selenothrips rubrocinctus* Giard y *Frankliniella occidentalis* Pergande (Kondo et al., 2020); una amplia diversidad de escamas, entre las cuales se destacan las familias Diaspididae, Coccidae y Pseudococcidae (Kondo et al., 2011, 2020; Kondo & Muñoz, 2016); la agalla del follaje *Trioza perseae* Tuthill y *Trioza magnoliae* Ashmead.

Además de la mosca blanca del aguacate *Paraleyrodes* sp. pos. *bondari,* el gusano pega pega *Platynota* spp., el gusano canasta *Oiketicus kirbyi* Guilding y *Oiketicus geyeri* Berg; picudos como *Compsus* sp. y *Pandeleteius viticollis* Championy; hormigas arrieras *Atta* spp. y ácaros, más conocidos como arañitas (Kondo et al., 2020).

1.3 Ácaros fitófagos asociados al aguacate

1.3.1 Familia Tetranychidae

Dentro de la familia Tetranychidae, en el cultivo de aguacate se han reportado 29 especies, las cuales están agrupadas en seis géneros *Allonychus, Eotetranychus, Eutetranychus Panonychus, Tetranychus* y *Oligonychus*. Siendo este último, el género de mayor importancia en el cultivo, y a su vez, el más numeroso, a la fecha se cuenta con 18 especies reportadas (Migeon & Dorkeld, 2021).

En México los ácaros de La familia Tetranychidae son los de mayor importancia, en el cultivo principalmente se encuentra *Eotetranychus sexmaculatus* (González-Hernández & Ortega-Arenas, 2017) y los ácaros del género *Oligonychus* los cuales son uno de los principales problemas fitosanitarios del aguacate, dentro de los cuales se destacan: el ácaro café *Oligonychus punicae* (Hirst), el cual inicia su daño con puntos rojizos que se dispersan a través de la hoja hasta provocar un bronceado total. En afectaciones severas ataca retoños, flores, el envés de las hojas y frutos en proceso de formación. También se encuentra el ácaro cristalino *Oligonychus perseae* (Tuttle, Baker & Abatiello), el cual se sitúa a lo largo de las nervaduras laterales del haz de las hojas, donde se alimenta de la savia, además de producir una seda para su protección y formar colonias (González-Hernández & Ortega-Arenas, 2017; Lemus, 2017).

En Cuba se ha identificado a *Oligonychus cubensis* Livschitz, *O. yothersi*, *Eutetranychus banksi* McGregor y *Tetranychu* sp. como ácaros asociados al aguacate (Chávez et al., 2017). A su vez, en Chile, la especie que ha sido asociada a esta planta es *O. yothersi* (Vargas & Rodríguez, 2008).

En Colombia, *O. yothersi* es considerado plaga en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda (Bernal et al., 2014) y Valle del Cauca (Bernal et al., 2014; Mesa et al., 2014). En la más reciente investigación acerca de la diversidad de ácaros asociados a *P. americana* en el país, se reportaron 6 especies *Allonychus reisi, Allonychus littoralis, Atrichoproctus uncinatus, Eotetranychus tremae, Oligonychus punicae* y *O. yothersi*. Sin embargo, *A. reisi* fue la especie predominante en un 71 % en la variedad Lorena y aguacates criollos, seguida por *E. tremae*. Mientras que en aguacate Hass, la especie más abundante fue *O. yothersi*, en un 76%, seguida de *A. reisi* y *E. tremae* (García, 2019).

1.3.2 Familia Tarsonemidae

La especie más conocida de esta familia es el ácaro blanco *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), el cual se ha asociado en su mayoría de veces a arboles de vivero. Sin embargo, también se ha encontrado *Daidalotarsonemus* sp. en la variedad Lorena; *Fungitarsonemus* sp. en aguacate Choquette y Lorena; *Tarsonemus* sp. en aguacates Booth, Choquett, Criollo, Hass, Lorena y Santana; y el género *Xenotarsonemus sp* en Booth, Hass y Lorena (García, 2019).

1.3.3 Familia Tenuipalpidae

En aguacate se han reportado especies como *Brevipalpus phoenicis* Geijskes, en África por Meyer (1979), mientras que en Cuba se ha reportado al género *Brevipalpus* sp (Chávez et al., 2017). En el 2019 en Colombia se reportaron cuatro especies de ácaros de la familia Tenuipalpidae asociadas al cultivo de aguacate *Brevipalpus yothersi* Baker, *Brevipalpus papayensis* Baker, *Brevipalpus obovatus* Donnadieu y *Tenuipalpus* sp. Particularmente las dos primeras especies fueron encontradas en aguacate Hass (García, 2019).

1.3.4 Familia Eriophyidae

En Florida se ha observado en brotes, flores y frutos en desarrollo a *Tegolophus perseaflorae* (Peña, 2003). Mientras que en Colombia en aguacates criollos, Lorena y Samboni se reportó la especie *Calepitrimerus muesebecki* Keifer y *Tegolophus* sp. (García, 2019).

1.3.5 Oligonychus yothersi

Distribución

El ácaro *O. yothersi* se encuentra distribuido en Estados Unidos, México, Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Colombia, Cuba, Ecuador, Nicaragua, Paraguay, Perú, china e Irán (Migeon & Dorkeld, 2021).

Plantas hospedantes

Ha sido reportado en 66 hospederos, entre ellos se encuentren plantas de las familias: Anacardiaceae, Annonaceae, Aquifoliaceae, Araliaceae, Arecaceae, Bignoniaceae, Bixaceae, Buxaceae, Caricaceae, Combretaceae, Compositae, Convolvuláceas, Cupressaceae, Elaeagnaceae, Ericaceae, Euphorbiaceae, Fagaceae, Lauraceae, Leguminosas, Lythraceae, Malvaceae, Melastomataceae, Meliaceae, Moraceae, Musaceae, Myrtaceae, Onagraceae, Oxalidaceae, Proteaceae, Rosaceae, Rubiaceae, Salicaceae, Sapindaceae, Sapotaceae, Solanaceae, Theaceae, Urticaceae y Vitaceae (Migeon & Dorkeld, 2021).

Importancia

En Chile *O. yothersi* es considerado la plaga foliar más importante del aguacate (León, 2003; Rioja et al., 2019; Vargas & Rodríguez, 2008). *P. americana* var. Hass es la variedad más susceptible a este fitófago (León, 2003). Por lo general, las poblaciones son más abundantes entre mediados del verano y finales del otoño (Rioja et al., 2019). En este país, *O. yothersi* es una plaga de importancia económica que ha tomado relevancia a causa de la escasez de enemigos naturales, como resultado del incremento del uso de plaguicidas; y a su vez, el aumento de la superficie cultivada en zonas de ladera, lo cual ha favorecido su reproducción (Vargas & Rodríguez, 2008).

En Florida este fitófago es una plaga común del aguacate, se presenta por lo general desde octubre hasta febrero y puede llegar a reducir hasta en un 30% la actividad fotosintética de las hojas (Peña, 2003; Peña & Johnson, 1999). Investigaciones realizadas en Florida por Schaffer et al. (1986) en aguacate Waldin determinaron que el daño ocasionado por *O. yothersi* se incrementa de forma gradual durante 14 días y la fotosíntesis se reduce a los 28 días después de haber infestado las plantas. Los investigadores no reportaron reducción de la tasa de transpiración o conductancia estomática de las hojas que se infestaron.

En Colombia *O. yothersi* es la especie más conocida y la de mayor importancia en el cultivo de aguacate, especialmente en los departamentos de Antioquia, Caldas, Risaralda y Valle del Cauca (Kondo et al., 2011; Mesa et al., 2014; Londoño, 2015; Zapata et al., 2018; Kondo et al., 2020). De acuerdo con Kondo et al. (2011) es la única especie de ácaros en aguacate que los productores consideran plaga. A su vez, en el país también es una plaga de importancia en el cultivo del café. En el año 2012 aproximadamente 4.984 ha en los departamentos de Cundinamarca, Huila, Caldas, Quindío, Risaralda, Tolima y Valle del cauca se vieron afectadas por un ataque severo de este fitófago en plantas de diferentes edades (Gil et al., 2013).

En café, Imbachi (2018) reportó la presencia de este ácaro en los departamentos de Cauca, Cundinamarca, Nariño, Quindío, Risaralda, Santander, Tolima y Valle del Cauca. El investigador menciona que *O. yothersi* produce punzaciones que a medida en que se unen dan un aspecto de bronceado a las hojas del café. Además, reporta que el daño puede cubrir hasta un 90% de la hoja, cuando las poblaciones son altas. A los 21 días el ácaro

puede llegar a disminuir la fotosíntesis en un 32,4%, 53,1%, 57,2% y 67,7% cuando se tienen densidades de 15, 30, 60 y 120 ácaros hembra/hoja, respectivamente.

Daño

En aguacate Hass *O. yothersi* se alimenta en el haz de las hojas. El ácaro afecta los parámetros fisiológicos del tejido foliar y como respuesta a su alimentación provoca un color rojizo en las hojas, y a su vez decoloración por alto estrés oxidativo (Rioja et al., 2016). Los síntomas del ácaro en aguacate comienzan en la nervadura central, posteriormente, se evidencian puntos cloróticos pequeños que se unen y se extienden entre las nervaduras secundarias (García, 2019). Se forman manchas que son de color café (García, 2019) o rosa pálido, lo cual da un aspecto de bronceado (Reyes-Bello et al., 2011), y además genera malformaciones en el tejido (García, 2019).

Los síntomas inicialmente se aprecian en hojas grandes, bien desarrolladas, sin embargo, con rapidez cubren las hojas nuevas ya que ascienden hasta la punta de la rama (Reyes-Bello et al., 2011). En ocasiones, además de agujerar los tejidos del follaje y alimentarse de la savia, lo cual conduce a una marchitez, secamiento o caída prematura de las hojas, también puede provocar una defoliación en el cultivo, si la población del ácaro es alta (Kondo et al., 2011).

Ciclo de vida

Los huevos de *O. yothersi* son esféricos, presentan un color hialino recién eclosionados y amarillo naranja próximos a la eclosión. Estos se caracterizan por tener un pedicelo. Las larvas tienen tres pares de patas y son de color amarillo o naranja claro cuando recién emergen, tienen dos puntos color naranja oscuro en el propodosoma. Los estados ninfales móviles del ácaro (protoninfa y deutoninfa) son similares al adulto, pero de menor tamaño. Los estados quiescentes (protocrisalida, deutocrisalida y teliocrisalida) se distinguen por ser inmóviles y estar pegados sobre la hoja. Las hembras adultas son ovaladas mientras que los machos tienen una forma alargada o triangular (García, 2019; Imbachi, 2018; Reyes-Bello et al., 2011).

Estudios realizados en Chile confirman que *O. yothersi* a una temperatura de 25 ± 2 °C, humedad relativa del 70% y un fotoperiodo de 16:8L: D presenta un tiempo de desarrollo de huevo a adulto de 16,5 días en aguacate Hass y 14,9 días en aguacate fuerte (León, 2003). Por su parte, Rioja et al. (2019) reporta que en aguacate Hass en condiciones de 25 ± 0,7 °C, 60 ± 5% de humedad relativa y fotoperíodo de 16: 8 h. el ácaro tardo 14,43 días en hojas de dos meses de edad y 9,29 días en hojas de siete meses.

En Colombia el ciclo de vida de *O. yothersi* ha sido descrito por Orozco et al. (1990) en café variedad Caturra donde encontraron que tarda 33,8, 15,7, 12,9 y 11,7 días en desarrollarse de huevo a adulto en temperaturas de 15, 20, 25 y 30 °C, respectivamente. En café variedad Castillo, Imbachi (2018) en condiciones de 24,4 ± 5°C., 56 ± 5% de humedad relativa, 10 horas de luz y 14 horas de oscuridad reportó que *O. yothersi* tarda 10,35 día en completar su desarrollo de huevo a adulto.

En condiciones de 26 ± 3ºC y 56 ± 3% HR Valencia et al (2018) estudio el ciclo de vida de *O. yothersi* en *Musa x paradisiaca* L. var. Hartón, el cual tardó 14,4 días en completarse. Bajo estas mismas condiciones Reyes-Bello et al. (2011) y García (2019) determinaron que el ciclo de vida de huevo a adulto de este fitófago es de 14,3 y 13,8 días, respectivamente, en aguacate variedad Lorena.

No obstante, en el país hasta la fecha no se tienen datos sobre la duración del ciclo de vida y parámetros de tablas de vida de *O. yothersi* en aguacate Hass. Por tal motivo, uno de los objetivos de este trabajo pretende dar respuesta a ese vacío de información con respecto a este tema, debido a su importancia en el establecimiento de estrategias de manejo.

1.4 Ácaros benéficos asociados al aguacate

En Cuba se han reportado a *Euseius hibisci* Chant, *Proprioseiopsis elongatus* Garman, *Amblyseius largoensis* Muma, *Phytoscutus sexpilis* Muma, *Phytoseius woodburyi* De León, *Galendromimus alveolaris* De Leon, *Galendromus* (G.) *longipilus* (Nesbitt) y *Iphiseiodes quadripilis* Banks como ácaros de la familia Phytoseiidae asociados al aguacate (Chávez et al., 2017).

García (2019) reportó una gran diversidad de ácaros de la familia Phytoseiidae asociados al cultivo de aguacate en Colombia. Entre las especies encontradas se encuentran:

Galendromus annectens De Leon, *Iphiseiodes zuluagai* Denmark & Muma, *Neoseiulus anonymus* (Chant & Baker), *Neoseiulus tunus* (De León), *Phytoseius rhabdifer* De León, *Phytoseius woodburyi* De León, *Typhlodromina tropica* (Chant), *Typhlodromips gonzalezi* (Moraes & Mesa), *Amblyseius aerialis* (Muma), *Amblyseius chiapensis* De León, *Amblyseius tamatavensis* Blommers, *Euseius alatus* De León, *Euseius concordis* (Chant), *Euseius mesembrinus* (Dean), *Euseius naindaimei* Chant & Baker. Las últimas siete fueron encontradas en la variedad Hass, además de otras variedades de aguacates.

1.5 Generalidades de *Neoseiulus californicus*

La historia taxonómica de *N. californicu*s es compleja, fue descrito por primera vez por McGregor en 1954 como *Typhlodromus californicus* en una planta de limón en California. Después del año 1954 este depredador fue trasladado al género *Amblyseius* y posteriormente al género *Neoseiulus* o *Cydnodromus.* Ahora se considera a *Neoseiulus chilenensis* (Dosse) como un sinónimo de *N. californicus* (Rhodes & Liburd, 2019).

Distribución

El ácaro *N. californicus* se encuentra de forma natural en Argentina, California, Chile, Florida, Japón, Sudáfrica, Texas, algunos lugares del sur de Europa y a lo largo de la frontera del Mar Mediterráneo. El depredador está presente en diversos cultivos, entre ellos el aguacate, los cítricos, frutales, yuca, maíz, uvas, fresas, algunas hortalizas y plantas ornamentales (Rhodes & Liburd, 2019). En Colombia García, (2015) encontró de forma natural y abundante a *N. californicus* en cultivos de fresa del Valle del Cauca.

Ciclo de vida

Los huevos de *N. californicus* presentan un color blanquecino pálido. Las larvas son traslucidas y se caracterizan por tener tres pares de patas. Los estados ninfales (protoninfa y deutoninfa) son similares a los adultos, excepto que su tamaño es menor. Los adultos pueden tener un color naranja claro, melocotón o rosa. Las hembras adultas son ovaladas y los machos suelen ser un poco más pequeños que estas (Rhodes & Liburd, 2019).

Una hembra de *N. californicus* pone en promedio dos huevos al día, sin embargo, puede llegar a poner hasta cuatro huevos. Estos pueden tardar entre 1,5 a 4 días en eclosionar, el tiempo dependerá de la temperatura. El estado de larva puede durar entre 0,5 y 1,0 días. Los estados ninfales (protoninfa y deutoninfa) pueden presentar periodos de 1,0 a 3,0 días, cada uno. En total el ciclo de vida de este depredador puede variar de 4,0 días a 12,0 días, su tiempo de duración dependerá de la temperatura (Rhodes & Liburd, 2019).

N. californicus es un ácaro que se desarrolla rápido al consumir *T. urticae*, sin embargo, también se desarrolla y se reproducirse con éxito al consumir *Aculus schlenchtendali* (Nalepa), *Oligonychus pratensis* (bancos), *Oligonychus perseae* Tuttle, *Oligonychus ilicis* (McGregor), *Panonychus ulmi* (Koch), *Phytonemus pallidus* (Bancos) y *P. latus*. Además, también puede sobrevivir y reproducirse alimentándose de trips, incluso polen por un corto tiempo (Rhodes & Liburd, 2019).

En Brasil Toldi et al. (2013) en condiciones de 28 ± 1 °C en la fotofase de 12 horas y 22 ± 1 ° C en la escotofase y humedad relativa de 70 ± 5% determinaron que *N. californicus* alimentado de *T. urticae* en fresa presenta un tiempo de desarrollo promedio de huevo a adulto de 5,69 días, en el caso de las hembras, mientras que los machos se tardaron 5,35 días en completar su ciclo de vida. Por otra parte, en Egipto Fahim y El-Saiedy (2021), mencionan que en condiciones de 27 ± 1 ° C, 70 ± 5% de HR y fotoperíodo 16L: 8D. *N. californicus* al tener como presa a *T. urticae*, completa si ciclo de vida en 5,39 días en el cultivar 029 de fresa y 5,79 días en fresa Estrella Wanter.

Asimismo, en Egipto Abdel-Khalek et al. (2019) reportaron que el tiempo de desarrollo de huevo a adulto de *N. californicus* en condiciones de 27 ± 1 °C, 70-80% HR y 16L: 8D h de fotoperíodo y alimentado de *T. urticae* en dos cultivares de guisantes (uno regular y otro dulce) fue de 6,67 y 6,0 días, respectivamente. En España, Escudero y Ferragut (2005) en condiciones de 25 ± 1 °C, 70-80% de humedad relativa y fotoperíodo de 12:12 h L: D. determinaron que el tiempo de duración de huevo a adulto de *N. californicus* alimentado de *T. urticae, T. turkestani, T. ludeni* y *T. evansi* fue de 6,43, 5,96, 4,67 y 7,61 días, respectivamente.

El Taj & Jung (2012) a temperaturas de 15, 20, 25, 30 y 34 °C y un fotoperÍodo de 16L: 8D. en Corea determinaron que cuando *N. californicus* tiene como presa a *Panonychus ulmi* su

ciclo de vida dura 15,61, 6,38, 3,83, 3,13, 3,18 días, respectivamente, en el caso de las hembras y 14,94, 6,20, 3,81, 3,07, 3,10 días, respectivamente, en el caso de los machos.

En Arequipa, Perú Huahuasoncco (2017) en condiciones de 21,79 ± 1,12ºC y humedad relativa promedio de 33,71 ± 3,50% reportó que *N. californicus* en aguacate (no específica la variedad) al ser alimentado con polen de higuerilla completa su desarrollo de huevo a adulto en 8,24 días. En Brasil Marafeli et al. (2014) en condiciones de 25 ± 2 ° C de temperatura, 70 ± 10% HR y una fotofase de 14 horas determinaron que *N. californicus* alimentado de polen de *Ricinus communis* L. se desarrolló de huevo a adulto en 5,61 días, en el caso de las hembras y en 5,66 días, los machos.

Rahmani et al. (2009) determinaron que *N. californicus* alimentado con larvas de *Thrips tabaci* Lindeman sobre frijol, a una temperatura de 25 ± 1 ° C, 65 ± 5% HR y fotoperiodo 16: 8 h L: D se desarrolló de huevo a adulto en 9,0 días.

1.6 Estudios de depredación

En Chile, Jiménez (2012) evaluó la respuesta funcional de *N. californicus* , sobre estadios móviles y huevos de *O. yothersi*, en condiciones controladas, para su estudio colocaron sobre discos de hoja de aguacate 3 hembras adultas de *N. californicus* y densidades de 6, 12, 24, 36 y 48 individuos de *O. yothersi* como presa; los resultados indican que *N. californicus* presenta respuesta funcional de tipo II para ácaros presa, siendo 0,04; 1,41 y 0,04; 0,96 sus tasas de búsqueda y tiempo de manipulación (horas), para móviles y para huevos, respectivamente. La densidad de saturación se alcanzó a las densidades de 57 móviles y de 89 huevos y el consumo máximo estimado fue de 13 móviles y de 19 huevos", a partir de estos resultados Jiménez sugiere que *N. californicus* puede llegar a ser un buen agente de control biológico durante los primeros estados infestación de *O. yothersi*, cuando la densidad de la plaga aun es baja.

En Honduras, Turcios (2009) evaluó la preferencia de depredación de *N. californicus* sobre huevos, ninfas y adultos de *Tetranychus gloveri* (Banks) y *Tetranychus ludeni* (Zacher) en 48 horas los resultados indicaron que el *Phytosseiidae* cuando es sometido a condiciones de no preferencia, presenta preferencia por los estados adultos de *T. ludeni* y en condiciones de preferencia presenta preferencia por los estados ninfales de *T. ludeni.*

En Kenia, estudios realizados por Koller et al. (2007) con *Tetranychus evansi* Baker y Pritchard que es una plaga invasiva del tomate en Europa y África evaluaron a *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot y *N. californicus* para el control de *T. evansi* sin embargo los resultados no fueron exitosos; posiblemente por los efectos adversos directos del tomate en los depredadores debido a rasgos morfológicos como los tricomas y a efectos indirectos como compuestos tóxicos. Por tal motivo, los investigadores anteriormente citados evaluaron y separaron los efectos directos e indirectos del tomate en el ciclo de vida de *N. californicus* alimentado con dos cepas de *T. evansi*, con este estudio concluyeron que el tiempo de desarrollo y la tasa de oviposición de *N. californicus* es afectada negativamente de forma directa e indirectamente por el tomate mientras que la descendencia, la proporción de sexos y la supervivencia de los juveniles y las hembras adultas no se vieron afectadas.

2. Materiales y métodos

Los experimentos de tablas de vida y capacidad de consumo, se realizaron en el laboratorio de Entomología y Acarología de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira (3°30′42″N 76°18′28″O) en condiciones de 26 ± 3°C y 56 ± 3% HR. Este trabajo se realizó entre 2020 y 2021.

2.1 Parámetros de la tabla de vida de *N. californicus* alimentándose de *O. yothersi* en aguacate Hass y de *T. urticae* en frijol

2.1.1 Establecimiento de la cría de *O. yothersi*

El ácaro *O. yothersi* fue colectado en un cultivo comercial de aguacate Hass, ubicado en la vereda La Quisquina, municipio de Palmira, Valle del Cauca (3°34′21.445″N 76°11′5.958″O), durante el primer semestre del año 2020. Se colectaron hojas infestadas por el ácaro, en bolsas plásticas con cierre hermético y se llevaron en neveras de icopor

hasta el laboratorio, donde con ayuda de un estereoscopio se seleccionaron hembras de *O. yothersi*, y se transfirieron a hojas de aguacate Hass provenientes de árboles de doce meses de edad. De cada colecta se realizaron montajes de placas en medio Hoyer de hembras y machos para corroborar la especie.

Se siguió la metodología descrita por García (2019), en la cual se lavaron las hojas de aguacate para retirar el polvo, antes de trasladar las hembras de *O. yothersi*, evitando así que ácaros de otras especies e insectos estuvieran presentes. Posteriormente, las hojas se secaron con papel toalla y se colocaron sobre una espuma saturada de agua, dentro de una caja de Petri. Los bordes de las hojas se rodearon con algodón húmedo para evitar el escape de los ácaros (figura 1a), y con la ayuda de un pincel se procedió a transferir las hembras de *O. yothersi* para que iniciaran a formar sus colonias (figura 2a y 2b).

Finalmente, las unidades de cría se dispusieron sobre una bandeja plástica y se mantuvieron en una cabina dentro del laboratorio (figura 1b). Se realizaron cambios de hoja cada ocho días, para lo cual, con un pincel fino se transfirieron hembras jóvenes sobre hojas nuevas de aguacate Hass.

Figura 1. Metodología utilizada para establecer la cría de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass. **a.** Organización dé la hoja. **b.** Cría en condiciones controladas de laboratorio.

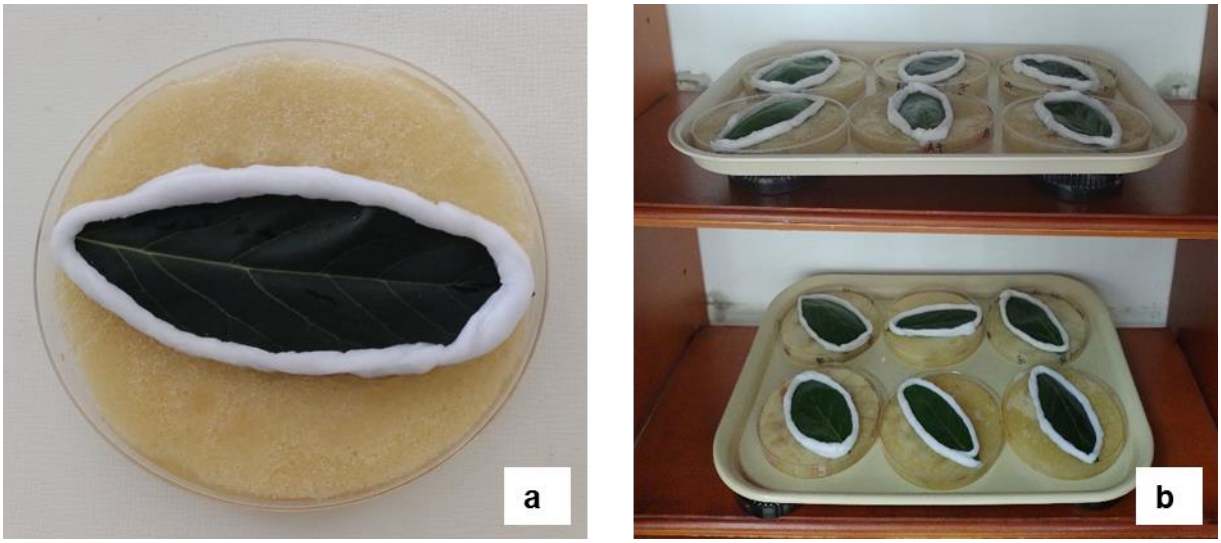
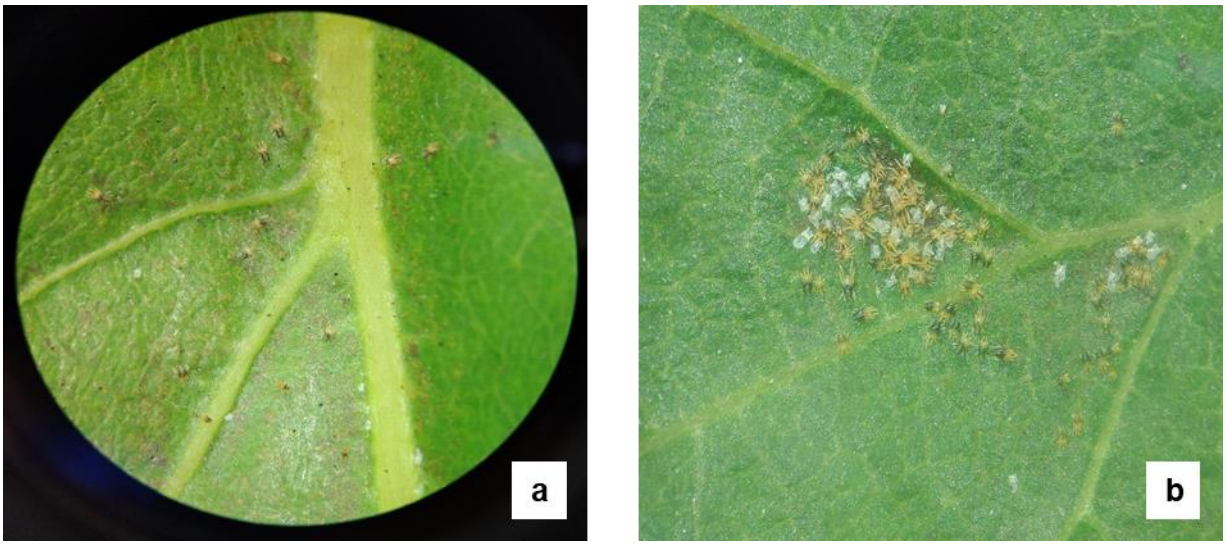


Figura 2. Colonia de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass. **a.** Detalle de los ácaros en la colonia. **b.** Ácaros en diferentes estados y sus respectivas exuvias.



2.1.2 Establecimiento de la cría de *T. urticae*

La cría de *T. urticae* se estableció según la metodología descrita por Herrera (2019). Para ello, se utilizaron plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) ICA Pijao en una casa de malla de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, bajo condiciones de fotoperiodo de 12:12 h, 70 ± 5 % HR y 26 ± 5 °C (figura 3). Cada semana se sembró 300 plantas de frijol, las cuales se infestaron con *T. urticae* a las cinco semanas de edad (figura 4).

Figura 3. Plantas de frijol sin infestar.

Cada diez días se colocó plantas nuevas y limpias cerca de las plantas infestadas para mantener altas poblaciones de *T. urticae*. Para evitar la infestación de mosca blanca se colocaron trampas adhesivas de color amarillo y cada quince días, las plantas fueron fertilizadas con NPK (15%N-15%P-15%K). El control de malezas se hizo de forma manual.

Figura 4. Plantas de frijol infestadas con *Tetranychus urticae.*

2.1.3 Establecimiento de la cría del depredador *N. californicus*

La cría de *N. californicus* se estableció en el laboratorio de Entomología y Acarología de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, con adultos provenientes de la empresa Bichopolis S.A.S., ubicada en la vereda Palo Verde, sector El Darien, Tabio, Cundinamarca (4°55′2.136″N 74°5′37.103″O) a 2570 msnm y una temperatura que oscila entre 7 y 19 °C. Los ácaros se recibieron en Palmira, en neveras de icopor con geles refrigerantes y empacados en frascos plásticos de 60 cc con sustrato de vermiculita (figura 5). En el laboratorio, la cría del depredador se hizo a través de la adaptación del método descrito por Mesa y Belloti (1986) (figura 6).

Figura 5. Presentación comercial de Neoseiulus californicus. **a.** Nevera de Icopor en la cual se reciben los depredadores. **b.** Frasco con vermiculita y el depredador.

Figura 6. Metodología para la cría de *Neoseiulus californicus*. **a.** Bandeja plástica con rejilla. **b.** Liberación del depredador. **c.** Tapado de la bandeja. **d.** Sellado con papel Cristapel.

2.1.4 Ensayos para determinar los parámetros de la tabla de vida de *N. californicus* alimentándose de *O. yothersi* en aguacate Hass y de *T. urticae* en frijol

Las observaciones del desarrollo de huevo a adulto de *N. californicus* se realizaron ofreciendo como alimento *O. yothersi* sobre aguacate Hass y *T. urticae* en hojas de frijol, siguiendo la misma metodología. Los experimentos se realizaron en el laboratorio en una cámara de cría bajo condiciones controladas, anteriormente descritas, y a través de la adaptación de la metodología descrita por Mesa & Bellotti (1986) para la cría de *Neoseiulus anonymus* (Chant & Baker). Se usaron recipientes plásticos transparentes de 2 cm de diámetro por 1.5 cm de alto, que en su interior contenían un disco de papel toalla humedecido con agua y sobre este un disco de hoja de aguacate Hass infestado de *O. yothersi* o de frijol infestado con *T. urticae* según corresponda. En cada recipiente se colocó por aproximadamente 12 a 15 horas una hembra de *N. californicus* recién copulada para que ovipositara.

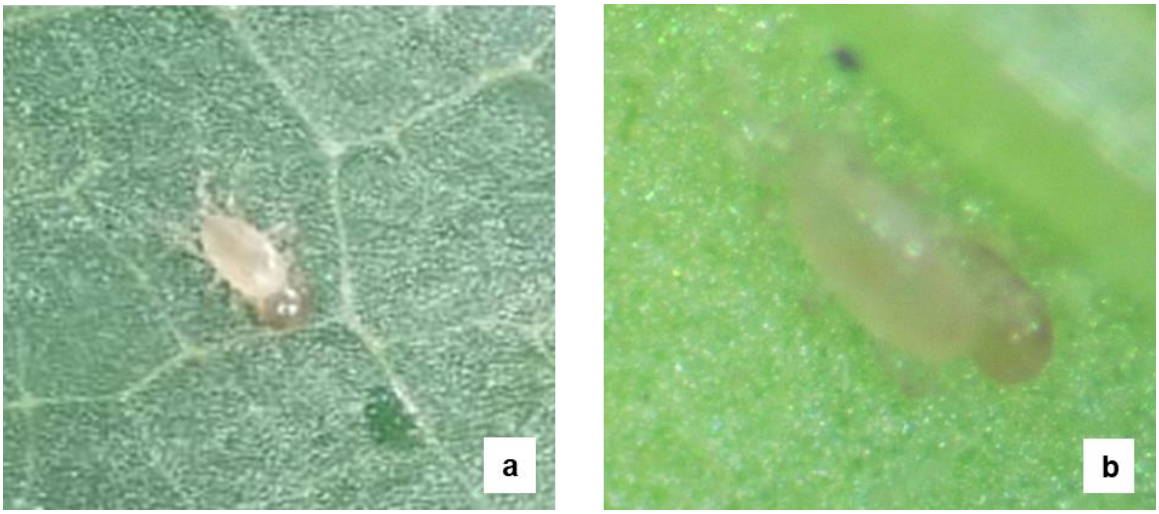
Una vez transcurrido este tiempo se retiraron las hembras, y se dejó un huevo de *N. californicus* por cada recipiente, formando así la unidad experimental (figura 7). Para hacer el seguimiento de la duración de los estados de desarrollo de *N. californicus*, se garantizó una cohorte de 100 huevos de *N. californicus* tanto para *O. yothersi* en aguacate Hass, como para *T. urticae* en frijol.

Figura 7. Metodología para evaluar los parámetros de la tabla de vida de *Neoseiulus californicus*. **a.** Papel toalla en círculos. **b.** Discos de hoja de aguacate hass. **c.** Recipientes con papel toalla húmedo y los discos de hojas. **d.** Huevo del depredador **e.** Rotulación. **f.** Recipientes tapados con Cristapel.

Se realizaron observaciones diarias (cada 4 horas) desde el estado de huevo hasta adulto, registrando la duración de cada estado de desarrollo, al observar las exuvias de cada cambio, el sexo y la mortalidad. Cuando se observó que el disco de hoja estaba muy deteriorado, se cambió por uno nuevo infestado de *O. yothersi o de T. urticae* para garantizar su alimentación y percatándose de sellar o tapar los recipientes con papel cristapel para evitar el escape de los ácaros.

Con los adultos obtenidos (hembras y machos) se formaron parejas recién emergidas, para que copularan (figura 9). Una vez se observó que las hembras estuvieron grávidas se individualizaron en recipientes iguales a los descritos para el desarrollo de huevo a adulto y se observó el tiempo de duración de los periodos de preoviposición, (tiempo transcurrido entre la emergencia de la hembra hasta el momento de la primera oviposición), oviposición (tiempo desde la primera oviposición hasta el último huevo) y post-oviposición (tiempo desde que coloca el último huevo hasta la muerte de la hembra), y la longevidad (tiempo desde la emergencia hasta la muerte). Para cada uno de los periodos los datos se expresaron en días promedios.

Figura 9. Cópula de *Neuseiulus californicus*. **a.** Aguacate Hass. **b.** Frijol.



Diariamente se registró el número de huevos puestos por día de cada hembra, en grupos de 30 hembras alimentadas con *O. yothersi* y 30 hembras alimentadas con *T. urticae*. Con los datos de tiempo de duración de cada estado, duración total, fecundidad y longevidad se procedió a construir la tabla de vida de *N. californicus* sobre cada alimento suministrado. Se ecalculó y graficó el porcentaje de sobrevivencia (lx), la fecundidad (mx) y se determinaron las estadísticas de población según lo establecido por Andrewarth & Birch 1954) mediante la técnica Jackknife implementada por Maia et al. (2000) con el paquete estadístico SAS 9.3. Los parámetros poblacionales calculados fueron:

Tasa de reproducción neta (Ro): también conocida como tasa de reemplazo es la capacidad de una especie para incrementar su número, refleja el número promedio de progenies de hembras que produce cada hembra de la población, es decir, la capacidad de multiplicación en el lapso de una generación. Tiene en cuenta la sobrevivencia de las hembras adultas (lx) y el promedio de la fecundidad (mx, fecundidad por hembra individual). Se establece a partir de la fórmula: Ro =Σlx*mx.

Tasa intrínseca de crecimiento (rm): indica la capacidad reproductiva máxima de un organismo para aumentar numéricamente bajo condiciones óptimas, es decir, la expresión del potencial biótico de una población. El valor del rm describe el potencial de crecimiento de una población en condiciones climáticas y alimenticias establecidas.

Este es un parámetro importante en estrategias inductivas y en modelos de manejo para poblaciones de artrópodos plaga.

Se establece a partir de la fórmula: rm = Logaritmo natural (Ro) / T.

Tiempo medio generacional (T): es el tiempo que transcurre entre la emergencia de los padres y la de los hijos es decir el tiempo promedio entre dos generaciones sucesivas de una determinada población. Se calcula mediante la estimación del promedio de las edades de los adultos en cada intervalo de edad por el número neto de descendencia puesto en cada intervalo, dividido entre la tasa neta reproductiva.

Se establece a partir de la fórmula: $T = \Sigma x * lx * mx / Ro$.

Tiempo de doblaje o duplicación (Dt): es el tiempo necesario para doblar la población inicial. Se establece a partir de la fórmula: $Dt = \ln (2) / rm$.

Tasa finita de crecimiento (λ): es un factor de multiplicación de la población por hembra por semana, su parte decimal permite calcular la tasa diaria (semanal) de incremento expresado como un porcentaje. Se establece a partir de la fórmula: λ= Antilog rm.

2.2 Parámetros de la tabla de vida de *O. yothersi* en aguacate Hass

El seguimiento de los estados de desarrollo de *O. yothersi s*e realizó siguiendo la metodología descrita por Mesa, Bellotti y Duque (1987) y García (2019), para lo cual, se usaron cajas de Petri plásticas de 15 cm de diámetro y 1.5 cm de altura dentro de las cuales, se colocaron espumas de poliuretano saturadas con agua, sobre las cuales se distribuyeron cuadros de 2 cm^2 de hojas jóvenes de aguacate Hass. Los bordes de los cuadrados se protegieron con papel toalla húmedo, el cual actuó como barrera para el escape de los ácaros (figura 10). En cada trozo de hoja se colocó una hembra grávida proveniente de la colonia y se dejó por 24 horas para que ovipositara.

Figura 10. Metodología usada para determinar los parámetros de la tabla de vida de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass.

Una vez transcurrido este tiempo se retiraron las hembras, dejando un huevo de *O. yothersi* por cada cuadrado de hoja, formando así la unidad experimental. Para hacer el seguimiento de la duración del tiempo de desarrollo de los estados del ácaro, se garantizó una cohorte de 100 huevos, a los cuales se les realizaron dos observaciones diarias, desde el estado de huevo hasta adulto, registrando el tiempo de desarrollo y los cambios de cada estado, la presencia de exuvias, el sexo de cada individuo y la mortalidad.

Los experimentos de oviposición y longevidad de *O. yothersi* se realizaron en las mismas unidades experimentales utilizadas para el desarrollo de huevo a adulto. Para ello, se tomaron 30 deutoninfas proximas a pasar a teliocrisálida y a cada una se les colocó un macho, para asegurar la cópula inmediatamente emergiera la hembra.

Se hicieron observaciones diarias desde que las hembras grávidas se aislaron, se registró el periodo de preoviposición, oviposición y el periodo de posoviposción, además de contar el número de huevos diarios y la longevidad de cada hembra, eliminando los datos de descendencia de aquellas que murieron por condiciones no naturales (ahogamiento). A partir de esta información.

Se calculó y graficó el porcentaje de sobrevivencia (lx), la fecundidad (mx) y se determinaron las estadísticas de población según lo establecido por Andrewarth & Birch

1954) mediante la técnica Jackknife implementada por Maia *et al*. (2000) con el paquete estadístico SAS 9.3. Los parámetros poblacionales calculados fueron:

2.3 Capacidad de consumo de *N. californicus* sobre huevos, ninfas y adultos de *O. yothersi*

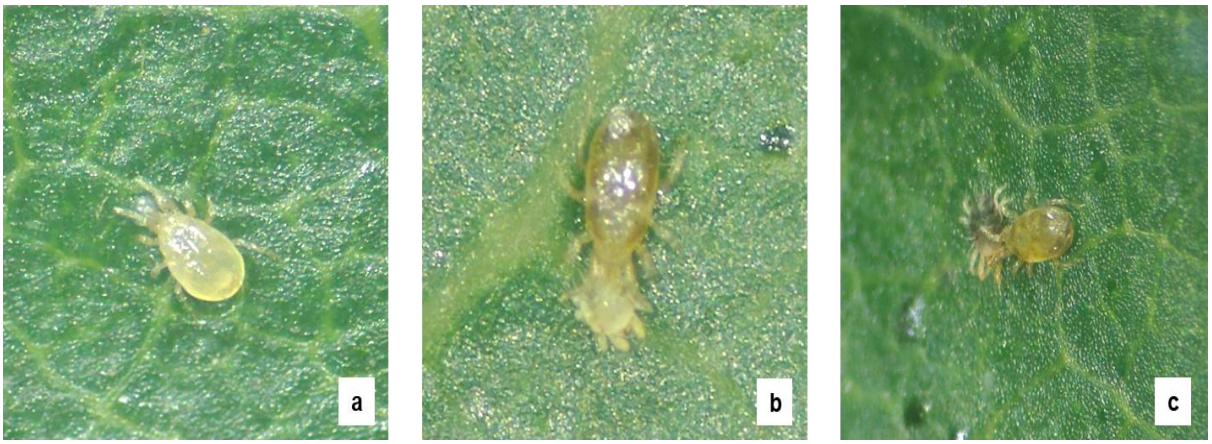
El estudio de la capacidad de consumo del depredador se hizo en la cámara de cría, bajo las mismas condiciones de desarrollo de la colonia y los experimentos de desarrollo de huevo hasta adulto y periodos reproductivos. Se utilizó la misma metodología de disco de hoja propuesta por Imbachi (2012). La unidad experimental consistió en un disco de hoja de aguacate Hass de 2 cm de diámetro el cual se colocó sobre una toalla de papel húmeda, la cual estaba situada dentro de un recipiente plástico transparente de 2 cm de diámetro por 1.5 cm de alto.

Se realizaron pruebas con los estados de huevos, ninfas y adultos de *O. yothersi* en densidades de 5 y 10 individuos presa por disco. Previamente se colocó sobre los discos de hoja de 8 a 10 hembras grávidas de *O. yothersi* provenientes de la cría masiva, por un periodo de 24 horas, para obtener las densidades de huevos correspondientes para las evaluaciones. En el caso de las ninfas y adultos, estos se transfirieron directamente de la colonia de *O. yothersi* con ayuda de un pincel 000.

En cada recipiente se colocó una hembra grávida de *N. californicus* por cada densidad de presa y se evaluaron 30 repeticiones por densidad. A las 24 horas siguientes se registró la depredación (figura 11), contando el número de ninfas o adultos vivos y para el caso de los tratamientos con huevos se contabilizó como huevos no consumidos aquellos que se encontraron íntegros, no succionados. Adicional a esto, también se llevó un registro del número de huevos puesto por las hembras de *N. californicus*, estas evaluaciones se realizaron por un periodo de cinco días.

Para el análisis de la información, los datos se sometieron a un Análisis de Varianza (ANDEVA) y separación de medias por diferencia mínima significativa (DMS) al 5% de confiabilidad con el paquete estadístico (SAS 9.2, 2008).

Figura 11. Depredación de *Neoseiulus californicus* a los diferentes estados de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass*.* **a.** Huevos. **b.** Ninfas. **c.** Adultos.



3. Resultados y discusión

3.1 Parámetros de la tabla de vida de *N. californicus* alimentándose de *O. yothersi* en aguacate Hass y de *T. urticae* en frijol

Descripción de los estados de desarrollo de *N. californicus* alimentándose de *O. yothersi* en aguacate Hass y de *T. urticae* en frijol

Huevo: en ambos casos, los huevos de *N. californicus* presentan una coloración hialina, que a medida que transcurre el tiempo y el embrión va madurando se va tornando lechosa, su textura es lisa y son de forma ovalada al igual que en *T. urticae*.

Larva: tanto en aguacate como en frijol las larvas recién emergidas son traslucidas y se caracterizan por tener tres pares de patas y en el opistosoma se logran observar un par de setas.

Protoninfa: a medida que la protoninfa se alimenta adquiere una pigmentación que varía entre colores verdes claros o cafés cuando consume *O. yothersi*, mientras que cuando la presa es *T. urticae* en frijol, la protoninfa es de color amarillo claro o amarillo oscuro. En este estado el ácaro presenta cuatro pares de patas.

Deutoninfa: las deutoninfas también varían en su color debido a que la pigmentación la adquieren de acuerdo a la presa que consumen. Por lo general, presentan color café o marrón cuando su presa es *O. yothersi* en aguacate Hass, y amarillo oscuro al alimentarse de *T. urticae* en frijol.

Adulto: en ambos casos, las hembras son más grandes que los machos, su cuerpo es muy similar a la forma de una pera, presentan opistosoma ancho, mientras que los machos tienen forma ovalada. La pigmentación de los adultos es de color café o marrón al alimentarse de *O. yothersi* y de color mostaza al ingerir *T. urticae*.

En este estudio los resultados son similares a los reportados por Huahuasoncco (2017), quien describe los huevos de *N. californicus* traslúcidos y se tornan lechosos a medida que están próximos a eclosionar. En esa investigación, el color del adulto fue amarillento dado que el alimento fue polen de higuerilla.

Figura 12. Estados de desarrollo de *Neoseiulus californicus* sobre aguacate Hass.

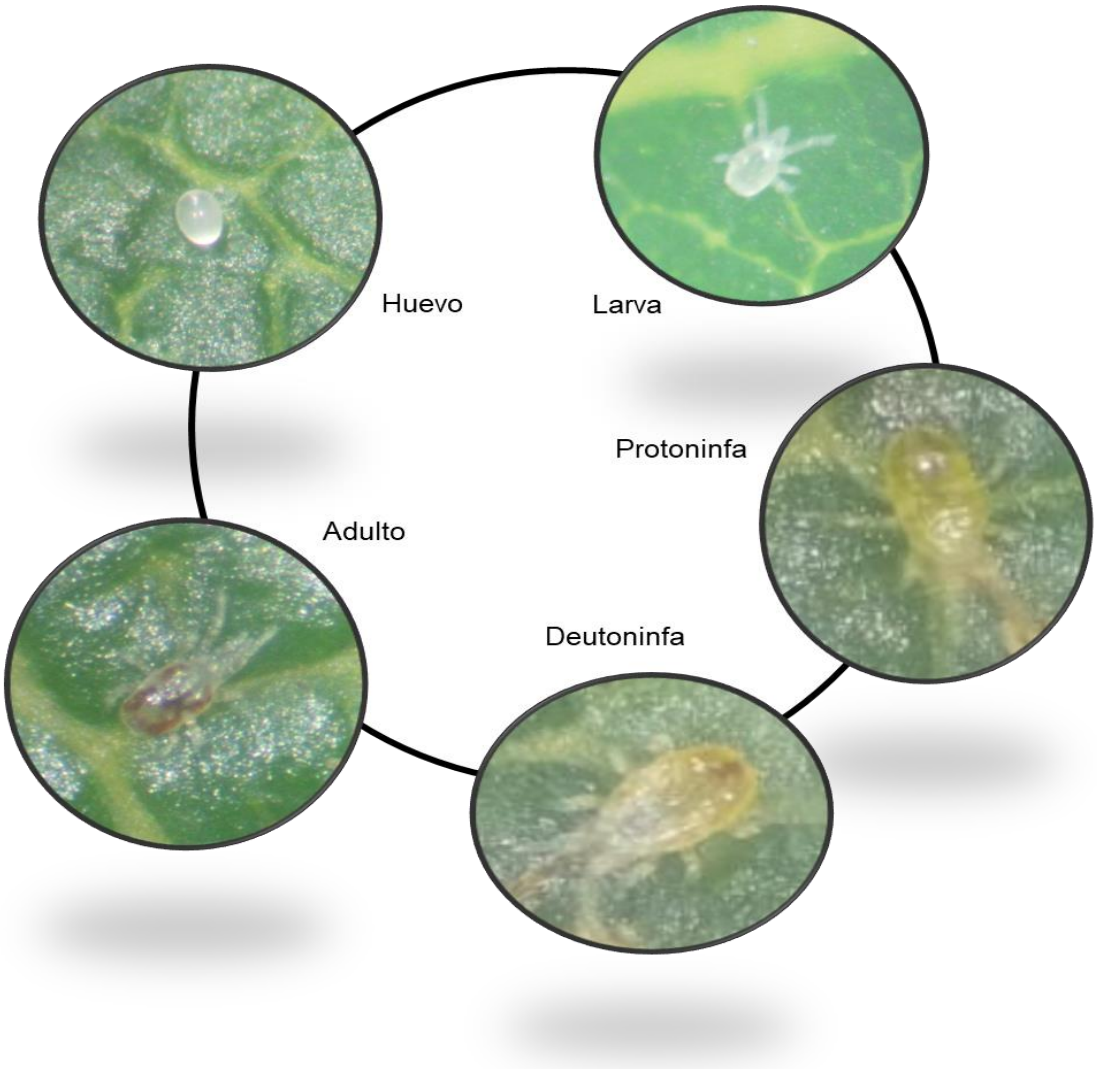
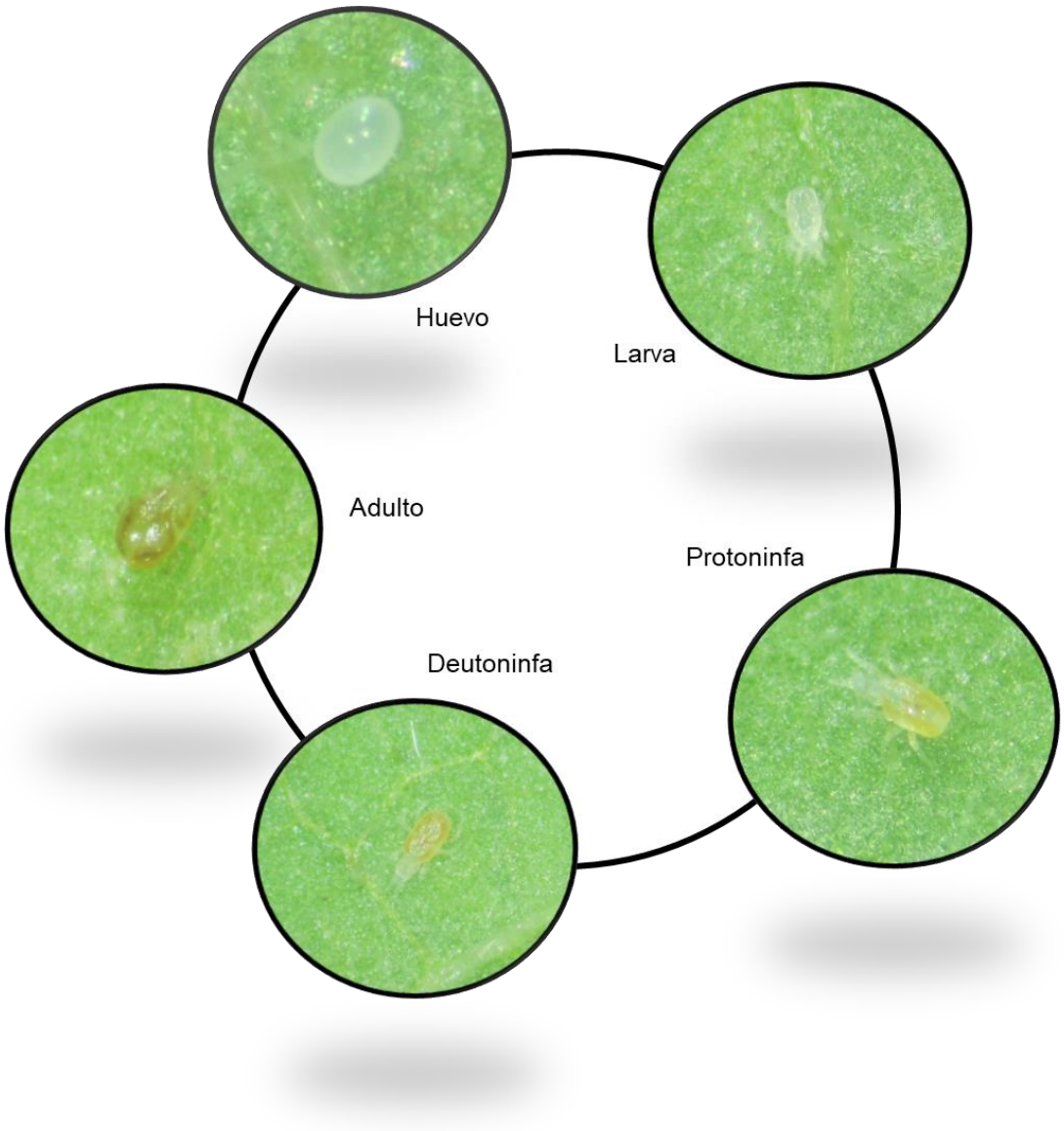


Figura 13. Estados de desarrollo de *Neoseiulus californicus* sobre frijol.



Duración de los estados de desarrollo

El depredador *N. californicus* completo con éxito su desarrollo de huevo a adulto alimentado de *O. yothersi* en *P. americana* var. Hass y al tener como presa a *T. urticae* en *P. vulgaris*. Los resultados de la prueba t student indican que hay diferencia estadística significativa en la duración del estado de huevo y larva, y diferencia estadística altamente significativa en la duración del estado de deutoninfa (Tabla 1).

Estos resultados son similares a los encontrados en Brasil por Toldi et al. (2013), quienes estudiaron la biología de *N. californicus* alimentado de *T. urticae* en fresa en condiciones controladas de 28 ± 1 ° C en la fotofase de 12 horas y 22 ± 1 ° C en la escotofase y una humedad relativa de 70 ± 5%. Sus resultados sostienen que el tiempo de desarrollo promedio de huevo a adulto para las hembras fue de 5,69 días, mientras que los machos se tardaron 5,35 días en completar su ciclo de vida. Con respecto a la sobrevivencia, los autores reportan un valor de 96,67%, dato que también coincide con lo encontrado en el presente estudio.

A su vez, también son similares a los valores reportados en Egipto por Fahim y El-Saiedy (2021), quienes estudiaron los parámetros de la tabla de vida de *N. californicus* en dos cultivares de fresa (029 y Estrella Wanter) al alimentarse de *T. urticae*, en condiciones de 27 ± 1 ° C, 70 ± 5% de HR y fotoperíodo 16L: 8D. Sus resultados del tiempo de desarrollo de huevo a adulto concluyeron que este depredador tarda 5,39 días en el cultivar 029 y 5,79 días en Estrella Wanter. Con respecto a la sobrevivencia, los autores reportan porcentajes de 70 y 71%, en el caso de las hembras en el cultivar 029 y Estrella Wanter, y un 30 y 29% en los machos, respectivamente.

Por otra parte, en Egipto Abdel-Khalek et al. (2019) también determinaron que el tiempo de duración de huevo a adulto de *N. californicus* en condiciones de laboratorio de 27 ± 1 °C, 70-80% HR y 16L: 8D h de fotoperíodo y alimentado de *T. urticae* en dos cultivares de guisantes (uno regular y otro dulce) fue de 6,67 y 6,0 días, respectivamente. Los porcentajes de sobrevivencia que los investigadores encontraron fueron de 98% en el cultivar regular y de 90% en el dulce.

En España Escudero y Ferragut (2005) reportaron resultados similares a los de este estudio. En condiciones de 25 ± 1 °C, 70-80% de humedad relativa y fotoperíodo de 12:12 h L: D. los investigadores determinaron que el tiempo de duración de huevo a adulto de *N. californicus* alimentado de *T. urticae, T. turkestani, T. ludeni* y *T. evansi* fue de 6,43, 5,96, 4,67 y 7,61 días, respectivamente. Los porcentajes de sobrevivencia fueron de 93,2, 94,4, 97,1 y 75,7%, respectivamente.

Estudios realizados en Corea por El Taj & Jung (2012) a diferentes temperaturas 15, 20, 25, 30 y 34 °C y un fotoperÍodo de 16L: 8D. determinaron que cuando *N. californicus* tiene

como presa a *Panonychus ulmi* el ácaro completa su desarrollo de huevo a adulto en 15,61, 6,38, 3,83, 3,13, 3,18 días, respectivamente, en el caso de las hembras y 14,94, 6,20, 3,81, 3,07, 3,10 días, respectivamente, en el caso de los machos.

No obstante, los resultados de esta investigación difieren a lo encontrado en Arequipa, Perú por Huahuasoncco (2017), quien en condiciones de 21,79 ± 1,12ºC y humedad relativa promedio de 33,71 ± 3,50%, estudió el ciclo de vida de *N. californicus* en aguacate (no reporta la variedad) al ser alimentado con polen de higuerilla. Sus resultados concluyen que *N. californicus* desarrolla su ciclo de vida en 8,24 días.

Al comparar los resultados de esta investigación con las anteriormente citadas, se puede apreciar que con algunas se presentan semejanzas y con otras diferencias. Sin embargo, todas están enmarcadas en un tiempo de desarrollo de huevo a adulto de 3,0 o 4,0 días hasta 12,0 días, de acuerdo a la temperatura del ambiente, tal como lo describe Rhodes y Liburd (2019), quienes mencionan que el desarrollo de *N. californicus* es más rápido a temperaturas más altas, lo cual fue evidenciado en este estudio.

Tabla 1. Duración de los diferentes estados inmaduros (días) de *Neoseiulus californicus* sobre aguacate Hass alimentado con *Oligonychus yothersi* y sobre frijol alimentado de *Tetranychus urticae.*

Estado de desarrollo	**Presa *O. yothersi***		**Presa *T. urticae***	
	Sobrevivencia (%)	**Promedio (días± SD)**	**Sobrevivencia (%)**	**Promedio (días± SD)**
Huevo	100	1,7 ± 0,4*	100	1,8 ± 0,4
Larva	99	0,8 ± 0,3*	100	0,7 ± 0,4
Protoninfa	99	1,2 ± 0,4	98	1,2 ± 0,3
Deutoninfa	96	1,3 ± 0,5**	97	1,0 ± 0,3
Total huevo-adulto	96	5,0	97	4,7
Relación de sexos				

Periodos reproductivos

Con respecto a los periodos reproductivos, preoviposiciòn, ovoposición y posoviposicion, no se encontraron diferencias estadísticas significativas al evaluar a *N. californicus* alimentado de *O. yothersi* en *P. americana* var. Hass y al tener como presa a *T. urticae* en *P. vulgaris*. Así mismo, en la longevidad de las hembras y el total de huevos puestos por *N. californicus* a lo largo de toda su vida, tampoco se encontraron diferencias estadísticas (Tabla 2).

Por consiguiente, se infiere que bajo condiciones de laboratorio el depredador evaluado se comporta de manera similar cuando es alimentado de *O. yothersi* en *P. americana* var. Hass y cuando tiene como presa a *T. urticae* en frijol. Un aspecto importante dado que, por lo general, se asocia a *N. californicus* como controlador de *T. urticae* y precisamente es ampliamente comercializado para el control de esta plaga, no obstante, los hallazgos de esta investigación demuestran que este depredador también puede vivir y desarrollarse en la variedad Hass, alimentándose de *O. yothersi*, por ende, puede llegar a ser una alternativa de control de este fitófago.

Estos resultados difieren a los encontrados por Huahuasoncco (2017), quien encontró un periodo de preoviposición de 3,3 días, oviposición 19,80 días y posoviposición de 12,36 días. La longevidad de las hembras adultas fue de 31, 75 días, a su vez determinó que la capacidad de ovoposición de este depredador en promedio fue de 26,60 huevos/hembra a lo largo de toda su vida, donde al día ovipositan en promedio 1 huevo.

Por su parte, Toldi et al. (2013) reportan que la duración de los períodos de preoviposición, oviposición y posoviposición de *N. californicus* alimentado con *T. urticae* fueron de 3,72, 15,87 y 12,00 días respectivamente, mientras que la longevidad de las hembras fue de 20,0 días y el promedio de fecundidad fue de 38,14 huevos/hembra. Estos valores que difieren a los encontrados en esta investigación, probablemente por la diferencia de las condiciones ambientales.

Estudios realizados por Fahim y El-Saiedy (2021) en Egipto difieren a lo encontrado en esta investigación, ya que los autores reportan que *N. californicus* tiene un periodo de oviposición de 21,48 días, en los cuales pone 45,13 huevos en el cultivar 029 de fresa; mientras que en el cultivar Estrella Wanter la oviposición dura 22,67 días con un promedio de 42,0 huevos en total.

Abdel-Khalek et al. (2019) determinaron que en condiciones de 27 ± 1 °C, 70-80% HR y 16L: 8D h de fotoperíodo *N. californicus* al tener como presa a *T. urticae* presentó un periodo de oviposición de 26,25 días en un cultivar regular de guisantes y 25,0 días en un cultivar dulce. El promedio total de huevos puestos por el depredador fue de 53,75 y 57,50 huevos/hembra, respectivamente.

A su vez, estos resultados también difieren de lo encontrado por Escudero y Ferragut (2005), quienes en condiciones de 25 ± 1 °C, 70-80% de humedad relativa y fotoperíodo de 12:12 h L: D. encontraron que el tiempo de duración del periodo de oviposición de *N. californicus* alimentado de *T. urticae, T. turkestani, T. ludeni* y *T. evansi* fue de 20,48, 20,35, 21,15, 4,32 días, respectivamente, en los cuales ponen en promedio 56,67, 58,64, 63,11, 5,95 huevos, respectivamente.

El Taj y Jung (2012) al evaluar a *N. californicus* a temperaturas de 15, 20, 25, 30 y 34 °C y un fotoperÍodo de 16L: 8D. alimentado con *P. ulmi* encontraron que el depredador presenta periodos de oviposición de 35,83, 21,60, 19,94, 14,76 y 6,62 días, respectivamente; en los cuales en promedio pone 36,22, 51,88, 63,94, 48,74, 10,18 huevos, respectivamente, a lo largo de toda su vida. Se observó que a mayor temperatura el periodo de oviposición disminuye.

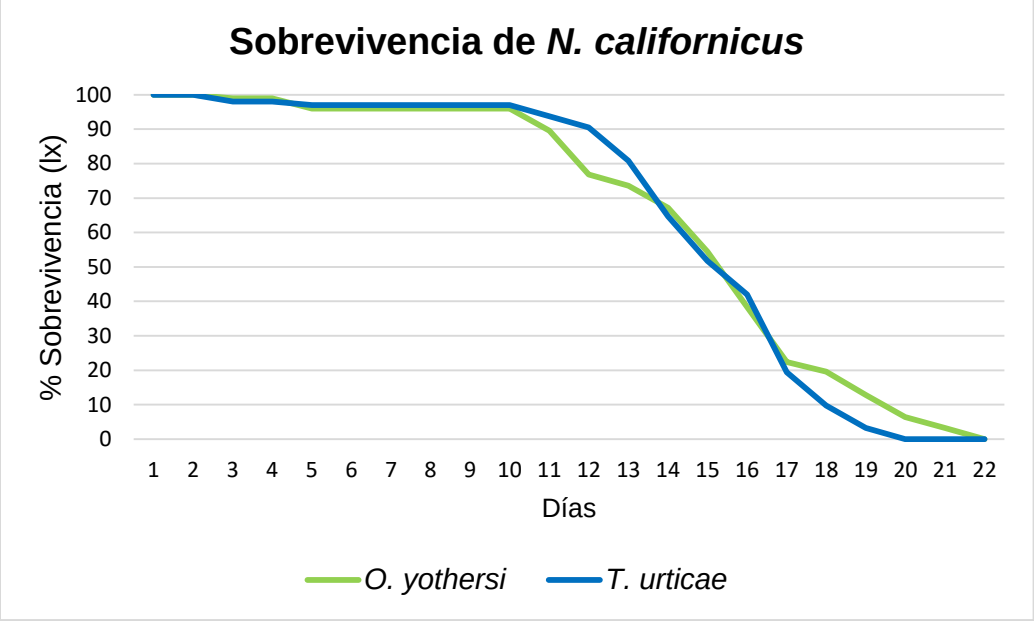
Tabla 2. Duración de periodos reproductivos, longevidad y fecundidad de *Neoseiulus californicus* sobre aguacate Hass alimentado con *Oligonychus yothersi* y sobre frijol alimentado de *Tetranychus urticae.*

Parámetro	***O. yothersi***	***T. urticae***
	Promedio (días± SD)	**Promedio (días± SD)**
Preoviposición (días)	1,10 ± 0,66	1,16 ± 0,53
Oviposición (días)	6,50 ± 2,82	6,80 ± 2,09
Posoviposición (días)	1,23 ± 1,27	0,73 ± 1,11
Longevidad hembras adultas (días)	8,83 ± 2,96	8,70 ± 2,21
Promedio total huevos/hembra	13,50 ± 6,30	15,86 ± 3,72

Parámetros poblacionales

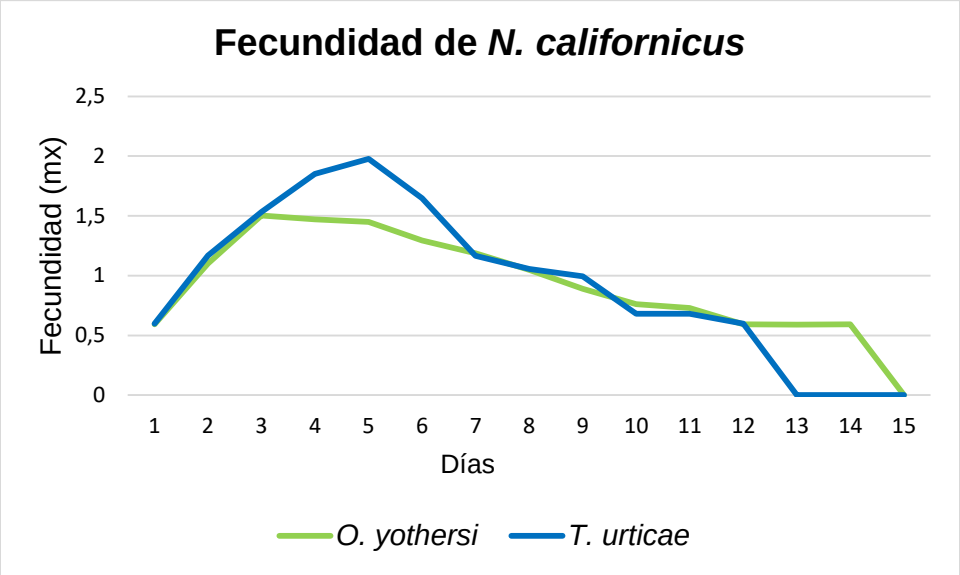
En la figura 14 se presenta la curva de sobrevivencia (lx) de *N. californicus* alimentado de *O. yothersi* sobre *P. americana* var. Hass y cuando tiene a *T. urticae* como presa en *P. vulgaris*. La sobrevivencia de los huevos es alta 100%, en ambos casos. A medida que el ácaro atraviesa por su estado larval y ninfal hasta la formación del adulto, el porcentaje de sobrevivencia disminuye hasta llegar a un 96% cuando el depredador consume *O. yothersi* y un 97% al tener como presa a *T. urticae.* Estos valores se mantienen constantes hasta el día número diez, a partir del día once la sobrevivencia disminuye a medida que avanza la edad.

Figura 14. Porcentaje de sobrevivencia (lx) de *Neoseiulus californicus*.



En cuanto a la fecundidad (mx), las hembras de *N. californicus* inician colocando un huevo al día. Cuando estas tienen como presa a *O. yothersi* en el tercer día alcanzan su pico máximo (1,5 huevos), a partir del quinto la fecundidad comienza a descender hasta llegar a cero en el día 15. Cuando la presa es *T. urticae* las hembras alcanzan su pico máximo (2 huevos) en el quinto día y a partir del sexto la curva desciende hasta llegar a cero en el día 13 (Figura 15).

Figura 15. Fecundidad (mx) de *Neoseiulus californicus.*



Los parámetros poblacionales de *N. californicus* alimentado con *O. yothersi* son muy similares a los encontrados cuando el depredador tiene como presa a *T. urticae* (Tabla 3). Por lo tanto, se infiere que el depredador tiene un comportamiento similar al consumir cualquiera de las dos presas.

Los resultados de este trabajo difieren a lo encontrado por Fahim y El-Saiedy (2021). Los autores en condiciones de 27 ± 1 ° C, 70 ± 5% de HR y fotoperíodo 16L: 8D. reportan que la tasa intrínseca de crecimiento natural (r_m), la tasa finita de multiplicación (λ), la tasa neta de reproducción (Ro) y el tiempo generacional (T) de *N. californicus* al consumir *T. urticae* fueron de 0,28, 1,32, 31,56, y 12,29 respectivamente en el cultivar 029 de fresa; mientras que los valores en el cultivar Estrella Wanter fueron de 0,26, 1,3, 30,48, y 13,02, respectivamente.

Abdel-Khalek et al. (2019) determinaron que en condiciones de 27 ± 1 °C, 70-80% HR y 16L: 8D h de fotoperíodo *N. californicus* al tener como presa a *T. urticae* presenta un r_m, λ, Ro, T y Td de 0,27, 1,31, 43, 14,10 y 2,57, respectivamente, en el cultivar regular de guisantes y 0,29, 1,34, 46,03, 13,01 y 2,35, respectivamente, en el cultivar de guisantes dulces.

El Taj y Jung (2012) encontraron que el r_m, λ, Ro, T y Td de *N. californicus* al consumir *P. ulmi* fueron de 0,09, 1,09, 26,15, 36,58 y 7,86 a 15 °C; 0,19, 1,21, 38,38, 19,45 y 3,70 a 20 °C; 0,25, 1,29, 49,24, 15,31 y 2,72 a 25 °C; 0,29, 1,34, 31,88, 11,81 y 2,37 a 30 °C y 0,18, 1,20, 6,80, 10,68 y 3,86 en condiciones de 34 °C.|

Por otra parte, Toldi et al. (2013) concluyeron que *N. californicus* se reprodujo bien alimentado de *T. urticae.* Los investigadores encontraron un r_m de 0,15 , Ro de 17,10, T de 19,35 días y λ de 1,41 hembras/ día.

Tabla 3. Parámetros poblacionales de *Neoseiulus californicus* sobre aguacate Hass alimentado con *Oligonychus yothersi* y sobre frijol alimentado con *Tetranychus urticae.*

Parámetro	*O. yothersi*	*T. urticae*
rm: Tasa intrínseca de crecimiento natural	0,20	0,23
λ : Tasa finita de multiplicación - (días)	1,2	1,3
Ro : Tasa Reproductiva Neta (hembras/generación)	9.73	11.05
Td: Tiempo de duplicación (días)	3.3	3,0
T: Tiempo generacional (días)	10.9	10.4

3.2 Parámetros de la tabla de vida de *O. yothersi* en aguacate Hass

Descripción de los estados de desarrollo de *O. yothersi* en aguacate Hass

Huevo: Esta adherido en el haz de la hoja, por lo general a las nervaduras. Al inicio tiene una coloración hialina y se torna de color ámbar a medida que va madurando el embrión; poco antes de la eclosión presenta un color amarillo naranja. Son de textura lisa, forma redonda, con una leve ondulación de la cual se desprende un pedicelo.

Larva: cuando recién emergen son de color amarillo claro, el idiosoma se torna de amarillo claro a verde claro conforme la larva se alimenta; se caracterizan por tener tres pares de patas de color amarillo crema, se ubican en el haz de la hoja, y en el propodosoma tienen dos puntos rojos, los cuales son los ojos.

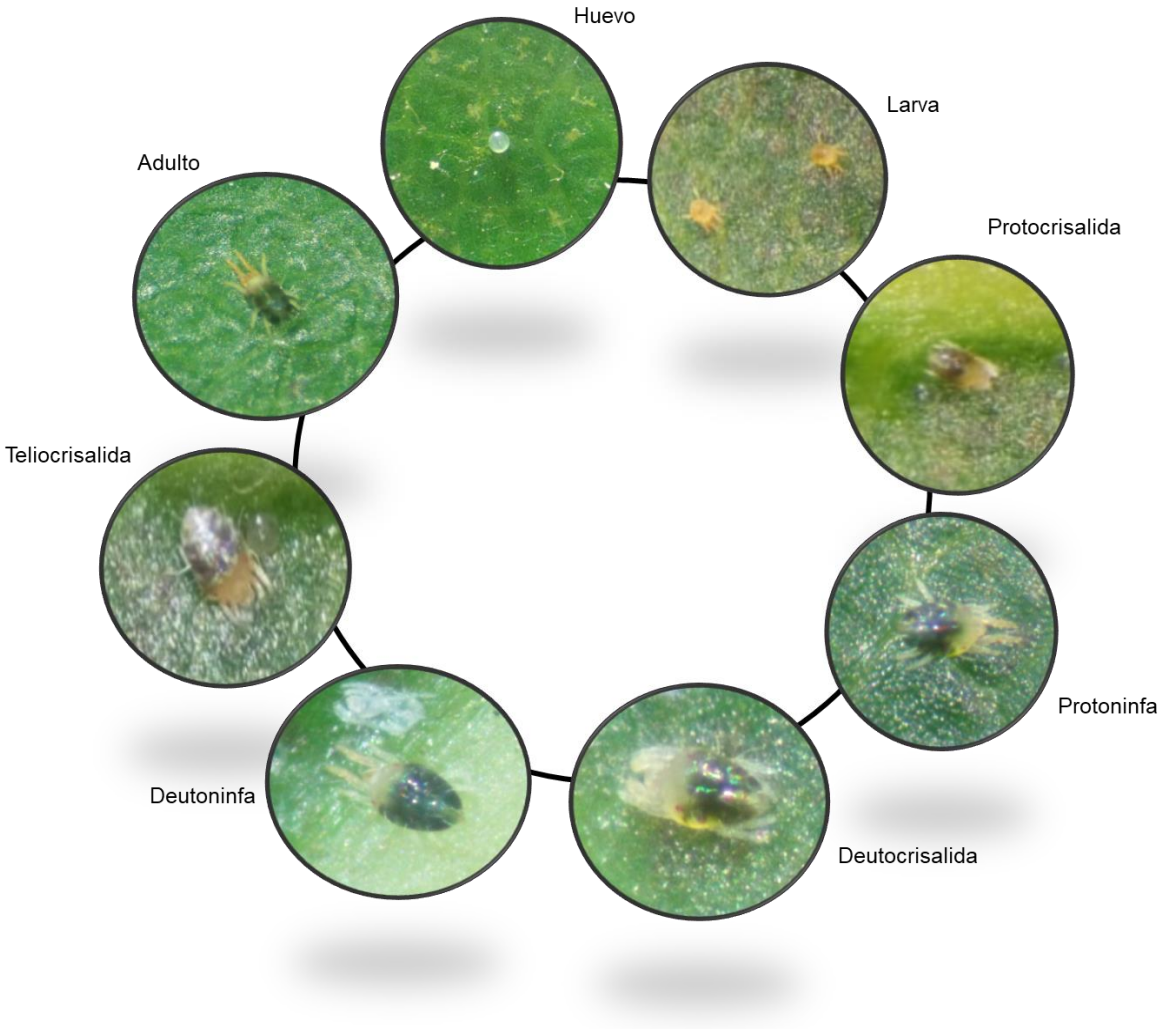
Estados ninfales: móviles e inmóviles (protocrisalida, protoninfa, deutocrisalida, deutoninfa, teliocrisalida: los estados ninfales de *O. yothersi* tienen coloraciones verdes

oscuras. Las patas son de color amarillo crema, al igual que el gnatosoma; las ninfas se ubican en el haz de las hojas, y los tres estados quiescentes (protocrisalida, deutocrisalida, teliocrisalida) se caracterizan por estar pegados en la hoja.

Adulto: las hembras y los machos presentan un color verde oscuro o café, sus patas son de coloraciones amarillo crema o naranja al igual que le gnatosoma. Las hembras son más grandes que los machos, estas son de forma ovalada, mientras que los machos tienen el opistosoma en forma cónica.

Estudios realizados por Reyes-Bello (2011) y García (2019) en aguacate Lorena, y Imbachi (2018) en café variedad Castillo reportan características similares en el estado de huevo y larva. Sin embargo, en los estados ninfales y en los adultos los investigadores describen coloraciones que varían entre amarillas, cafés o rojizas en la variedad Lorena y tonalidades rojizas en café. Es claro que la pigmentación del ácaro varía de acuerdo al alimento que consume.

Figura 16. Estados de desarrollo de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass.



Duración de los estados de desarrollo

En aguacate Hass, el tiempo de desarrollo de huevo a adulto de *O. yothersi* fue de 12 días. El estado de huevo fue el de mayor duración y los estados inmóviles (protocrisalida, deutocrisalida y teliocrisalida) los de menor tiempo de duración. El porcentaje de eclosión y el porcentaje de sobrevivencia de larvas y protoninfas fue del 100%, sin embargo, este porcentaje bajó levemente a partir del estado de deutocrisalida (Tabla 4).

Estos resultados difieren a los reportados en Chile por Rioja et al. (2019), quienes estudiaron la duración del ciclo de vida (huevo a adulto) de *O. yothersi* en hojas jóvenes (2 meses) y maduras (7 meses) de aguacate Hass, en condiciones controladas de 25 ± 0.7 °C, 60 ± 5% de humedad relativa y 16:8 h de fotoperiodo. En estas condiciones los

investigadores determinaron una duración de 14,43 días en hojas jóvenes y 9,29 días en hojas maduras.

También se encontró diferencia con los resultados obtenidos por Cerna (2011) en su trabajo realizado en Chile bajo condiciones de laboratorio de 25 ± 2 °C, 70 % de humedad relativa y 16:8 L: D de fotoperÍodo. La autora encontró que la duración fue de 16,5 días en aguacate Hass y 14,9 días en Fuerte. En ambos casos, el estado de huevo fue el que mayor tiempo de duración presentó 8,96 y 7 días, respectivamente.

En trabajos realizados en Palmira, Colombia por Reyes-Bello et al. (2011) y García (2019) bajo condiciones similares a las de este trabajo; determinaron que el tiempo de desarrollo de *O. yothersi* en aguacate variedad Lorena fue de 14,34 y 13,81 días respectivamente. Al igual que Valencia et al. (2018) reportaron que el tiempo de desarrollo de huevo a adulto de este ácaro fue de 14,44 días sobre *Musa* x *paradisiaca* L. var. Hartón.

Sin embargo, los resultados de esta investigación son similares a los reportados en Palmira por Imbachi (2018). El investigador reporta que *O. yothersi* tarda 10,35 días en desarrollarse de huevo a adulto en café variedad Castillo; bajo condiciones de temperatura de 24,4 ± 5°C, y condiciones de humedad relativa de 56 ± 5%. A su vez, también coinciden con los resultados encontrados por Orozco et al. (1990) en café variedad Caturra. Los autores en temperaturas de 25 y 30°C y 70 ± 5% de humedad relativa encontraron que la duración de huevo a adulto fue de 12,9 días; y 11,7 días, respectivamente.

Los resultados de este trabajo tienden a ser semejantes a los reportados en café, el hospedante habitual de *O. yothersi*. Lo cual, posiblemente indique las buenas condiciones que presenta el aguacate Hass para el desarrollo de este ácaro.

Tabla 4. Duración de los diferentes estados inmaduros (días) de *Oligonychus yothersi* sobre aguacate Hass.

Estado de desarrollo	Sobrevivencia (%)	Promedio (días± SD)	Mínimo	Máximo
Huevo	100	6,0 ± 0,7	5,0	7,7
Larva	100	1,6 ± 0,4	1,0	3,0
Protocrisalida	100	0,6 ± 0,2	0,3	1,0
Protoninfa	100	1,3 ± 0,4	1,0	2,0
Deutocrisalida	98	0,6 ± 0,2	0,3	1,0
Deutoninfa	98	1,4 ± 0,4	0,7	2,0
Teliocrisalida	97	0,6 ± 0,4	0,3	3,3
Total huevo-adulto	12,0			
Relación de sexos	1,85 hembras por 1 macho			

Los resultados de sobrevivencia durante el desarrollo de huevo a adulto obtenidos en este trabajo sobre aguacate Hass fueron altos (entre 100 y 97%). Porcentajes que difieren con los reportados por Rioja et al. (2019), quienes encontraron una sobrevivencia del 23% en hojas jóvenes de aguacate Hass y 93% en hojas maduras. Por su parte, León (2003) encontró una sobrevivencia del 90 % en la variedad Hass y 63,34 % en Fuerte.

A su vez, los resultados de este estudio también difieren con los obtenidos por Reyes-Bello et al. (2011) y García (2019), quienes en aguacate Lorena encontraron porcentajes del 53 % y 69 % respectivamente. Por su parte, Valencia et al. (2018) indicaron que la sobrevivencia de este fitófago es del 73 % en *Musa* x *paradisiaca* L. var. Hartón. y de 84,6 % en café variedad Castillo (Imbachi, 2018).

Las diferencias en la sobrevivencia de *O. yothersi* en los diferentes hospedantes pueden indicar la preferencia que tiene *O. yothersi* por aguacate Hass, debido al alto porcentaje de sobrevivencia que se encontró en este estudio, especialmente, si se compara con los porcentajes reportados en la variedad Lorena. Situación que está relacionada con los resultados encontrados en campo por García (2019), quien, en su estudio de ácaros asociados al aguacate en Colombia, encontró que la especie más abundante y frecuente en aguacate Hass es *O. yothersi* (76%), mientras que, en la variedad Lorena, *A. reisi* es el ácaro que predomina en un 71 %.

Sim embargo, las diferencias en la sobrevivencia del ácaro también pueden estar sujetas a problemas de manipulación del ácaro en las evaluaciones, al considerar que son organismos muy sensibles, en especial, en su estado de huevo, larva y los estados inmóviles.

La relación de sexos (hembras:machos) obtenida en este estudio fue similar a la encontrada por Rioja et al. (2019) en hojas maduras de aguacate Hass 1,59:1, mientras que en hojas jóvenes fue de 0,90:1. A su vez, estos resultados difieren a los valores encontrados por León (2003) 4:1 en aguacate Hass y 3,5:1 en Fuerte; y a los obtenidos por Reyes-Bello et al. (2011) y García (2019) quienes reportan proporciones de 4,8:1 y 4:1 respectivamente, en aguacate Lorena; siendo particular esta última, ya que se encontraron más cantidad de machos que de hembras.

Periodos reproductivos

En la Tabla 5 se presenta la duración de los periodos de preoviposición, ovoposición y posovoposición; además del número de huevos promedio por hembra por día, el total de huevos y la longevidad de *O. yothersi* en aguacate Hass.

Los resultados de total de huevos por hembra de *O. yothersi*, obtenidos en este trabajo son similares a los encontrados por Cerna (2003), quien reporto que *O. yothersi* colocó 31,03 huevos sobre aguacate Hass, mientras que en aguacate Fuerte el promedio total de huevos puestos fue de 10,3. A su vez, también coinciden con los resultados encontrados por Imbachi (2018) y Orozco et al. (1990) en café. Los autores reportaron una producción de 36,2 y 36 huevos en un periodo de 10,2 días y 13,4 días, respectivamente.

Sin embargo, difieren de los resultados obtenidos por Rioja et al. (2019), quien encontró diferencias en el número de huevos colocados en hojas jóvenes de *P. americana* var. Hass 20,80 huevos, durante un periodo 13,63 días y en hojas maduras 70,93 huevos en 22, 20 días. También difieren de los resultados encontrados en aguacate Lorena por Reyes-Bello et al. (2011) y García (2019) quienes en Palmira encontraron que las hembras de *O. yothersi* colocaron 14,43 huevos en 6,64 días de oviposición y 4,63 huevos en 3,4 días de oviposición, respectivamente. Por otra parte, Valencia et al. (2018) en Palmira, reporta un

promedio de 9,6 huevos en total, durante 6,12 días de oviposición de *O. yothersi* en *Musa* x *paradisiaca* L. var. Hartón.

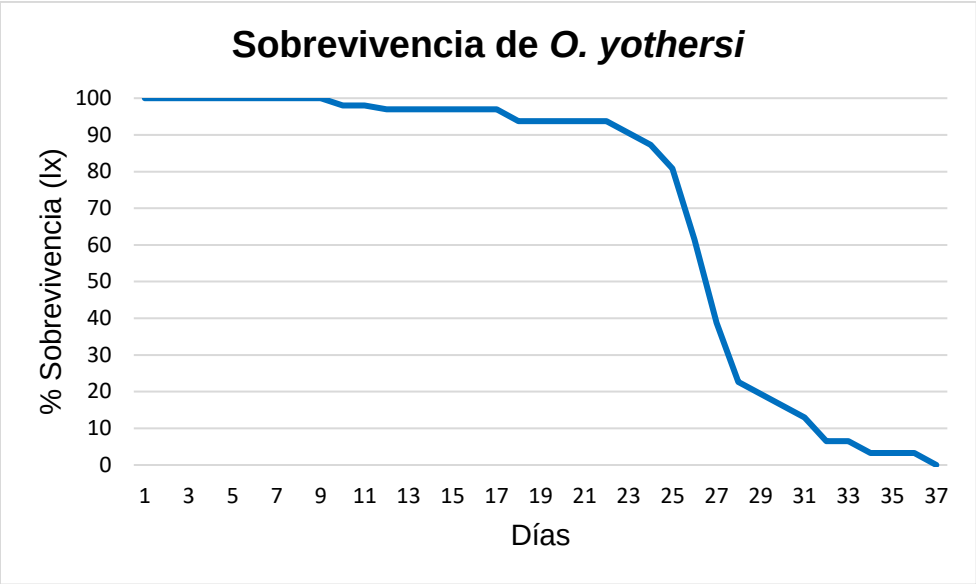
Tabla 5. Duración de periodos reproductivos, longevidad y fecundidad de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass.

Parámetro	Promedio (días± SD)	Mínimo	Máximo
Preoviposición (días)	0,9 ± 0,4	0,0	2,0
Oviposición (días)	11,5 ± 3,4	3,0	21,0
Posoviposición (días)	1,1 ± 0,8	0,0	3,0
Longevidad hembras adultas (días)	13,5 ± 3,6	4,0	23,0
Promedio huevos / hembra / día	2,5 ± 1,1	0,0	4,2
Promedio total huevos / hembra	37 ± 13,3	6,0	66,0

Parámetros poblacionales de la tabla de vida de *O. yothersi*

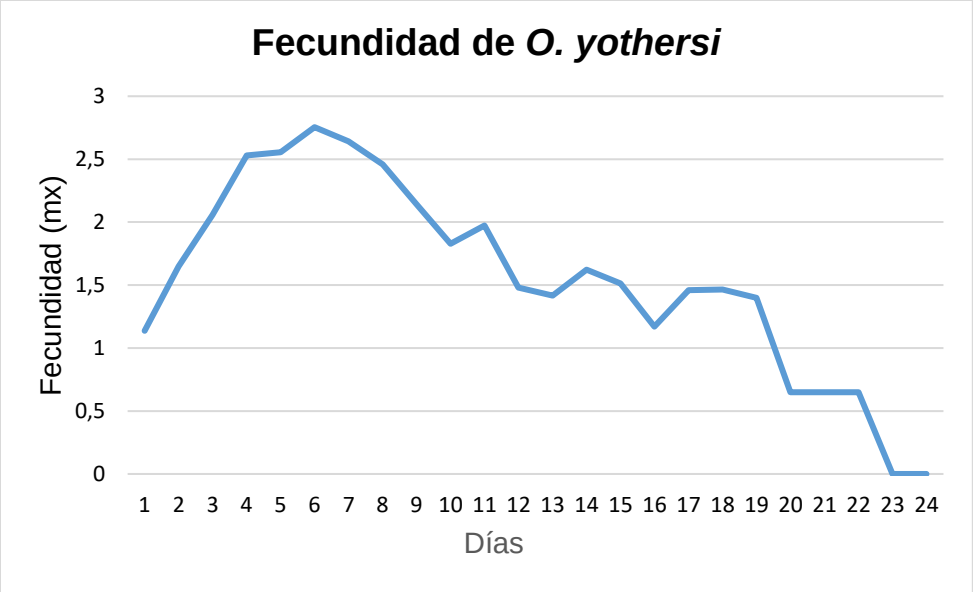
En la figura 17 se presenta el porcentaje de sobrevivencia de *O. yothersi* en aguacate Hass. En los estados juveniles hay una alta sobrevivencia (100%) desde el estado de huevo hasta protoninfa. Al alcanzar el estado de adulto el ácaro tiene una sobrevivencia del 97%, y a partir del día 16 el porcentaje baja hasta llegar a 0% en el día 37.

Figura 17. Porcentaje de sobrevivencia (lx) de *Oligonychus yothersi*.



En la figura 18 se presenta la fecundidad (mx) de las hembras de *O. yothersi* en aguacate Hass. Las hembras jóvenes colocan más huevos en comparación con la cantidad de huevos que colocan cuando estas van envejecen.

Figura 18. Fecundidad (mx) de *Oligonychus yothersi*.



Los parámetros poblacionales de *O. yothersi* obtenidos en este trabajo se presentan en la tabla 6. Los resultados indicaron que el potencial de crecimiento de la especie bajo las condiciones de estudio le permiten crecer ampliamente.

Los resultados difieren con lo encontrado por Orozco et al. (1990) en café Caturra. Los autores reportan un Ro de 9,6 hembras/hembra/generación, un r_m de 10,0%, T 20,8 días, TD 6,4 días y ʎ 1,1 hembras/día. En café Castillo Imbachi (2018) encontró un Ro de 66,6 hembras/hembra/generación, un r_m de 48,0%, T 8,7 días, TD 1,4 días y ʎ 1,6 hembras/día.

También difieren de los parámetros poblacionales de *O. yothersi,* hallados en Chile, por Rioja et al (2019) en hojas maduras de aguacate Hass, bajo condiciones de 25 ± 0,7 ° C y 60 ± 0,5% HR. Sus resultados indican que *O. yothersi* tiene un Ro de 52,7 hembras por generación, r_m 0,24, λ de 1,27 hembras por día, T de 16,43 días y DT de 2,9 días. En hojas jóvenes, Los autores determinaron valores de Ro, r_m, T, TD y ʎ de 2,72, 0,04, 20,31, 13,85 y 1,05, respectivamente.

Por otra parte, León (2003) también reporta parámetros de la tabla de vida diferentes a los determinados en esta investigación, la autora encontró que la tasa de reproducción (Ro) de *O. yothersi* fue mayor sobre la variedad Hass 28,8% que en la variedad Fuerte 8,5%; misma tendencia que encontró sobre el r_m, en Hass fue de 0,08 y en Fuerte de 0,07. En cuanto a la tasa finita de crecimiento y el tiempo generacional (T), estos fueron de 1,08, 41,99, respectivamente, en aguacate Hass y 1,07, 28,76, respectivamente, en Fuerte.

A su vez, los resultados obtenidos en Palmira por Reyes-Bello et al. (2011) y García (2019), en aguacate Lorena, bajo las mismas condiciones de esta investigación, indicaron parámetros de crecimiento poblacional que difieren notablemente de los obtenidos en este trabajo sobre aguacate Hass. Los valores reportados por los autores fueron r_m 0,67 y 9,99; Ro de 70,56 y 6,52; T fue de 6,03 y 18,75; TD 1,02 y 6,93 y ʎ 1,96 y 1,09, respectivamente.

Tabla 6. Parámetros poblacionales de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass.

Parámetro	Valor
rm: Tasa intrínseca de crecimiento natural	0,16
λ : Tasa finita de multiplicación - (días)	1,17

Ro: Tasa Reproductiva Neta (hembras/generación)	25,9
Td: Tiempo de duplicación (días)	4,20
T: Tiempo generacional (días)	19,73

3.3 Capacidad de consumo de *N. californicus* sobre huevos, ninfas y adultos de *O. yothersi*

El depredador *N. californicus* presentó preferencia por las ninfas seguido de los huevos de *O. yothersi* y no se observó diferencias significativas en las densidades de presa evaluadas. El consumo de los adultos de *O. yothersi* fue menor (tabla 7), posiblemente por el tamaño de estos. Estos resultados son similares a los de Jiménez (2012), quien reportó un menor consumo de los estados móviles de *O. yothersi* por parte de *N. californicus* en aguacate, y lo explico con la presencia de un exoesqueleto más duro. Por su parte, García et al. (2018) en aguacate Hass también indicaron que *N. californicus* tiende a comer más larvas, seguidas de huevos, ninfas y en último lugar, hembras adultas de *O. punicae*.

Es importante destacar que *N. californicus* ha sido asociado como un controlador eficiente de ácaros Tetraníquidos ya que está clasificado en el grupo tipo ll porque se asocia a ácaros Tetraniquidos que producen telarañas gruesas (*Oligonychus* y *Tetranychus*). Este depredador ha mostrado adaptaciones para vivir en colonias de ácaros con telarañas gruesas. Además, tiene la capacidad de cortar hilos de telaraña con sus quelíceros y abrir agujeros en nidos de telarañas de *O. perseae* gracias a sus patas delanteras (McMurtry et al., 2013).

Tabla 7. Capacidad de consumo de *Neoseiulus californicus* sobre huevos, ninfas y adultos de *Oligonychus yothersi.*

Densidad de presa	Estado de la presa	Proporción de consumo (%)
5	Huevos	81,33 ab
	Ninfas	84,8 a

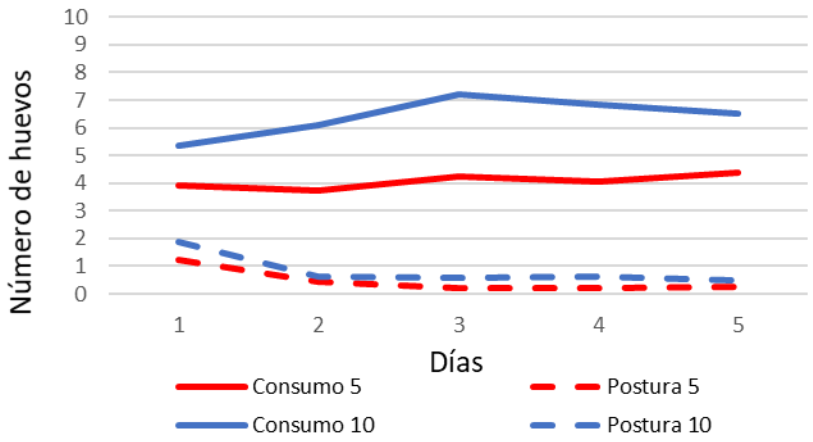
	Adultos	76,66 b
10	Huevos	64,0 c
	Ninfas	83,46 a
	Adultos	63,26 c

Por otra parte, se encontró que a mayor densidad de presa (10) las hembras de *N. californicus* colocaron mayor número de huevos, durante el tiempo que duro el experimento. En las figuras 19, 20 y 21 se presenta la relación entre la cantidad de presas consumidas y la oviposición de *N. californicus.*

Los resultados de la figura 19 son similares a los encontrados por Jiménez (2012), quien evaluó el consumo de huevos de *O. yothersi* por parte de *N. californicus* en aguacate (no especifica la variedad). A densidades de 6, 12, 24, 36 y 48 huevos y al colocar 3 hembras del depredador por cada densidad, encontró que el consumo se incrementó a medida que la densidad aumentaba, registrando así, un consumo de 3,5, 8,7, 11,4, 14,3 y 15,9 huevos, respectivamente. El máximo consumo que el autor registra es de 15,9 huevos cuando la densidad era de 48 huevos. Por lo tanto, se infiere que cada hembra en promedio consumió 5,3 huevos. Valor que es semejante a lo encontrado en este estudio cuando el depredador tenía 5 y 10 huevos de *O. yothersi* como presa.

García et al. (2018) reporto resultados similares con *N. californicus* incremento su fecundidad, así como el consumo de huevos y ninfas de *Oligonychus punicae* en aguacate Hass, a mayor densidad.

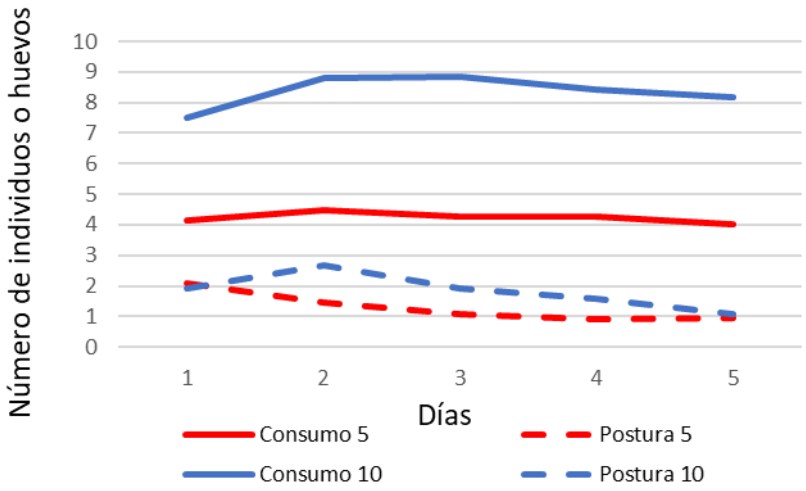
Figura 19. Capacidad de consumo de *Neoseiulus californicus* sobre huevos de *Oligonychus yothersi*.



Los resultados que se presentan en la figura 20 son semejantes a los encontrados por Saber (2013), en un estudio de la tasa de consumo de presas y producción de huevos por *N. californicus*, en el cual evaluó cinco densidades de 2, 5, 10, 15 y 30 ninfas de *T. urticae* en acalypha (*Acalypha wilkisiana* Mull.), bajo condiciones de laboratorio de 25 ± 1 ° C, 75 ± 5% HR y 12 hL:12 hD. En su investigación registró un consumo de 1,9, 4,17, 7,55, 9,1 y 8,02 ninfas de *T. urticae* respectivamente.

En cuanto a la producción de huevos por *N. californicus*, los valores que reporta Saber (2013) también son similares a los encontrados en esta investigación. Mencionado autor encontró que, a densidades de 2, 5, 10, 15 y 30 ninfas de *T. urticae* el ácaro depredador pone 0,53, 1,67, 2,44, 2,7 y 2,62 huevos/hembra/día, respectivamente.

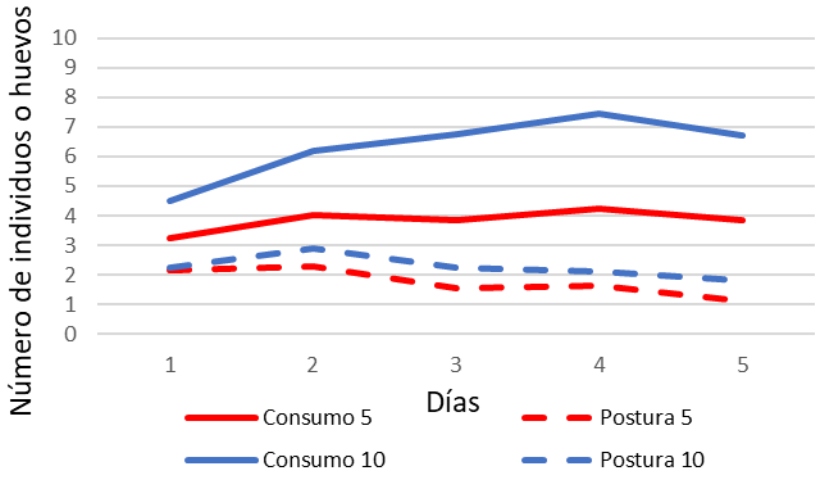
Figura 20. Capacidad de consumo de *Neoseiulus californicus* sobre ninfas de *Oligonychus yothersi*.



Los resultados a cerca del consumo de adultos (figura 21) son similares a los reportados por Jiménez (2012), quien al evaluar el consumo de densidades de 6, 12, 24, 36 y 48 individuos moviles de *O. yothersi* por parte del depredador *N. californicus*, reportó valores de 4,4, 8,0, 9,6, 12,4 y 12,8 individuos consumidos. La investigación concluyó que la cantidad máxima de moviles consumidos fue de 12,8, cuando la densidad de la presa fue de 48 moviles/arena. Al considerar que a cada densidad evaluada el investigador le colocó 3 hembras adultas de *N. californicus* se puede estimar que el consumo por cada hembra es de 4,3 móviles.

Huahuasonco (2017) en trabajos realizados en Peru evaluó la capacidad de consumo de *N. californicus* con una densidad de 15 individuos moviles (ninfas y adultos) de *O. yothersi* en aguacate y encontró que una hembra depreda 5,62 presas por día en promedio, con un minimo de 1,09 presas/día y un máximo de 9,33 presas/día. Sus resultados fueron semejantes a los encontrados en este estudio.

Figura 21. Capacidad de consumo de *Neoseiulus californicus* sobre adultos de *Oligonychus yothersi*.



Además, se encontró que la correlación entre el consumo de los diferentes estados de *O. yothersi* por parte de *N. californicus* y la cantidad de huevos que pone este depredador es de 0,21 cuando el depredador consume huevos, 0,36 cuando es alimentado de ninfas y 0,38 cuando la presa son adultos. La correlación entre el consumo de huevos y la oviposición de *N. californicus* de clasifica como baja, mientras que las correlaciones entre el consumo de ninfas y adultos y la oviposición del depredador, se clasifican como intermedia. Lo cual indica que hay una tendencia a poner más huevos cuando el depredador se alimenta de ninfas y adultos de *O. yothersi* en aguacate Hass.

4. Conclusiones

- *Neoseilus californicus* es capaz de desarrollarse y reproducirse al alimentarse de *Oligonychus yothersi* en aguacate Hass al igual que al tener como alimento a *Tetranychus urticae* en frijol.
- El ciclo de vida de *N. californicus* es más corto que el tiempo de desarrollo de huevo a adulto de *Oligonychus yothersi,* lo cual, es un aspecto importante al ser considerado como un posible controlador de este fitófago.

- *Neoseiulus californicus* depreda huevos, ninfas y adultos de *Oligonychus yothersi*, sin embargo, presenta una preferencia por las ninfas de este fitófago.

Referencias Bibliográficas

Abello, M. & Esmeral, A. (2018). *Estudio de mercado para mejorar las exportaciones de aguacate Hass colombiano hacia Estados Unidos.* [Tesis de pregrado, Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA]. https://repository.cesa.edu.co/bitstream/handle/10726/2076/ADM2018-00863.pdf?sequence=5&isAllowed=y

Abdel-Khalek, A. A., Abou-Elella, G. M. & El-Saiedy, E. (2019). Comparative biology and growth rate of the two predatory mites, *Cydnoseius negevi* and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae), reared on two pea cultivars. *Persian Journal of Acarology, 8*(3), 225-237. https://doi.org/10.22073/pja.v8i3.45254

Andrewartha, H. G. & Birch, L. C. (1954). *The Distribution and Abundance of Animals.* Chicago, IL: University of Chicago Press.

Araújo, R. G., Aguilar, C. N., Rodriguez-Jasso, R. M., Ruiz, H. A. & Pintado, M. M. (2018). Avocado by-products: Nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology, 80*, 51-60. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.07.027

Arias, F., Montoya, C. & Velásquez, O. (2018). Dinámica del mercado mundial de aguacate. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte, 55,* 22-35. https://doi.org/10.35575/rvucn.n55a2

Bernal, J., Díaz, D. C., Osorio, T. C., Tamayo, V. Á., & Osorio, V. W. (2014). *Manual Técnico Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate.* Corpoica. http://hdl.handle.net/20.500.12324/12616

Betancourt, M., Viveros Benavides, D. C., Patiño Martínez, A. A., Rodríguez Isquierdo, G. A., Palacios Castro, S., García Vallejo, B. E., & Rincón López, J. D. (2017). *Cultivo de Aguacate: Prácticas y recomendaciones de manejo integrado.* UNISARC. https://www.researchgate.net/publication/350357387_Cultivo_de_Aguacate_Practicas_y_recomendaciones_de_manejo_integrado

California avocados. (2020). *La historia de los aguacates de California.* https://californiaavocado.com/avocado101/the-history-of-california-avocados/

Cañas-Gutiérrez, Gloria Patricia, Galindo-López, Leonardo F., Arango-Isaza, Rafael, & Saldamando-Benjumea, Clara I. (2015). Diversidad genética de cultivares de aguacate (Persea americana) en Antioquia, Colombia. *Agronomía Mesoamericana, 26*(1), 129-143. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-13212015000100013

Daza, J., Marin, N. & Rincón, J. (2017). Enfermedades del cultivo de aguacate (Persea americana Miller.). E*n cultivo de aguacate: practicas y recomendaciones de manejo integrado* (pp 24-43) Corporación Universitaria Santa Rosa de Cabal - UNISARC.

Chávez, A. C., Cabrera, I. M., & Morell, H. R. (2017). Dinámica poblacional de ácaros fitófagos y depredadores en aguacatero (*Persea americana* Miller). *Fitosanidad, 21*(1), 9-15.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane). (2018). *Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria.* (Número 74). https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_ago_2018.pdf

El Taj, H. F., & Jung, C. (2012). Effect of temperature on the life-history traits of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Panonychus ulmi. Experimental and Applied Acarology, 56*(3), 247-260. https://doi.org/10.1007/s10493-012-9516-2

Escudero, L. A., & Ferragut, F. (2005). Life-history of predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) on four spider mite species as prey, with special reference to *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae). *Biological Control, 32*(3), 378-384. https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.12.010

Fahim, S. F., & El-Saiedy, E.-S. M. (2021). Life table parameters of *Amblyseius swirskii* and *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) reared on two strawberry cultivars. In*ternational Journal of Acarology, 47*(7), 568-574. https://doi.org/10.1080/01647954.2021.1976835

García-Angel, O., Ochoa-Fuentes, Y., Cerna-Chavez, E., Aguirre-Uribe, L. A., Flores-Canales, R. J. & Landeros-Flores. (2018). Functional response of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) on different stages of development of *Oligonychus punicae* (Acari: Tetranychidae). *Revista Bio Ciencias 5*(2), e422. doi: https://doi.org/10.15741/revbio.05.02.04

García, Y. (2015). *Ácaros en el cultivo de la fresa (Fragaria x ananassa Duch.) en el departamento del Valle del Cauca*. Universidad Nacional de Colombia.

García, Y. (2019). *Diversidad de ácaros asociados a Persea americana Mill en Colombia, y fluctuación poblacional de la acarofauna en un cultivo de aguacate en Palmira* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. Archivo digital. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69723

Gil, Z., Constantino, L., Martinez, H., & Benavides, P. (2013). *Aprenda a manejar la arañita roja del café Oligonychus yothersi (Acari: Tetranychidae).* Cenicafe. https://doi.org/10.13140/RG.2.1.5183.6329

González-Hernández, H., & Ortega-Arenas, L. (2017). *Plagas de importancia económica del aguacate en México*. Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate. http://www.avocadosource.com/Journals/Memorias_VCLA/2017/Memorias_VCLA_2017_PG_036.pdf

Herrera, A. (2019). *Evaluación de productos alternativos para el manejo de Tetranychus urticae Koch (Acari: Tetranychidae) en papaya (Carica papaya L.)* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Archivo digital. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76383

Hoddle, M. S., Lindsay, R., & Virzi, J. (2000). Biological control of Oligonychus perseae (Acari: Tetranychidae) on avocado: III. Evaluating the efficacy of varying release rates and release frequency of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae). *International Journal of Acarology, 26*(3), 203-214. https://doi.org/10.1080/01647950008684190

Huahuasoncco Flores, J. (2017). *Determinación, ciclo biológico, parámetros biológicos y crianza masiva del ácaro depredador nativo Neoseiulus californicus McGregor (Acari: Phytoseiidae). 2016.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4578

Imbachi, K. (2012). *Evaluación de estrategias de manejo biológico y acaricidas biorracionales en el control de los ácaros Phyllocoptruta oleivora (Ashmead) (acari: eriophyidae) y Polyphagotarsonemus latus (Banks) (acari: tarsonemidae) causales del manchado de frutos en naranja valencia.* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Archivo digital. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/11640

Imbachi, K. (2018). *Desarrollo de un plan de muestreo e identificación de ácaros asociados al café (Coffeea arabica L.), y efectos de los niveles poblacionales de Oligonychus yothersi (McGregor) (Acari: Tetranychidae) sobre la eficiencia fotosintética* [Tesis de

doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. Archivo digital. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/63270

Instituto Colombiano Agropecuario [ICA]. (2021). *Con 43 mil kilos, el aguacate Hass colombiano marca «gol de campo» en el Super Bowl 2021.* Portal Corporativo ICA. https://www.ica.gov.co/noticias/ica-600-toneladas-aguacate-hass-colombiano

Jiménez, A. A. (2012). *Respuesta funcional del ácaro depredador Neoseiulus californicus (Acarina: Phytoseiidae) sobre la arañita roja del palto, Oligonychus yothersi (Acarina: tetranichidae)* [Tesis de pregrado, Universidad de Chile]. https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/112228

Koller, M., Knapp, M., Schausberger, P. (2007). Direct and indirect adverse effects of tomato on the predatory mite Neoseiulus californicus feeding on the spider mite Tetranychus evansi. *Entomologia Experimentalis et Applicata 125*(3), 297 - 305. DOI:10.1111/j.1570-7458.2007.00625.x

Kondo, T., Carabalí, A., Caicedo, A. M., Varón, E. H., & Londoño, M. E. (2020). Insectos y ácaros. *En Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate* (2° edición). Agrosavia. http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/162/150/1125-2

Kondo, T., & Muñoz, J. A. (2016). Scale insects (Hemiptera: Coccoidea) associated with avocado crop, *Persea americana* Mill. (Lauraceae) in Valle del Cauca and neighboring departments of Colombia. *Insecta Mundi,* 1-14.

Kondo, T., Muñoz, J. A., López, R., Reyes, J. C., Monsalve, J., & Mesa, N. C. (2011). I*nsectos escama y ácaros comunes del aguacate en el Eje Cafetero y el Valle del Cauca, Colombia.* Corporación colombiana de investigación agropecuaria (Agrosavia). https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/2322

Maia, A.H., Luiz A. J. B., y Campanhola, C. (2000). Statistical inference on associated fertility life parameters using Jackknife technique: computational aspects. *Journal of Economic Entomology, 93*(2), 511-518. DOI:10.1603/0022-0493-93.2.511

Lemus, B. A. (2017). *Manejo Integrado de Ácaros en Aguacate*. Intagri S.C. https://www.intagri.com/articulos/frutales/manejo-integrado-de-acaros-en-aguacate

León, O. (2003). *Estudio de los parámetros de vida de Oligonychus yothersi Mc Gregor (Acarina:Tetranychidae) en dos cultivares de palto (Persea americana Mill.), Hass y Fuerte.* [Tesis de pregrado, Universidad Austral de Chile]. Archivo digital. http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/fal579e/pdf/fal579e.pdf

Lizarazo-Peña, P., Darghan, E., & Herrera, A. (2021). Effects of gamma radiation on the quality of Hass avocado fruits (Persea americana Mill.). *Radiation Physics and Chemistry, 190*, 109817. https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109817

Londoño M. (2015). Manejo Integrado De Plagas. En Aguacate Memorias Congreso Colombiano De Entomología 42° Congreso SOCOLEN. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Sociedad Colombiana de Entomología – SOCOLEN. ISSN: 2389-7694

Marafeli, P. P., Reis, P. R., Silveira, E. da, Souza-Pimentel, G. C., & Toledo, M. de. (2014). Life history of *Neoseiulus californicus* (McGregor, 1954) (Acari: Phytoseiidae) fed with castor bean (*Ricinus communis* L.) pollen in laboratory conditions. *Brazilian Journal of Biology, 74*, 691-697. https://doi.org/10.1590/bjb.2014.0079

McMurtry, J. A., Moraes, G. J. D., & Sourassou, N. F. (2013). Revision of the lifestyles of phytoseiid mites (Acari: Phytoseiidae) and implications for biological control strategies. *Systematic and Applied Acarology, 18*(4), 297-320. https://doi.org/10.11158/saa.18.4.1

Mesa, N. C., & Belloti, A. C. (1986). Ciclo de vida y hábitos alimenticios de Neoseiulus anonymus, predador de ácaros Tetranychidae en yuca. *Revista Colombiana de*

Enomología, 12, 54-65. https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/index.php/SOCOLEN/article/view/10229/12751

Mesa, N.C., Bellotti, A. & Duque, M. (1987). Tablas de vida de *Manonychellus progresivus* Doreste y *Tetranychus urticae* (Koch) (Acarina: Tetranychidae) en yuca. *Revista Colombiana de Entomología 13*(2): 11-22. https://revistacolombianaentomologia.univalle.edu.co/index.php/SOCOLEN/article/view/10216/12769

Mesa, N., Gómez, E., Mena, Y., Londoño, L., Hernández, C., López, R. & Romero, R. (2014). *Programa de Manejo Fitosanitario en Aguacate en el departamento del Valle del Cauca.* Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias Agropecuarias.

Meyer, M. (1979). *Tenuipalpidae (Acari) de África. Con claves de la fauna mundial.* https://www.cabi.org/isc/abstract/19790564873

Migeon, A., & Dorkeld, F. (2021). Spider Mites Web: A comprehensive database for the Tetranychidae. https://www1.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb/advanced.php

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2020). *Cadena productiva Aguacate. Primer trimestre 2020*. https://sioc.minagricultura.gov.co/Aguacate/Documentos/2020-03-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf

Newett, S., Crane, J. H., & Balerdi, C. F. (2007). Cultivares y portainjertos. En A. W. Whiley, B. Schaffer, & B. N. Wolstenholme (Eds.). *El Palto. Botánica, producción y usos* (pp. 155-175). Valparaíso, Chile: Ediciones Universitarias de Valparaíso.

Orozco H., J., Duque E., M. C., & Mesa C., N. C. (1990). Efecto de la temperatura sobre la tabla de vida de O*ligonychus yothersi* en *Coffea arabica. Cenicafe, 41* (1): 5-18. https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/938

Peña, J. E. (2003). *Pests of Avocado in Florida*. Actas V Congreso Mundial Del Aguacate, Granada, Málaga. 2: 487-494.

Peña, J. & Johnson, F. (1999) *Insect management of avocados.* Insect Management Guide, Department of Entomology and Nematology, Florida Cooperative Extension Service. University of Florida. http://edis.ifas.ufl.edu/Body_IG068.

Rahmani, H., Fathipour, Y., & Kamali, K. (2009). Life History and Population Growth Parameters of *Neoseiulus californicus* (Acari: Phytoseiidae) fed on *Thrips tabaci* (Thysanoptera: Thripidae) in Laboratory Conditions. S*ystematic and Applied Acarology, 14*, 91-100. https://doi.org/10.11158/saa.14.2.2

Red de información y comunicación del sector Agropecuario Colombiano [Agronet]. (2021). Estadísticas agropecuarias. https://www.agronet.gov.co/estadistica/Paginas/home.aspx?cod=1

Reyes-Bello, J. C., Mesa-Cobo, N. C., & Kondo, T. (2011). Biología de *Oligonychus yothersi* (MCGregor) (Acari:Tetranychidae) sobre aguacate *Persea americana* Mill. CV. Lorena (Lauraceae). *Caldasia, 33*(1). http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322011000100013

Rhodes, E. M., & Liburd, O. E. (2019). Predatory Mite, *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Arachnida: Acari: Phytoseiidae). *Universidad de la Florida,* EDIS, 2005(13). https://doi.org/10.32473/edis-in639-2005)

Rioja, T., Ceballos, R., Holuigue, L., & Vargas, R. (2016). Different population densities and continuous feeding by *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) affect the emissions of herbivore-induced plant volatiles on avocado (*Persea americana* Mill. cv. Hass) shoots under semi-field conditions. *International Journal of Acarology, 42*(6), 310-318. https://doi.org/10.1080/01647954.2016.1191539

Rioja, T., Tello, V., Zarzar, M., Cardemil, A., Ceballos, R., Rioja, T., Tello, V., Zarzar, M., Cardemil, A., & Ceballos, R. (2019). Avocado 'Hass' leaf age affects life table parameters of *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) under

laboratory conditions. *Chilean journal of agricultural research, 79*(4), 557-564. https://doi.org/10.4067/S0718-58392019000400557

Saber, S. A. (2013) Predation, oviposition and conversion rates of the predacious mite, *Neoseiulus californicus* (McGregor) consuming different densities of *Tetranychus urticae* Koch*, Bemisia tabaci* (Genn.) and *Thrips tabaci* Lind. *Archives of Phytopathology and Plant Protection, 46*:17, 2146-2152, DOI: 10.1080/03235408.2013.787700

Schaffer, B., Peña, J., Lara, S. P., & Buisson, D. (1986). Net photosynthesis, transpiration, and stomatal conductance of avocado leaves infsted by avocado red mites. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, 30*, 73-82.

Schwartz, M., Maldonado, Y., Luchsinger, L., Lizana, L. A. & Kern, W. (2018). Competitive Peruvian and Chilean avocado export profile. *Acta Horticulturae, 1194*, 1079-1084. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2018.1194.154

Taricco, M. (2019). *El aguacate precioso aliado de la salud. Escuela de salud integrativa.* 46. https://www.academia.edu/43683375/El_Aguacate_precioso_aliado_de_la_Salud

Tamayo. (2020). Enfermedades y desórdenes abióticos. *En Actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate* (2° edición). Agrosavia. http://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog/view/162/151/1128-1

Toldi, M., Ferla, N., Dameda, C., & Majolo, F. (2013). Biology of *Neoseiulus californicus* feeding on two-spotted spider mite. *Biotemas, 26*, 105-111. https://doi.org/10.5007/2175-7925.2013v26n2p105

Turcios, C. (2009). *Preferencia de depredación de Neoseiulus californicus (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) sobre huevos, ninfas y adultos de Tetranychus gloveri (Banks) y Tetranychus ludeni (Zacher) (Acari: Tetranychidae) en Zamorano, Honduras* [Tesis

de pregrado, Universidad de Zamorano]. Archivo digital. https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/397/1/T2849.pdf

Universidad EAFIT. (2021). *Aguacate, árbol nativo de México, América central y América del Sur*. https://www.eafit.edu.co/innovacion/spinoff/natural-vitro/Paginas/aguacate.aspx

Valencia, Y.; Valencia, Y. & Mesa, N. (2018). *Aspectos biológicos de Oligonychus yothersi (McGregor) en Musa x paradisiaca L. var. Hartón.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Colombia].

Vargas-S., C. A. (2017). Control biológico del ácaro *Oligonychus yothersi* (McGregor) (Acari: Tetranychidae) sobre aguacate Persea americana Mill. Cv. Hass. Memorias del V Congreso Latinoamericano del Aguacate. 04 - 07 de septiembre 2017.

Vargas, R. & Rodriguez, S. (2008). Arañita roja del palto, *Oligonychus yothersi* (Mc Gregor) (Tetranychidae: Acarina) [Avocado red mite, *Oligonychus yothersi* (Mc Gregor) (Tetranychidae: Acarina). Pp. 239- 246, en: Manejo de plagas en paltos y cítricos. (R. Ripa y P. Larral Eds.). Colección de libros INIA Nº23, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Ministerio de Agricultura, Gobierno de Chile, Santiago.

Yabrudy, J. (2012). *El aguacate en Colombia: Estudio de caso de los Montes de María, en el Caribe colombiano.* Banco de la República. https://xdoc.mx/preview/num-171-banco-de-la-republica-5e139583eb393

Zapata, J., Tobón J., Patiño, H., Palacios, E., Mejía, C., Marín, H., Alcaraz, C. & Alcaraz, E. (2018). *El cultivo de aguacate Persea americana en el occidente de Antioquia*. https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/5243/cultivo_aguacate_persea_americana_occ_antioquia.pdf?sequence=1&isAllowed=y