

ASUNTO: SOLICITUD DE ACTO PROTOCOLARIO

Oaxaca, Oax., 20 de Abril de 2021

HIBER YAIR AMBROCIO LÓPEZ
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

La que suscribe C. Concepción Porras Arango, egresada de la licenciatura en Ingeniería en Agronomía con número de control 14920115. Solicito a usted la programación del acto protocolario para la titulación por opción de TESIS con el proyecto titulado "ÁCAROS DEPREDADORES EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE (*Tetranychus urticae* Koch) EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch)".

Ya que el documento resultante fue elaborado con apego a las normas vigentes para la presentación de trabajos profesionales del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca y revisado minuciosamente por el comité de asesores asignado; declarando que la **información ahí contenida es responsabilidad de una servidora y del comité de asesores.**

Sin más por el momento, agradezco su atención.

ATENTAMENTE

Concepción Porras Arango

Nombre y Firma del Sustentante

Vo.Bo.

M.C Edilberto Aragón Robles

Nombre y firma del Director

Vo.Bo.

Ing. Juan Bustamante Luján

Nombre y firma del Asesor

Vo.Bo.

Ing. Rubí Yarelin Vázquez Cruz

Nombre y firma de la Asesora



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

ÁCAROS DEPREDADORES EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE (*Tetranychus urticae* Koch) EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x ananassa* Duch).

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTA:

Concepción Porras Arango



Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca.
Abril de 2021.



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca

INSTITUTO TECNOLÓGICO DEL VALLE DE OAXACA

**ÁCAROS DEPREDADORES EN EL CONTROL BIOLÓGICO DE
(*Tetranychus urticae* Koch) EN EL CULTIVO DE FRESA (*Fragaria x
ananassa* Duch).**

TESIS PROFESIONAL

Para obtener el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTA:

Concepción Porras Arango



Ex Hacienda de Nazareno, Xoxocotlán, Oaxaca.
Abril de 2021.

La presente Tesis titulada: **Ácaros depredadores en el control biológico de (*Tetranychus urticae* Koch) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch)**, fue realizada bajo la dirección del comité de asesores indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito para obtener el título de:

INGENIERA AGRÓNOMA

DIRECTOR:

M.C. EDILBERTO ARAGÓN ROBLES



ASESOR

ING. JUAN BUSTAMANTE LUJÁN



ASESORA

ING. RUBÍ YAROMÍN VÁSQUEZ CRUZ



AGRADECIMIENTOS

- ❖ *A Dios; por darme la fortaleza, la sabiduría y la paciencia para seguir con mis estudios, por haberme permitido llegar hasta esta etapa de mi vida profesional y obtener uno de los anhelos más deseados.*
- ❖ *A mis padres y hermanos, porque sé que sin su apoyo este logro hubiese sido muy difícil de lograr, porque siempre encontré en ustedes las palabras de aliento para seguir adelante, porque cuando quise rendirme estuvieron ustedes para animarme a continuar en todos los aspectos.*
- ❖ *A mis abuelas Naty y Carlota, por las palabras de aliento para seguir con este proyecto, porque ustedes me transmitieron la fortaleza que necesitaba para superar las situaciones difíciles que atravesamos.*
- ❖ *A mis abuelos porque donde quiera que estén sé que deben sentirse orgullosos por lo que estoy logrando, porque a pesar de los tropiezos y de que ahora no estén conmigo estoy dando un gran paso, siempre tratando de ser mejor persona, gracias por todo lo que me enseñaron aun después de su partida, este logro también es de ustedes.*
- ❖ *A mis amigas: Iris, Karen, Merced y Eugenia por su amistad incondicional a lo largo de estos años, por sus palabras de aliento, por los momentos que convivimos y por las ideas que compartimos.*
- ❖ *A mis amigos Edwin, Edel e Isaac, por todos los momentos que compartimos, por las experiencias en campo, por su apoyo en mi formación académica y por la amistad incondicional que me brindaron.*
- ❖ *A Nely Rojas, porque su amistad y ayuda formaron parte importante de este logro profesional.*

- ❖ *Al Instituto tecnológico del valle de Oaxaca, por abrirme sus puertas al conocimiento, por los cinco años de enseñanzas y experiencias que sus profesores y alumnos compartieron conmigo.*
- ❖ *A Compañía Minera Cuicatlán, por todo el apoyo y facilidades brindadas en el desarrollo de este trabajo.*
- ❖ *A mi director de tesis, el Ingeniero Edilberto Aragón Robles, por creer en mí, por sus experiencias compartidas y apoyo a lo largo de mi formación académica, por las asesorías brindadas, las correcciones y sugerencias en la realización de esta Tesis profesional.*
- ❖ *Al Ingeniero Juan Bustamante Luján por el apoyo que me brindó como asesor, por las palabras de aliento y ánimo durante este proceso, por sus consejos y sugerencias en la ejecución del presente trabajo.*
- ❖ *A mi asesora externa Ing. Rubí Yaromín Vásquez Cruz por el apoyo brindado en este proceso.*

DEDICATORIA

A mi familia: Mis padres Andrés Porras y Aquilea Arango y a mis hermanos Delfino, Inocencio, Ángel y Andrés, porque sé que no existirá una forma de agradecer toda la vida de sacrificio, de lucha y esfuerzo constante, solo quiero que sientan que el objetivo logrado es también de ustedes, porque no existe forma de comparación en el apoyo incondicional que me brindaron. Quiero que sepan que su forma de lucha fue mi ideal, su sacrificio mi anhelo, y su esfuerzo constante la fuerza de mi voluntad. Con Cariño, admiración y Respeto.

Concepción

ÍNDICE GENERAL

	Página
ÍNDICE DE CUADROS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
RESUMEN.....	x
SUMMARY.....	xi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	4
1.1.3 Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 El cultivo de fresa.....	5
2.1.1 Importancia.....	5
2.1.1.1 Situación Mundial.....	6
2.1.1.2 Situación Nacional.....	6
2.1.2 Ubicación taxonómica.....	7
2.1.3 Descripción morfológica.....	8
2.1.4 Principales enfermedades del cultivo de fresa.....	9
2.1.5 Principales plagas en el cultivo de fresa.....	11
2.2 Araña Roja (<i>Tetranychus urticae</i> Koch).....	12
2.2.1 Importancia.....	12
2.2.2 Ubicación taxonómica.....	13
2.2.3 Descripción morfológica.....	13
2.2.3.1 Huevo.....	13
2.2.3.2 Larva.....	14
2.2.3.3 Ninfa.....	14
2.2.3.4 Adulto.....	15
2.2.4 Ciclo Biológico.....	16
2.2.5 Daños y hábitos.....	17
2.3 Control biológico.....	19

2.4 Depredadores.....	20
2.4.1 Clasificación de los depredadores.....	21
2.5 <i>Neoseiulus californicus</i>	22
2.5.1 Morfología.....	23
2.5.1.1 Huevos.....	23
2.5.1.2 Larva y ninfas.....	24
2.5.1.3 Adultos.....	25
2.5.2 Ciclo de vida.....	25
2.6 <i>Phytoseiulus persimilis</i>	26
2.6.1 Morfología.....	27
2.6.1.1 Huevo.....	27
2.6.1.2 Larva, Protoninfa y Deutoninfa.....	28
2.6.1.3 Adulto.....	28
2.6.2 Ciclo de vida.....	29
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1 Descripción del área de estudio.....	30
3.1.1 Localización.....	30
3.1.2 Clima.....	31
3.1.3 Edafología.....	31
3.2 Evaluación en campo de la efectividad depredadora de <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> en el control de <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de bioensayos (Primera Fase).....	32
3.2.1 Diseño experimental.....	32
3.2.1.1 Unidad experimental.....	32
3.2.1.2 Tratamientos.....	33
3.2.1.3 Distribución de los tratamientos.....	34
3.2.1.4 Inoculación de Unidades Experimentales.....	35
3.2.1.5 Descripción del Pre- muestreo.....	36
3.2.1.6 Aplicación de los tratamientos (liberación de los ácaros depredadores).....	38
3.2.1.7 Monitoreo de la depredación sobre <i>T. urticae</i> Koch.....	39
3.2.2 Análisis de datos.....	39
3.3 Evaluación en campo de la efectividad depredadora de <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> en el control de <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de invernadero (Segunda Fase).....	40
3.3.1 Actividades realizadas para el establecimiento del experimento.....	40
3.3.2 Diseños experimentales.....	43
3.3.2.1 Unidades Experimentales.....	43
3.3.2.2 Descripción de los tratamientos.....	44
3.3.2.3 Tamaño de muestra.....	45
3.3.2.4 Infestación de <i>T. urticae</i> Koch sobre plantas de <i>F. ananassa</i> Duch.....	45
3.3.2.5 Descripción del Pre- muestreo para determinar el grado de infestación de ácaro plaga <i>T. urticae</i> Koch.....	47

3.3.2.6 Liberación ácaros depredadores o aplicación de tratamientos.....	48
3.3.2.7 Monitoreo del control de depredadores sobre <i>T. urticae</i> Koch.....	49
3.3.2.8 Análisis de datos.....	50
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	51
4.1 Evaluación de los ácaros depredadores <i>N.californicus</i> y <i>P. persimilis</i> sobre el ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de bioensayos.....	51
4.1.1 Población inicial del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de fresa <i>F. ananassa</i> Duch antes de realizar la aplicación de tratamientos, en condiciones de bioensayos.....	51
4.1.2 Efecto de ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> a los ocho días después de su liberación, en el control del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de invernadero.....	51
4.1.3 Efecto de ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> a los 15 días después de su liberación, en el control del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de bioensayos.....	54
4.1.4 Efecto de ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> a los 21 días después de su liberación, en el control del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de bioensayos.....	56
4.2 Evaluación de los ácaros depredadores <i>N.californicus</i> y <i>P. persimilis</i> sobre el ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de campo.....	62
4.2.1 Efecto de ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> ocho días antes de su liberación, en el control del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de campo.....	62
4.2.2 Efecto de ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> a los ocho días después de su liberación, en el control del acaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de campo.....	64
4.2.3 Efecto de ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> 15 días después de su liberación, en el control del acaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de campo.....	66
4.2.4 Efecto de ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> 21 días después de su liberación, en el control del acaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de campo.....	68
4.2.5 Efecto de ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> 28 días después de su liberación, en el control del acaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de campo.....	70
4.3 Efecto de los ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> en la sobrevivencia de <i>T. urticae</i> Koch durante seis semanas en condiciones de campo.....	74
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	79
5.1 Conclusiones.....	79

5.2 Recomendaciones.....	79
VI. LITERATURA CITADA.....	82
6.1 Bibliográficas.....	82
6.2 Virtuales.....	89

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Ubicación taxonómica de <i>F. ananassa</i> Duch.....	8
2	Principales enfermedades del cultivo de <i>F. ananassa</i> Duch.....	9
3	Principales plagas en el cultivo de <i>F. ananassa</i> Duch.....	11
4	Descripción taxonómica de <i>T. urticae</i> Koch.....	13
5	Ciclo biológico de <i>T. urticae</i> Koch a 26 °C y 40 % de H. R.....	17
6	Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento.....	34
7	Dosis liberadas de <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> por unidad experimental en los diferentes tratamientos evaluados.....	38
8	Fertilización aplicada a <i>F. ananassa</i> Duch durante el experimento....	42
9	Análisis de varianza para la variable población inicial de <i>T. urticae</i> Koch en folíolos de <i>F. ananassa</i> Duch, ocho días antes de liberación de depredadores (pre- muestreo) en fase de bioensayos.....	52
10	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de <i>T. urticae</i> Koch en folíolos de <i>F. ananassa</i> Duch 15 días después de liberación de depredadores en fase de bioensayos.....	54
11	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de <i>T. urticae</i> Koch en folíolos de <i>F. ananassa</i> Duch 21 días después de liberación de depredadores en fase de bioensayos.....	57
12	Análisis de varianza para la variable población inicial de <i>T. urticae</i> Koch en folíolos de <i>F. ananassa</i> Duch ocho días antes de liberación de depredadores (pre-muestreo en fase de campo).....	63

13	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch ocho días después de liberación de depredadores en fase de campo.....	63
14	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch en fase de campo después de 15 días.....	66
15	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch en fase de campo después de 21 días.....	68
16	Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch en fase de campo después de 28 días.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Adultos de araña roja (<i>T. urticae</i> Koch) en hoja de fresa.....	15
2	Estadios de <i>T. urticae</i> Koch.....	16
3	Daños ocasionados por <i>T. urticae</i> Koch en el cultivo de fresa.....	18
4	Marca en forma de X en adulto de <i>N. californicus</i>	24
5	Adulto de <i>P. persimilis</i> alimentándose de <i>T. urticae</i> Koch.....	26
6	Ciclo biológico de <i>P. persimilis</i>	29
7	Ubicación de la Comunidad de Maguey Largo, Ocotlán.....	31
8	Unidad experimental representada por la caja entomológica de 40x40x40 cm., con planta de fresa en su interior.....	33
9	Presentaciones comerciales de ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> (SPIDEX) y <i>N. californicus</i> (SPICAL).....	34
10	Distribución de los tratamientos en las unidades experimentales.....	35
11	Procedimiento realizado en el pre-muestreo para determinar el grado de infestación por <i>T. urticae</i> Koch antes de aplicar el tratamiento.....	37
12	Estolón de plantas de la variedad “San Andrés” antes del trasplante.....	41
13	Eliminación de hojas enfermas y podas de estolones.....	42

14	Distribución de diseño experimental y asignación de colores por tratamiento y repetición.....	44
15	Etiquetado de plantas seleccionadas.....	45
16	Planta de (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.) como atrayente de <i>T. urticae</i> Koch en una unidad experimental o tratamiento.....	46
17	Plantas de fresa severamente infestadas de <i>T. urticae</i> Koch.....	47
18	Liberación de ácaros depredadores sobre hojas de fresa (<i>F. ananassa</i> Duch).....	49
19	Promedio de población inicial de <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch y población final a los ocho días después de liberación de los ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de bioensayos.....	53
20	Sobrevivencia del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch, 15 días después de liberación de ácaros depredadores según tratamientos evaluados en condiciones de bioensayos.....	55
21	Sobrevivencia del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch, en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch, 21 días después de liberación de ácaros depredadores según tratamientos evaluados en condiciones de bioensayos.....	58
22	Población inicial del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch y población final a los ocho días después de liberación de los ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de campo.....	65
23	Sobrevivencia del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch y población final a los 15 días después de liberación de los ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de campo.....	67
24	Sobrevivencia del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch y población final a los 21 días después de liberación de los ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de campo.....	69
25	Sobrevivencia del ácaro fitófago <i>T. urticae</i> Koch en foliolos de <i>F. ananassa</i> Duch y población final a los 28 días después de liberación de los ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de campo.....	71

26	Efecto de ácaros depredadores <i>P. persimilis</i> y <i>N. californicus</i> en la sobrevivencia de <i>T. urticae</i> Koch en condiciones de campo durante seis semanas.....	74
----	---	----

RESUMEN

Tetranychus urticae Koch es una importante plaga asociada al cultivo de fresa debido a las altas densidades poblacionales alcanzadas y a los daños ocasionados a las plantas. Los productores utilizan acaricidas en grandes volúmenes sin cumplir los intervalos de seguridad, ocasionando residuos tóxicos en los frutos, desarrollo de poblaciones resistentes a los ingredientes activos, destrucción de organismos benéficos, intoxicación de mamíferos y contaminación del medio ambiente. Por lo tanto, es necesario generar otras alternativas de manejo de este ácaro plaga. En la presente investigación se evaluó el efecto del control biológico mediante la liberación de los ácaros depredadores *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus Persimilis*, así como su interacción. El experimento establecido fue un DCA mismo que fue realizado en dos fases experimentales; bioensayos y de campo, evaluando para ello cuatro tratamientos (T1=*N. californicus*, T2= *P.persimilis*, T3= Interacción, T4= testigo no tratado). Se realizaron análisis semanales a la variable sobrevivencia de *T.urticae* obteniendo un control eficaz de la plaga a los veinte y veintiocho días de la liberación en bioensayos y en campo respectivamente. La interacción de *N. Californicus* y *P. persimilis* resultó ser el mejor tratamiento, mientras que la eficacia de *P. persimilis* se vio limitada por las condiciones ambientales.

SUMMARY

Tetranychus urticae Koch is an important pest associated with strawberry cultivation due to the high population densities reached and the damage caused to the plants. Growers use acaricides in large volumes without complying with safety intervals, causing toxic residues in the fruit, development of populations resistant to the active ingredients, destruction of beneficial organisms, intoxication of mammals and environmental contamination. Therefore, it is necessary to generate other alternatives for the management of this pest mite. In the present research, the effect of biological control by releasing the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis*, as well as their interaction, was evaluated. The experiment established was a DCA, which was carried out in two experimental phases; bioassays and field, evaluating four treatments (T1=*N. californicus*, T2= *P.persimilis*, T3= Interaction, T4= untreated control). Weekly analyses of the variable survival of *T. urticae* were carried out, obtaining an effective control of the pest twenty and twenty-eight days after release in bioassays and in the field, respectively. The interaction of *N. Californicus* and *P. persimilis* proved to be the best treatment, while the efficacy of *P. persimilis* was limited by environmental conditions.

I. INTRODUCCIÓN

La producción de fresa es una actividad de alta importancia socioeconómica en México debido a su distribución mundial (Dávalos *et al.*, 2011). En México su producción es considerada como una de las actividades más importantes dentro de la producción agrícola debido a la gran demanda que genera, por esta razón en el país están destinadas más de 11 mil hectáreas para llevar a cabo su siembra. En 2017 el 99 % de todas las fresas del país se produjeron entre Baja California Norte, Michoacán, Jalisco, Guanajuato, Baja California Sur y Aguascalientes (SAGARPA/SIAP, 2017).

Es muy apreciada para consumo fresco y la elaboración de postres, debido a sus cualidades de color, aroma y acidez; además de ser una fruta rica en vitaminas A y C, sin embargo, durante su ciclo de producción se ve afectada por diferentes problemas fitosanitarios como: plagas y enfermedades.

El ácaro (*Tetranychus urticae* Koch), conocido comúnmente como araña roja es la plaga más importante asociada al cultivo de fresa debido a las altas densidades poblacionales alcanzadas y a los daños ocasionados a las plantas

El daño se produce principalmente donde se alimenta, ya que al hacerlo rompe con sus estiletes la superficie de las hojas y destruye células del mesófilo afectando la transpiración, la fotosíntesis (De Angelis *et al.*, 1983), afectando severamente el crecimiento de la planta y sus frutos, volviéndolos insípidos y de mala calidad (Felipe, 2003). Para su control los productores utilizan acaricidas de síntesis químicas en grandes volúmenes sin cumplir los intervalos de seguridad, ocasionando residuos tóxicos en los frutos, desarrollo de poblaciones resistentes a los ingredientes activos, destrucción de organismos benéficos, intoxicación de mamíferos y contaminación del medio ambiente (Maroto, 1998).

El uso excesivo de acaricidas de síntesis química debido al elevado número de aplicaciones por temporada, ha traído como consecuencia la resistencia del ácaro a ingredientes activos como: óxido de fenbutatin y principalmente la abamectina (Cerna *et al.*, 2005; Sato *et al.*, 2005), así como al oxidemetón metílico, endosulfán y susceptible al propargite y fenpropatrín (Villegas *et al.*, 2010; Cerna *et al.*, 2009), además de un incremento en costos de producción, ya que estimaciones económicas sobre el control de *T. urticae* Koch en el cultivo de

fresa en Guanajuato indican un gasto aproximado de \$ 9,500 a 20,000 por ha-1 ciclo-1 (López *et al.*, 2014).

Debido a todas las consecuencias que trae consigo el uso indiscriminado de acaricidas se plantea generar alternativas para el control de este ácaro plaga, una de ellas es el control biológico, utilizando depredadores naturales de *T. urticae* Koch, este método de control resulta ser duradero y eficiente ya que la existencia de éstos puede llegar a auto-perpetuarse año tras año siempre que exista presa (fitófago) disponible, además que la mayor parte de los enemigos naturales son bastante específicos y por lo tanto no se ven afectados insectos no perjudiciales para los cultivos (Rubio y Fereres, 2005); es relativamente económico, ya que una vez que los enemigos naturales se han establecido no suele ser necesaria la incorporación de más individuos, además evita plagas secundarias y problemas con intoxicaciones (Guédez *et al.*, 2008).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de ácaros depredadores como agentes de control biológico del ácaro (*Tetranychus urticae* Koch) en el cultivo de fresa

(*Fragaria x ananassa* Duch) en la comunidad de Maguey Largo, Ocotlán, Oaxaca.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar la eficiencia depredadora de *Neoseiulus californicus* como alternativa de control de (*Tetranychus urticae* Koch), en (*Fragaria x ananassa* Duch).
- Determinar el efecto de depredación de *Phytoseiulus persimilis* sobre (*Tetranychus urticae* Koch), en el cultivo de (*Fragaria x ananassa* Duch).
- Evaluar el efecto de la interacción depredadora de *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en el control biológico de (*Tetranychus urticae* Koch).

1.1.3 Hipótesis

- Las especies de *N. californicus* y *P. persimilis* tienen atributos ecológicos que les confieren efectividad depredadora de *T. urticae* Koch, manteniendo a la población por debajo del nivel de daño económico.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 El cultivo de fresa

2.1.1 Importancia

La producción de fresa es una actividad de alta importancia socioeconómica: es el cultivo con mayor índice de empleo por hectárea cultivada, con un estimado de 725,000 jornales anuales por cada 100 hectáreas (Dávalos *et al.*, 2011).

Es una fruta con gran demanda, ya que se caracteriza por ser muy ligera, debido a que gran parte de su composición es agua y posee una importante cantidad de vitamina C que protege al cuerpo fortaleciendo el sistema inmune, contiene potasio, calcio, magnesio y hierro y mejora la eliminación de restos del organismo, en especial el exceso de ácido úrico (Liégeonis, 2000), ayuda

también contra irritación del hígado, ictericia, tos seca, bronquitis, ampollas, barros e irritación de piel (López, 2006).

2.1.1.1 Situación Mundial

La fresa es de amplia distribución en el mundo, siendo los principales países productores: Estados Unidos, China, Turquía y España; Egipto y Colombia, en menor escala. Otros países productores y exportadores de fruta fresca y congelada son: Países Bajos, Bélgica y México. Los principales productores de fresa en el mundo son China y Estados Unidos quienes aportan 55,3 % del volumen total (SAGARPA/ SIAP 2017).

2.1.1.2 Situación Nacional

México es potencia relevante en el comercio del fruto, ya que produce lo suficiente para cubrir la demanda interna y compite en el exterior, se posiciona en el segundo lugar por volumen entre los países exportadores, exportando a Estados Unidos (99.92 %), Canadá (0.02 %), Países Bajos (0.02 %) y Japón (0.02 %), principalmente. La cantidad mexicana comercializada en el exterior representa 13.8% del total mundial (Padrón *et al.*, 2016).

De cada 100 toneladas que se producen en el país 73 se obtienen en los fresales de Michoacán, entidad líder en el valor de producción con 5 mil 425 millones de pesos en 2016, seguido de Baja California, Guanajuato, Baja California Sur, México y Aguascalientes, estados que aportan a las 468,248 toneladas de fresa que producen en el país (SAGARPA/ SIAP 2017).

2.1.2 Ubicación taxonómica

El cultivo de frutilla, perteneciente a la familia Rosaceae y al género *Fragaria*, aparece en estado silvestre en América, Asia y Europa. En este último continente existen referencias sobre su consumo desde los tiempos de la antigua Roma. El cultivo de las especies de fruto pequeño (*F. vesca*, *F. alpina* y *F. viridis*) se extendió en Europa hasta el final del siglo XIX, momento en el que comenzaron a surgir híbridos entre las especies europeas y las americanas de frutos grandes (*F. chiloensis* y *F. virginiana*), dando origen a los híbridos con frutos de mayor tamaño que se conocen como fresones (Joublan y Vergara, 2003).

La especie *Fragaria x ananassa* es un híbrido que resulta del cruce de dos variedades silvestres, *Fragaria virginiana*, nativa de Norte América, y *Fragaria chiloensis*, nativa de la costa del Pacífico de América del Norte y del Sur y es la que actualmente se utiliza comercialmente (Cuadro 1).

Cuadro 1. Ubicación taxonómica de *F. ananassa* Duch. Fuente: Joublan y Vergara, 2003

<i>Familia</i>	<i>Rosáceae</i>
<i>Género</i>	<i>Fragaria</i>
<i>Especie</i>	<i>F. vesca</i> <i>F. alpina</i> <i>F. viridis</i> <i>F. Chilensis</i> <i>F. x ananassa</i> <i>F. virginiana</i>

2.1.3 Descripción morfológica

La planta de fresa es herbácea, de porte bajo, generalmente no supera los 30 cm de altura, su ciclo vegetativo es perenne en estado silvestre, aunque la durabilidad de las plantaciones comerciales presenta dos facetas: en ambientes situados en latitudes frías el cultivo permanece hasta tres años sin ser renovado, pero sólo tiene un periodo de producción de dos meses máximo cada año; en cambio, en ambientes mediterráneos y subtropicales, la fresa registra un ciclo de producción largo, con alta productividad y calidad de fruta (Dávalos *et al.*, 2011).

Las fresas de plántulas hacen su primer crecimiento superior por medio de un muy ligero alargamiento del tallo y por la adición de nuevas hojas. Más tarde, algunos de los brotes ubicados en las axilas de las hojas comienzan a desarrollar. Estos brotes son nuevos puntos de crecimiento que pueden producir cualquiera

de los tres tipos de ramas: una corona secundaria, un corredor o una inflorescencia (Darrow, 1929).

Al órgano de la fresa que botánicamente es un tallo se le denomina corona. Es de tamaño corto, de entre 2 y 3 cm de longitud, aunque en poblaciones nativas de *Fragaria chiloensis* en la costa de California, E.U.A., se han encontrado clones cuyas coronas miden 60 cm. La corona está compuesta de tejido leñoso y vascular. La parte central, llamada médula, está constituida por células alargadas, las cuales son altamente susceptibles a daños por bajas temperaturas, las plantas adultas de fresa pueden tener de cuatro hasta siete coronas o más, lo que depende de la variedad, del sistema de plantación y de la densidad de población utilizados (Darrow, 1966).

2.1.4 Principales enfermedades del cultivo de fresa

Cuadro 2. Principales enfermedades del cultivo de *F. ananassa* Duch.
Fuente: Bolda y Dara (2015).

Nombre de la enfermedad	Daños y/o síntomas
Mancha Angular de la hoja Bacteria: <i>Xantomonas fragariae</i>	La infección comienza como pequeñas lesiones acuosas en la parte inferior de la hoja. Después de secarse, el exudado parece como una película blancuzca. A medida que avanza la enfermedad, aparecen manchas café-rojizas en la parte superior de la hoja.
Antracnosis <i>Colletotrichum acutatum</i>	Las lesiones en los pecíolos y en los estolones son de color café oscuro o negro lenticulares y hundidas. Las lesiones aparecen como manchas hundidas y redondeadas u ovaladas, de color café en los frutos verdes y de color negro en los frutos rojos.

<p>Pudrición de la fruta por Botrytis <i>Botrytis cinerea</i></p>	<p>Generalmente se forman pequeñas lesiones cafés bajo el cáliz tanto en la fruta verde como en la roja. Las áreas infectadas se pudren y se vuelven suaves pero pueden volverse secas y correosas si la humedad es baja.</p>
<p>Pudrición Carbonosa <i>Macrophomina phaseolina</i></p>	<p>Las hojas jóvenes en el centro permanecen verdes, pero las hojas más viejas se secan y mueren eventualmente. Antes de la muerte de la planta también se observa marchitamiento del follaje y reducción en el crecimiento de la planta.</p>
<p>Mancha Púrpura de la hoja <i>Mycosphaerella fragariae</i></p>	<p>Los síntomas incluyen lesiones pequeñas de color púrpura oscuro en la superficie anterior de la hoja. Las porciones centrales de las lesiones cambian de color café a gris y luego a blanco con la edad.</p>
<p>Pudrición <i>Rhizopus</i> spp.</p>	<p>Aparición en la fruta de manchas acuosas descoloridas que crecen rápidamente. La fruta se marchita, se vuelve marrón y empieza a gotear debido a la actividad enzimática del hongo.</p>
<p>Oídio (Mildú Polvoriento) <i>Podosphaera aphanis</i></p>	<p>Los síntomas típicos incluyen el crecimiento de un polvo blancuzco en la superficie inferior de las hojas, crecimiento hacia arriba de los bordes de la hoja y parches púrpura secos en la superficie superior de la hoja a medida que avanza la enfermedad.</p>
<p>Marchitamiento por Fusarium <i>Fusarium oxysporum f. sp. Fragariae</i></p>	<p>Las hojas jóvenes en el centro permanecen verdes y vivas, pero las hojas viejas se secan y eventualmente mueren. El marchitamiento del follaje y el crecimiento reducido de las plantas también se observan antes de la muerte de la planta.</p>
<p>Pudrición de la corona o Colapso Vascular <i>Phytophthora cactorum</i>, <i>P. citricola</i>, <i>P. parasitica</i> y <i>P. megasperma</i>.</p>	<p>Las hojas son pequeñas y el crecimiento de las plantas está atrofiado. Las plantas colapsan conforme avanza la temporada. El tejido vascular de la corona o todo el tejido de la corona muestran una decoloración marrón cuando se corta. Las raíces infectadas desarrollan una pudrición negra.</p>
<p>Pudrición de la piel <i>Phytophthora cactorum</i>.</p>	<p>La enfermedad causa cambios de color café a morado en la superficie de la fruta. Los frutos infectados adquieren un color café y se vuelven correosos a medida que el daño se extiende creando una capa exterior dura mientras el tejido interno es suave</p>
<p>Tizón de la hoja y el peciolo (<i>Gnomoniopsis comari</i>)</p>	<p>Lesiones grisáceas en las primeras hojas de las plantas nuevas que se extienden rápidamente desde los márgenes hasta cubrir de un cuarto a la mitad de la superficie de la hoja.</p>
<p>Verticilosis <i>Verticillium dahliae</i></p>	<p>Los síntomas incluyen crecimiento reducido de las plantas, bronceado de los bordes y entre las venas en las hojas exteriores seguido por el colapso eventual, y rayas o manchas de color café en las hojas verdes interiores con crecimiento atrofiado.</p>
<p>Estela roja <i>Phytophthora fragariae var. Fragariae</i></p>	<p>Retraso en el crecimiento de la planta seguido por muerte en casos muy severos. A medida que las hojas más viejas mueren en plantas atrofiadas, se forman pequeñas hojas jóvenes con peciolos cortos.</p>
<p>Deterioración de la fresa relacionada con Pallidosis Enfermedad causada por los virus SPaV y BPYV, transmitidos por la mosca blanca.</p>	<p>La infección causa retraso en el crecimiento de la planta, follaje rojo o púrpura y raíces frágiles con un número reducido de raicillas. El rendimiento es afectado severamente en las plantas infectadas. La enfermedad es transmitida por la mosca blanca de los invernaderos, <i>Trialeurodes vaporariorum</i> y por áfidos.</p>

2.1.5 Principales plagas en el cultivo de fresa

Cuadro 3. Principales plagas en el cultivo de *F. ananassa* Duch. Fuente: Zalom *et al.*, 2007.

Nombre de la plaga	Daños
Pulgón de la fresa <i>Chaetosiphon fragaefolii</i>	Los depósitos de la mielecilla causan el desarrollo de fumagina (moho negro) y hacen que las pieles blancas, mudadas por las ninfas se peguen a la fruta.
Gusano soldado de la remolacha <i>Spodoptera exigua</i>	Las polillas que resultan de las larvas que inviernan ponen sus huevos en la primavera, y las larvas jóvenes se alimentan del follaje y de las coronas antes de atacar la fruta. Las larvas más grandes se alimentan directamente hacia el interior de las frutas.
Gusano falso medidor <i>Trichoplusia ni</i>	Las larvas jóvenes se alimentan principalmente de la parte inferior de las hojas, reduciéndolas a esqueletos.
Gusano del elote de maíz <i>Helicoverpa (=Heliothis) zea</i>	El gusano del elote de maíz daña las fresas enterrándose en la fruta. Aunque hay varias generaciones en cada temporada, solamente las larvas de la primera generación atacan las fresas del invierno.
Gusano cortador <i>Agrotis ipsilon</i>	El daño que ocurre temprano en la temporada por las larvas recién nacidas generalmente aparece como agujeritos sin telaraña en las hojas de la corona que se empiezan a desplegar. Al crecer, las larvas empiezan su cortadura característica de los tallos, a la vez que dejan agujeros más grandes e irregulares en el follaje.
Araña del ciclamino <i>Phytonemus pallidus</i>	Las hojas con una infestación grande se ponen muy atrofiadas y arrugadas, lo que resulta en una masa compacta de hojas en el centro de la planta. Si los ácaros se alimentan de las flores, éstas se marchitan y mueren. La fruta de plantas infestadas es diminuta, y las semillas resaltan en la piel de la fruta.
Chinche lygus <i>Lygus hesperus</i>	Las chinches lygus dañan la fruta picando las semillas; esto a su vez, suspende el desarrollo de la fruta en el área alrededor del sitio de alimentación.
Picudo Fuller de la rosa <i>Pantomorus cervinus</i>	Las larvas de todos estos escarabajos se alimentan de las raíces de las fresas y pueden devorar completamente las raíces pequeñas y destruir la cáscara y la corteza de raíces más grandes.
Mosca blanca de la fresa <i>Trialeurodes packardi</i>	Las moscas blancas pueden disminuir el rendimiento del cultivo directamente al alimentarse del tejido de las hojas, lo que le quita la savia a la planta, detiene su crecimiento, y disminuye la cantidad de azúcar en la fruta.
Trips occidental de la flor <i>Frankliniella occidentalis</i>	La alimentación de los trips en las fresas causa que los estigmas y las anteras se vuelvan color de café y se marchiten prematuramente, pero no antes de que haya ocurrido la fertilización.
Araña roja de dos manchas <i>Tetranychus urticae</i>	El daño del ácaro de dos manchas y del ácaro carmín se presenta como un graneado, una escarificación, y un bronceado de las hojas y del cáliz (estrella).

2.2 Araña Roja (*Tetranychus urticae* Koch)

2.2.1 Importancia

La importancia de estos parásitos se ha incrementado en los últimos años como consecuencia, probablemente, de una mayor intensificación de los cultivos, un aumento de la fertilización nitrogenada y sobre todo por el empleo indiscriminado de productos fitosanitarios (Nuez *et al.*, 1996).

La araña roja (*T. urticae* Koch) es una especie cosmopolita, ampliamente distribuida en todos los continentes ya que se desarrolla sobre más de 150 especies cultivadas (Nuez *et al.*, 1996).

Pertenece a la familia *Tetranychidae* y es un ácaro del follaje, ya que su alimentación se da por medio de la punción de las células vegetales mediante los quelíceros, que tienen forma de estilete. Típicamente las células que son perforadas por arañas rojas mueren (Romero y Anaya, 1998).

2.2.2 Ubicación taxonómica

De acuerdo con Malais y Ravensberg (2003), la araña roja se encuentra dentro de la siguiente ubicación taxonómica (Cuadro 4).

Cuadro 4. Descripción taxonómica de *T. urticae* Koch. Fuente: Malais y Ravensberg (2003).

Clase	Arachnida
Subclase	Acarina o Acari
Orden	Acariformes
Familia	Tetranychidae
Género	<i>Tetranychus</i>
Especie	<i>Urticae</i> Koch

2.2.3 Descripción morfológica

2.2.3.1 Huevo

Los huevos que deposita la hembra son diminutos, miden aproximadamente 0.1 mm, esféricos e incoloros, transparentes al principio; después toman un tinte, ámbar o anaranjado, tornándose amarillento al acercarse la época de avivar (Domínguez, 1998).

2.2.3.2 Larva

Las larvas son redondeadas, con tres pares de patas (Ruíz *et al.*, 2013). Son prácticamente incoloras con dos ojos de color rojo oscuro, una vez que comienzan alimentarse, cambian a un verde claro, amarillo pardusco o incluso a un verde oscuro. Dos manchas oscuras también se desarrollan en la mitad de su cuerpo, una vez que se ha consumido alimento suficiente, se vuelven inactivos en la superficie de la hoja y retiran las patas hasta que se convierten en protoninfa (Malais y Ravensberg, 2003).

2.2.3.3 Ninfa

Las protoninfas son bastante parecidas a los adultos poseyendo ya cuatro pares de patas, con un color amarillento en el que resalan los puntos rojos de los ojos y unas manchas oscuras laterales (Mesa, 1999). Cuando se ha alimentado lo suficiente entra en estado de quiescencia, para dar pasar al segundo estadio ninfal. Las deutoninfas tienen cuatro pares de patas al igual que la protoninfa, de forma globosa, más alargada en comparación con la protoninfa y de color crema, son más evidentes el par de manchas en el idiosoma. A partir del estado de deutoninfa se observa la formación de telaraña, que las hembras producen en mayor cantidad (Reséndiz y Castillo, 2018).

2.2.3.4 Adulto

La araña en estado adulto puede tener una coloración variable, dependiendo de la edad del animal, tipo de alimento y clima (Ferragut y Santonja, 1989). Los adultos jóvenes son de color amarillo verdoso, con dos manchas oscuras más o menos grandes situadas en las zonas laterales del dorso y dos puntos rojos correspondientes a los ojos (Figura 1). Conforme van envejeciendo toman coloraciones rojizas, más intensas en las hembras. La hembra adulta tiene una forma elíptica, alcanzando una longitud de 0.5 a 6 mm, siendo más oscuras y de mayor tamaño que los machos, son más rápidas debido a sus patas más largas (Nuez *et al.*, 1996).



Figura 1. Adultos de araña roja (*T. urticae* Koch) en hoja de fresa
Fuente: Autoría Propia

2.2.4 Ciclo Biológico

El desarrollo de esta especie comprende los estadíos de huevo, larva, protoninfa, deutoninfa y adulto. Cada hembra adulta puede poner más de 100 huevos durante los 22 a 28 días que dura su vida (Figura 2).

El paso de huevo a adulto lo puede realizar en 7 a 14 días en condiciones de 28 °C y 60 % de humedad relativa la incubación de huevos dura de 3 a 4 días, larva de 2 a 5 días, protoninfa, de 1 a 2 días y deutoninfa, de 1 a 3 días, hasta la formación del adulto, el cual tiene una longevidad de un mínimo de 22 días (Anaya y Bautista 1991; Gallardo *et al.*, 2005), a temperaturas de 26 °C y 40 % de H. R puede reducirse a una media de 12.24 días (Reséndiz y Castillo, 2018) como se muestra en el Cuadro 5.



Figura 2. Estadíos de *T. urticae* Koch. Fuente: Koppert de México (2019)¹

¹ <https://www.koppert.mx/retos/aranas-rojas-y-otras-aranas/arana-roja/>

Cuando las condiciones climáticas son favorables, las generaciones del ácaro suceden con gran rapidez. Por encima de 40°C, se limita el desarrollo y la multiplicación y por debajo de 12° C la araña roja entra en diapausia (Nuez, *et al.*, 1996).

Cuadro 5. Ciclo biológico de *T. urticae* Koch a 26 °C y 40 % de H. R (Reséndiz y Castillo, 2018).

Etapa de desarrollo	Ciclo biológico (Días)		
	Min.	Máx.	Media
Huevo	4.23	4.71	4.57
Larva	2.1	2.98	2.64
Protoninfa	1.32	1.76	1.59
Deutoninfa	2.41	2.8	2,64
Preoviposición	0.71	0.93	0.8
Promedio Total	10.77	13.18	12.24

2.2.5 Daños y hábitos

La araña roja, perfora el follaje, comúnmente en el envés de las hojas con dos proyecciones terminadas en punta y hacen que las hojas se vuelvan primero amarillas y después de color café (Edmon *et al.*, 1984). La invasión se caracteriza

por la pérdida general de clorofila en las hojas y su caída prematura, restándole vigor a las plantas (Juscafresa e Ibar, 1987).

Maas (1998), menciona que las plantas muy infestadas se ven secas y atrofiadas, y el nuevo crecimiento es algo amarillento y distorsionado y que las plantas que permanecen muy infestadas se debilitan severamente y ocasionalmente pueden morir (Figura 3).



Figura 3. Daños ocasionados por *T. urticae* Koch en el cultivo de fresa²

Puede producirse una invasión en pleno verano que comprometa el desarrollo de la planta y sus frutos, ya que sobre todo en tiempo seco y caluroso, las generaciones de araña roja se suceden con gran rapidez (Nuez *et al.*, 1996).

² <https://www.koppert.mx/retos/aranas-rojas-y-otras-aranas/arana-roja/>

Tetranychus urticae Koch, inverna en el estado adulto, sobre los árboles o bajo las cortezas o en diversas plantas silvestres, de donde se traslada en primavera a los cultivos, habitando generalmente en el envés de las hojas. Allí mismo se efectúa la puesta, sosteniéndose los huevos por la red de sedas que tejen los adultos. Después de muy pocos días nacen las larvas exápodos, que se transforman en las octópodos. De ellas se deriva, después de la muda, los adultos (Domínguez, 1998).

2.3 Control biológico

Todas las especies vegetales y animales tienen enemigos naturales (parásitos, parasitoides, depredadores o patógenos) que atacan los diferentes estadios del ciclo de vida. El impacto de esos enemigos naturales va desde un efecto temporal o menos hasta la muerte del hospedero o la presa (Metcalf y Luckmann, 1990).

De Bach (1987), menciona que el control biológico es la acción de parásitos, predadores, o patógenos para mantener la densidad de población de otro organismo a un promedio más bajo que el que existiría en su ausencia.

El mismo autor opina que el control biológico aplicado se desarrolla en contra de organismos que son plagas actuales o potenciales. Si un organismo no logra

llegar al estatus de plaga, es obvio que las condiciones climáticas y otros factores le son desfavorables; por consiguiente, uno de los mejores medios para modificar las condiciones ambientales que tienden a deprimir permanentemente la población de una plaga es el empleo de los enemigos naturales de ésta.

2.4 Depredadores

Los depredadores son organismos que necesitan alimentarse de varios siempre más de un huésped para desarrollarse hasta su madurez (Carrero, 1996).

Generalmente tienen un tamaño mayor que el de la presa y son fundamentalmente oligófagos o polífagos, con ellos se pueden controlar los ácaros fitófagos mediante liberaciones periódicas ya que consumen huevos, larvas, ninfas y adultos de ácaros dañinos (Baddi y Abreu, 2006).

Dentro del grupo de los depredadores se pueden mencionar varias familias que tienen potencial biológico de plagas en diferentes sistemas agrícolas, tanto en los anuales como en los perennes, siendo en la actualidad, los representantes de la familia Phytoseiidae los más utilizados. Los miembros de esta familia son aproximadamente del mismo tamaño que los tetraníquidos; sin embargo, presentan diferente estructura (Cervantes y Huacuja, 2004).

Dentro del control biológico de la araña roja *T. urticae* Koch, se han utilizado diferentes organismos depredadores que ayudan a mitigar el daño causado en diferentes cultivos. El ácaro depredador *P. persimilis*, es su enemigo natural más importante, ya que puede controlar la población de la plaga impidiendo que alcance niveles poblacionales perjudiciales para la cosecha en el cultivo de fresa (Gonzales *et al.*, 1991), así como en muchos otros cultivos de todo el mundo.

Este acaro depredador fue el primer agente de control biológico empleado en invernaderos y actualmente aún sigue siendo muy eficaz, sin embargo, bajo condiciones secas y cálidas, tiene dificultad para mantener a las colonias de araña roja bajo control. En tales condiciones, puede emplearse el ácaro *N. californicus*, ya que es más tolerante a temperaturas más altas, humedades relativas más bajas y a plaguicidas que *P. persimilis* (Malais y Ravensberg, 2003).

2.4.1 Clasificación de los depredadores

McMurtry y Croft (1997) clasificaron a los fitoseidos en cuatro categorías de acuerdo a sus hábitos alimentarios: Tipo I. Depredadores especialistas en especies del género *Tetranychus*; Tipo II. Depredadores selectivos de Tetraníquidos (frecuentemente asociados a especies que producen densas telas); Tipo III. Depredadores generalistas y Tipo IV. Depredadores generalistas

que se alimentan de polen preferentemente. *N. californicus* se le clasifica como un depredador selectivo de tipo II ya que se alimenta preferentemente de *T. urticae* Koch, pero puede alimentarse de polen de ciertas plantas y ninfas de trips (Sazo *et al.*, 2006).

2.5 *Neoseiulus californicus*

Neoseiulus californicus, es un ácaro depredador que se presenta naturalmente en las zonas tropicales, es originario de California y Florida pero Rhodes y Liburd (2005) refieren que las poblaciones naturales de este depredador se encuentran en Argentina, California, Chile, Florida, Japón, África del Sur, Texas, partes del sur de Europa y a lo largo de las orilla del Mar Mediterráneo, ya que es más tolerante a temperaturas más altas, humedades relativas más bajas y a plaguicidas que *P. persimilis*.

El límite inferior para el desarrollo está alrededor de los 10°C, y una humedad relativamente menor al 60 % tiene un efecto negativo en el crecimiento de la población. Las etapas de desarrollo son las mismas que otros miembros de Phytoseiidae: huevo, larva, proto y deutinifia y adulto (Malais y Ravensberg, 2003). La capacidad de entrar en diapausa de *N. californicus* varía de acuerdo a

su lugar de origen y a las condiciones de temperatura y fotoperiodo (Gugole, 2012).

El ácaro depredador *N. californicus*, tiene características tanto de los ácaros depredadores especialistas tipo II como de los ácaros depredadores generalistas tipo III; prefiere los ácaros tetraníquidos como alimento, pero también consumirá otras especies de ácaros, así como pequeños insectos y trips en estado larvario (Sazo *et al.*, 2006), e incluso polen cuando la presa principal no esté disponible (Rhodes y Liburd, 2005).

2.5.1 Morfología

2.5.1.1 Huevos

Los huevos son de forma oval, transparentes o color blanco, y son depositados en el envés de las hojas, miden aproximadamente 0.04 mm (Malais y Ravensberg, 2003).

2.5.1.2 Larva y ninfas

Las larvas tienen tres pares de patas, y a diferencia de *P. persimilis*, se alimentan de huevos. Las larvas tienen solo seis patas y son de color translúcido. Ambas etapas ninfales, la protoninfa y deutoninfa, se asemejan a los adultos, excepto que son más pequeños y no pueden reproducirse. Cuando las ninfas y adultos se alimentan de *T. urticae* Koch, éstas son de color blanco transparente con una marca naranja en forma de X en la parte posterior (Figura 4). Si no ha habido suministro de alimentos durante algún tiempo, se tornan de un color claro uniforme. Algunos de los ácaros se dispersarán en busca de nuevas presas, migrando sobre el cultivo o a lo largo del suelo (Malais y Ravensberg, 2003).



Figura 4. Marca en forma de X en adulto de *N. californicus*. Fuente: Autoría propia.

2.5.1.3 Adultos

Las hembras adultas tienen una longitud aproximada de 0,1 mm y una forma ovalada. Los machos son un poco más pequeños que las hembras. Tanto los machos como las hembras son translúcidos y pueden ser de color naranja pálido, melocotón o rosa (Rhodes y Liburd, 2005).

2.5.2 Ciclo de vida

Las hembras de *N. californicus* pueden poner hasta cuatro huevos por día, sin embargo, dos huevos por día es el promedio, éstos tardan de 1.5 a 4.0 días en incubarse dependiendo de la temperatura, a temperaturas de Las hembras pueden copular una o más veces, produciendo más huevos aquellas que hayan copulado dos o múltiples veces, además de presentar un período de oviposición más largo y una descendencia más sesgada hacia las hembras (Amano y Chant, 1978).

Los huevos eclosionan en larvas de seis patas, las cuales pueden progresar a protoninfa sin alimentarse, esta etapa puede durar de 0.5 a 1.0 día. Posteriormente pasa a través de dos etapas ninfales: protoninfa y deutoninfa,

durante éstas son alimentadores activos. Cada etapa ninfal puede durar de 1.0 a 3.0 días (Huahuasoncco, 2016), por lo tanto el tiempo total de desarrollo puede ser tan corto como 4.0 días o tan largo como 12.0, días dependiendo de la temperatura, sin embargo *N. californicus* se desarrolla más rápidamente a temperaturas más altas. Los adultos viven aproximadamente 20 días (Rhodes y Liburd, 2005).

2.6 *Phytoseiulus persimilis*

El ácaro *P. persimilis*, es la principal especie utilizada en el control del ácaro de dos manchas, sus hábitos alimenticios son tan agresivos que se dispersa y multiplica muy rápidamente (Mesa, 2000), sin embargo, debido a que solo se alimentan de arañitas (Figura 5), *P. persimilis* abandonará el campo si las densidades de arañitas bajan lo suficiente para mantener la población de predadores (Malais y Ravensberg, 2003; Zalom *et al.*, 2007).



Figura 5. Adulto de *P. persimilis* alimentándose de *T. urticae* Koch. Fuente: Autoría propia.

2.6.1 Morfología

Los estadios de desarrollo de *P. persimilis* son los mismos que el de la araña roja: huevo, larva, primer estadio ninfal (protoninfa), segundo estadio ninfal (deutoniha) y adulto. A diferencia de *T. urticae* Koch, entre el estadio de larva y los dos estadios de ninfa no pasa por un periodo de reposo o crisálida (Malais y Ravensberg, 2003).

2.6.1.1 Huevo

Los huevos, que son ovales, son depositados cerca de una fuente de alimento. Cuando están recién puestos son de color rosa pálido transparente, haciéndose más oscuros según se van desarrollando. Por lo tanto, difieren de los huevecillos de arañita roja en color y forma; y son, además, aproximadamente dos veces más grandes (Malais y Ravensberg, 2003).

2.6.1.2 Larva, Protoninfa y Deutoninfa

La larva es hexápoda, no se alimenta y permanece en inactividad a no ser que se le moleste. Una vez que la larva ha mudado al primer estadio ninfal (protoninfa), empieza a alimentarse inmediatamente, empezando a buscar comida, por lo que se alimenta y continúa buscando, con periodos intermitentes de inactividad. La deutoninfa come en todo su tiempo de vida y más tarde muda, y da lugar al adulto (Malais y Ravensberg, 2003).

2.6.1.3 Adulto

Los ácaros adultos emergen tras el segundo estadio ninfal y es de color rojo claro con patas largas. El adulto es muy activo, sobre todo a temperaturas altas. Las hembras tienen una longitud aproximada de 0.6 mm, y aunque los machos son ligeramente más pequeños, planos y alargados, es muy difícil diferenciarlos de las hembras (Malais y Ravensberg, 2003).

2.6.2 Ciclo de vida

El ciclo biológico de *P. persimilis* a 20 °C está constituido por: estado de huevo, ninfa, protoninfa, deutoninfa y adulto (Figura 6). Los huevos son grandes, después de la primera puesta son hialinos, anaranjados y brillantes, cambiando durante su desarrollo a colores opacos, son ovipositados en el envés de las hojas cerca de las colonias de *T. urticae* Koch. Después de tres días aproximadamente eclosiona una larva de seis patas, un día después se convierte en una protoninfa de ocho patas la cual es una buscadora activa de comida, consumiendo de cuatro a cinco huevos antes de convertirse en deutoninfa, el estado de deutoninfa dura aproximadamente dos días durante los cuales come seis huevos o jóvenes de ácaros fitófagos (Malais y Ravensverg, 2003).

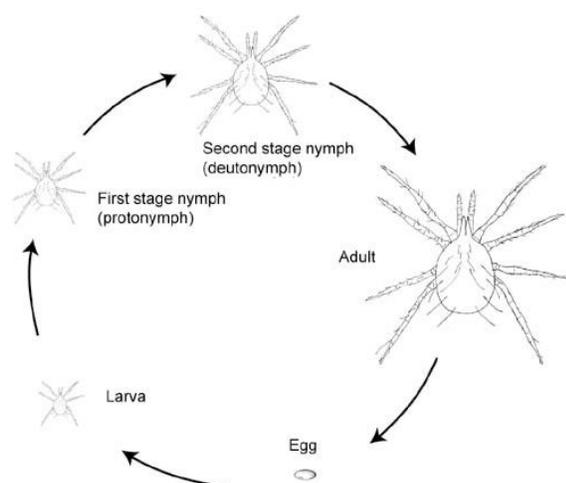


Figura 6. Ciclo biológico de *P. persimilis*. Fuente: (Malais y Ravensverg, 2003).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizó en la comunidad de Maguey Largo, ubicada en el municipio de San José del Progreso, en los valles Centrales del estado de Oaxaca.

3.1.1 Localización

La comunidad de Maguey Largo se encuentra en las coordenadas GPS: Longitud (dec): -96.651667 y Latitud (dec): 16.683889, a una altura de 1620 msnm³. (Figura 7).

³ http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20072.pdf



Figura 7. Ubicación de la Comunidad de Magüey Largo, Ocotlán.

3.1.2 Clima

La comunidad cuenta con un clima Semiseco- semicálido (60.73%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano (34.31%) y templado subhúmedo con lluvias en verano (4.96%), un rango de temperatura anual de 16-22°C y con una precipitación anual de 600 – 800 mm. ⁵

3.1.3 Edafología

El tipo de suelo localizado en el municipio es plano, formado por materiales volcánicos muy delgados, procedentes de la desintegración de rocas madres, las cuales se encuentran a 10 o menos centímetros de profundidad⁶.

3.2 Evaluación en campo de la efectividad depredadora de *P. persimilis* y *N. californicus* en el control de *T. urticae* Koch en condiciones de bioensayos (Primera Fase)

En el presente trabajo de investigación se evaluó la efectividad de depredación de los ácaros (*Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis*), como control biológico de araña roja (*Tetranychus urticae* Koch) en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch).

Para la realización del experimento se establecieron dos fases experimentales. La primera consistió en la realización de bioensayos o de pre-evaluación para conocer la capacidad de depredación y la segunda de campo. Ambas fueron necesarias para evaluar la depredación de los ácaros en distintos ambientes controlados.

3.2.1 Diseño experimental

3.2.1.1 Unidad experimental

El Diseño que se utilizó en esta etapa fue el Diseño Completamente al Azar (DCA), la unidad experimental consistió en cajas entomológicas de madera de

40x40x40 cm, en la cual se depositó una planta de fresa de la variedad “San Andrés” de dos meses de edad, dicha planta se sembró en una maceta del número 7 con sustrato de abono orgánico 50% y tierra 50% (Figura 8).



Figura 8. Unidad experimental representada por la caja entomológica de 40x40x40 cm., con planta de fresa en su interior. Fuente: Autoría propia.

3.2.1.2 Tratamientos

Los tratamientos que se utilizaron fueron dos especies de ácaros depredadores que se obtuvieron de manera comercial por la empresa Koppert de México como: SPIDEX® (*P. persimilis*) y SPICAL (*N. californicus*) respectivamente (Figura 9), así mismo otro tratamiento que consistió en la combinación de ambas especies. Se consideró también un testigo en el cual no hubo liberación alguna (Cuadro 6).



Figura 9. Presentaciones comerciales de ácaros depredadores *P. persimilis* (SPIDEX) y *N. californicus* (SPICAL). Fuente: Autoría propia.

Cuadro 6. Descripción de los tratamientos evaluados en el experimento

Tratamiento	Descripción
T1	Spidex (<i>Phytoseiulus persimilis</i>)
T2	Spical (<i>Neoseiulus californicus</i>)
T3	Interacción de <i>Phytoseiulus persimilis</i> y <i>Neoseiulus californicus</i>
T4	Testigo (No se aplicó ningún tipo de control)

3.2.1.3 Distribución de los tratamientos

A cada tratamiento se le asignaron 5 unidades experimentales consideradas como repeticiones, teniendo un total de 20. Para su manejo dichas unidades experimentales fueron colocadas de manera lineal y en grupos de 5 repeticiones

del mismo tratamiento, con la finalidad de que no existiera alguna contaminación por posible traslape de tratamiento (Figura 10).

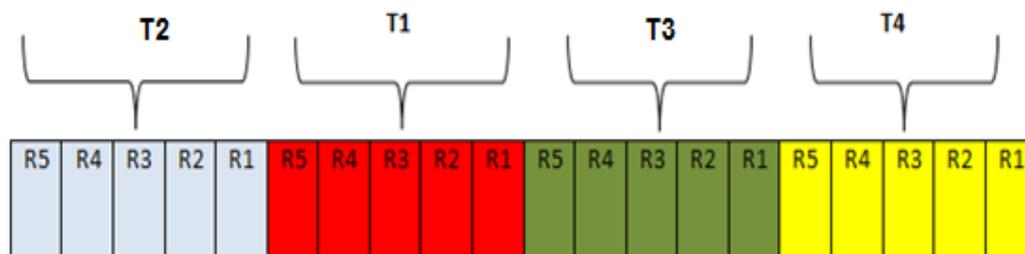


Figura 10. Distribución de los tratamientos en las unidades experimentales

3.2.1.4 Inoculación de Unidades Experimentales

Para realizar las inoculaciones fue necesario mantener poblaciones del ácaro plaga *T. urticae* Koch., bajo condiciones controladas. Para esto se establecieron plantas de frijol en bolsas de polietileno, posteriormente fueron llevadas a un cultivo de fresa a cielo abierto de un productor que tenía la presencia de dicho acaro fitófago, ahí se dejaron por un periodo de 15 días para provocar una infestación, una vez que la población se encontraba por arriba de 10 individuos por foliolo aproximadamente, se llevaron a condiciones controladas colocándose dentro de un invernadero el cual no contenía cultivo alguno, esto con la finalidad de no contaminar, después de un periodo de 20 días en el invernadero, se realizó un muestro y cuando la población de *T. urticae* Koch fue superior a 50 adultos

por foliolo, se consideró suficiente para iniciar la inoculación de las unidades experimentales y posteriormente aplicar los tratamientos.

Antes de aplicar los tratamientos (liberación de los ácaros depredadores) a las unidades experimentales, éstas tuvieron que ser infestadas de manera manual con el ácaro fitófago de *T. urticae* Koch de la siguiente manera: de las plantas de frijol establecidas en bolsas de polietileno e infestadas anteriormente, se cortaron foliolos con presencia del ácaro plaga, a la base del foliolo se le colocó un algodón húmedo, con la finalidad de reducir la pronta deshidratación de la hoja ayudando a que estos pudieran rápidamente trasladarse a las hojas de la planta de fresa que se encontraban en cada unidad experimental.

3.2.1.5 Descripción del Pre- muestreo

Antes de aplicar los tratamientos a las unidades experimentales, fue necesario hacer un pre- muestreo con la finalidad de determinar el grado de infestación que se tenía a los 15 días después de haber realizado la inoculación con el ácaro plaga. El procedimiento que se realizó fue dividir la planta de fresa en tres estratos: a) bajo, b) medio y c) alto. Solo del estrato medio se tomó un foliolo y éste se colocó en una caja Petri, anotando el tratamiento y unidad experimental.

Las muestras fueron llevadas al laboratorio del Instituto Tecnológico del Valle de Oaxaca, en donde se pesó el foliolo y posteriormente se cortó un cm^2 de la parte central; con la ayuda de un microscopio digital (MicroDirect) se contabilizó el número de *T. urticae* Koch presentes en el cm^2 , y con los datos de área foliar y de número de ácaros en el cm^2 , se calculó el número aproximado de araña roja presentes por foliolo (Figura 11).



Figura 11. Procedimiento realizado en el pre-muestreo para determinar el grado de infestación por *T. urticae* Koch antes de aplicar el tratamiento. Fuente: Autoría propia.

3.2.1.6 Aplicación de los tratamientos (liberación de los ácaros depredadores)

Una vez realizado el pre- muestreo y conociendo la población inicial del ácaro fitófago, se procedió con la liberación en una dosis curativa alta de los ácaros depredadores según tratamiento. Para realizar una distribución homogénea de los depredadores se vertieron aproximadamente 5 gramos del producto (ácaros + sustrato) sobre una hoja blanca, en ella se contabilizó el número de ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* con el apoyo del microscopio y a través de muestras aleatorias. Con la ayuda de la cerda de una brocha se liberaron sobre cada planta dentro de las cajas entomológicas la cantidad de ácaros estipulada por tratamiento. La dosis curativa liberada para la fase de bioensayos fue considerada debido a la densidad de la plaga (*T. uticae* Koch) y a lo que recomienda la empresa Koppert de México S.A (Cuadro 7).

Cuadro 7. Dosis liberadas de *P. persimilis* y *N. californicus* por unidad experimental en los diferentes tratamientos evaluados.

Tratamiento	Producto Comercial	Descripción	Dosis por unidad experimental
1	Spidex	<i>Phytoseiulus persimilis</i>	5 depredadores
2	Spical	<i>Neoseiulus californicus</i>	10 depredadores
3	Spidex + Spical	Interacción de <i>Phytoseiulus persimilis</i> + <i>Neoseiulus californicus</i>	5 <i>P. persimilis</i> 5 <i>N. californicus</i>
4	Ninguno	No se aplicó ningún tipo de control	Ninguna

3.2.1.7 Monitoreo de la depredación sobre *T. urticae* Koch.

Ocho días después de la liberación de los ácaros depredadores según tratamiento se hizo la evaluación del control de éstos sobre los diferentes estados biológicos de *T. urticae* Koch, se contabilizó el número de ácaros benéficos de *P. persimilis* y *N. californicus* y la sobrevivencia del ácaro plaga en sus diferentes estados biológicos móviles sobrevivientes por foliolo. Se realizaron de la misma manera cuatro conteos con un intervalo de ocho días, tabulando la cantidad de ácaros depredadores y de *T. urticae* Koch por repeticiones en cada tratamiento para su análisis.

3.2.2 Análisis de datos

El análisis estadístico se realizó en dos etapas: El primero antes de la liberación de *P. persimilis* y *N. californicus*, el segundo después de la liberación, tomando como variable de estudio la sobrevivencia de *T. urticae* Koch., en sus distintos estados móviles presentes en cada foliolo muestreado.

A los efectos de los tratamientos sobre la sobrevivencia de *T. urticae* Koch se realizó un análisis de varianza por cada muestreo, se aplicaron pruebas de medias Tukey ($\alpha=0.05$) debido a la diferencia significativa entre los tratamientos,

dicho procedimiento fue analizado con el paquete estadístico (SAS Inc, 2008), así mismo se trazaron histogramas y se aplicaron ajustes a Modelos Lineales y No Lineales.

3.3 Evaluación en campo de la efectividad depredadora de *P. persimilis* y *N. californicus* en el control de *T. urticae* Koch en condiciones de invernadero (Segunda Fase)

3.3.1 Actividades realizadas para el establecimiento del experimento

a) Siembra

Antes de trazar el diseño se procedió a preparar 7 camas de siembra de 14 m de longitud por 0.8 m de ancho, incorporando 5 kg de composta por m² como fertilización de fondo, se instaló un sistema de riego por goteo utilizando cintillas calibre 8000, posteriormente se colocó el acolchado plástico bicapa color negro/plata, realizando perforaciones a cada 20 cm y a doble hilera, sembrándose estolones de la variedad “San Andrés” con raíz bien formada (Figura 12.).



Figura 12. Estolón de plantas de la variedad “San Andrés” antes del trasplante.

b) Aplicación de bio-productos

Después de la siembra o trasplante se aplicaron productos como: enraizador para estimular el desarrollo radicular, se incorporaron micorrizas con el objetivo de obtener mayor disponibilidad de nutrientes, así mismo se aplicaron microorganismos antagónicos benéficos como *Trichoderma harzianum* para disminuir los problemas de enfermedades del suelo.

c) Fertilización

Se realizaron aplicaciones mensuales del bio- fertilizante supermagro en dosis de 4 litros. Así mismo se emplearon fertilizantes solubles cada ocho días mediante el riego durante el desarrollo vegetativo de la planta (Cuadro 8).

Cuadro 8 Fertilización aplicada a *F. ananassa* Duch durante el experimento
(Todos los fertilizantes se aplicaron en 1100 litros de agua).

Nombre del Fertilizante	Dosis
Ultrasol Multipropósito	200 gr
Ultrasol Producción	250 gr
Nitrato de Calcio	200 gr
Sulfato de Magnesio	200 gr
Supermagro sencillo	3 litros
Ácido sulfúrico	60 MI

d) Actividades del cultivo

Dos meses después del trasplante se realizaron las primeras labores culturales como: limpieza dentro del invernadero, así como podas de formación, eliminando algunas hojas enfermas y con senescencia, también se eliminaron estolones para estimular mayor vigor en la planta (Figura 13).



Figura 13. Eliminación de hojas enfermas y podas de estolones.

e) Control de plagas y enfermedades

Durante el desarrollo vegetativo del cultivo se presentaron daños por incidencia de insectos plaga como gusano cogollero (*Helicoverpa zea*) y gusano trozador (*Agrotis ipsilon*), los cuáles fueron controlados con la aplicación del bio-insecticida *Bacillus thuringiensis* a dosis de 1 gr/ litro de agua. Se presentó también la incidencia de mal de corona provocado por verticiliosis (*Verticillium albo-atrum*) aplicando para su control *Trichoderma harzianum* directamente al suelo.

3.3.2 Diseños experimentales

El diseño experimental utilizado en esta fase fue un Diseño Completamente al Azar (DCA), ya que las unidades experimentales fueron homogéneas y se desarrolló en condiciones protegidas dentro de un invernadero de 100 m².

3.3.2.1 Unidades Experimentales

La unidad experimental se conformó de 43 plantas de fresa situadas en una superficie de 4.5 m de largo, por cada cama se obtuvieron tres unidades

experimentales, teniendo así 6 unidades experimentales por tratamiento (Excepto el testigo, el cual solo se conformó de 3 unidades experimentales).

3.3.2.2 Descripción de los tratamientos

Después de los dos meses de realizado el trasplante se trazaron las unidades experimentales y asignaron los tratamientos en campo. Los tratamientos evaluados fueron los mismo que se ocuparon en la primera fase en condiciones controladas: T1= *Phytoseiulus persimilis*, T2= *Neoseiulus californicus*, T3= Asociación de ambos ácaros depredadores T4= testigo sin liberación. Así mismo para poder identificar en campo rápidamente el tratamiento a aplicar, se colocaron bandas de nylon de colores, identificando al T1 con el color amarillo, T2= color rojo, T3= color vino y T4= Verde (Figura 14).



Figura 14. Distribución de diseño experimental y asignación de colores por tratamiento y repetición.

3.3.2.3 Tamaño de muestra

En cada unidad experimental se seleccionaron 10 plantas de manera aleatoria considerada como tamaño de muestra, a cada planta seleccionada se le colocó una etiqueta identificando número de planta, tratamiento y repetición (Figura 15)



Figura 15. Etiquetado de plantas seleccionadas

3.3.2.4 Infestación de *T. urticae* Koch sobre plantas de *F. ananassa* Duch

Para infestar las plantas de fresa establecidas en las unidades experimentales, fue necesario coleccionar hojas de un cultivo de rosal que se encontraba infestada por dicha plaga, estas hojas se dispersaron en las diferentes unidades experimentales. A los 8 días se realizó un pre- muestreo para conocer si el ácaro

fitófago se encontraba ya disperso en el cultivo. En el pre- muestreo realizado se encontraron aproximadamente 3 ácaros fitófagos por foliolo muestreado al azar, indicando que no existía la población necesaria para iniciar la aplicación de los tratamientos. Por la situación anterior fue necesario incrementar la infestación, por lo que fue necesario establecer dentro de cada unidad experimental plantas de frijol, utilizándose como cultivo trampa y en ella se reprodujera más rápido la plaga debido a su susceptibilidad (Figura 16).



Figura 16. Planta de (*Phaseolus vulgaris* L.) como atrayente de *T. urticae* Koch en una unidad experimental o tratamiento.

Una vez que estas plantas tuvieron una fuerte infestación se cortaron aproximadamente de 8 a 10 foliolos y fueron llevados a cada planta con etiqueta en cada unidad experimental.

3.3.2.5 Descripción del Pre- muestreo para determinar el grado de infestación de ácaro plaga *T. urticae* Koch.

A los 15 días posteriores a la inoculación en las plantas etiquetadas, se observó una sintomatología de aparición de telarañas que forma este ácaro fitófago cuando la población o infestación es considerable (Figura 17), fue en ese momento que se realizó un conteo para conocer el grado de infestación inicial antes de liberar los ácaros depredadores.

El procedimiento que se realizó fue dividir la planta de fresa en tres estratos: a) bajo, b) medio y c) alto. Solo del estrato medio se tomó un foliolo y este se colocó en una caja Petri, anotando el tratamiento y unidad experimental. La observación y determinación del grado de infestación en laboratorio fue similar al realizado en la fase I del pre- muestreo.



Figura 17. Plantas de fresa severamente infestadas de *T. urticae* Koch.

3.3.2.6 Liberación ácaros depredadores o aplicación de tratamientos

La cantidad de depredadores liberados en el experimento, fue tomada en base a las recomendaciones del proveedor. Para el caso del Tratamiento 1= *P. persimilis* se tomó la dosis curativa alta de 33 ácaros por m² o 100 por repetición, para el tratamiento 2= *N. californicus* la dosis fue de 100 ácaros por m² o de 300 por repetición, el tratamiento 3 que corresponde a la interacción de ambos ácaros se liberaron aproximadamente 50 *P. persimilis* y 150 *N. californicus*, así mismo se consideró un testigo en donde no se aplicó nada.

Al tratarse de ácaros muy pequeños y debido a que la presentación comercial los tiene en envases con sustrato, es difícil realizar el conteo individual, por lo que para hacer la liberación lo más exacta posible se depositó en una hoja blanca aproximadamente 5 gramos de sustrato con ácaros directamente del bote, se contabilizó la cantidad de ácaros presentes en la tapa y se liberó la cantidad establecida para el experimento sobre las hojas de fresa (Figura 18).



Figura 18. Liberación de ácaros depredadores sobre hojas de fresa (*F. ananassa* Duch)

3.3.2.7 Monitoreo del control de depredadores sobre *T. urticae* Koch

El monitoreo se realizó cada semana; ocho días después de la liberación de los ácaros depredadores, se hizo la evaluación del control de éstos sobre los diferentes estados biológicos de *T. urticae* Koch, contabilizando el número de ácaros benéficos de *P. persimilis* y *N. californicus* y el número de arañas roja sobrevivientes en sus diferentes estados biológicos móviles por foliolo. Se realizaron un total de 5 conteos posteriores a la liberación, tabulando la sobrevivencia de araña roja y la presencia de ácaros depredadores.

3.3.2.8 Análisis de datos

El análisis estadístico empleado fue un análisis de varianza a los efectos de los tratamientos, así como las pruebas de medias por el método Tukey. Se realizó en dos etapas: uno antes de la liberación de *P. persimilis* y *N. californicus* con la finalidad de conocer el grado de infestación inicial del ácaro plaga, otro análisis después de la liberación de *P. persimilis* y *N. californicus*, tomando como variable de estudio la sobrevivencia de *T. urticae* Koch en sus distintos estados móviles presentes en cada foliolo muestreado y en cada muestreo realizado.

A la sobrevivencia de *T. urticae* Koch se realizó un análisis de varianza por cada muestreo, se aplicaron también pruebas de medias Tukey ($\alpha=0.05$), debido a la diferencia significativa entre los tratamientos, dicho procedimiento se realizó con el paquete estadístico (SAS Inc, 2008). También se trazaron histogramas, así mismo se aplicaron ajustes a modelos lineales y no lineales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Evaluación de los ácaros depredadores *N.californicus* y *P. persimilis* sobre el ácaro fitófago *T. urticae* Koch en condiciones de bioensayos

4.1.1 Población inicial del ácaro fitófago *T. urticae* Koch en folíolos de fresa *F. ananassa* Duch antes de realizar la aplicación de tratamientos, en condiciones de bioensayos

Antes de realizar la liberación de los ácaros depredadores según tratamiento, fue necesario conocer la densidad poblacional del ácaro plaga conocido como araña roja (*Tetranychus urticae* Koch). Al realizar el Análisis de varianza y una prueba de medias Tukey con $\alpha = 0.05$ a los datos obtenidos en el pre muestreo, se determinó que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos (Cuadro 9). Por lo que la población inicial del ácaro plaga *T. urticae* Koch en todas las unidades experimentales fue similar (Figura 19).

Cuadro 9. Análisis de varianza para la variable población inicial de *T. urticae* Koch en folíolos de *F. ananassa* Duch, ocho días antes de liberación de depredadores (pre- muestreo) en fase de bioensayos.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamiento	3	106635.35	35545.11	0.49	3.24
Error	16	1169115.60	73069.72		
Total	19	1275750.95			

4.1.2 Efecto de ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* a los ocho días después de su liberación, en el control del ácaro fitófago *T. urticae* Koch en condiciones de invernadero.

En el primer muestreo realizado a los ocho días de la liberación de *P. persimilis* y *N. californicus* según tratamiento, al realizarse el análisis de varianza y prueba de medias Tukey con $\alpha = 0.05$, se determinó que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos evaluados, por lo que el efecto de los ácaros depredadores aún no fue significativo en la reducción con respecto a la población inicial de *T. urticae* Koch.

Como se puede observar en la Figura 19 todos los tratamientos evaluados a los 8 días de la liberación de los ácaros depredadores, resultaron tener valores

menores a la población inicial de *T. urticae* Koch, pero dicho valor solo resulto ser numérico. Por ejemplo, el tratamiento 1 en donde se liberó a *P. persimilis*, el valor inicial de araña roja fue de 280.2 ácaros por foliolo, posteriormente se determinó una población final de 227.6 estadíos móviles después de la aplicación del tratamiento antes mencionado.

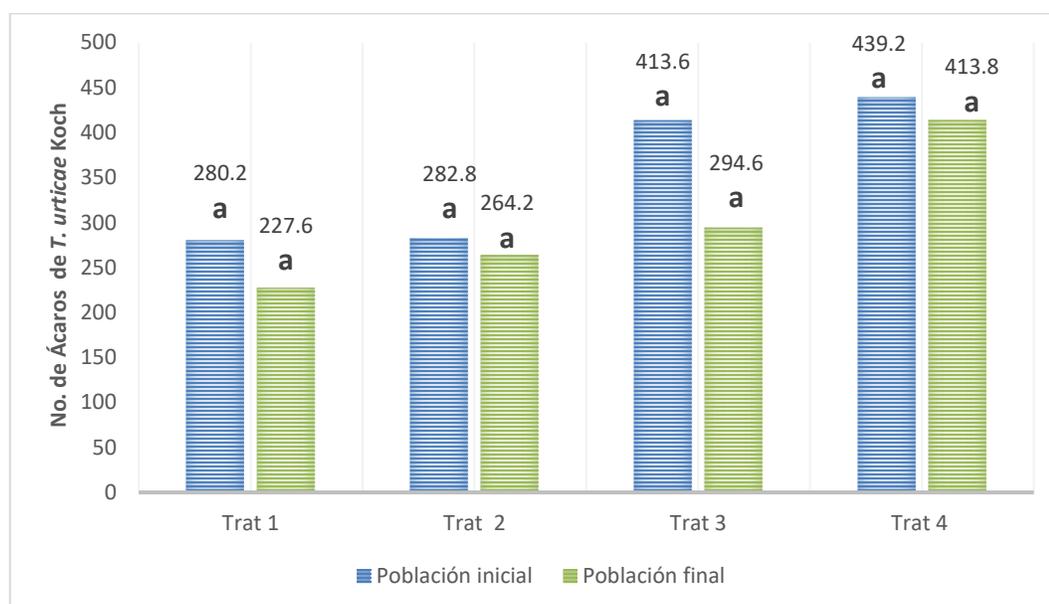


Figura 19. Promedio de población inicial de *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch y población final a los ocho días después de liberación de los ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de bioensayos.

4.1.3 Efecto de ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* a los 15 días después de su liberación, en el control del ácaro fitófago *T. urticae* Koch en condiciones de bioensayos

Se realizó un segundo muestreo a los 15 días posterior a la liberación de los ácaros depredadores para conocer su efectividad sobre el acaro fitófago *T. urticae* Koch. Los resultados obtenidos en el análisis de varianza indicaron que existieron diferencias significativas entre los diferentes tratamientos evaluados (Cuadro 10), esto significa que la mortalidad del ácaro *T. urticae* Koch se vio afectada por la acción de los ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus*.

Cuadro 10. Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch 15 días después de liberación de depredadores en fase de bioensayos

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamiento	3	20566.15	6855.38	6.99	3.24
Error	16	15687.6	980.47		
Total	19	36253.75			

La prueba de medias Tukey indicó que los tres tratamientos en donde se aplicaron los ácaros depredadores, resultaron ser estadísticamente iguales y superiores al testigo en cuanto a su efectividad en la reducción de *T. urticae* Koch,

así mismo se observó que el tratamiento 2 en donde se liberó al acaro *N. californicus* resultó ser el de mayor efectividad solo numéricamente, obteniendo un valor final de 22.8 ácaros de *T. urticae* Koch por foliolo en plantas de fresa (Figura 20).

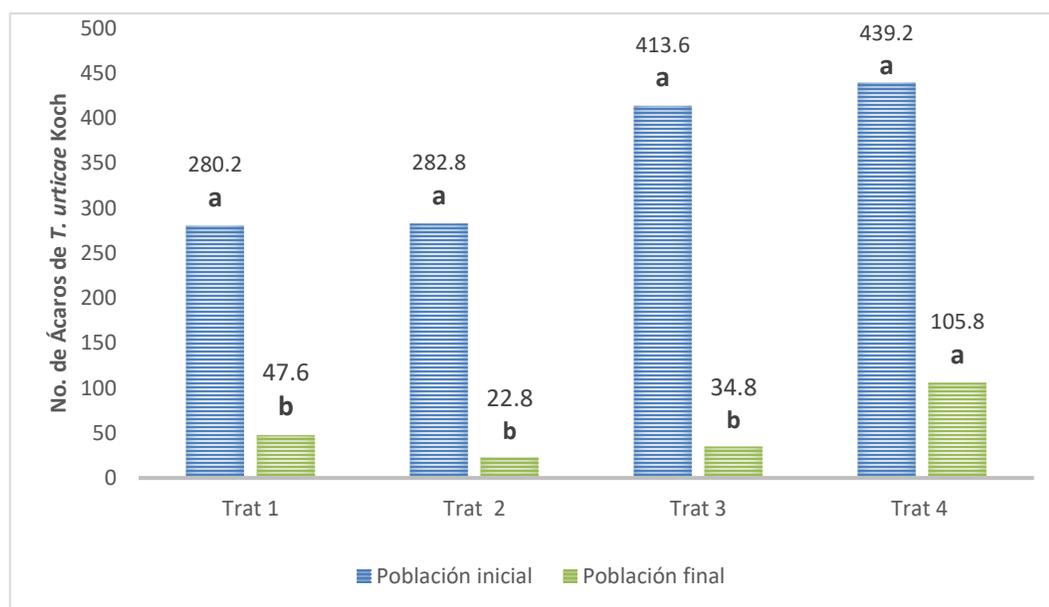


Figura 20. Sobrevivencia del ácaro fitófago *T.urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch, 15 días después de liberación de ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de bioensayos

Albedin *et al.*, 2015 mencionan que la efectividad de los ácaros depredadores se ve influenciado por la cantidad de presas presentes y a las condiciones meteorológicas de la temporada en que se realiza el experimento.

En experimentos realizados por Abad *et al.*, (2010), en tres periodos evaluados (primavera, verano y otoño), el ácaro depredador *P. persimilis* fue altamente efectivo para reducir infestaciones de *T. urticae* en plantas de clementina (*Citrus clementina*), mientras que por el contrario *N. californicus* demostró bajo rendimiento en ciertas condiciones.

Aunque el ácaro depredador *P. persimilis* es una especie de los componentes más importantes del Manejo Integrado de Plagas debido a su rapidez para alimentarse (Nicholls, 2008), en la presente investigación *N. californicus* presentó mayor depredación de *T. urticae* Koch dos semanas después de su liberación; a diferencia de este depredador, la eficiencia de *P. persimilis* se vio limitada principalmente por la temperatura, ya que en condiciones de bioensayos se obtuvieron promedios de 42 °C.

4.1.4 Efecto de ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* a los 21 días después de su liberación, en el control del ácaro fitófago *T. urticae* Koch, en condiciones de bioensayos

A los 21 días después de la liberación de los ácaros depredadores fue evidente la supresión de araña roja (*T. urticae* Koch) en todos los tratamientos evaluados, reduciéndose aproximadamente un 88 % la incidencia de la plaga. Al realizar el

Análisis de Varianza (Cuadro 11) y pruebas de medias Tukey con $\alpha = 0.05$ se pudo determinar que los tratamientos volvieron a ser estadísticamente iguales, presentándose diferencia numérica solamente en el testigo con una mayor sobrevivencia del ácaro fitófago.

Cuadro 11 .Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch 21 días después de liberación de depredadores en fase de bioensayos

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamiento	3	21.38	7.12	3.37	3.07
Error	7	14.80	2.11		
Total	10	36.18			

A pesar de que numéricamente el tratamiento testigo fue mayor con valores de 3.8 ácaros por foliolo hubo una supresión significativa en relación al primer muestreo realizado (Figura 21), esto se puede atribuir a los hábitos alimenticios de los depredadores, ya que como mencionan Malais y Ravensberg (2003) éstos responden a la densidad de la plaga.

A pesar de que *P. persimilis* se desarrolló rápidamente durante los 15 días posteriores a la liberación, también se observó decremento de su población

después de 21 días; esto está relacionado a la duración de su ciclo biológico, ya que se encuentra influenciado por las condiciones climáticas.

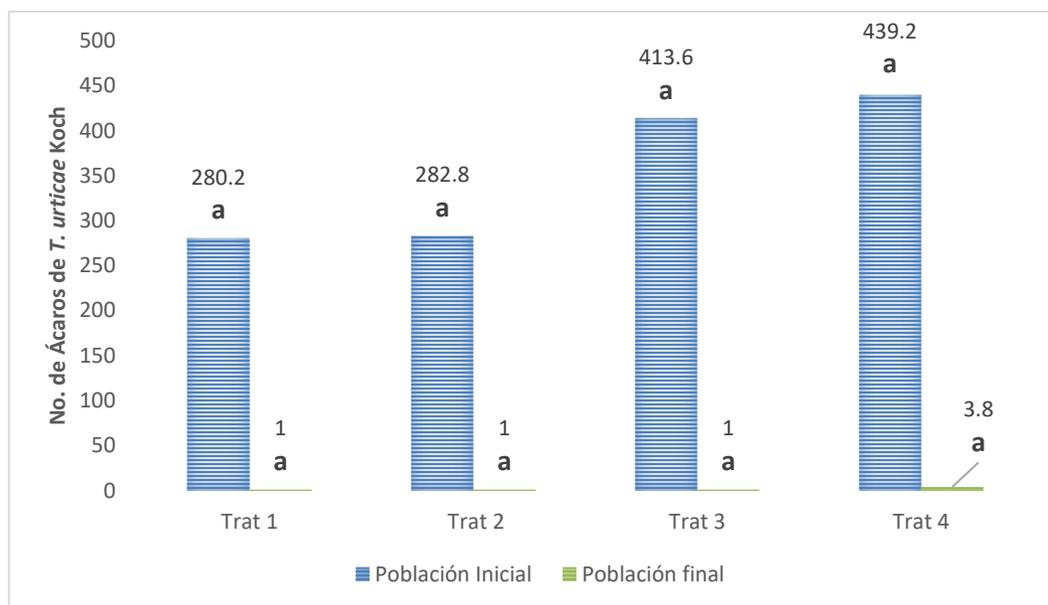


Figura 21. Sobrevivencia del ácaro fitófago *T. urticae* Koch, en folíolos de *F. ananassa* Duch, 21 días después de liberación de ácaros depredadores según tratamientos evaluados en condiciones de bioensayos.

Los resultados obtenidos a los 21 días después de la liberación de los depredadores están relacionados con las altas temperaturas y difieren con García *et al.*, (2017), quienes encontraron que *P. persimilis* dio buenos resultados de depredación de *O. punicae* en aguacate en condiciones de laboratorio, consumiendo en promedio 6.07 adultos por día

Gonzales y colaboradores (1991), mencionan que *N. californicus* puede controlar la plaga de *T. urticae* Koch en el cultivo de fresón, impidiendo que alcance niveles

perjudiciales para la cosecha, sin embargo el tiempo medio de desarrollo de los estados inmaduros de *N. californicus* disminuye progresivamente con el aumento de la temperatura (Vinasco *et al.*, 2014).

A diferencia de los resultados en campo, los obtenidos en los bioensayos demuestran que en condiciones climáticas de la comunidad es más viable la utilización de *N. californicus*, ya que a altas temperaturas y baja humedad relativa este depredador es mucho más eficiente. Puede soportar temperaturas superiores a 32°C, sin embargo su ciclo biológico puede ser de 10 días a 21°C y de 5 a 30 °C (Vinasco *et al.*, 2014).

A pesar de que *N. californicus* resultó ser más eficiente para el control de *T. urticae* Koch pueden presentarse también limitaciones por influencia de la temperatura como en el caso de *P. persimilis*. De acuerdo a esto Zhang *et al* (2012), en sus investigaciones realizaron experimentos para conocer el comportamiento del ciclo biológico de *N. californicus* alimentados con *T. truncatus* y obtuvieron que la duración del desarrollo de oviposición y de vida media disminuyen con el aumento de la temperatura, presentándose la duración más corta del desarrollo (6.14 días) a temperaturas de 35 °C.

Distintos experimentos relacionados a la depredación y comportamiento biológico de *P. persimilis* y *N. californicus*, han demostrado que las condiciones bióticas y abióticas pueden ser cruciales para el éxito del control de plagas con ácaros depredadores (Guzmán, 2014).

Se han realizado diversos trabajos similares a éste, que incluyen la relación de la eficacia depredadora y la temperatura, mostrándose éste factor como uno de los mayores limitantes para el consumo del fitófago.

Núñez (2005), por ejemplo encontró que el mayor consumo de *N. californicus* con ácaros fitófagos *T. urticae*, *P. ulmi* y *B. chilensis* tuvo una relación directamente proporcional entre el aumento de la temperatura y el consumo de huevos y adultos por *N. californicus*, el aumento solo fue significativo entre 20 y 25°C.

Así mismo Ugrinovic y Tello (2016), hallaron que los huevos de *N. californicus* presentan alta tolerancia a la baja humedad relativa con un punto crítico de 34.5 % ubicándolos dentro de los fitoseidos adaptados a condiciones de baja humedad.

Experimentos realizados por Gotoh *et al.*, (2004) mencionan que más del 97.3% de huevos de *N. californicus* eclosionaron y que un 81.6 % de larvas alcanzaron la madurez a temperaturas entre 15 y 35°C, mostrándose también que ninguna hembra puso huevos a temperaturas de 40 °C.

Relacionado a esto también Canlas *et al.*, (2006), hallaron que en un experimento realizado con una cepa japonés de *N. californicus* el tiempo de desarrollo desde el huevo hasta la emergencia del adulto disminuyó cuando la temperatura aumentó, el periodo de desarrollo total de las etapas inmaduras fue más largo a 15 °C y más corto a 35 °C para machos y hembras.

A diferencia de lo obtenido por los autores antes mencionados con respecto al comportamiento biológico de *N. californicus*, en el presente trabajo se obtuvo que éste depredador da buenos resultados de supresión del fitófago aún a temperaturas de 40- 42°C, presentándose en todos sus estados biológicos, lo cual muestra su reproducción ante estas condiciones climáticas en bioensayos.

4.2 Evaluación de los ácaros depredadores *N.californicus* y *P. persimilis* sobre el ácaro fitófago *T. urticae* Koch en condiciones de campo

4.2.1 Efecto de ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* ocho días antes de su liberación, en el control del ácaro fitófago *T. urticae* Koch en condiciones de campo

En condiciones de campo se realizaron muestreos semanales que permitieron conocer la sobrevivencia de *T. urticae* Koch ante la presencia de los depredadores evaluados. Al realizar el Análisis de Varianza y prueba de medias Tukey con $\alpha = 0.05$ a los resultados obtenidos ocho días antes de la liberación de depredadores en la fase de campo, se determinó que estadísticamente todos los tratamientos fueron iguales (Cuadro 12), lo cual indicó que se comenzó con una presencia homogénea de *T. urticae* Koch, sin embargo numéricamente son diferentes, teniendo una población mayor del ácaro plaga en el Tratamiento 1, y una menor incidencia en el Tratamiento 3.

Cuadro 12. Análisis de varianza para la variable población inicial de *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch ocho días antes de liberación de depredadores (pre-muestreo en fase de campo).

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamiento	3	11701907.19	3900635.73	1.08	3.20
Error	17	61325934.17	3607407.89		
Total	20	73027841			

Partiendo de la igualdad estadística entre tratamientos se realizó un ANVA ocho días después de la liberación de depredadores (Cuadro 13), esto para conocer el efecto de los depredadores, con lo cual se determinó que dicho efecto aún no fue significativo en la reducción con respecto a la población inicial de *T. urticae* Koch.

Cuadro 13. Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch ocho días después de liberación de depredadores en fase de campo

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamiento	3	13535659.74	4511886.5	1.81	3.20
Error	17	42360375.50	2491786.79		
Total	20	55896035.24			

4.2.2 Efecto de ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* a los ocho días después de su liberación, en el control del acaro fitófago *T. urticae* Koch en condiciones de campo

El análisis estadístico que se realizó a los 8 días después de la liberación de los ácaros depredadores según tratamiento evaluado no mostró diferencia significativa entre los tratamientos, lo cual confirma que todos los tratamientos son estadísticamente similares, sin embargo en el tratamiento 3 donde se realizó la mezcla de los ácaros *P. persimilis* y *N. californicus* se observó una disminución significativa de *T. urticae* Koch, siendo la menor cantidad obtenida entre los tratamientos.

Los datos a los 8 días confirma que la liberación de ácaros depredadores, ya sea de forma individual o mezclados en los tratamientos reduce significativamente la población del ácaro fitófago, como se observa en la Figura 22, lo cual es similar a lo hallado por (Casas y Novoa 2009), quienes mencionan que las liberaciones semanales de *P. persimilis* tienen un efecto regulador de *T. urticae* Koch en el cultivo de rosa bajo invernadero.

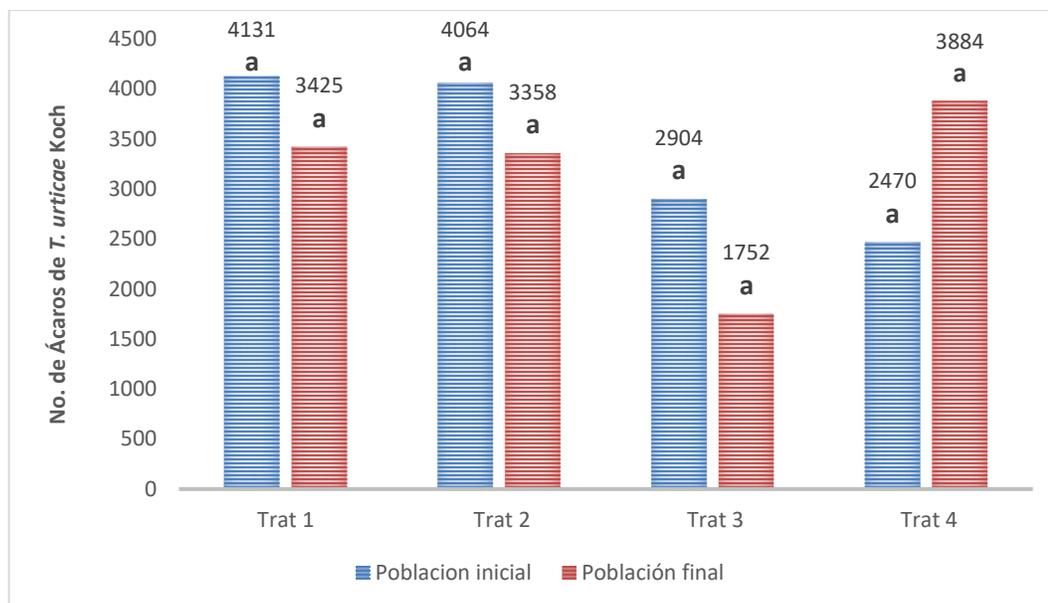


Figura 22. Población inicial del ácaro fitofago *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch y población final a los ocho días después de liberación de los ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de campo.

En la Figura 22 se muestra que el efecto de la acción de los ácaros depredadores a los ocho días, en el tratamiento 3 donde se aplicó la interacción de los depredadores presentó una mayor supresión de *T. urticae* Koch, los resultados anteriores difieren a lo obtenido por Argüelles *et al.*, (2013), quienes mencionan que el efecto de la liberación conjunta de los dos depredadores (*N. californicus* y *P. persimilis*) en *T. urticae* Koch no permite un control más alto que el obtenido con liberaciones de cada uno por separado.

4.2.3 Efecto de ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* 15 días después de su liberación, en el control del acaro fitófago *T. urticae* Koch en condiciones de campo

En el análisis de varianza realizado a los datos obtenidos a los 15 días de la liberación de los ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus*, se observó que existía diferencia significativa, es decir que hubo diferente efecto en la mortalidad provocada por la acción depredadora de los ácaros en evaluación sobre el acaro fitófago *T. urticae* Koch (Cuadro 14).

Cuadro 14. Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch en fase de campo después de 15 días.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamiento	3	10174136.12	3391378.71	3.68	3.20
Error	17	15673218.83	921954.05		
Total	20	25847354.95			

Al realizar la prueba de medias por el método Tukey ($\alpha = 0.05$), se obtuvo que el Tratamiento 4 (Testigo) y el Tratamiento 1 (Liberación de *P. persimilis*), resultaron ser estadísticamente iguales, dichos tratamientos presentaron mayor

sobrevivencia de *T. urticae* Koch Indicando por lo tanto menor efectividad en la mortalidad ,así mismo se muestra que los tratamientos 2 (*N. californicus*) y 3 (interacción de depredadores) fueron los que provocaron mayor supresión del ácaro fitófago *T. urticae* Koch (Figura 23).

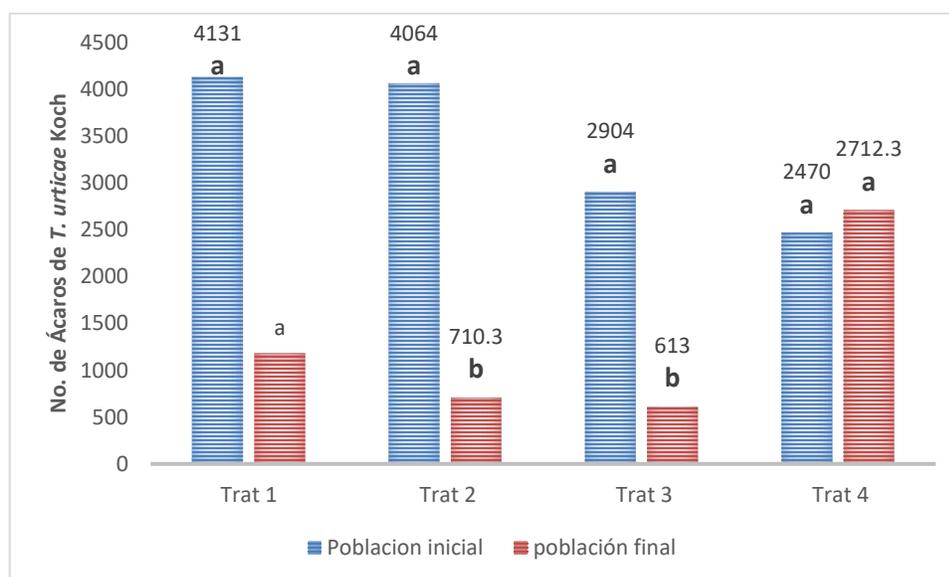


Figura 23. Sobrevivencia del ácaro fitófago *T. urticae* Koch en folíolos de *F. ananassa* Duch y población final a los 15 días después de liberación de los ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de campo.

Escudero y Ferragut (1996) mencionan que *Phytoseiulus persimilis*, es por naturaleza más eficiente, ya que consume tres veces más alimento en condiciones óptimas que *N. californicus*, sin embargo, en los resultados obtenidos en este experimento se encontró que la interacción de los ácaros e incluso la sola liberación de *N. californicus* tuvieron una mayor supresión de *T. urticae* Koch que en el tratamiento donde solo se liberó *P. persimilis*, esto puede

deberse principalmente a las condiciones climáticas, ya que *P. persimilis* es sensible a temperaturas altas, entrando en diapausia a los 35 °C (Medina y Canalejo, 2011) y en las condiciones de invernadero se obtuvieron temperaturas diurnas promedio de 40 °C.

4.2.4 Efecto de ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* 21 días después de su liberación, en el control del acaro fitófago *T. urticae* Koch en condiciones de campo

Se realizaron los análisis correspondientes a los datos obtenidos veintiún días posteriores a la liberación de los ácaros depredadores, obteniendo mediante un ANVA (Cuadro 15) y una prueba de medias Tukey ($\alpha=0.05$) que los tratamientos 1, 2 y 3, resultaron ser estadísticamente iguales durante esta semana.

Cuadro 15 .Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch en fase de campo después de 21 días.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamiento	3	1288850.97	429616.99	11.67	3.20
Error	17	625798.83	36811.69		
Total	20	1914649.81			

En la Figura indicada con el número 24, se observa que el tratamiento indicado como testigo se observó mayor sobrevivencia de *T. urticae* Koch, así mismo se determinó que el número de *T. urticae* Koch en los tres primeros tratamientos se mantuvieron por debajo de los 200 ácaros (T1=158.3, T2=17.7, T3=71.5), con una diferencia significativa con relación al testigo que mostró valores de 773.7 ácaros por foliolo.

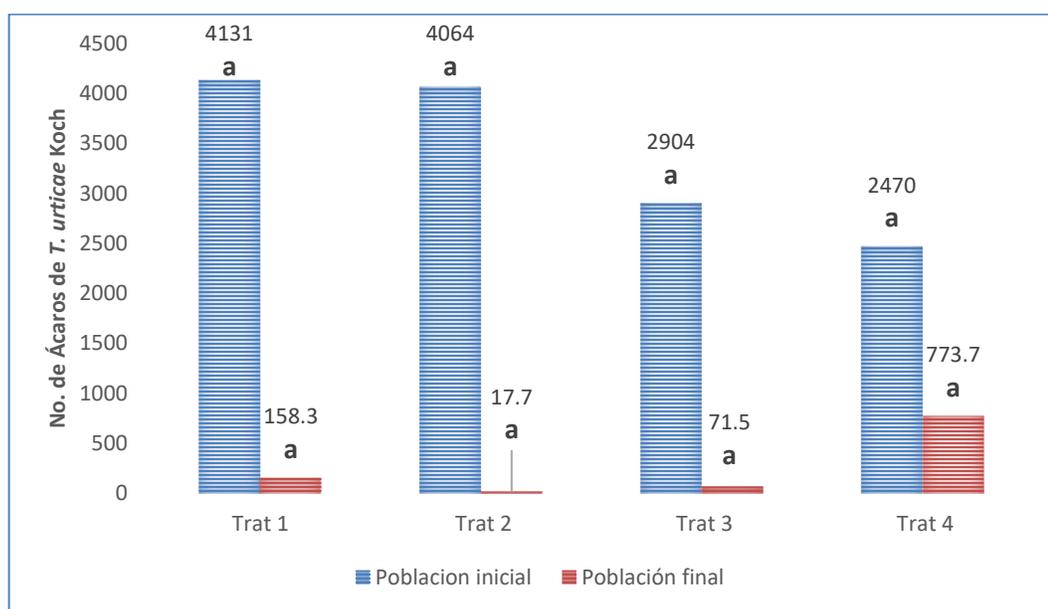


Figura 24. Sobrevivencia del ácaro fitófago *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch y población final a los 21 días después de liberación de los ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de campo.

En este muestreo se observa que el tratamiento 2 tiene una ligera disminución en la sobrevivencia de *T. urticae* Koch a comparación del tratamiento 3, lo cual se debe a la disminución de población de *P. persimilis*, quien después de la tercer

semana comenzó a dejar de alimentarse y comenzaron a morir debido a las altas temperaturas registradas, se puede entonces atribuir la mayor depredación del fitófago a *N. californicus* en el tratamiento 3, a pesar de esto se puede determinar que los depredadores migraron hacia los tratamientos donde hubo hasta ese momento una mayor sobrevivencia de *T. urticae* Koch.

4.2.5 Efecto de ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* 28 días después de su liberación, en el control del acaro fitófago *T. urticae* Koch en condiciones de campo

Durante la semana cuatro después de haber realizado la liberación se halló diferencia significativa al realizar el análisis de varianza correspondiente (Cuadro 16), obteniendo que los tratamientos 1, 2 y 3 fueron similares, pero diferentes al testigo (Tratamiento 4).

Cuadro 16. Análisis de varianza para la variable sobrevivencia de *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch en fase de campo después de 28 días.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft
Tratamiento	3	5098.40	1699.46	6.78	3.20
Error	17	4264.16	250.83		
Total	20	9362.57			

Al realizar la comparación de medias mediante la prueba Tukey ($\alpha= 0.05$), a los tratamientos evaluados, se encontró que los tratamientos 1, 2 y 3 estuvieron por debajo de los 5 individuos por foliolo y en el tratamiento testigo se encontraron en promedio 47 *T. urticae* Koch móviles sobrevivientes, siendo mejor hasta este muestreo el ácaro *N. californicus*, llevando a la población de *T. urticae* Koch por debajo del umbral económico (4 ácaros por foliolo) en los tratamientos tratados (Figura 25).

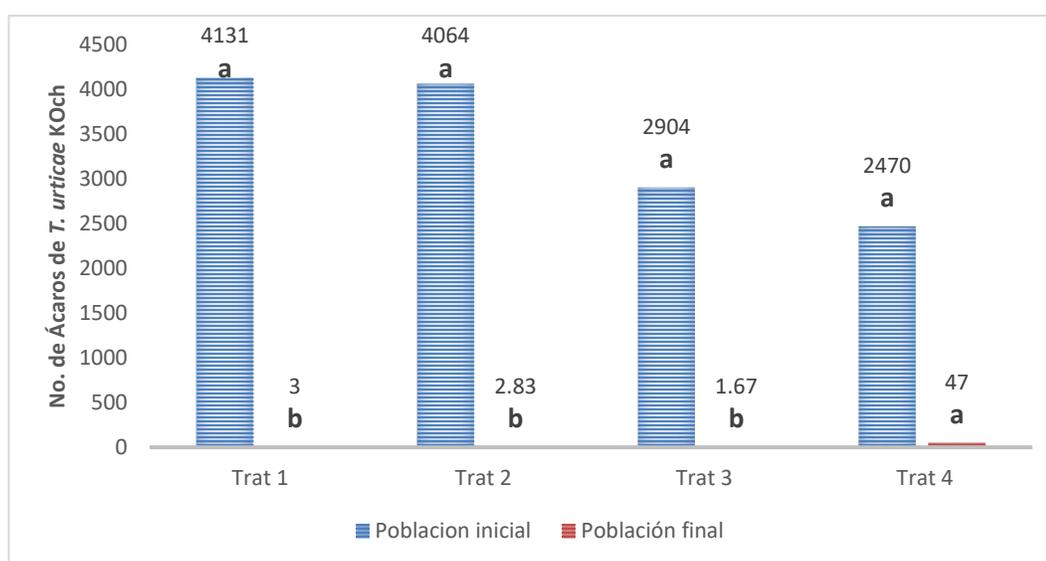


Figura 25 .Sobrevivencia del ácaro fitófago *T. urticae* Koch en foliolos de *F. ananassa* Duch y población final a los 28 días después de liberación de los ácaros depredadores según tratamientos en condiciones de campo.

Después de 28 días el tratamiento 3, que corresponde a la interacción de *P. persimilis* y *N. californicus*, resultó ser numéricamente menor en la variable sobrevivencia de *T. urticae* Koch, pudiendo decir que en condiciones de campo la interacción de los depredadores puede tener un control eficiente; en relación a

esto Rhodes y colaboradores (2006), encontraron que la interacción de *N. californicus* y *P. persimilis* en cultivo de fresa, redujeron significativamente la población de *T. urticae* Koch en comparación con el control (Testigo), así mismo Gomez y Ferragut (2009), hallaron que la liberación en conjunto de los dos depredadores mencionados tiene un efecto favorable en el control de *T. urticae* Koch en cultivos hortícolas en condiciones de semi-campo, recomendando la interacción para aprovechar las ventajas de cada uno de ellos en el control de esta plaga.

La esperanza de vida de *T. urticae* Koch, en presencia de los depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* fue de seis semanas, siendo hasta entonces cuando se presentaron valores de cero, teniendo un control total sobre la plaga y llevando nuevamente a todos los tratamientos a una igualdad estadística. Estos datos concuerdan con lo obtenido por Chacón *et al.*, (2014), quienes encontraron que con la liberación de *P. persimilis* en cuatro variedades de rosa puede decrecer la incidencia de *T. urticae* Koch, así como su esperanza de vida, pudiendo controlarla en un periodo de seis a ocho semanas.

Sin embargo debe tomarse en cuenta que el número de depredadores incide en el control; al liberar 5 depredadores *P. persimilis* se puede ejercer un control eficiente en seis semanas en cultivo de rosa (Chacón *et al.*, 2018). Otro factor a tomar en cuenta es el nivel de plaga, ya que se presenta una eficacia superior de

P. persimilis cuando el nivel de población de *T. urticae* Koch es mayor, ya que la depredación está condicionada por el nivel de plaga presente (García *et al.*, 2011).

Estrada (2007), menciona que *N. californicus* con presencia de araña roja y en condiciones climáticas adecuadas (>30 °C y HR >50%) en cultivo de banano se reproduce y migra de una planta a otra y a las hojas nuevas manteniendo activo el control con una aplicación sin necesidad de aplicar agroquímico.

De acuerdo a los datos obtenidos se deduce que *N. californicus* se mantuvo activo a pesar de las condiciones climáticas, soportando temperaturas máximas de hasta 40-42°C, pudiéndolo proponer como control biológico eficiente por su característica de alimentación, actividad y su adecuada reproducción ante suficiente alimento (Toldi *et al.*, 2013), además es capaz de mantener un control constante de *T. urticae* Koch, mientras mantiene una variedad de insectos benéficos en campos de fresa (Fraulo y Liburd, 2007).

Aunque puede alimentarse de araña roja también depreda trips de las flores y resulta ser de las especies generalistas más eficientes en el cultivo de fresa, aunque muestra baja efectividad en la depredación de *T. urticae* Koch, en el cultivo de tomate (Cédola, 2004).

4.3 Efecto de los ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* en la sobrevivencia de *T. urticae* Koch durante seis semanas en condiciones de campo

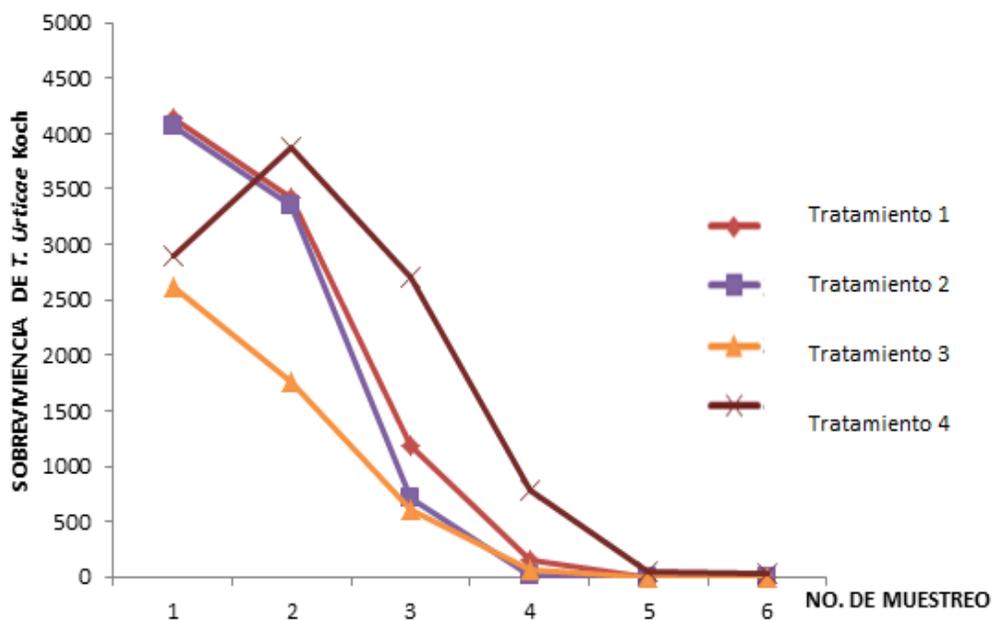


Figura 26. Efecto de ácaros depredadores *P. persimilis* y *N. californicus* en la sobrevivencia de *T. urticae* Koch en condiciones de campo durante seis semanas.

La población de *T. urticae* Koch fue evaluada semanalmente para conocer el efecto de los depredadores sobre la población inicial. En la Figura 26, se muestra la incidencia inicial, la cual es mayor en los Tratamientos 1 y 2 (*P. persimilis* y *N. californicus*) respectivamente. A pesar de que el Tratamiento 3 correspondiente a la interacción de los depredadores antes mencionados,

comenzó con una incidencia menor numéricamente, mostró una tendencia a la baja en la sobrevivencia de *T. urticae* Koch durante todos los muestreos.

Los Tratamientos 1 y 2 tuvieron un comportamiento muy similar durante los dos primeros muestreos (ocho días antes y ocho días después de liberación), sin embargo, durante el muestreo tres (15 días después de liberación) el Tratamiento 2 (*N. californicus*), comenzó a mostrar un decremento mayor que el tratamiento 1 (*P. persimilis*), pero no mayor al que presentó en Tratamiento 3, esto se debió principalmente a la poca eficiencia que presentó *P. persimilis* ante las altas temperaturas que redujeron su ciclo biológico y limitaron su actividad depredadora y reproductiva. Se observó también que el Tratamiento 4 (Testigo), presentó un incremento en la población de la plaga durante el segundo muestreo debido también a las altas temperaturas presentadas, las cuales favorecieron su reproducción.

A partir del segundo muestreo todos los tratamientos con excepción del testigo mostraron una reducción significativa de *T. urticae* Koch con respecto al muestreo inicial, el Tratamiento 3 fue mejor, pero los demás tratamientos llegaron a un punto equivalente de reducción de la incidencia del ácaro en el muestreo cuatro (21 días después de liberación), llevando la población a niveles por debajo del umbral económico hasta el muestreo cinco (28 días).

En el tratamiento no tratado (T4), comenzó a reducirse la población de *T. urticae* a partir de los 15 días, sin embargo fue hasta el muestreo cuatro (21 días después de liberación) que comenzó a observarse una disminución más notoria. Durante este muestreo la población de *T. urticae* Koch en los demás tratamientos fue mínima, por lo que los depredadores migraron hacia el T4 ante la falta de alimento en los demás. Una vez establecidos en este tratamiento lograron reducir la presencia de *T. urticae* Koch hasta el muestreo cinco y seis (28 y 35 días después de liberación respectivamente), además de verse favorecidos por las condiciones ambientales de humedad y temperatura.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con base a los resultados obtenidos al evaluar la actividad depredadora de *P. persimilis*, *N. californicus*, así como la interacción de ambos sobre la presencia del ácaro fitófago *T. urticae* Koch en el cultivo de fresa (*F. ananassa* Duch) en condiciones de bioensayos y de campo se llegó a las siguientes:

5.1 Conclusiones

- De los ácaros depredadores evaluados con los análisis estadísticos correspondientes, se encontró que tanto *P. persimilis* como *N. californicus* son eficaces para mantener la incidencia de la plaga *T. urticae* Koch por debajo del umbral económico (4 ácaros por foliolo) en un periodo de 28 días aún en temperaturas diurnas de hasta 40°C.

- En condiciones de campo fue más eficiente la interacción de ambos depredadores, seguido de *N. californicus*, mientras que en condiciones de bioensayos tuvo mayor eficacia la sola liberación de *N. californicus* (1:8 ácaros), esto debido a las condiciones climáticas de la comunidad.
- Las dosis de 5 ácaros depredadores *P. persimilis* y 10 *N. californicus* por planta puede ser apta para fines prácticos en bioensayos, y en condiciones de campo 33 *P. persimilis* y 100 *N. californicus* por m² pueden controlar la incidencia grave de *T. urticae* Koch en 28 días.
- Existe una relación directamente proporcional entre el aumento de la temperatura y la capacidad depredadora de *P. persimilis*; quien se vio limitado por las altas temperaturas presentadas durante 21 días posteriores a la liberación, habiendo un decremento en la eficacia de depredación.
- La diferencia de semanas puede ser fundamental, ya que puede incrementarse la población del ácaro plaga y destruir cultivos si no se controla a tiempo, además deben considerarse las condiciones climáticas para elegir el depredador que muestre mejores características.

- Para el manejo de la plaga agrícola *T. urticae* Koch con liberaciones de enemigos naturales es necesario establecer los criterios de liberación, con el fin de generar las condiciones más favorables que permitan obtener máximos índices de control.
- El control biológico de *T. urticae* Koch en la comunidad no se tiene que limitar siempre a la utilización de *N. californicus* ya que puede también utilizarse *P. persimilis*, sin embargo, se debe monitorear constantemente la temperatura y verificar que ésta no sobrepase los 35 °C.
- El control biológico con ácaros depredadores puede ser una opción importante para sustituir los agroquímicos, ya que puede incluirse en el manejo integrado de *T. urticae* Koch en el cultivo de fresa, esto con el fin de reducir la contaminación ambiental, y la resistencia a productos químicos que son persistentes en el medio ambiente.

5.2 Recomendaciones

- De acuerdo a las condiciones climáticas de la comunidad de Maguey Largo se recomienda utilizar la interacción de los ácaros depredadores *N.*

californicus y *P. persimilis* en condiciones de campo, ya que de acuerdo a lo obtenido la dicha interacción se adaptó mejor a las condiciones de temperatura y humedad relativa.

- Es importante monitorear constantemente los cultivos de fresa, esto para conocer la incidencia de la plaga araña roja en tiempo real y poder realizar la implementación de los depredadores, aunque la liberación de *N. californicus* de forma preventiva podría ser una de las mejores opciones para mantener los niveles de *T. urticae* por debajo del nivel de daño económico.

- Si la incidencia de *T. urticae* Koch sobrepasa el nivel de daño económico permitido en el cultivo (4 ácaros por foliolo) se recomienda hacer una aplicación de algún producto de síntesis química para bajar la incidencia de la plaga y respetando de una a dos semanas se recomienda realizar la liberación de los depredadores.

- Si la incidencia de plaga es muy alta se puede realizar la liberación de depredadores y posteriormente la aplicación de algún agroquímico siempre y cuando no se utilicen productos químicos con ingredientes activos como piretrina, azadiractina, imidacloprid, pimetrozina y rotenona, o algún otro producto altamente tóxico ya que aunque causar mortalidad

en *T. urticae* disminuyen fecundidad de *N. californicus* (Castagnoli *et al.*, 2005).

VI. LITERATURA CITADA

6.1 Bibliográficas

- Abad, M. R; Pina, T. Y Pérez, P. 2010. Eficacia de *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* en la supresión de *Tetranychus urticae* en plantas jóvenes de clementina. Exp. Appl. Acarol. 50:317–328.
- Albendín, G; Del Castillo, M y Molina, J.M. 2015. Multiple natural enemies do not improve two spotted spider mite and flower western thrips control in strawberry tunnels. Chilean Journal Of Agricultural Research 75(1):63-70.
- Amano, H. y Chant, D. 1978. Mating behaviour and reproductive mechanisms of two species of predacious mites *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot and *Amblyseius andersoni* (Chant) (Acarina; Phytoseiidae). Acarologia, 20: 196-213.
- Anaya, S. y Bautista, N. 1991. Plagas de hortalizas y su manejo en México. Editorial Centro de Entomología y Acarología, Colegio de Postgraduados y Sociedad Mexicana de Entomología. México. P. 250.
- Argüelles, A; Plazas, N; Bustos, A; Cantor, F; Rodríguez, D. e Hilarión, A.2013. Interacción entre dos ácaros depredadores de *Tetranychus urticae* Koch (ACARIFORMES: TETRANYCHIDAE) en laboratorio. Acta Biológica Colombiana.18 (1): 137-148.

- Badii, M.H. y Abreu, J.L. 2006. Biological control a sustainable way of pest control. *International Journal of Good Conscience*. 1(1): 82-89.
- Bolda, M; Dara, K.S. y Faber, B. 2015. Manual de producción de fresa para los agricultores de la Costa Central. Traducido por De Soto, J. Segunda edición. P. 80.
- Canlas, J.L; Amano, H; Ochiai, N y Takeda, M. 2006. Biology and predation of the Japanese strain of *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae). *Systematic & Applied Acarology*. 11: 141–157.
- Carrero, J.M. 1996. Lucha integrada contra las plagas agrícolas y forestales. Editorial Mundi Prensa. Madrid España. P. 256.
- Casas, P.Y. y Novoa, S.M. 2009. Evaluación del establecimiento de *Phytoseiulus persimilis* (PARASITIFORMES: PHYTOSEIIDAE) para el control de *Tetranychus urticae*- Koch (ACARIFORMES: TETRANYCHIDAE) en rosa. Tesis de Licenciatura. Universidad Militar Nueva Granada. Bogotá, Colombia. P. 45.
- Castagnoli, M.; M. Ligouri; S. Simoni & C. Duso. 2005. Toxicity of some insecticides to *Tetranychus urticae*, *Neoseiulus californicus* and *Tydeus californicus*. *BioControl*, 50: 611-622.
- Cédola, V.C. 2004. Predación de *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) y *Feltiella insularis* Felt (Díptera: Cecidomyiidae) sobre *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae), en tomate. *Bol. San. Veg, Plagas*, 30: 163-169.
- Cerna, E; Landeros, J; Guerrero E; Flores A. E. y Badii, M. H. 2005. Detección de resistencia enzimática por productos sinergistas en una línea de campo de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). *Folia Entomol. Mex.* 44(3): 287-295.
- Cerna, E; Ochoa, Y; Aguirre, L; Badii, M; Gallegos, G y Landeros, J. 2009. Niveles de resistencia en poblaciones de *Tetranychus urticae* en el cultivo de fresa. *Revista colombiana de entomología*. 35 (1): 52-56.
- Cervantes, J. y Huacuja, A. 2004. Guía de los ácaros e insectos herbívoros de México. Universidad Metropolitana. México. P.721.
- Chacón, H.J; Landeros, F.J; Ruíz, D.A; Cerna, C.E y Ochoa, F.Y. 2014. Supervivencia de *Tetranychus Urticae* en presencia de *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae: Tetranychidae) en cuatro variedades de rosal. *Entomología Mexicana*. 1: 57-62

- Chacón, H. J; Camacho, A. I; Cerna, C. E; Ordaz, S. S; Ochoa, F.Y y Landeros, F.J. 2018. Efectos de *Tetranychus urticae* y *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae: phytoseiidae) en la clorofila de plantas de rosal (*Rosa* sp.). *Agrociencia* 52: 895-909.
- Darrow, G.M. 1929. Development de runners and runners plants in the strawberry. Technical Bulletin No. 122. USDA. Washington, D.C. USA. 28 p.
- Darrow, G.M. 1966. The strawberry. Holt, Rinehart and Winston. New York. 445 p.
- Dávalos, G.P; Aguilar, G. R; Jofre, G. A; Hernández, R.A y Vásquez, S. M. 2011. Tecnología para sembrar viveros de fresa. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP- CIRCCEB- Centro de Investigación Regional Centro Campo Experimental del Bajío. Celaya, Guanajuato, México. 153 p.
- De Angelis, J.; R.E. Berry y G.W. Krantz. 1983. Photosynthesis, leaf conductance, and leaf chlorophyll content in spider mite (Acari: Tetranychidae) injured peppermint leaves. *Journal of Environ. Entomol.* 12:345-348.
- De Bach, 1987. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Editorial Continental. México. P. 949.
- Domínguez, G. F. 1998. Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas. 9ª edición. Editorial Mundi-prensa. España. P.821.
- Edmon, J; Senn, T. y Andrews, F. 1984. Principios de horticultura. Tercera Edición. Editorial Limusa. P.575.
- Escudero, A. y Ferragut, F. 1996. Comportamiento de *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot y *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae) ante diferentes densidades de presa. *Bol. San. Veg. Plagas.* 22: 115-124
- Estrada, R.W.2017. Evaluación del ácaro depredador *Neoseiulus californicus* y malezas, para el control de araña roja *Tetranychus spp* en banano *Musa sapientum*. Finca Santa Irene. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Mazatenango. P 50.
- Felipe, R. A. 2003. Tipificación del daño de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en plantas de pimientón cv. California Wonder. Trabajo de Grado. Unidad Centroccidental Lisandro Alvarado. Barquisimeto, Estado Lara, Venezuela. 33 p.

- Ferragut, F. y Santonja, M.C. 1989. Taxonomía y distribución de los ácaros del género *Tetranychus* Dufour 1832 (Acari: Tetranychidae), en España. Bol. San. Veg. Plagas. 15:271-281.
- Fraulo, B.A y Liburd, E.O. 2007. Biological control of twospotted spider mite, *Tetranychus urticae*, with predatory mite, *Neoseiulus californicus*, in strawberries. Experimental and Applied Acarology. 43:109–119
- Gallardo, A; Vásquez, C; Morales, J y Gallardo, J. 2005. Biología y enemigos naturales de *Tetranychus urticae* en pimentón. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) .74:34 - 40.
- García, C.M; Calvo, D y Molina, J.M. 2011. Ensayos de control biológico de araña roja y trips en el cultivo de fresa en Huelva. Vida Rural. 1: 30-34.
- García, O; Cerna, E; Aguirre, L. A; Ochoa, Y. M; Chacón, J. C. y Landeros, J. (2017). Respuesta funcional de *Phytoseiulus persimilis* sobre *Oligonychus punicae* (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) en hojas de aguacate. Acta Zoológica Mexicana (n.s), 33(3), 503- 507.
- Gomez, C. A. y Ferragut, F. 2009. Distribución en la planta y eficacia de *Neoseiulus californicus* y *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae) en el control de las arañas rojas de cultivos hortícolas en condiciones de semicampo. Biol. San.Veg. Plagas. 35:377-390.
- Gonzales, Z.J; Orenge, S; García, M.F y Laborda, R. 1991. Liberación de ácaros depredadores para el control de araña roja en fresón. Hortícolas. 32:20-27.
- Gotho, T; Yamaguchi, K. and Mori, K. 2004, Effect of temperatura on life history of the predatory mite *Amblyseius* (*Neoseiulus*) *californicus* (Acari: Phytoseiidae. Exp. Appl. Acarol 32:15-30
- Guédez, C; Castillo C; Cañizales, L y Olivar, R. 2008. Control biológico: una herramienta para el desarrollo sustentable y sostenible. Academia. 7 (13):50-74.
- Gugole, O.M. 2012. Manejo Integrado de la plaga *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) en cultivos de frutilla del Cinturón Hortícola Platense. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de La Plata Facultad de Ciencias Naturales y Museo. Argentina. P.199.
- Guzmán. C. 2014. Cambio climático y control biológico de plagas: Efecto de las condiciones abióticas en las interacciones entre enemigos naturales presentes en el agro-ecosistema del aguacate. Tesis de Doctorado. Universidad de Málaga. Málaga, España. P. 184.

- Huahuasoncco, F.J.2016. Determinación, ciclo biológico, parámetros biológicos y crianza masiva del ácaro depredador nativo *Neoseiulus californicus* McGregor (Acari: Phytoseiidae). Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa. Arequipa, Perú. P. 98.
- Joublan, J.P y Vergara, M. 2003. Desarrollo vegetativo y productivo de la frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.), utilizando una cubierta de agrotexil de diferentes densidades. *Agro Sur*, 31(1): 37-47.
- Juscáfresa, B. e Ibar, L. 1987. Tomates, pimientos y berenjena. Editorial Aedos. Barcelona, España. P. 45.
- Liégeois, V. 2000. Los zumos de frutas y hortalizas; una alternativa para comer sano. Editorial De Vecchi. España. P.157
- López, L.L;Guzmán, O.D; García, B. A; Chávez, M.C y Peña, C,J. 2014. Consideraciones para mejorar la competitividad de la región “El Bajío” en la producción nacional de fresa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 5 (4): 673-686.
- López, M. 2006. Horticultura. Segunda edición. Editorial Trillas. México. P. 386.
- Maas, J.L.1998. Compendium of strawberries diseases. 2nd. ed. Amer. Phytopathol. Soc. St. Paul, Minnesota. U.S.A. P. 98.
- Malais M.,Ravensberg W.2003. Knowing and recognizing the biology of glasshouse pests and their natural enemies. Editorial Koppert Biological systems, Países Bajos. 21-38p.
- Maroto, J.V. 1998. Historia de la agronomía: una visión de la evolución histórica de las ciencias y técnicas agrarias. Editorial Mundi-Prensa. P. 371.
- Mc Murtry, J. y Croft, B. 1997. Life styles of phytoseiid mites and their roles as biological control agents. *Ann. Rev. Entomo/*. 42: 291-321.
- Medina, M.J y Canalejo, J. 2011. Técnicas de monitoreo y control de plagas en cultivos de fresa y frambuesa. Consejería de Agricultura y Pesca. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Andalucía. P. 1-110
- Mesa, N.C. 1999. Ácaros de importancia agrícola en Colombia. *Revista de la Facultad Nacional Agrícola de Medellín*. 52(1): 321-363.
- Mesa, N. 2000. Uso de ácaros Phytoseiidae para el control de ácaros Tetranychidae. I Curso Taller Internacional. Control Biológico Componente Fundamental del MIP en una Agricultura Sostenible, Corpoica. Bogotá. 172-178p

- Metcalf, R y Luckman, H.W. 1990. Introducción al manejo de plagas de insectos. Editorial Limusa. México. D.F. P 710.
- Nicholls, E. C. 2008. Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico. Editorial Universidad de Antioquía. Medellín Colombia. P. 282.
- Nuez, R., Ortega, G y Costa, J.1996. El cultivo de pimientos, chiles y ajíes. Editorial Mundi Prensa. Barcelona, España. P. 607.
- Núñez, D. 2005. Efecto de la temperatura en la capacidad depredadora de *Neoseiulus californicus* (Mcgregor) sobre tres especies de ácaros fitófagos en laboratorio. Universidad de Chile, Santiago, Chile. 54 p.
- Padrón, R.L; Caamal, C.I; Fernández, P.V y Martínez, L.D. 2016. Índices de competitividad de la fresa (*Fragaria vesca* L.) de México en el mercado mundial. *Agroproductividad*.9 (5): 29-34.
- Reséndiz, G.B y Castillo, O.O. 2018. Biología del ácaro de dos manchas *Tetranychus urticae* Koch. (Acari: Tetranychidae) en laboratorio en Chapingo, Estado de México. *Entomología mexicana*. 5 (1): 40-45.
- Rhodes, M. y Liburd, O.2005. Predatory Mite, *Neoseiulus californicus* (McGregor) (Arachnida: Acari: Phytoseiidae). Department of Entomology and Nematology, University of Florida, Gainesville. P. 5.
- Rhodes E.M; Liburd O; Kelts C; Rondon S.I; Francis R.R .2006. Comparison of single and combination treatments of *Phytoseiulus persimilis*, *Neoseiulus californicus*, and Acramite (bifenazate) for control of twospotted spider mites in strawberries. *Exp Appl Acarol*. 39:213–225.
- Romero, J. y Anaya, S. 1998. Plagas y enfermedades de las hortalizas en México. SEP/ SEIT/ DGTA. México. P. 310.
- Rubio, S. V y Federes, C.A. 2005. Control biológico de plagas y enfermedades de los cultivos. *Biotecnología y medioambiente*. 215-230.
- Ruíz C, J; Bravo, M.E; Ramírez, O.G; Báez, G.A, Álvarez, C.M; Ramos G.J; Nava, C.U y Byerly, M.K. 2013. Plagas de importancia económica en México: aspectos de su biología y ecología. Libro Técnico Núm. 2. INIFAP-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco. 447 p.
- Sato, E.M; Da Silva, M; Raga, A. y De Sousa, F.M.2005. Abamectin Resistance in *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae): Selection, Cross-Resistance and Stability of Resistance. *Neotropical Entomology* 34(6):991-998.

- Sazo, L, Soto, N y Araya, J.E. 2006. Capacidad depredadora de *Neoseiulus californicus* (McGregor) sobre larvas de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y *Heliethrips haemorrhoidalis* (Bouché). *Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa*. 39: 447-450.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación / Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2017. Atlas agroalimentario 2017. SAGARPA / SIAP. México. P. 231
- Toldi, M; Juarez, F.N; Damedá, C y Majolo, F.2003. Biology of *Neoseiulus californicus* feeding on two-spotted spider mite. *Biotemas*, 26 (2): 105-111.
- Ugrinovic, V. y Tello, V.2016. Efecto de la humedad relativa en la viabilidad de huevos de *Neoseiulus* sp. y *Proprioseiopsis iorgius*(Acari: Phytoseiidae) en condiciones de laboratorio. *IDESIA (Chile)*. 34 (3): 39-45.
- Villegas, E.S; Rodríguez, M.C; Anaya, R.S; Sánchez, A.H; Hernández, M.J y Bujanos, M.R. 2010. Resistencia a acaricidas en *Tetranychus urticae* (Koch) asociada al cultivo de fresa en Zamora, Michoacán, México. *Agrociencia*. 44 (1): 75-81.
- Vinasco, A.N; Soto, G.A y Vallejo, E.L.2014. Requerimientos térmicos para el desarrollo de *Amblyseius* sp. (ACARI: PHYTOSEIDAE). *Boletín Científico Centro De Museos Museo De Historia Natural*. 18(2): 61-66.
- Zalom, F.G; Phillips, P.A; Toscano, N.C y Bolda, M. 2007. Guía para el manejo de las plagas: Fresas. Universidad de California Manejo Integrado de Plagas.P.70.
- Zhang, Y.X; Ji, C; Lin; J y Chen, B.L. 2012. El efecto de la temperatura en la reproducción y la duración del desarrollo de *Neoseiulus californicus* (Mcgregor) . *Journal of Agricultural Sciences*; 212-216.

6.2 Virtuales

¹ <https://www.koppert.mx/retos/aranas-rojas-y-otras-aranas/arana-roja/>

² http://www3.inegi.org.mx/contenidos/app/mexicocifras/datos_geograficos/20/20072.pdf

³ Google maps

⁴ <http://www.inafed.gob.mx/work/enciclopedia/EMM20oaxaca/municipios/20072a.html>