

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y NEGOCIOS SAN QUINTÍN



Caliothrips phaseoli (Thysanoptera: Thripidae) como Depredador
Facultativo del Ácaro Rojo *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari:
Tetranychidae).

POR:

CARLOS VILLAGRANA MANCILLA

TESIS PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA

OBTENER EL GRADO DE:

INGENIERO AGRÓNOMO

SAN QUINTÍN, ENSENADA, BAJA CALIFORNIA, MÉXICO. AGOSTO 2022

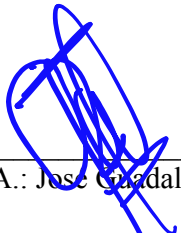
CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Director de la Tesis: Salvador Ordaz S.
Dr. Salvador Ordaz Silva


Aprobado por los Integrantes del Sínodo:



1. _____
Codirector externo: Dr. Julio César Chacón Hernández



2. _____
Sinodal M.P.A.: Jose Guadalupe Pedro Méndez



3. _____
Sinodal (M.B.C. Jorge Luis Delgadillo Ángeles)

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer primeramente a Dios por haberme permitido llegar hasta este momento y culminar una etapa más en mi vida personal y formación profesional, mi carrera universitaria. Ha sido un largo camino de altas y bajas, pero la perseverancia y paciencia fueron puntos clave para seguir luchando por uno de mis tantos sueños, sin duda alguna un enorme agradecimiento a la casa de estudios la Universidad Autónoma de Baja California (Facultad de Ingeniería y Negocios San Quintín).

Al Dr. Julio César Chacón Hernández, Codirector de tesis, por recibirme en el Laboratorio de Ecología de Poblaciones del Instituto de Ecología Aplicada de la Universidad Autónoma de Tamaulipas y por aportar los materiales biológicos y por guiarme para llevar a cabo esta investigación en las instalaciones del mismo, lo cual me dejó todo el conocimiento, valores y actitudes para formarme como un profesionalista.

Mi más sincero respeto y agradecimiento a mi director de tesis el Dr. Salvador Ordaz Silva, por toda la confianza y el apoyo incondicional en la realización de este trabajo, el compartir y transmitir su pasión por la investigación sacando lo mejor de uno mismo. Gracias también por todo el conocimiento impartido en lo largo de mi estancia en la Universidad, despertando en mí, algo que nunca imagine realizar, la investigación, encontrando un resultado favorable para cada circunstancia o problema que se pueda encontrar en el área agrícola.

Al M.P.A. José Guadalupe Pedro Méndez, mi eterno agradecimiento por enseñarme esa fuerza de voluntad y disposición para hacer cualquier cosa de la mejor manera posible que se pueda para llegar al éxito sin perder la humildad. Gracias por su apoyo en las consultas y todos los consejos dados para realizar este trabajo.

Al M.B.C. Jorge Luis Delgadillo Ángeles, por ese buen humor y esa amistad hacia mi persona, mi eterno agradecimiento por mostrarme que no hay imposibles en la vida. Gracias por el apoyo brindado cada vez que se requirió tanto en mi estancia por la Universidad como en la realización de esta investigación.

DEDICATORIA

A mis padres Urbano Villagrana Venegas y Genoveva Mancilla Hernández, por la satisfacción y orgullo de ver realizado mi sueño y el de ellos al concluir mi carrera universitaria con este último paso, haciendo tantos sacrificios para poderme dar educación y siempre creer en mí a pesar que el camino es duro lo pudimos lograr tomando en cuenta su ejemplo de siempre luchar por lo que queremos, ese amor y apoyo incondicional en las buenas y malas que te hace sentir fuerte en cualquier adversidad que se te presente, todos mis triunfos se los dedico a Dios y a ustedes por siempre.

A mi hermano Javier Villagrana Mancilla, por todo el apoyo y la paciencia que me dio cuando tenía una duda sobre algún tema en específico que me dejaban de tarea, por enseñarme esa parte de la dedicación, que a veces nos cuesta ya que nos podemos perder de momentos de diversión pero al final está la respuesta con un buen resultado, y es cuando te das cuenta que valió la pena ese sacrificio, siendo un ejemplo para mi logrando siempre buenos resultados académicos en lo largo de toda su carrera educativa.

A mis abuelos por siempre haber estado atentos hacia mí y darme tantos consejos para nunca desviarme del buen camino, darme ánimos para siempre salir adelante, pero sobre todo darme esa protección y amor como si fuera su propio hijo.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIAS	v
ÍNDICE DEL CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE CUADROS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	x
CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1 Justificación.....	3
1.2 Objetivo General	3
1.2.1 Objetivo Específicos.....	3
1.3 HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II	5
REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
2.1 Generalidades de <i>Phaseolus vulgaris</i>	5
2.1.1 Origen y Distribución	5
2.1.2 Importancia	6
2.1.3 Características de la Planta	6
2.1.4 Ubicación Taxonómica.....	7
2.1.5 Descripción Botánica.....	8
2.1.6 Ciclo Vegetativo	9
2.1.7 Plagas y Enfermedades	10
2.1.7.1 Plagas	10
2.1.7.2 Enfermedades.....	12
2.2 Generalidades de <i>Tetranychus merganser</i>	14
2.2.1 Importancia y Tipo de Daño	14
2.2.2 Distribución	15
2.2.3 Ubicación taxonómica	15
2.2.4 Aspectos Biológicos y Comportamiento	16
2.2.5 Ciclo biológico de <i>Tetranychus merganser</i>	16
2.3 Generalidades de <i>Caliothrips phaseoli</i> Hood.....	20
2.3.1 Importancia y Tipo de Daño	20
2.3.2 Distribución	20

2.3.3 Ubicación Taxonómica	21
2.3.4 Aspectos Biológicos y Comportamiento	21
2.3.5 Ciclo biológico.....	22
2.3.6 Control Químico e Importancia	22
2.3.7 Control Biológico e Importancia	22
2.4. Insectos Facultativos	24
CAPÍTULO III.....	26
MATERIALES Y MÉTODOS	26
3.1. Huevos de <i>Tetranychus merganser</i>	26
3.2 Larvas de <i>Caliothrips phaseoli</i>	26
3.3. Diseño experimental	26
3.4 Análisis de datos de depredación.....	27
3.5 Análisis de datos de daño por alimentación.....	28
CAPÍTULO IV.....	29
RESULTADOS.....	29
CAPÍTULO V.....	33
CONCLUSIONES	33
BIBLIOGRAFÍA CITADA	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadros	Páginas
1 Promedio de duración de la oviposición y total de huevos depositados por <i>Tetranychus merganser</i> a diferentes temperaturas alimentado en discos de hoja de <i>Carica papaya</i> . (Reyes-Pérez et al., 2013).....	31
2 Duración del desarrollo (días \pm D.E) de huevo a adulto, de <i>Tetranychus merganser</i> sobre discos de hoja de frijol a varias temperaturas.....	32
3 Parámetros de respuesta funcional tipo II, estimados con el modelo de Holling para <i>Caliothrips phaseoli</i> , alimentándose de huevos de <i>Tetranychus merganser</i>	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figuras	Páginas
1 Respuesta funcional de los estados larvales I y II de <i>Caliothrips phaseoli</i> a huevos de <i>Tetranychus merganser</i> y daño causado por su alimentación en discos de <i>Phaseolus vulgaris</i>:	44
2 Consumo promedio de primero y segundo estado larval de <i>Caliothrips phaseoli</i> en tres días alimentándose de huevos de <i>Tetranychus merganser</i>	46
3 Puntaje promedio de daño foliar de los discos de hoja de <i>Phaseolus vulgaris</i> causado por la alimentación de <i>Caliothrips phaseoli</i> en tres días.....	46

RESUMEN

La aparición de plagas en los cultivos bajo condiciones de invernadero como los trips es sorprendente. Estos insectos se han encontrado presentes en una amplia gama de cultivos, tornándose una plaga de importancia económica en varias regiones del mundo por sus hábitos alimenticios y por las patologías que transmite a los cultivos. Los trips pueden ser fitófagos, polífagos y micetófagos pudiendo actuar también como depredadores facultativos o generalistas, principalmente de ácaros y otros trips. Los depredadores facultativos básicamente se alimentan de huevos de ácaros y polen, pudiendo ser un factor benéfico para el control de los ácaros en las plantas sin la necesidad de utilizar altas cantidades de insecticidas para su eliminación. El objetivo del presente estudio fue determinar el tipo de respuesta funcional y el daño de los estados larvales I y II de *Caliothrips phaseoli* sobre huevos de *Tetranychus merganser* Boudreaux sobre discos de hojas de *Phaseolus vulgaris* bajo condiciones de laboratorio. Las especies utilizadas para el estudio fueron, discos de frijol (*P. vulgaris*), como insecto plaga (posible depredador facultativo) larvas I y II de *C. phaseoli* y como presa, huevos de *T. merganser*. Se observó que las larvas de segundo instar de trips consumen más huevos de la araña roja y causan mayor daño que las larvas de primer instar. Las larvas I y II presentaron un tipo de respuesta funcional tipo II. Los resultados mostraron que las larvas de primero y segundo instar de *C. phaseoli* pueden ser un importante depredador de huevos de *T. merganser* en frijol, además de que este cultivo puede ser parte de su dieta.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La familia Thripidae (Tysanoptera: Terebrantia) contiene alrededor de 2100 especies descritas, agrupadas en 242 géneros que están divididos en cuatro subfamilias, Dendrothripinae, Panchaetothripinae, Sericothripinae y Thripinae. Esta última se encuentra distribuida en todo el mundo y la mayoría de sus especies se reproducen principalmente en las flores y hojas, algunas se alimentan de musgos y, muy pocas son depredadores obligados (CSIRO 2022). *Caliothrips phaseoli* Hood (Thysanoptera: Thripidae) se distribuye desde el Suroeste de Estados Unidos de América hasta Argentina. Esta especie causa severos daños por su alimentación en diferentes especies de Fabaceae, tales como frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), soja (*Glycine max* (L.) Merr), chícharo (*Pisum sativum* L.), cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) y grapia (*Apuleia leiocarpa* (Vogel) J. F. Macbr.) (Boscardin et al. 2019). Además, se ha reportado sobre *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae) (Molina-Arjona et al. 2018). Es considerado plaga importante en cultivos de *Phaseolus vulgaris* L. (Janini et al. 2011; Hoddle et al. 2012; Boscardin et al. 2019; Mound et al. 2019). El daño causado por la alimentación de *C. phaseoli* causa un amarillamiento y deformación en las hojas, algunas veces se pueden observar puntos plateados en las vainas, y puede retrasar el crecimiento y desarrollo de las mismas (Beltrán et al. 2004; Janini et al. 2011). Además, *C. phaseoli* presenta hábitos alimenticios de depredación sobre huevos y adultos de *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae) (Molina-Arjona et al. 2018). Otros estudios han reportado hábitos alimenticios depredadores de trips fitófagos, tales como *Thrips imaginis* Bagnall, *T. tabaci*

Lindeman, *Frankliniella schultzei* Trybom (Thysanoptera: Thripidae) (Wilson et al. 1996) y *F. occidentalis* Pergande (Thysanoptera: Thripidae) (Gonzalez et al. 1982; Gonzalez y Wilson 1982; Trichilo y Leigh 1986) sobre huevos de *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae) en algodón bajo condiciones de laboratorio y campo.

El ácaro rojo, *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae), se distribuye en China, Estados Unidos, Australia y México; se alimenta de 17 especies de plantas (Migeon y Dorkeld 2022). Es considerado una plaga potencial para la agricultura mexicana ya que puede causar pérdidas entre \$352 a \$820 dólares por hectárea en cultivo de nopal [*Opuntia ficus-indica* L.) Miller (Cactaceae)] (Lima-Espíndola y Vanegas-Rico, 2017). La alimentación de este ácaro causa daños severos, destruyen el tejido epidérmico, el parénquima y los cloroplastos de las hojas, además afectan el crecimiento, desarrollo y producción de sus plantas hospederas. Este daño se puede observar como manchas blancas cerca de las nervaduras de las hojas, y con altas poblaciones de la araña roja, las manchas pueden fusionarse, causando que las hojas se tornen completamente blancas (López-Bautista 2014; López-Bautista 2016). El control de *Tetranychus merganser*, es generalmente mediante el uso de insecticidas y acaricidas químicos. Sin embargo, el ciclo de vida corto de este ácaro y su alto potencial reproductivo, le permite desarrollar rápidamente resistencia a estos compuestos (Ullah et al. 2011). El uso de ácaros depredadores como, *Neoseiulus californicus* (McGregor) y *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot) (Gamasida: Phytoseiidae), se utilizan como método de control preventivo para bajar las poblaciones del ácaro rojo en cultivos de papaya (López-Bautista 2016). Molina-Arjona et al. (2018) documentaron que larvas I y II de *C. phaseoli* consumen huevos y

hembras adultas de *T. merganser*. Pero ellos no evaluaron sobre el mismo disco de hoja de frijol el daño por alimentación y la depredación.

1.1 Justificación.

Caliothrips phaseoli es considerada como una de las plagas importantes en varios cultivos comerciales, pero no se ha estudiado su fase como depredador y al mismo tiempo su fitofagia, por lo que esta investigación nos permitirá observar el comportamiento alimenticio de esta plaga, y por lo tanto, obtener un mejor Manejo Integrado de Plagas (MIP) con respecto a *C. phaseoli* y *T. merganser*.

1.2 Objetivo General

El objetivo del presente estudio fue evaluar el comportamiento de las larvas I y II de *Caliothrips phaseoli* ofreciéndole dos alimentos: huevos de *Tetranychus merganser* y discos de hojas de frijol bajo condiciones de laboratorio.

1.2.1 Objetivo Específicos

- ✓ Determinar el tipo de respuesta funcional de *C. phaseoli* sobre huevos de *T. merganser*.
- ✓ Evaluar el daño por alimentación de larvas de primero y segundo instar de *C. phaseoli* sobre discos de hojas de frijol (*P. vulgaris*).

1.3 HIPOTESIS

- Al igual que los insectos depredadores, *C. phaseoli* presenta un tipo de respuesta funcional. Además, *C. phaseoli* puede consumir dos alimentos en la misma arena experimental.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades de *Phaseolus vulgaris*

2.1.1 Origen y Distribución

El frijol corresponde a la especie *Phaseolus vulgaris* L., asignada por Linneo en 1753. Actualmente se encuentra distribuido en los cinco continentes y se considera como un componente esencial en la dieta humana, especialmente en Centro y Sudamérica (Armando- Ulloa et al. 2007).

Entre los países productores de frijol destacan por orden de importancia la India con 18.48%, Brasil con 16.55%, China con 11.47 %, Estados Unidos con 6.84% y México en quinto lugar con un 6.80% (Reyes et al. 2008).

De acuerdo con estudios taxonómicos y filogenéticos (Delgado-Salinas et al. 1999, 2006, 2011), se consideran actualmente 52 especies del género *Phaseolus* para México, 31 de éstas son endémicas. De tal manera que el mayor número de especies dentro de este género se distribuyen en el Occidente de México, siendo Durango, Jalisco y Oaxaca los estados con mayor diversidad y aquellos con menos número de especies registradas son la Península de Yucatán, Tabasco y Tlaxcala. La mayor diversidad de *P. vulgaris* en el país se encuentra localizada a lo largo de la Sierra Madre Oriental entre los 500 y 1800 msnm (Miranda 1967).

2.1.2 Importancia

En la actualidad, el cultivo del frijol ocupa un lugar importante en la económica agrícola de México, tanto en la superficie que se le destina, como para la derrama económica que genera y que junto con el maíz constituyen la dieta básica del pueblo mexicano y en consecuencia son los productos de mayor importancia socioeconómica para la superficie de siembra como para la cantidad consumida *per cápita* (COVECA 2011).

Las variaciones en el precio del frijol en México se relacionan principalmente con la disponibilidad del grano cosechado (FIRA 2016).

El frijol es el cuarto cultivo en importancia por la superficie sembrada en México solo después del maíz grano, pastos y el sorgo grano; por el valor de la producción primaria que genera, ocupa la undécima posición, considerando cultivos cíclicos y perennes (FIRA 2016).

Por su amplia adaptación y por el número de variedades mejoradas disponibles, el cultivo de esta leguminosa se realiza prácticamente en todas las regiones, condiciones climáticas y tipos de suelos en el país. El clima y la disponibilidad de agua son los factores más importantes que determinan la productividad del cultivo, ya que las principales regiones productoras registran bajos niveles de precipitación pluvial y además una distribución errática (FIRA 2016).

2.1.3 Características de la Planta

Esta planta es una hierba anual, lo que significa que completa su ciclo biológico en el período de un año. Tiene muchas variedades, por lo que sus características son ligeramente

diferentes entre sí. Algunas son pequeñas, con sus 20 a 60 centímetros de altura, pero otras llegan a crecer y extenderse hasta alcanzar 2 o 3 metros de longitud (Bioenciclopedia 2015).

Sus hojas crecen de forma alterna a lo largo de los tallos, cada una cuenta con 3 folíolos ovalados de unos 6-15 centímetros de longitud y 3-11 centímetros de ancho, su superficie es verde o púrpura y sus bordes son suaves. Las flores se distinguen por su vivo color rosado, púrpura, rojo-púrpura y a veces blanco. Crecen solas o en pares a lo largo de racimos, y cuentan con 1 ovario y 10 estambres (Bioenciclopedia 2015).

2.1.4 Ubicación Taxonómica

De acuerdo con el sistema integral de información taxonómica el frijón se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Tracheophyta

Subdivisión: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fabales

Familia: Fabaceae

Género: *Phaseolus* L.

Especie: *P. vulgaris* L.

2.1.5 Descripción Botánica

Raíz: se encuentra formada por la radícula del embrión, lo que posteriormente se convierte en la raíz principal o primaria, a los pocos días que ésta haya brotado, comienzan a surgir las raíces secundarias, que se desarrollan en la parte superior o cuello de la raíz principal, sobre las raíces secundarias surgen las raíces terciarias (Arias et al. 2007).

La composición del sistema radical del frijol y su tamaño dependen de las características del suelo, tales como estructura, porosidad, grado de aireación, capacidad de retención de humedad, temperatura, contenido de nutrientes, etc. (CIAT 1984).

El sistema radicular tiende a ser fasciculado, fibroso en algunos casos, pero con una amplia variación, incluso dentro de la misma variedad. Generalmente se encuentra formada por la radícula del embrión, lo que posteriormente se convierte en la raíz principal o primaria; a los pocos días que ésta haya brotado, comienzan a surgir las raíces secundarias, que se desarrollan en la parte superior o cuello de la raíz principal, sobre las raíces secundarias surgen las raíces terciarias (Arias et al. 2007).

Tallo: Se encuentra formado por nudos y entrenudos, a nivel de cada nudo se encuentran presentes otros órganos como las hojas, ramas, racimos y flores (Arias et al. 2007).

Hoja: Se pueden encontrar en dos tipos, simples y compuestas, están insertadas en los nudos del tallo y las ramas. Las hojas primarias son simples y aparecen en el segundo nudo del tallo. Cabe mencionar que las hojas típicas de las plantas del frijol son trifoliadas; es decir, posee tres folíolos, cuenta con peciolo y un raquis. En la inserción de las hojas trifoliadas existe un par de estípulas de forma triangular (CIAT, 1984).

Fruto: es una vaina con dos valvas, las cuales proveen del ovario comprimido, esta especie se clasifica como leguminosa. Las vainas pueden ser de diversos colores, uniformes o con rayas, dependiendo de la variedad (Arias et al. 2007).

Semilla: No posee albumen, por lo tanto las reservas nutritivas se concentran en los cotiledones, pueden ser de diversas formas, ovalada, redonda cilíndrica o arriñonada (Arias et al. 2007).

2.1.6 Ciclo Vegetativo

CIAT (1986) menciona que el desarrollo de la planta de frijol comprende de manera general dos fases sucesivas: la vegetativa y la reproductiva.

La fase vegetativa: se inicia en el momento en que la semilla dispone de condiciones favorables para germinar, y termina cuando aparecen los primeros botones florales; en esta fase se forma la mayor parte de la estructura vegetativa que la planta necesita para iniciar su reproducción.

La fase reproductiva: se inicia con la aparición de los primeros botones o racimos florales y termina cuando el grano alcanza el grado de madurez necesario para la cosecha; a pesar de ser esta fase eminentemente reproductiva, durante ella las variedades indeterminadas (Tipos I, II, III y IV) continúan, aunque con menor intensidad, produciendo estructuras vegetativas. A lo largo de las fases vegetativa y reproductiva se han identificado 10 etapas bien definidas de desarrollo (CIAT 1986).

2.1.7 Plagas y Enfermedades

Tanto las plagas como las enfermedades son un factor que puede poner en peligro cualquier inversión agrícola y traer consecuencias devastadoras, haciendo que se pierda la producción. De tal manera que las plagas y enfermedades que a estas atacan, disminuyen la calidad y la salud en cultivos de frijol (ERP Agrícola, 2016).

A continuaciones se desglosan algunas plagas y enfermedades que atacan a este cultivo.

2.1.7.1 Plagas

Mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci*: los adultos son de 1.5 cm de largo con 4 pares de alas, sus huevos son traslucidos, amarillentos y suelen encontrarse en el envés de las hojas en grupos de hasta 8 unidades. Este insecto absorbe la savia que sirve como sustrato para el desarrollo del hongo conocido como “fumagina”, que cubre las plantas hasta degradarlas. La proliferación de estas plagas es más notables durante la sequía (ERP Agrícola 2016).

Mosca de la semilla *Delia* sp: Este insecto plaga es una mosca gris oscuro y de 5 a 6 mm de longitud con el cuerpo cubierto de setas. La larva es de color blanco cremoso de 7 a 8 mm de longitud y con la parte posterior del cuerpo más ancha que la anterior. El daño es causado por la larva al alimentarse dentro de la semilla o plántulas durante la germinación o emergencia. Cuando el ataque es en plántulas recién emergidas se observa un hinchamiento en la base del tallo (CESAVEG 2011).

Pulgones *Myzus persicae* y *Aphis gossypii*: son insectos provistos con aparato bucal picador-chupador con el cual se alimentan de la savia de las plantas. Generalmente son

insectos de cuerpo blando, de tamaño pequeño que oscila entre 1-10 mm de longitud y de aspecto globoso. Pueden ser alados o ápteros con coloración variable que va desde verde claro hasta amarillo y verde oscuro. La reproducción de los pulgones es muy eficiente pues en un corto tiempo una hembra puede dar origen a 1, 000,000 de descendientes en 3 generaciones lo que los convierte en una plaga de mayor impacto económico en algunos cultivos (CESAVEG 2011).

Conchuela *Epilachna varivestis*: son pequeños escarabajos de cuerpo ovalado y convexo de color café a café dorado con 8 manchas negras circulares en cada ala. Las hembras adultas llegan a los cultivos de frijol donde depositan sus huevos en grupos de 40 a 60 sobre las hojas. Una o dos semanas después emergen las larvas (borreguitos), que al igual que los insectos adultos se alimentan del tejido foliar dejando únicamente nervaduras, en poblaciones muy elevadas llegan a alimentarse tanto de vainas como de los tallos de las plantas (CESAVEG 2011).

Chicharritas *Empoasca fabae*: son una de las plagas más comunes que afectan la salud en cultivos del frijol; este insecto es de color verde y mide 4 mm de longitud, suele introducir sus huevos en el tejido de la hoja, entre las venas y el tallo, produciendo así que la planta crezca raquítica.

De tal manera que la planta infectada se puede apreciar debido a que presenta la punta de sus hojas enrolladas, tornando un color amarillento tras el desgaste de su savia (ERP Agrícola 2016).

Minador de la hoja *Liriomyza* sp: Es una plaga común en frijol y los mayores daños se observan cuando las plantas son pequeñas (de plántula hasta tercera hoja trifoliada). El daño es causado por las larvas que al alimentarse perforan y minan las hojas. El adulto es

una mosquita de color amarillo con manchas oscuras en el cuerpo y cabeza, mide alrededor de 2 mm de largo (CESAVEG 2011).

Trips *Thrips* sp, *Caliothrips phaseoli*, *Frankliniella occidentalis*: Estos insectos miden de 1 a 2 mm de longitud con una coloración que varía del marrón oscuro al amarillo claro. Poseen un aparato bucal raspador-chupador, por lo que es fácil detectar su presencia en base al daño que producen. Los adultos presentan alas bien desarrolladas y rodeadas por una serie de flecos mientras que las larvas carecen de ellas. Generalmente se localizan en las flores y puntos de crecimiento donde se alimentan y reproducen a gran velocidad. El daño lo causan ninfas y adultos al alimentarse del follaje que se torna a un color plateado para posteriormente causar la muerte del tejido afectado. También son considerados como transmisores de enfermedades virales en frijol y otros cultivos hortícolas. La duración del ciclo biológico varía dependiendo de las temperaturas, pero éste puede ser desde 15 a 20 días por lo que se producen de 11 a 15 generaciones por año (CESAVEG 2011).

2.1.7.2 Enfermedades

Mildiu velloso *Phytophthora phaseoli*: Esta enfermedad ha sido clasificada como una enfermedad esporádica en frijol afectando plantas de diversas especies dentro del género *Phaseolus* como *P. lunatus*, *P. vulgaris* y *P. coccineus*. La enfermedad se caracteriza por atacar brotes tiernos, flores y pecíolos causando la muerte y retorcimiento del tejido vegetal que se torna de un color café y posteriormente se cubre de un vello blanquecino algodonoso que generalmente se queda adherido al tallo dando una apariencia de látigo (ERP Agrícola 2016).

Antracnosis: Enfermedad producida por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum*. Los síntomas pueden aparecer en cualquier parte de la planta, pero el daño más importante se observa en las vainas en formación o recién formadas donde se presentan lesiones amarillo rojizo, semicirculares y rodeadas por un anillo café oscuro o amarillento; posteriormente se observan hundimientos color café oscuro a negro en el centro de las lesiones. Días nublados, alta humedad relativa y temperaturas moderadas (17-20°C) son condiciones óptimas para su desarrollo (ERP Agrícola 2016).

Roya *Uromyces phaseoli*: esta enfermedad es causada por un hongo que se evidencia en el envés de la hoja, con pústulas de color rojo o naranja como síntoma característico. Este contiene polvo de color marrón, el cual es diseminado por el viento y también puede ser esparcido por insectos o el simple manejo manual de los agricultores. Dicho hongo prolifera en climas húmedos y calurosos, y genera una especie de resequedad en la siembra hasta el punto de matarla (ERP Agrícola 2016).

Moho blanco: esta enfermedad es causada por el hongo *Sclerotinia sclerotiorum*. Este patógeno tiene un rango de hospederos muy amplio afectando a más de 400 especies de plantas incluyendo, entre las que se incluye el frijol. Los síntomas iniciales son visibles durante la etapa de formación de vainas, puede atacar toda la parte aérea de la planta pero principalmente se observa sobre tallos y ramas donde se encuentra el crecimiento de un moho blanco “algodoncillo”. Posteriormente el tejido infectado toma una coloración grisácea a café y finalmente se seca y muere (ERP Agrícola 2016).

Tizón bacteriano: Enfermedad causada por la bacteria *Xanthomonas phaseoli*. Causa daños en tallos, vainas y semillas pero principalmente en hojas, donde se observan manchas irregulares de aspecto húmedo que incrementan su tamaño, están rodeadas por

un anillo amarillento. Días después, el tejido dañado se necrosa (muere) y finalmente se desprende de la planta (ERP Agrícola 2016).

2.2 Generalidades de *Tetranychus merganser*

2.2.1 Importancia y Tipo de Daño

Boudereaux describió por primera vez a *Tetranychus merganser* en 1954, con organismos recolectados sobre *Ligustrum vulgare* L. en el Estado de Louisiana, EE.UU. dentro de las características que distinguen a este ácaro son: la uña empodial y el edeago en forma de cabeza de ganso.

El tipo de daño que este ácaro ocasiona en los folíolos es que rompe el tejido epidérmico, removiendo el contenido celular, de esta manera logra destruir las células del parénquima en empalizada y el esponjoso; como consecuencia destruye los cloroplastos lo que ocasiona una disminución en el proceso fotosintético, afectando el crecimiento, desarrollo y producción de las plantas (Bondada et al. 1996, Reddall et al. 2004, Freitas et al. 2009). Esto conlleva a que las hojas se tornen amarillentas por el haz y plateadas por el envés, posteriormente se vuelven necróticas, ocasionando su caída prematura (Colier et al. 2004). De acuerdo con lo anterior Ullah et al. (2010) mencionan que *T. merganser* presenta un alto potencial para comportarse como plaga, ya que ocasiona daños económicos directos que se encuentran asociados con el bajo crecimiento, desarrollo y producción del cultivo, causando que la planta pierda sus hojas y frutos prematuramente, lo que conlleva a daños económicos indirectos donde el cultivo no es redituable y genera pérdidas económicas para el productor.

2.2.2 Distribución

Esta especie fue observada en el Noroeste y Centro de México sobre mala mujer o ayohuiztle (*Salanum rostrarum* Dunal) (Tuttle et al. 1974), y después fue registrada sobre tomatillo o tabaco cimarrón (*Solanum nigrum* L.) (Tuttle et al. 1976, Estébanes-González y Rodríguez- Narro 1991) indicaron su presencia sobre papayo (*Carica papaya* L.) y chile (*Capsicum annuum* L.): mientras que Lomelí-Flores et al. (2008) lo reportaron en nopal (*Opuntia ficus-indica* L.) en el Estado de Morelos. Según Ullah et al. 2010, fue detectado en pepino (*Cucumis sativus* L) en embarques enviados a Japón desde México y EE. UU, y en el estudio más reciente de Monjarás-Barrera et al. (2015) se reportó por primera vez a *Tetranychus merganser* afectando planas de *Moringa oleifera* Lam en el Estado de Tamaulipas, México.

2.2.3 Ubicación taxonómica

De acuerdo con Krantz (2009), la clasificación taxonómica del ácaro utilizado para esta investigación se desglosa jerárquicamente de la siguiente manera:

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Clase: Arachnida

Subclase: Acari

Superorden: Acariformes

Orden: Trombidiformes

Familia: Tetranychidae

Género: *Tetranychus*

Especie: *Teranychus merganser*

2.2.4 Aspectos Biológicos y Comportamiento

Es importante destacar que los factores externos como la temperatura o disponibilidad de alimento propician que el ciclo de vida sea más corto en algunas especies de ácaros. De tal manera que los organismos que viven en climas cálidos generalmente son más aptos para aprovechar un recurso en periodos cortos de tiempo para completar su desarrollo (Villanueva-Jiménez et al. 1994).

2.2.5 Ciclo biológico de *Tetranychus merganser*

El ciclo de vida de *T. merganser* varía de 12.9 d en la temperatura mayor (35 °C), a 52.2 d en la menor (19 °C). Aunque la finalización de la supervivencia de las poblaciones evaluadas a 31 y 33 °C ocurrió después que la de 27 °C, el promedio de longevidad de los individuos fue menor (Cuadro 1), y a 33 °C sobrevivieron por más tiempo que a 31 °C debido a la persistencia de algunos individuos que prolongaron su supervivencia como adultos aunque con mínima actividad, es decir, con pocos movimientos y rara ovoposición (Reyes-Pérez et al. 2013). Estos mismos autores mencionan en su estudio parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* en papayo (*Carica papaya* L.) que la variancia en la temperatura afecta de manera directa el desarrollo de este ácaro, ya que se observó que la mayor ovoposición se obtuvo a 23 °C y decreció al aumentar la temperatura y encontraron que a 33 °C fue ligeramente superior que a 31 °C (Cuadro 1). En contraste con lo reportado por Ullah et al. (2010) donde se observó que a 35 °C no hubo huevos

viabiles a comparación de los 37.5 °C donde el 50% de los huevos de *T. merganser* son viabiles. Por otro lado también se observó que a 40 °C esta especie no oviposita mientras que el valor máximo de oviposición es más de 100 huevos por hembra a 30°C (cuadro 2). A su vez, el análisis de varianza mostró diferencias significativas debido a la temperatura en la duración de las fases de desarrollo de *T. merganser*, así como en la duración total del ciclo de vida. Todos los estados (huevo, larva, ninfa y adulto) mostraron un acortamiento significativo al pasar de 19 a 23 °C, pero al pasar de 23 a 27 °C se observó nuevamente un alargamiento del estado adulto (a 23 °C el estado adulto duró 11.02 d y, 18.27 d a 27 °C). El acortamiento del estado de huevo no fue significativamente diferente entre 31, 33 o 35 °C (3.00, 2.71 y 2.62 d); tampoco el de larva y el de protoninfa entre 27, 31 o 33 °C (1.74, 1.53 y 1.58 d para larva y 1.67, 1.51 y 1.62 d para protoninfa). Incluso hubo un pequeño alargamiento de esta fase a 35 °C (2.17 d), así como de la deutoninfa y del estado adulto a 33 °C. Sólo sobrevivieron dos individuos a 35 °C, por lo que no fue posible evaluar su duración como deutoninfas y adultos. No se incluyeron en el análisis de varianza y sólo se presentan sus promedios.

Cuadro 1. Promedio de duración de la ovoposición y total de huevos depositados por *Tetranychus merganser* a diferentes temperaturas, alimentados en discos de hoja de *Carica papaya* (Reyes-Pérez et al. 2013).

Temperatura	Huevo	Larva	Protoninfa	Deutoniinfa	Adulto	Total
19°C	13.36±2.08	7.02±1.84	6.96±1.92	5.70±1.80	20.21±9.68	52.24±9.19
23°C	6.05±0.85	3.15±0.52	3.23±0.57	3.08±0.61	11.02±3.63	26.54±3.30
27°C	4.10±0.52	1.74±0.54	1.67±0.52	2.21± 0.56	18.27±6.16	27.99±6.02
31°C	3.00±0.38	1.53±0.25	1.51 ±0.29	2.01±0.21	4.45±3.31	13.26±4.63
33°C	2.71±0.37	1.58±0.51	1.62±0.27	2.83±0.51	9.13 ±4,68	17.81±4.84
35°C	2.62 d ± 0.76	2.98 b ± 1.09	2.17 c ± 0.76	1.75 ± 0.35	3.25±1.06	12.95±4.84

Cuadro 2. Duración de desarrollo (días \pm DE) de huevo a adulto, de *Tetranychus merganser* sobre discos de hoja de frijol a varias temperaturas (Ullah 2010).

Temperatura	No.	Huevo	Larva	Protoninfa	Deuteroninfa	Huevo-Adulto		
15°C	H	37	15.7	6.8 \pm 0.21	3.2	3.9	38.7	\pm 0.36
	M	26	16.9	6.1 \pm 0.29	2.9	3.2	38.1	\pm 0.55
17.5°C	H	62	12.1	4.3 \pm 0.09	2.4	3.0	28.2	\pm 0.19
	M	21	13.0	3.4 \pm 0.21	2.1	2.4	27.8	\pm 0.30
20°C	H	52	8.1	2.2 \pm 0.08	1.8	2.1	18.8	\pm 0.19
	M	31	8.3	1.8 \pm 0.12	1.3	1.5	17.3	\pm 0.23
22.5°C	H	52	5.0	2.0 \pm 0.00	1.0	1.0	12.8	\pm 0.09
	M	30	5.5	1.6 \pm 0.10	0.9	1.0	12.4	\pm 0.09
25°C	H	68	4.2	1.4 \pm 0.06	0.8	1.1	10.4	\pm 0.10
	M	39	4.6	1.1 \pm 0.07	1.0	0.7	9.8	\pm 0.12
27.5°C	H	56	3.7	1.1 \pm 0.03	0.7	0.9	8.8	\pm 0.05
	M	28	3.7	1.0 \pm 0.04	0.6	0.7	8.3	\pm 0.12
30°C	H	61	2.7	0.9 \pm 0.03	0.7	0.7	6.7	\pm 0.05
	M	32	3	0.8 \pm 0.05	0.6	0.6	6.7	\pm 0.09
32.5°C	H	58	2.5	0.8 \pm 0.03	0.5	0.6	6.1	\pm 0.04
	M	17	2.6	0.7 \pm 0.06	0.5	0.5	5.6	\pm 0.16
35°C	H	56	2.5	0.6 \pm 0.03	0.5	0.5	5.5	\pm 0.04
	M	30	2.4	0.8 \pm 0.06	0.5	0.6	5.5	\pm 0.07
37.5°C	H	33	2.4	0.8 \pm 0.04	0.5	0.8	6	\pm 0.07
	M	10	2.6	1.0 \pm 0.14	0.5	0.7	6.2	\pm 0.23

2.3 Generalidades de *Caliothrips phaseoli* Hood

2.3.1 Importancia y Tipo de Daño

La especie *Caliothrips phaseoli* Hood se ha citado como la más común en los cultivos de frijol causando daños en diferentes regiones de México (Mujica 1999).

Son insectos pequeños que pueden pasar inadvertidos, ya que su longitud varía de 0.5 a 0.8 milímetros. En su estado juvenil, son de un color blanquecino-amarillento, y los adultos de color blanco y negro. Otras especies pueden presentar una coloración diferente en la madurez.

Se desplazan rápidamente en especial cuando se les toca y, los adultos pueden efectuar un vuelo corto (saltan). Son capaces de recorrer grandes distancias transportadas por el viento en forma masiva.

Los adultos y las formas juveniles permanecen en las hojas, preferentemente en el envés y en las hojas inferiores, que están a la sombra y en un ambiente de mayor humedad (Massaro 2008). Los daños observados inicialmente son manchas blanquecinas en el haz y áreas plateadas en el envés. Posteriormente toman color amarronado, se necrosan y se desgarran ocasionando disminución del área fotosintética (Gamundi et al. 2005).

2.3.2 Distribución

Se ha encontrado presencia de trips en cultivos como tomate, calabaza, chile, sandia y pepino en el valle de Culiacán, Sinaloa. Por otra parte en el Valle del Fuerte en Sinaloa se ha encontrado en cultivos de cebolla, frijol, papa y estáfate (CONAFIH 2014).

2.3.3 Ubicación Taxonómica

De acuerdo con Zipcodezoo (2005) clasifican a la especie *Caliothrips phaseoli* Hood de la siguiente manera:

Reino: Animalia

Filo: Arthropoda

Subfilo: Hexapoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

Orden: Thysanoptera

Suborden: Terebrantia

Familia: Thripidae

Género: *Caliothrips*

Nombre científico *Caliothrips phaseoli*

2.3.4 Aspectos Biológicos y Comportamiento

Caliothrips phaseoli cuenta con un alto potencial reproductivo, intervalos generacionales cortos, incremento poblacional en condiciones de estrés, infestación constante de adultos inmigrantes y adultos emergentes de las pupas del suelo. Afectando principalmente el rendimiento asociado a condiciones de sequía por lo cual es variable según la abundancia poblacional y las condiciones climáticas, acentuándose su incidencia en períodos de baja

humedad relativa y altas temperaturas; con disminuciones de rendimiento entre 10 y 25 % (Gamund et al. 2005; 2006).

2.3.5 Ciclo biológico

Los trips presentan 6 estadios, huevo, ninfa 1, ninfa 2, pre-pupa, pupa y adulto. La hembra adulta oviposita incrustando sus huevos en el tejido vegetal, desde donde emerge el primer estadio ninfal. A partir de este momento comienza a alimentarse de jugos vegetales, rasgando tejidos epiteliales. Los estados de pre-pupa y pupa trascurren en el suelo y no ocasionan daño, hasta que finalmente se produce la emergencia del adulto, que continúa con su alimentación y ciclo biológico. La duración total del ciclo, varía fundamentalmente en función de la temperatura, pero en el verano puede completarse aproximadamente en 15-20 días (Forratéc 2015).

2.3.6 Control Químico e Importancia

El control de plagas y enfermedades depende, en gran parte, de la aplicación de productos químicos. Sin embargo, el uso indiscriminado de estos, ha ocasionado severos problemas de contaminación ambiental y ha generado la selección de organismos altamente resistentes. Es por estas dos razones que se requieren nuevas estrategias para su control; la utilización de microorganismos es una alternativa atractiva para el control biológico de plagas y de enfermedades (Ibarra et al. 2006).

2.3.7 Control Biológico e Importancia

El control biológico puede definirse como el uso de organismos benéficos (enemigos naturales) contra aquellos que causan daño (plagas), buscando reducir las poblaciones de la plaga a una proporción que no cause daño económico (DeBach y Rosen 1991).

El beneficio del control biológico se puede valorar en términos de éxitos o fracasos (DeBach 1968). Un éxito completo se obtiene cuando se utiliza el control biológico contra una plaga importante y sobre un área extensa a tal grado que las aplicaciones de insecticidas se vuelven raras. El éxito sustancial incluye casos donde las ganancias son menos considerables ya que la plaga y el cultivo son menos importantes o cuando el área cultivada es pequeña o porque ocasionalmente se requiere el uso de insecticidas. El éxito parcial es donde el control químico permanece como necesario pero se reduce el número de aplicaciones y el área tratada es pequeña. En términos económicos, los beneficios cuando los hay, son tan espectaculares como los ecológicos; se ha calculado un retorno aproximado por cada dólar invertido en control biológico clásico de una plaga de 30:1, mientras que para el control químico la relación es 5:1 (DeBach 1977, Hokkanen 1985). La introducción de agentes de control biológico frecuentemente se declara por ser ambientalmente segura y sin riesgos, sin embargo, existen evidencias que indican que esta aseveración no es del todo cierta. La mayoría de los fracasos de control biológico se han debido a errores por la carencia de planificación y pobre evaluación de los enemigos naturales antes de una introducción. Actualmente se reconoce que algún riesgo es inherente en los programas de control biológico como en cualquier otra estrategia de control.

2.4. Insectos Facultativos

Albajes y Alomar (2008) mencionan que el omnívoro, u omnívoro trófico, se define como la capacidad de los organismos para alimentarse en más de un nivel trófico. El verdadero omnívoro es un caso especial de omnívoro trófico en el que el consumidor se alimenta tanto de plantas como de presas. La alternancia de las etapas de alimentación de presas y alimentación de plantas durante el desarrollo es relativamente común entre los animales. Por ejemplo, muchos insectos depredadores se alimentan de plantas en la etapa adulta al consumir néctar floral o extrafloral, polen, semillas, savia de plantas y otros materiales vegetales, mientras que son carnívoros en etapas juveniles. Con menos frecuencia, pero no raramente, otros insectos depredadores pueden alimentarse de plantas y/o presas en la misma etapa de desarrollo; estos se llaman depredadores facultativos. La característica clave que caracteriza a los depredadores facultativos es su capacidad para alimentarse tanto de plantas como de presas. Otros términos estrechamente relacionados que a veces se usan para describir a los depredadores facultativos son zoofítófagos, fitozoófagos, omnívoros que se alimentan de plantas y depredadores oportunistas. Más recientemente, el omnívoro se ha estructurado en tres tipos: omnívoro de historia de vida, temporal y permanente (Albajes y Alomar 2008).

Las diferencias entre estos términos provienen del régimen de alimentación predominante observado en cada especie (Albajes y Alomar 2008). Por lo tanto, los zoofítófagos comen principalmente presas, pero también toman recursos vegetales. Por el contrario, en los fitozoófagos, la dieta se compone principalmente de materiales vegetales a los que se añaden presas. En la práctica, sin embargo, la cantidad relativa rara vez se ha determinado el consumo de vegetales y animales, y el término aplicado a una especie parece reflejar la

percepción del observador más que la proporción real de alimento ingerido entre plantas y presas. De hecho, las especies que pueden alimentarse facultativamente tanto de plantas como de presas se ubican en un continuo de hábitos alimentarios entre zoofagia estricta y fitofagia estricta (Albajes y Alomar 2008).

Algunos autores utilizan el término depredador facultativo para referirse a los depredadores que suelen tener una dieta bien definida, pero que también pueden consumir una gama más amplia de presas (Albajes y Alomar 2008). De tal manera, que los depredadores facultativos buscan obtener nutrientes complementarios o suplementarios como enzimas, vitaminas y minerales tanto de la planta como de sus presas, para lograr los beneficios en su desarrollo, supervivencia y longevidad. Uno de los beneficios de los depredadores facultativos es que sirven como estabilizadores de los sistemas en las cadenas alimentarias por su posibilidad de cambiar entre la alimentación de las presas y de las plantas, lo que puede permitir a la población de presas escapar de la depredación logrando bajar su densidad poblacional (Albajes y Alomar 2008).

Para finalizar, es importante destacar que los depredadores facultativos para el control biológico de plagas ha sido tradicionalmente descuidado, principalmente por el daño económico que estos pueden provocar en la planta, sin embargo, una de las ventajas de los depredadores facultativos en el control biológico es la regularización de las plagas evitando que éstas construyan poblaciones altas en los cultivos, por lo que se deben minimizar sus riesgos y potencializar sus beneficios (Alomar 2007).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Huevos de *Tetranychus merganser*

La colonia de *T. merganser* de la que se obtuvieron los huevos provenían del Laboratorio de Ecología de Poblaciones, Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Para mejorar la reproducción y oviposición de la araña roja, se colocaron 100 hembras y 100 machos de *T. merganser* en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en condiciones de invernadero a $30 \pm 2^\circ\text{C}$ y $70 \pm 10\%$ de humedad relativa (HR).

3.2 Larvas de *Caliothrips phaseoli*

Los instares I y II de *C. phaseoli* se recolectaron de árboles de *Moringa oleifera* que crecían bajo condiciones de invernadero a $36 \pm 48^\circ\text{C}$ y $80 \pm 10\%$ de HR, en el Instituto de Ecología Aplicada, Universidad Autónoma de Tamaulipas. Se transfirió una larva de instar I o II de *C. phaseoli* desde la colonia a cada disco de hoja de frijol.

3.3. Diseño experimental

Los experimentos de la respuesta funcional se evaluaron en una cámara bioclimática mediante la técnica de arena modificada de Ahmadi (1983), que consistió en discos de frijol de 2.5 cm de diámetro con el envés hacia arriba sobre algodón saturado de agua y colocadas en una caja petri de 5 cm de diámetro, a una temperatura $28 \pm 2^\circ\text{C}$ con 70-80% de humedad relativa y fotoperiodo de 12:12 Luz: Oscuridad. El número de huevos por

disco de hoja de frijol se ajustaron a 1, 2, 4, 6, 8 y 10. En seguida se colocó una larva (instar I o II) de *C. phaseoli*. Se hicieron ocho repeticiones por cada tratamiento. La tasa de depredación se midió a las 24 horas. Además, se evaluó el consumo de huevos de *T. merganser* por los estados larvales I y II de *C. phaseoli*. Para esto, se utilizó la técnica modificada de Ahmadi (1983). Se colocaron 20 hembras y 10 machos de *T. merganser* para mejorar la oviposición de las hembras. Después de 24 h se removieron a las hembras y machos dejando solamente 20 huevos, los huevos demás fueron removidos con ayuda de un pincel fino. Inmediatamente, se colocó un estado larval I o II sobre el disco. El número de huevos depredados se registró al tercer día.

Se estimó visualmente el daño causado por la alimentación del primero o segundo estado larval de *C. phaseoli* sobre cada disco de frijol, donde también se encontraban los huevos de la araña roja ofrecidos como alimento al trips. Se utilizó la escala de daño propuesta por van Haperen et al. (2019), donde 1= ningún daño (0% de daño por alimentación) y 7 = plateado muy intenso, gran superficie foliar dañada (> 40% de daño por alimentación). También se evaluó el daño al tercer día, con el ensayo de la depredación antes descrita.

3.4 Análisis de datos de depredación

Se calculó el número total de huevos consumidos a las 24 h por los estados de larva I y II de *C. phaseoli*. Los datos fueron ajustados a una respuesta funcional de Tipo II, descrita por la ecuación del disco de Holling (Holling 1959). Previamente, Trichilo y Leigh (1986) y Wilson et al. (1996) utilizaron el modelo de Holling, que describe la respuesta funcional tipo II, porque menciona la forma de respuesta más común para los depredadores de

artrópodos y se ha ajustado con éxito a los datos de trips fitófagos facultativos, tales como *Thrips imaginis*, *T. tabaci*, *F. schultzei*, *F. occidentalis*.

$$(NA/P) = (aTN)/(1+aThN)$$

donde NA/P es el número de presas atacadas (NA) por depredador (P), T es el tiempo de exposición de la presa al depredador (1 día), N es la densidad de presas ofrecidas, a es la tasa de descubrimiento y Th es el tiempo de manipulación. Se utilizó la función de mínimos cuadrados no lineales para estimar los parámetros. En el tercer día, se utilizó la prueba de t-Students para comparar la depredación entre el primero y segundo instar al tercer día.

3.5 Análisis de datos de daño por alimentación

El puntaje de daño causado por la alimentación de *C. phaseoli* fue registrado a las 24 h y al tercer día. A las 24 h, se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para comparar el daño cuando al trips se le ofrecieron diferentes densidades de huevos de *T. merganser* (1, 2, 4, 6, 8, 10). Para el tercer día, se utilizó la prueba de Wilcoxon para comparar el daño cuando al trips se le ofreció una sola densidad (20) huevos de *T. merganser*. Para todos los análisis se utilizó el software SAS (2020).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Los resultados mostraron que los estados larvales I y II de *C. phaseoli* consumen huevos de *T. merganser* y causan daño por su alimentación sobre el mismo disco de hoja de frijol (Fig. 1). El primero y segundo instar de *C. phaseoli* consumieron 3.8 y 4.9 huevos de *T. merganser* cuando se les ofrecieron ocho huevos (Fig. 1A y 1B), respectivamente. Los dos estados larvales de *C. phaseoli* mostraron una respuesta funcional del tipo II, como lo indica el ajuste de la ecuación del disco de Holling (Fig. 1). A las 24 horas, el daño causado por la alimentación de los estados larvales I o II de *C. phaseoli* en los discos de frijol difirió significativamente con respecto a las número de huevos ofrecidos ($H = 16.08$, $gl = 5$, $P = 0.0018$; $H = 18.04$, $gl = 5$, $P = 0.0006$), respectivamente. Los estados larvales I y II causaron mayor daño en los discos de hoja de frijol donde el número de huevos ofrecidos fue menor (Fig. 1). El mayor daño lo causó el estado larval II (mediana = 3). Se encontró una correlación negativa entre el consumo de huevos y el daño causado por los estados larvales I y II, es decir, a mayor consumo de huevos menor es el daño causado por la alimentación de las larvas I y II ($Rho = -0.8783$, $P = 0.0213$; $Rho = -0.8783$, $P = 0.0213$), respectivamente. En general, la tasa de depredación tendió a disminuir con la densidad de la presa, probablemente debido a un aumento en la saciedad de *C. phaseoli* en los focos de mayor densidad más el consumo de contenido celular de los discos de hojas de frijol.

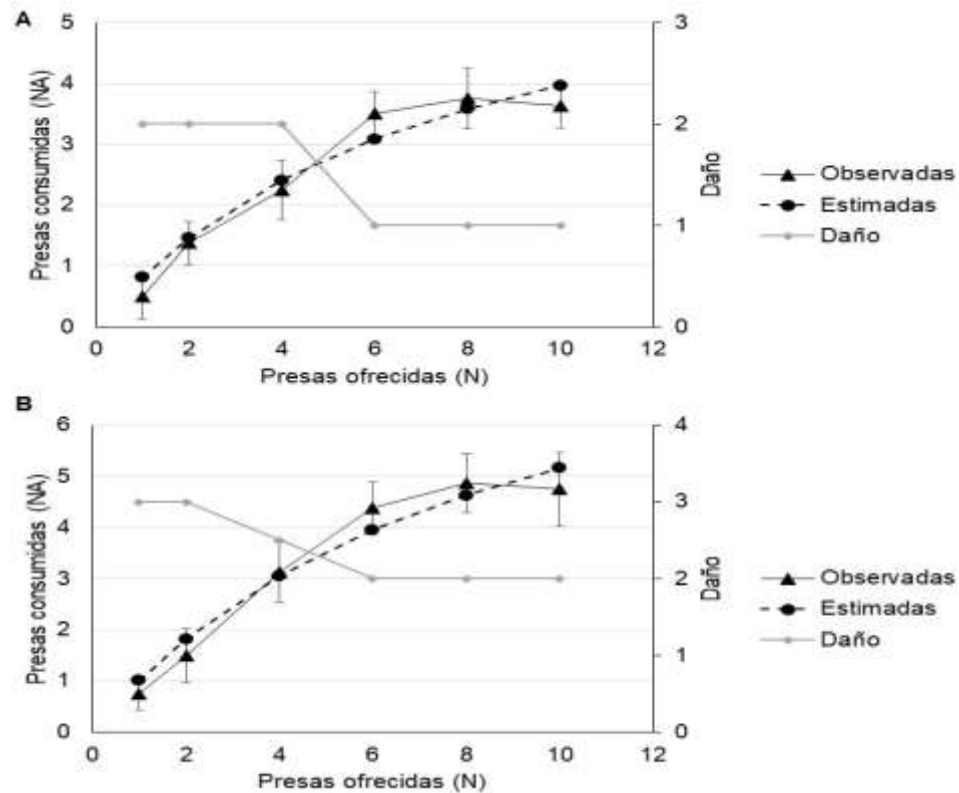


Figura 1. Respuesta funcional de los estados larvales I y II de *Caliothrips phaseoli* a huevos de *Tetranychus merganser* y daño causado por su alimentación en discos de *Phaseolus vulgaris*.

Los valores estimados para a y T_h del primero y segundo estado larval de *C. phaseoli* para los huevos de *T. merganser* se muestran en la Cuadro 1. Se observa un aumento de la tasa de ataque a y un decrecimiento de T_h (primero a segundo estado larval), debido al tamaño del predador, ya que, por su mayor tamaño requiere un menor tiempo para manipular a su presa y por ende la tasa de ataque aumenta. El estado larval II ($NA_{max} = 9$) mostró un límite superior mayor a la depredación que al estado larval I ($NA_{max} = 7$), lo que se asoció con un T_h más corto para las larvas II (Cuadro 1), ya que $NA_{max} = T/T_h$. A una densidad

de ocho huevos por disco de hoja de frijol, los estados larvales I y II consumieron en promedio 3.8 ± 0.71 y 4.9 ± 0.83 huevos por día, respectivamente.

Cuadro 1. Parámetros de respuesta funcional tipo II, estimados con el modelo de Holling para *Caliothrips phaseoli*, alimentándose de huevos de *Tetranychus merganser*.

Parámetros	Estimador	Error estándar	Valor de t	Pr(> t)
Larva I				
a	0.89726	0.13824	6.491	5.31E-08
Th	0.14081	0.02456	5.734	7.23E-07
Larva II				
a	1.12547	0.17357	6.484	5.43E-08
Th	0.10478	0.01939	5.404	2.24E-06

a: la tasa de descubrimiento. Th: tiempo de manipulación.

Al tercer día, el consumo de huevos difirió significativamente entre los estados larvales I y II ($t = 5.7565$, $gl = 10$, $P = 0.0002$). El estado larval I consumió el menor número de huevos (7.00 ± 1.63) en comparación al estado larval II (12.00 ± 1.47) (Fig. 2). Con respecto al daño, éste difirió significativamente entre los estados larvales I y II de *C. phaseoli* ($U = 3$, $P = 0.0151$). El estado larval II causó el mayor daño (mediana = 5.5) seguida por la larva I (mediana = 3.5) (Fig. 3), esto sugiere que el estado larval II requiere mayor cantidad de nutrientes.

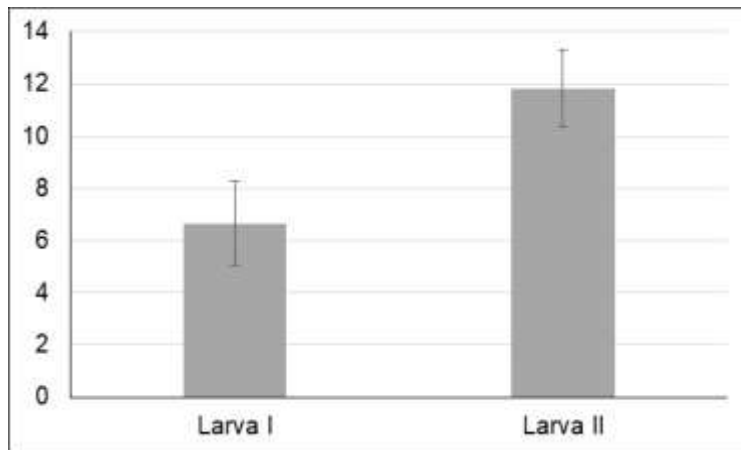


Figura 2. Consumo promedio de primero y segundo estado larval de *Caliothrips phaseoli* en tres días alimentándose de huevos de *Tetranychus merganser*.

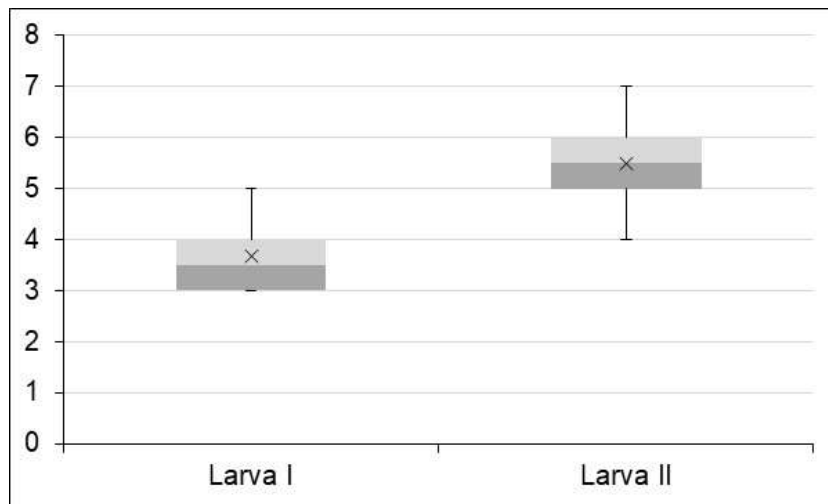


Figura 3. Puntaje promedio de daño foliar de los discos de hoja de *Phaseolus vulgaris* causado por la alimentación de *Caliothrips phaseoli* en tres días.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos de éste estudio se logró determinar que las larvas I y II de *C. phaseoli* se alimentan de huevos de *T. merganser* y savia de discos de hoja de frijol. También se logró determinar que ambos estados larvales de trips tienen una respuesta funcional tipo II. El estado larval II consume y causa mayor daño por alimentación que el estado larval I. Se requieren más estudio, como la incorporación de los trips dentro de un cultivo bajo condiciones de campo para determinar si los estados larvales I y II pueden ser una alternativa viable para el control de ácaros sin dañar a la planta. Para ello, es necesario relacionar la abundancia de estas plagas, la probabilidad de que la población de ácaros se incremente y evaluar el daño causado por ambas plagas. Esto facilitaría determinar umbrales económicos para el control de los trips y ácaros, y evaluar los beneficios que las larvas de trips puedan aportar por la depredación de ácaros.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Ahmadi, A. 1983. Demographic toxicology as a method for studying the dicofol two spotted spider mite (Acari:Tetranychidae) system. J. Econ. Entomol. 76: 239-242.
- Alomar, O. 2007. Facultative predation as a biological control. En Pimentel, D. (ed.) Encyclopedia of pest management. Volumen II. CRC Press, Taylor y Francis group. London.
- Albajes R. y Alomar O. 2008. Facultative Predator. Pp. 1400-1405. In Carpentera J. L. (Ed.). Encyclopedia of Entomology. Vol 1 A-C. Springer Science Business Media B.V.
- Arias, J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. 2007. Manual buenas prácticas agrícolas, En la producción de frijol voluble. Seguridad alimentaria y nutricional, FAO, Gobernación De Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro De Investigación La Selva.
- Beltrán, R., Helman, S., Peterlin, O. 2004. Control de *Caliothrips phaseoli* Hood y *Frankliniella schultzei* Trybon y *Aphis gossypii* Glover con insecticidas sistémicos aplicados a las semillas de algodón. Revista de Investigaciones Agropecuarias, 33(1):39-48.
- Boscardin, J., Gomez- de-Oliveira, G., Corrêa-Costa, E, Carpenedo-Aimi, S., Fleck, M. D., Machado Araujo, M. 2019. First record of *Caliothrips phaseoli* (Hood, 1912) (Thysanoptera: Thripidae) in *Apuleia leiocarpa* (Fabaceae) seedlings in Rio Grande do Sul, Brazil. Pesquisa Forestal Brasileira. 39(1): 1-3.
- Bondada, B., Oosterhuis, D., Tugwell, N. y Kim, K. 1995. Physiological and cytological studies of two-Spotted spider mite. *Tetranychus urticae* Koch, injury in cotton. Southwest entomology.
- Centro Internacional De Agricultura Tropical, CIAT. 1984. Morfología de la planta de frijol común (*Phaseolus vulgaris* L.). Guía de estudio. CIAT, Cali (Colombia), 49 pp.
- CESAVEG. 2011. Manual de plagas y enfermedades en frijol. Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato A.C. p. 24.
- Chacón-Hernández, J.C., Castillo. M., Rocandio. M., Reyes. F., Vanoye. V. y Mora. S.G. 2017. Impacto de la Depredación de Trips *Caliothrips phaseoli* Hood sobre *Tetranychus merganser* Boudreaux sobre *Moringa oleifera* Lamarck. Southwestern Entomologist. 42:477-484.
- CONAFIH. 2014. Estatus fitosanitario de los principales trips en hortalizas. Congreso Nacional de Fitosanidad e Inocuidad en Hortalizas. Culiacán, Sinaloa, México.
- COVECA. 2011. Monografía del frijol. Comisión Veracruzana de Comercialización. Agropecuaria del Gobierno del Estado de Veracruz. P. 25
- CSIRO (2022). Thysanoptera (Thrips) of the World - a checklist. <http://www.ento.csiro.au/thysanoptera/worldthrips.php>
- Debach, P. y Rosen, D. 1991. Biological control by natural enemies. Cambridge University Press. Cambridge. 440 Pp.

- Debach, P. 1968. Exitos, tendencias y posibilidades futuras. Pp 789-831. In: P. Debach (ed) Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas CECSA, México.
- Debeach. 1968. Contol biológico de insectos plaga y malas hierbas. Campaña Editorial Continental. México.
- Debach, P. 1977. Lucha biológica contra los enemigos de las plantas. Mundi-Prensa (ed). Madrid, 399 P.
- Delgado, A. y Gama, S. 2015. Diversidad y distribución de los frijoles silvestres en México. Revista Digital Universitaria.
- Delgado-Salinas, A., Turley, T., Richman, A. y Lavin, M. 1999. Phylogenetic analysis of the cultivated and wild species of *Phaseolus* (Fabaceae). Systematic Botany, 24:438-460.
- Delgado-Salinas, A., Thulin, M. y Pasquet, R.S. 2011. *Vigna* (Leguminosae) *sensu lato*: the names and identities of the american segregate genera. *American Journal of Botany*, 98: 1-22.
- Delgado-Salinas, A., Bibler, R., Lavin, M. 2006. Phylogeny of the genus *Phaseolus* (Leguminosae): a recent diversification in an ancient landscape. Systematic Botany. 31: 779-791.
- Estébanes-González, M. L. y Rodríguez-Navarro, S. 1991. Observaciones sobre algunos ácaros de las familias Tetranychidae, Eriophyidae, Acaridae y Tarsonemidae (ACARI), en hortalizas de México. Folia Entomológica Mexicana 83: 199-212.
- Fernández-Arhex, V., Corley, J. C. 2003. La respuesta funcional: una revisión y guía experimental. Ecología Austral 14:83-93.
- Freitas, A., Oliveura, R., Nabity, P. y Fernandes, O. 2009. Photosynthetic response of soybean to twospotted spider mite (acari: tetranychidae) injury. Brazilian Archives of Biology and Technology.
- Gamundi, J., Perotti, E., Molinari, A., Manlla, A. y Quijano, A. 2005. Evaluación el daño de trips *Caliothrips phaseoli* (Hood) en soja. In libro de resúmenes VI Congreso Argentino de Entomología, San Miguel de Tucumán, Pp. 234.
- Gamundi, J., Perotti, E., Molinari, A. y Diz, J. 2006. Control y evaluación del daño de *Caliothrips Phaseoli* (Hood) en cultivos de soja. In libro de resumen III Congreso de soja del Mercosur. Rosario, Pp. 486-489.
- Gonzalez, D. & L. T. Wilson. 1982. A food-web approach to economic thresholds: a sequence of pests/predaceous arthropods on California cotton. Entomophaga. 27: 31-43.
- Gonzalez, D., B. R. Pallerson, T. F. Leigh & L. T. Wilson. 1982. Mites: a primary food source for two predators in San Joaquin Valley cotton. Calif. Agric. 36: 18-20.
- Hoddle, M., Mound, L. y Paris, D. 2012. Thrips of California. CBIT publishing Queensland. Disponible en: http://keysLucidcentral.org/keys/V3/Thrips_Of_California/thrips_Of_California.
- Hokkanen, H.M.T. 1985. Success in classical biological control. CRC Crit. Revista Plant Sci 3: 35- 72. Innovation. brisbane (Australia).
- Holling, C.S. 1959. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Can. Entomol. 91: 385-398.
- Janini, J. C., Boiça Júnio, A. L., Jesus, F. G., Silva, A. G., Carbonell, S. A., Chiorato, A. F. 20011. Effect of bean genotypes, insecticides, and natural products on the

- control of *Bemisia tabaci* (Gennadius) biotype B (Hemiptera: Aleyrodidae) and *Caliothrips phaseoli* (Hood) (Thysanoptera: Thripidae). *Maringá*. 33(3): 445-450.
- López-Bautista, E. 2014. Incidencia de daño y estrategias de control de *Tetranychus merganser* en el cultivo de papaya (*Carica papaya* L.). Ph.D. thesis, Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, Texcoco, Estado de México, Mexico.
- López-Bautista, E., M. T. Santillán-Galicia, J. Suárez-Espinosa, N. Cruz-Huerta, N. Bautista-Martínez, and J. A. Alcántara-Jiménez. 2016. Damage caused by mite *Tetranychus merganser* (Trombidiformes: Tetranychidae) on *Carica papaya* (Violales: Caricaceae) plants and effect of two species of predatory mite. *Int. J. Acarol.* 42: 303-309. <https://doi.org/10.1080/01647954.2016.1184714>
- Lima-Espíndola, J.; Vanegas-Rico, J.M. 2017. Damage caused by *Tetranychus merganser* Boudreaux (Acari: Tetranychidae) on nopal verdura *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller during winter. *JEAR* 2017, 49, 121–122.
- Miranda, C.S. 1967. Origen de *Phaseolus vulgaris* L. (frijol común). *Agrociencia* 1:99-109.
- Molina-Arjona, C. Chacón-Hernández, J. C., Hernández-Juárez, A., Anguiano-Cabello, J. C. Arredondo-Valdés, R., Laredo-Alcala, E. I. 2018. *Caliothrips phaseoli* (Thysanoptera: Thripidae) occurrence on *Moringa oleifera* (Brassicales: Moringaceae) and its predation of *Tetranychus merganser* (Acari: Tetranychidae). *Journal of Entomological Science.* 53(1): 89–92. <http://dx.doi.org/10.18474/JES17-76.1>
- Monjarás-Barrera, J.I., Lara-Villalón, M., Juárez-Aragón, M.C. y Torres Castillo, J.A. 2015. New report of *Tetranychus merganser* Boudreaux and *Oligonychus punicae* Hirst on *Moringa oleifera* Lam. *Southwest. Entomol.* 40:847-849.
- Mound, L.A. y Kibby. G. 1998. *Thysanoptera: An identification guide.* 2ª Edición, Wallingford, CAB, 70 P.
- Mound, L.A. y Marullo, R. 1996. The thrips of central and south america: An introduction. *Memoirs on Entomology International.* 6: 1-488.
- Mound LA, Hoddle MS, Hastings A (2019). *Thysanoptera Californica - Thrips of California.* Lucidcentral.org, Identific Pty Ltd, Queensland, Australia. https://keys.lucidcentral.org/keys/v3/thrips_of_california_2019/ Último acceso 26-02-2022.
- Oaten, A. and W. W. Murdoch. 1975. Functional response and stability in predator–prey systems. *The American Naturalist* 109: 289–298.
- Reddall, A., Sadras, V., Wilson, J. y Gregg. 2004. Physiological responses of cotton to two-spotted spider mite damage. *Crop Science.*
- Reyes-Pérez, N., Villanueva, J., De la Cruz Vargas, M., Cabrera, H. y Otero, G. 2013. Parámetros poblacionales de *Tetranychus merganser* BOUDREAUX (Acari: Tetranychidae) en papayo (*Carica papaya* L.) a diferentes temperaturas. Colegio de postgraduados. Texcoco, México.
- SAS INSTITUTE INC. 2002. *SAS User’s guide: Statistics, Version 9 Edition,* North Carolina, Cary.
- Tuttle, D.M., Baker, E.W. y Abbatiello, M. 1976. Spider mites of Mexico (Acarina: Tetranychidae). *Intl. J. Acar.* 2: 1-102.

- Trichilo, P.J. y Leigh, T.F. 1986. Predation on spider mite eggs by the western flower thrips, *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae), an opportunist in a cotton agroecosystem. *Environmental Entomology* 15: 821-825.
- Ulloa, A., Rosas, P., Ramírez, C., y Ulloa, B. 2003. El frijol (*Phaseolus Vulgaris*): Su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente* 3:8.
- Ullah, M.S., Morilla, D., Badii, M.H., Nachman, G. y Gotoh, G.T. 2010. A comparative study of development and demographic parameters of *Tetranychus merganser* and *Tetranychus kanzawai* (Acari: Tetranychidae) at different temperatures. *Experimental and applied acarology*. 37, 535-543
- Valencia-Domínguez, H.M.; Otero-Colina, G.; Santillán-Galicia, M.T.; Hernández-Castro, E. 2011. Acarofauna en papaya var. Maradol (*Carica papaya* L.) en el estado de Yucatán, México. *Entomotropica*, 26, 17–30
- Van Haperen, P., Voorrips, R.E., van Loon, J.J.A., Vosman B. 2019. The effect of plant development on thrips resistance in *Capsicum*. *Arthropod-Plant Interactions* 13, 11–18.
- Villanueva-Jiménez, J.A., Ventura-Godínez, J. y Vega, R. 1994. Grados-día de desarrollo de *Aphis nerii* (Boyer) (Homoptera: Aphididae) bajo condiciones térmicas controladas y variables. *Manual Integrado de plagas. Agroecol.*
- Wenke, K., Kai, M. y Piechulla, B. 2010. Belowground between soil organisms. *Planta* 231:499-506.
- Wilson, L.J., Bauer, L.R. y Walter, G.H. 1996. Phytophagous thrips are facultative predators of two-spotted spider mites (Acari: Tetranychidae) on cotton in Australia. *Bulletin of entomological research*. 86: 297-305.