

Evaluación de la interacción de plantas compañeras y volátiles de plantas inducidos por la herbivoría sobre el comportamiento de predación de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae)

Autor:

VIVIANA ARLEIDY OYOLA GALVIS

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Agrónomo

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
PROGRAMA DE AGRONOMÍA
BOGOTÁ D.C.

2019

Evaluación de la interacción de plantas compañeras y volátiles de plantas inducidos por la
Herbivoría sobre el comportamiento de predación de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera:
Chrysopidae)

Autor:

VIVIANA ARLEIDY OYOLA GALVIS

Asesor:

JORDANO SALAMANCA BASTIDAS, PhD. Entomología Agrícola.

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de Agrónomo

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA
ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS Y DEL MEDIO AMBIENTE
BOGOTÁ D.C.

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bogotá, 2019.

DEDICATORIA.

A Dios.

Por darme la vida, la salud con la que puedo culminar esta carrera, también por darme las fuerzas para seguir adelante en cada meta que me proponga y situación en la que me encuentre.

A mi madre Luz Mery.

Por su apoyo emocional cuando he tenido momentos de desánimo, por escucharme y preocuparse por mi cuando lo he necesitado.

A mi padre Isauro.

Quien con su carácter me ha enseñado que con constancia y fe en Dios se puede lograr los propósitos en la vida y que el ser humilde de corazón me permitirá vivir en armonía con mis semejantes.

A mis maestros.

Por enseñarme, tenerme paciencia y motivarme en este proceso de educación superior, al ingeniero Jordano Salamanca, quien siempre ha estado dispuesto a brindarme su acompañamiento en cada paso de mi trabajo de grado.

A mi esposo.

Quien me ha apoyado incondicionalmente en mi carrera profesional, brindándome siempre amor, comprensión y tolerancia en momentos de estrés y agotamiento, siempre su hombro estuvo ahí para descansar y desahogarme.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente al creador y a cada miembro de mi familia por ser mi apoyo y motor en la culminación de esta meta.

Al PhD Jordano Salamanca Bastidas le expreso el más grato de los agradecimientos porque siempre me brindo apoyo, carisma y conocimiento para poder realizar este trabajo de investigación.

A la Universidad Nacional Abierta Y A Distancia, que con la metodología de aprendizaje autónomo, aprendí a apropiarme de mi proceso de formación, también Con la mediación virtual que maneja me fue posible estudiar y trabajar al mismo tiempo.

Resumen

En el control biológico la liberación de enemigos naturales, principalmente por inundación, puede ser poco eficiente cuando no se cuentan con medidas que puedan aumentar su eficacia en el control de plagas en agroecosistemas. Métodos de atracción y conservación por medio de volátiles de plantas inducidos por la herbivoría (HIPVs) y plantas compañeras deben ser implementados. Por lo tanto, este trabajo tuvo como objetivo evaluar la interacción de plantas compañeras y volátiles de plantas inducidos por la herbivoría (HIPVs) sobre el comportamiento de predación de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae). Específicamente se evaluó: la combinación de salicilato de metilo MeSA solo o combinado con cilantro *Coriandrum sativum* L. (Apiales: Apiaceae) en la predación de larvas de I instar de *Chrysoperla carnea* sobre huevos centinela de *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). Se estableció un diseño factorial con dos factores MeSA + cilantro y su interacción. Donde se planteó los siguientes tratamientos: 1) control –MeSA – Cilantro, 2) MeSA, 3) Cilantro, 4) MeSA + Cilantro. El experimento se desarrolló en condiciones de laboratorio, en jaulas (44,8 cm ancho × 44,8 cm largo × 37,5 cm alto), donde fueron puestas 9 plantas artificiales dentro de cada jaula, para los tratamientos con cilantro fueron colocadas 3 plantas + 6 plantas artificiales. Por otro lado, para los tratamientos con MeSA, fueron colocados 4 viales. Cada planta artificial tuvo una masa de huevos centinela de *G. mellonella*, después se liberó 20 larvas de I instar al interior de cada jaula, por cada tratamiento y después de 24 horas se evaluó la predación mediante conteos de huevos predados de *G. mellonella* haciendo uso de un estereoscopio. Larvas de *C. carnea* mostraron una predación significativa en el tratamiento con MeSA. El tratamiento con cilantro o su interacción con MeSA no tuvo una influencia significativa en la predación de los huevos centinela. Estos resultados tienen implicaciones en el control biológico aumentativo, donde el MeSA puede ser

incorporado en programas de manejo integrado de plagas, sin embargo, son necesarios estudios en casa de malla y campo para evaluar la eficiencia del compuesto sobre el predador *C. carnea*.

Palabras clave: Control biológico, HIPVs, Salicilato de metilo, *Coriandrum sativum*.

Abstract

In biological control, the release of natural enemies, mainly due to flooding, can be inefficient when there are no measures that can increase their effectiveness in controlling pests in agroecosystems. Attraction and conservation methods by means of volatile herbivory-induced plants (HIPVs) and companion plants must be implemented. Therefore, this work aimed to evaluate the interaction of companion and volatile plants of herbivory-induced plants (HIPVs) on the predation behavior of *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae). Specifically, the combination of MeSA methyl salicylate alone or in combination with *Coriandrum sativum* L. coriander (Apiales: Apiaceae) was evaluated in the larval predation of I instar of *Chrysoperla carnea* on sentinel eggs of *Galleria mellonella* L. (Lepidoptera: Pyralidae). A factorial design with two MeSA + coriander factors and their interaction was established. Where the following treatments were proposed: 1) control - MeSA - Coriander, 2) MeSA, 3) Coriander, 4) MeSA + Coriander. The experiment was carried out in laboratory conditions, in cages (44.8 cm wide × 44.8 cm long × 37.5 cm high), where 9 artificial plants were placed inside each cage, for the coriander treatments were placed 3 plants + 6 artificial plants. On the other hand, for the treatments with MeSA, 4 vials were placed. Each artificial plant had a mass of sentinel eggs of *G. mellonella*, then 20 larvae of I instar inside each cage were released, for each treatment and after 24 hours the predation was evaluated by means of counts of predated eggs of *G. mellonella* making Use of a stereoscope. *C. carnea* larvae showed a significant predation in the treatment with MeSA. Coriander treatment or its interaction with MeSA did not have a significant influence on the predation of sentinel eggs. These results have implications for augmentative biological control, where the MeSA can be incorporated into integrated pest management

programs, however, mesh and field house studies are necessary to evaluate the efficiency of the compound over the *C. carnea* predator.

Keywords: Biological control, HIPVs, methyl salicylate, *Coriandrum sativum*.

Contenido

Resumen	vi
Abstract.....	viii
Contenido.....	x
Listado de figuras	xii
Listado de tablas	xiii
1 Introducción	xiv
2 Objetivos	1
3 Marco Teórico	2
3.1 Volátiles de plantas inducidos por la herbivoría (HIPVS).....	2
3.2 Salicilato de metilo (MeSA)	4
3.3 Plantas compañeras.....	6
3.4 Cilantro <i>Coriandrum sativum</i> L.	6
3.5 Características generales de <i>Chrysoperla</i>	9
3.5.1 <i>Chrysoperla</i> en programas de control biológico.	9
3.6 <i>Chrysoperla carnea</i> Stephens.....	10
3.6.1 Ciclo de vida <i>C. carnea</i>	11
3.6.2 Ecología de <i>C. carnea</i>	13
3.6.3 Características morfológicas de <i>C. carnea</i>	13
4 Metodología.....	15
4.1 Sitio de estudio.....	15
4.2 Obtención de <i>C. carnea</i>	15
4.3 Obtención de huevos centinela de <i>Galleria mellonella</i>	17
4.4 Obtención de plantas de cilantro <i>Coriandrum sativum</i>	17
4.5 Experimentos de predación de <i>C. carnea</i>	18
4.6 Análisis de datos	20
5 Resultados.....	20
5.1 Predación larvas I instar de <i>C. carnea</i>	20
6 Discusión.....	26
7 conclusiones.	26
8 Recomendaciones.....	28

9 Referencias.....28

Listado de figuras

Figura 1. Interacciones mediadas por los Compuestos Orgánicos Volátiles en las plantas (fuente: Dudareva et al., 2006).	3
Figura 2. Estructura química del salicilato de metilo (fuente: Montalvo, 2014).	4
Figura 3. Planta con hojas maduras e inmaduras, semillas y flores (fuente: Zeb, 2016).	7
Figura 4. <i>Chrysoperla carnea</i> Stephens (fuente: http://bioaccio.com/).	11
Figura 5. Ciclo de vida <i>C. carnea</i> (fuente: Bahena, 2008).	12
Figura 6. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), sede Jose Celestino Mutis, Bogotá, Cundinamarca (fuente: el autor).	15
Figura 7. Recipientes con adultos de <i>C. carnea</i> (fuente: el autor).	15
Figura 8. Copas con larvas de <i>Chrysoperla carnea</i> de I instar (fuente: el autor).	17
Figura 9. Siembra y germinación de plantas de cilantro (fuente: el autor).	18
Figura 10. Plantas artificiales dispuestas en jaulas para las respectivas evaluaciones de la predación de <i>C. carnea</i> (fuente: el autor).	18
Figura 11. Disposición de las plantas compañeras y el salicilato de metilo MeSA en las jaulas (fuente: el autor).	19
Figura 12. Respuesta de predación de larvas de I instar de <i>C. carnea</i> sobre las plantas artificiales con MeSA + Cilantro y su combinación (fuente: el autor).	21
Figura 13. Comportamiento de predación de <i>C. carnea</i> en los diferentes tratamientos control, MeSA, Cilantro y MeSA + cilantro (fuente: el autor).	22

Listado de tablas

Tabla 1. Anova del efecto de los diferentes tratamientos en el comportamiento de predación de <i>Chrysoperla carnea</i>	20
--	----

1 Introducción

Los enemigos naturales usados en control biológico en diversos cultivos mejoran la estructura de los agroecosistemas y ayudan a reducir las poblaciones de plagas (Salamanca, Souza, & Rodríguez-Saona, 2018). Pero lamentablemente los agricultores no ven en el control biológico una estrategia viable para tratar las plagas en sus cultivos, sino prefieren productos químicos, los cuales afectan a los enemigos naturales de dichas plagas, disminuyendo su eficiencia en el control (Tejada, 1982; Summy & French, 1988). Por lo tanto, la búsqueda para aumentar la efectividad de los enemigos naturales es un reto para la implementación de medidas biológicas en diversos cultivos.

Dentro de los enemigos naturales más eficientes y estudiados para el control de plagas se encuentran los predadores de las familias Chrysopidae (López, 2016), sobresaliendo la especie generalista como *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae), la cual es una especie depredadora que se alimenta de huevos y ninfas de diversas plagas de cuerpo blando como mosca blanca, trips, larvas de Lepidopteros entre otros (Urbaneja *et al.*, 2004), áfidos (Salamanca, *et al.*, 2015), mosca blanca (Breene *et al.*, 1992) y trips (Salamanca *et al.*, 2010). Este depredador tiene una ventaja importante, la cual es que se encuentran comercialmente disponibles en Colombia y pueden ser adquiridos por los agricultores, técnicos y profesionales del agro.

En algunas ocasiones cuando estos depredadores son liberados de forma inundativa, no tienen una eficiencia significativa de control, debido a esto técnicas de atracción y conservación pueden ser aplicadas. Por ejemplo, con el uso de volátiles de plantas inducidos por la herbivoría (HIPVs) y plantas compañeras (PC) (Salamanca *et al.*, 2018).

Por lo tanto el MeSA es potencialmente atractivo sobre depredadores como aquellos de la familia Chrysopidae (Salamanca *et al.*, 2015, 2017) y la eficiencia de este depredador regulando las

poblaciones de diversas plagas, los convierten en una excelente alternativa en programas de control biológico aumentativo, contribuyendo así al cuidado del medio ambiente ya que se hace una disminución en la aplicación de productos de síntesis química.

Las plantas compañeras son de igual manera importantes en el proceso de atraer enemigos naturales como *C. carnea*, a su vez aumentando la eficiencia de predación sobre insectos plaga, esto debido a que tienen efecto de alejar insectos u organismos patógenos.

Entre estas plantas se utiliza el cilantro *C. sativum* como planta compañera la cual atrae a los enemigos naturales de los herbívoros en agroecosistemas (Ballal & Singh, 1999). En un estudio reciente, Resende (2012) mostró en un olfatómetro de cuatro brazos que adultos de *Chrysoperla externa* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae) son atraídos por volátiles del cilantro. Adicional el cilantro emite volátiles a lo largo de todas las etapas vegetativas, las cuales son atractivas para enemigos naturales, además de proporcionar néctar y polen por parte de sus flores (Salamanca *et al.*, 2018).

Debido a esto, este trabajo se planteó la hipótesis que la combinación del HIPV salicilato de metilo (MeSA) y la PC cilantro *Coriandrum sativum* L. aumentan la eficiencia de predación de *C. carnea*.

2 Objetivos

2.1 Objetivo General

Evaluar la interacción de plantas compañeras y volátiles de plantas inducidos por la herbivoría sobre el comportamiento de predación de *Chrysoperla carnea*.

2.2 Objetivos Específicos

- ❖ Evaluar la combinación de MeSA + cilantro *Coriandrum sativum* en la predación de larvas (I instar) de *Chrysoperla carnea* sobre huevos centinela de *Galleria mellonella*.

3 Marco Teórico

3.1 Volátiles de plantas inducidos por la herbivoría (HIPVS)

En la última década ha surgido interés por los metabolitos secundarios volátiles debido a sus propiedades como atrayentes de polinizadores, y como señales para ubicar fuentes de comida, anidación, cría, recompensa y feromonas. (Kludsen *et al.*, 1993; Marín & Céspedes, 2007). Las plantas una vez son atacadas por herbívoros liberan volátiles de las estructuras secretoras internas y externas donde los sintetiza y almacena, pero otros compuestos volátiles son formados al momento del daño (aldehídos y alcoholes) o sintetizados de nuevo a horas o días después del daño (generalmente terpenos) (Rose *et al.*, 1996). Estos compuestos volátiles están ligados con la defensa indirecta, ya que atraen parasitoides y predadores de los herbívoros que la están consumiendo, aumentando el éxito de la búsqueda de alimento por parte de los enemigos naturales, lo cual facilita el control de las poblaciones de herbívoros por la planta (Keesler & Baldwin, 2001).

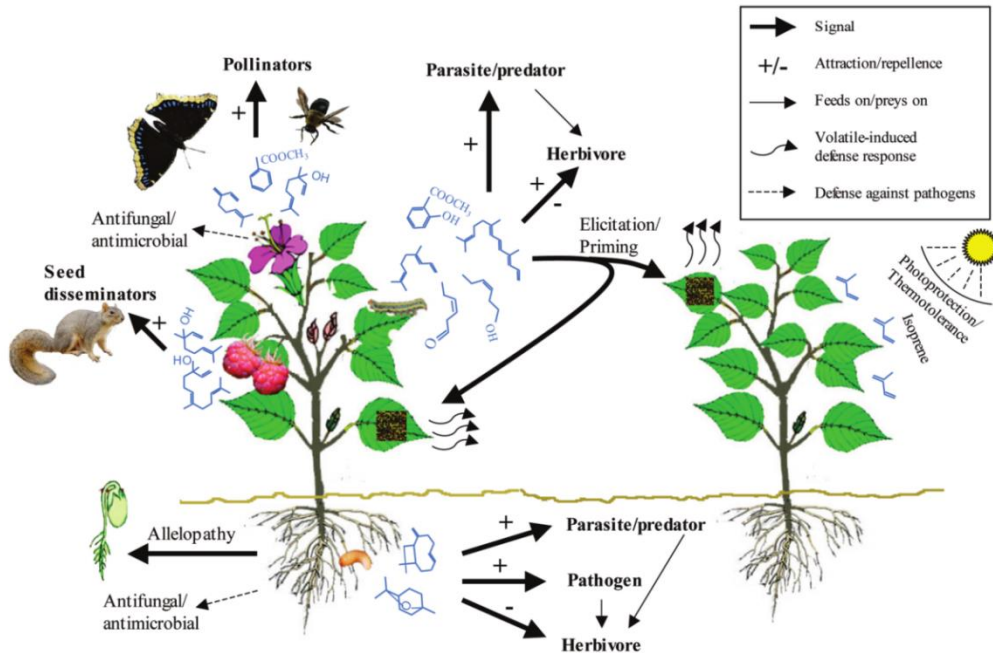


Figura 1. Interacciones mediadas por los Compuestos Orgánicos Volátiles en las plantas (fuente: Dudareva *et al.*, 2006).

Para los insectos los olores se relacionan directamente con su supervivencia y reproducción (Bernays & Chapman, 1994). Por lo tanto el olfato es fundamental a la hora de seleccionar su planta hospedera, presa, atracción sexual y escogencia del lugar de oviposición (Landolt & Phillips, 1997). Se han realizado diversos estudios con el fin de ver la respuesta olfativa que tienen diferentes insectos predadores de herbívoros. Un análisis de olfatometro, el predador *Phytoseiulus macropilis* (Acari: Phytoseiidae) pulverizado con agua prefirió los olores de plantas de fresa infestadas con *Tetranychus urticae* (Prostigmata: Tetranychidae) a olores de plantas no infestadas, demostrando que los volátiles emitidos por plantas atacadas por áfidos tienen un papel relevante en la localización de la presa por parte del enemigo natural (Soto, Pallini & Lemos, 2013). Por otra parte un estudio realizado por la Universidad de Brasilia demostró que el parasitoide *Telenomus podisi* (himenóptera: Platygasteridae) mostró preferencia

por plantas de soya dañadas por el áfido *Euschistus heros* (Hemiptera: Pentatomidae) en comparación con plantas no atacadas (Silva *et al.*, 2012). Además estudios recientes han mostrado que más de 50 especies de plantas producen mezclas de diferentes compuestos volátiles inducidos por herbívoros, que atraen una variedad de enemigos antagonistas entre predadores y parasitoides de diferentes órdenes de insectos (Salamanca *et al.*, 2015; Amala, & Shivalingaswamy, 2018; Ali & Lowe, 2015; Tourtois, Ali & Grieshop, 2017).

3.2 Salicilato de metilo (MeSA)

El salicilato de metilo es una forma volátil que se deriva del ácido salicílico, es un compuesto vegetal que está presente en muchas mezclas de sustancias volátiles de plantas inducidas por la herbivoría, este da resistencia a la planta frente a patógenos y algunas plagas (James, 2003; James & Price, 2004). Su fórmula química es $C_8H_8O_3$.

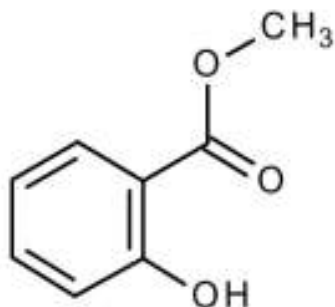


Figura 2. Estructura química del salicilato de metilo (fuente: Montalvo, 2014).

El salicilato de metilo es un compuesto volátil que liberan diferentes plantas cuando son atacadas por herbívoros. Este volátil es sumamente importante en el campo del Agro ya que ha demostrado tener un gran potencial para atraer y aumentar la eficiencia de predación de diversos enemigos naturales de áfidos (Rodríguez-Saona *et al.*, 2011; Kaplan, 2012). En estudios recientes (Salamanca *et al.*, 2015), comprobaron que rosas infestadas de áfidos emiten como compuesto mayoritario el MeSA, al cual se le atribuyo la atracción y aumento de la oviposición de *C. externa*. Gadino *et al.* (2012), demostraron que la liberación de la versión sintética de MeSA en viñedos atrae diferentes especies de Coleoptera: Coccinellidae como *Stethorus* spp., *Cycloneda*, *polita* Casey y *Coccinella septempunctata*. Por otra parte, en cultivos de lúpulo trampas pegajosas cebadas con MeSA presentaron una mayor atracción de predadores de las familias, Syrphidae, Geocoridae, Anthocoridae y Miridae en comparación con las trampas sin MeSA (James, 2003). Una consideración importante cuando se emplean HIPV sintéticos es la evaluación del impacto en poblaciones dañinas de plagas en presencia de una mayor abundancia y actividad de enemigos naturales (Gadino *et al.*, 2012). En cultivos de lúpulo la atracción del predador *Stethorus* spp. por el MeSA, condujo a una reducción significativa de poblaciones de ácaros plaga (James & Price, 2004; Woods *et al.*, 2011). En otros estudios Mallinger *et al.* (2011), demostraron que la liberación del MeSA en cultivos de soya atrae enemigos naturales como especies de las familias Syrphidae y Chrysopidae, llevando entonces a una reducción del áfido de la soya *Aphis glycines* Matsumura (Hemiptera: Aphididae).

En conclusión, el MeSA puede ser una buena alternativa para el control biológico de insectos plaga, el cual ha demostrado atraer gran variedad de insectos predadores y parasitoides en una importante diversidad de plantas, ofreciendo así una alternativa ecológica para la agricultura.

3.3 Plantas compañeras

Existen variedad de plantas beneficiosas con efectos atrayentes, repelentes y polinizadores que garantizan la fertilidad permanente (Patt *et al.*, 1997). También pueden atraer predadores o enemigos naturales los cuales se alimentan de plagas demostrando que la naturaleza tiene una infinidad de recursos, que proporciona gratuitamente creando así un equilibrio entre el hábitat y nuestros cultivos (Peña, 2016). Estudios realizados en las ultimas decadas afirman que cuando se combina un cultivo principal en compañía de otras plantas las poblaciones de hervivoros son menos numerosas que aquellas que ocurren en los monocultivos (Risch *et al.*, 1983; Marino & Landis, 1996; Moshe & Bottrell, 1996; Eilers & Klein, 2009; Gurr *et al.*, 2000; Frank, 2010). Diversos autores confirman la importancia de los huéspedes alternativos, la mayor accesibilidad a refugios y la provisión de fuentes diversas de alimento para incrementar la supervivencia de los artrópodos benéficos (Corbett & Rosenheim, 1996; Rebek *et al.*, 2005). En otras palabras, es posible estabilizar las poblaciones de diversos artrópodos en agroecosistemas, diseñando arquitecturas de la vegetación que incrementen la diversidad de enemigos naturales (Andorno, 2012). Una de las plantas que se considera como un gran atrayente para enemigos naturales debido a la gran cantidad de volátiles liberados en sus diferentes etapas vegetativas es el cilantro *C. sativum* (Salamanca *et al.*, 2018).

3.4 Cilantro *Coriandrum sativum* L.

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una umbelífera aromática nativa de la zona mediterránea. Es cultivado en diferentes regiones de Europa del Este y Mediterráneo, Norte y Sudamérica, y en países de Asia, principalmente en la India, que es uno de los principales productores de esta especie aromática (González *et al.*, 2017). Es usada en diferentes países como planta medicinal,

específicamente en países del sur de Asia como Europa Central y los países del mediterráneo. El principal productor y exportador de cilantro es la India (Andhra Pradesh, Rajastán, Madhya Pradesh, Karnataka, Tamil Nadu y Uttar Pradesh), con un 35.9% del total de las exportaciones mundiales en 2011. Es seguido por Bulgaria con 27.9%, Marruecos (6.8%) y Canadá (4.7%). En el continente americano, México ocupa el segundo lugar detrás de Guatemala (Sharma y Sharma, 2012).



Figura 3. Planta de cilantro con hojas maduras e inmaduras, con semillas y flores características (fuente: Zeb, 2016).

En cuanto a los requerimientos agroclimáticos de *C. sativum*, esta planta no es sensible a la longitud del día, pero días con temperaturas altas y soleados durante el periodo de floración favorecen la formación y la acumulación de aceite esencial en la semilla. En climas tropicales y

áreas con un mínimo de sol y promedio de temperatura de 17 °C, la producción de semilla de cilantro no es posible, porque bajo esas condiciones la planta solo crece y se usa como condimento para consumo en fresco (González *et al.*, 2017). Para alcanzar la etapa generativa de ontogénesis, las plantas se siembran en primavera o al final del verano bajo condiciones de luminosidad que permitan alcanzar su madurez, porque no solo las altas temperaturas son suficientes para el cultivo. Otro factor que retarda la maduración es la alta humedad y las bajas temperaturas; sin embargo, se ha reportado que el cilantro en la etapa vegetativa tolera periodos con temperaturas de hasta -15 °C y que las plantas que producen rosetas toleran hasta -9 °C (Sergeeva & Silcenko, 1984).

El cilantro tiene unos caracteres fenotípicos que son de importancia para propósitos agronómicos, ya que todos los caracteres son correlacionados positivamente entre sí. El número de días hasta la elongación del tallo muestra un amplio intervalo de variación. Las plantas con pocas hojas basales tienen un corto periodo juvenil y los tallos aparecen a los 42 días después de la siembra (Diederichsen & Hammer, 1996). Adicional a esto *C. sativum* es una de las plantas compañeras más estudiadas en el mundo (Bugg & Wilson, 1989; Patt *et al.*, 1997; Kasina *et al.*, 2006), y los enemigos naturales son atraídos a muchos de sus particulares rasgos tales como alta producción de polen y néctar; así, potencialmente incrementando su eficiencia como agentes de control biológico en sistemas de agricultura (Patt *et al.*, 1997; Colley & Luna, 2000; Morris & Li, 2000; Smith *et al.*, 2000). En un previo estudio Smith *et al.* (2000) encontraron mayor número de depredadores generalistas en tomates mezclados con cilantro que en los monocultivos de tomate; y, Togni *et al.* (2009), mostraron reducciones en las densidades de ninfas de mosca blanca cuando los tomates se entremezclaron con cilantro que cuando se sembró tomate solo. Del mismo modo en un estudio reciente se comprobó que adultos del predador *Chrysoperla externa* se

sienten atraídos por los volátiles del cilantro que por los de otras plantas compañeras Resende (2012).

3.5 Características generales de *Chrysoperla*

Las especies de la familia Chrysopidae son insectos de tamaño mediano (6.5-35 mm de longitud de las alas), de color verde a café claro, ojos verdes o dorados y con una longitud de antenas variable (0.5-2 veces la longitud del ala anterior). Los crisópidos son los insectos más abundantes del orden Neuroptera (Adams & Penny 1987). Aspöck *et al.* (1980) y Borror *et al.* (1989) indican que Chrysopidae es la segunda familia más grande del orden Neuroptera, con alrededor de 1300 especies reconocidas actualmente, agrupadas en 92 géneros y tres subfamilias: Apochrysinæ, Chrysopinæ y Nothochrysinæ (Brooks & Barnard 1990, Brooks 1997).

3.5.1 *Chrysoperla* en programas de control biológico.

Chrysopidae es una de las familias de entomófagos más importantes del orden Neuroptera, debido a que 15 géneros presentan especies con potencial como agentes de control biológico (New 2001, López-Arroyo *et al.*, 2003). La voracidad de las larvas las ha convertido en uno de los agentes de control biológico más favorecidos en cultivos agrícolas (Oswald *et al.*, 2003). Las larvas de todas las especies y los adultos de algunos géneros son predadores y se alimentan de una amplia variedad de insectos fitófagos tales como áfidos, cóccidos, mosquitas blancas y otros insectos de cuerpo blando que se localizan en el follaje. Por esta razón, algunas especies se reproducen actualmente de manera masiva y se utilizan exitosamente para el control biológico de plagas agrícolas (New, 1975; Adams & Penny, 1987; Hunter, 1997; Arredondo, 2000). Por ejemplo las lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) son importantes predadores del pulgón

(Principi & Canard, 1984). Un agente de control biológico usado y bien estudiado contra pulgones en la región neotropical es *Chrysoperla externa* (Hagen), debido a su alta adaptabilidad a diferentes climas y condiciones, tiene un alto potencial reproductivo, capacidad de búsqueda eficiente, gran abundancia en diversos cultivos agrícolas y facilidad de masa. Su crianza bajo condiciones de laboratorio (Duelli, 2001; Souza y Carvalho, 2002; Carvalho & Souza, 2009; Salamanca *et al.*, 2010). Además de los áfidos, este predador es un eficaz enemigo natural de moscas blancas, trips, ácaros y algunos lepidópteros (Principi & Canard, 1984; Carvalho & Souza, 2009).

3.6 *Chrysoperla carnea* Stephens

Es una de las especies con mayor importancia en la región Neotropical, este insecto predador es considerado como cosmopolita, ya que se distribuye principalmente por el holártico en América, Europa y Asia (Ribera & Melic, 2015). Su hábito predador es atribuido principalmente por las larvas (Liu & Chen, 2001), las cuales se alimentan de insectos y artrópodos de cuerpo blando como ácaros, larvas de algunos lepidópteros, pulgones, moscas blancas y trips entre otros (Liu & Chen, 2001; Salamanca *et al.*, 2010). Estudios han demostrado la eficacia de *C. carnea* en el control de ácaros de la familia Tetranychidae (Hagley & Miles, 1987) por estos argumentos se vio la importancia de usar este predador en este trabajo de investigación.



Figura 4. *Chrysoperla carnea* Stephens (fuente: <http://bioaccio.com/>).

3.6.1 Ciclo de vida *C. carnea*.

Como todas las especies del orden Neuróptera, *C. carnea* presenta metamorfosis completa huevo, larva, pupa y adulto (Cuesta & Guarín, 1997). Este metabolismo consta de 7 etapas 1) huevo, 2) tres instares larvales, 3) pupa, y 4) adulto (Fig. 5) (Norwegian Scientific Committee for Food Safety, 2014).

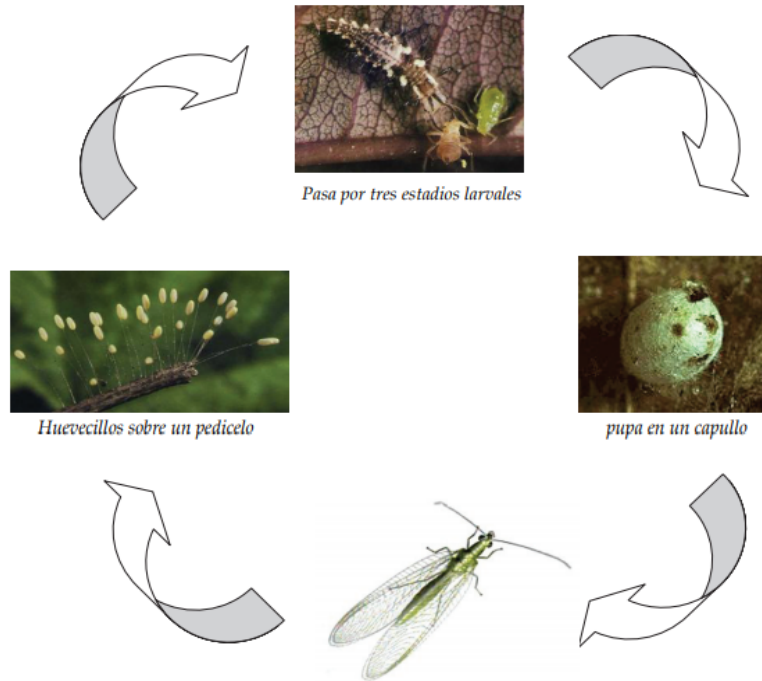


Figura 5. Ciclo de vida *C. carnea* (fuente: Bahena, 2008).

Las hembras de *C. carnea*, ovipositan un promedio de 400 a 500 huevos. En el estado larval, las mandíbulas resaltan de la cabeza. Estas larvas alcanzan una longitud de 1/4-1/3 pulgada (7-10 milímetros). El primer segmento abdominal es más pequeño que el segundo y el tercero. El cuerpo presenta protuberancias con setas (Toschi, 1965).

Las larvas detectan la presa a través de contacto directo. Al atacar la presa, la larva se lanza hacia ella e inyecta enzimas a través de la mandíbula, hace uso del extremo final de su abdomen para apoyarse y estabilizarse mientras está atacando (Clark, 1978). El período de desarrollo larval es 1-2 semanas y para pasar de huevo a adulto puede requerir entre 37 y 60 días (Clark, 1978).

3.6.2 Ecología de *C. carnea*.

Chrysoperla carnea se encuentra en un amplio rango de hábitats, se le puede ver fácilmente en arbustos, los adultos se alimentan de néctar, polen y mielecilla de áfidos, pero las larvas son depredadores activos de insectos de cuerpo blando como moscas blancas y huevos de varias especies incluidas (Nicholls, 2008).

Esta especie pasa el invierno en estado adulto, habitual en la hojarasca al borde de los cultivos. Durante la primavera y el verano, las hembras ponen varios cientos de huevos diminutos (<1 mm) sobre las hojas o ramas cerca de sus presas. Las larvas emergen de tres a seis días. La etapa larval tiene tres estadios y dura de dos a tres semanas. Las larvas maduras forman un capullo sedoso. Los adultos emergen de diez a catorce días. Se producen dos o más generaciones por año (Nicholls, 2008).

Estudios han demostrado que *C. carnea* al igual que muchas otras especies de *Chrysoperla* se adaptan a diferentes condiciones climáticas, entre estas se encuentran ecosistemas agrícolas, bosques naturales y seminaturales, así como pastizales o vegetación baja siendo este tipo de vegetación el de mayor preferencia por parte de esta especie (Stelzl & Devetak 1999).

3.6.3 Características morfológicas de *C. carnea*.

3.6.3.1 Huevos.

Tienen una forma elipsoide, color verde inmediatamente después de la oviposición y se vuelven más oscuros a medida que se desarrolla el embrión. Después de la eclosión son de color marrón, con el área de los ojos bien definido, con manchas abdominal y torácica de orientación a través del corion (Souza, 1999).

3.6.3.2 Larva.

Son terrestres, campodeiformes, con el cuerpo relativamente estrecho, alargado, fusiforme, aplanado dorsoventral, con abdomen no distendido y con muchas cerdas filiformes. La cabeza tiene forma aproximadamente trapezoidal, las piezas bucales son del tipo masticador y dirigida hacia adelante (prognata) y las antenas filiformes más largas que los maxilares y mandíbulas (Souza, 1999).

3.6.3.3 Pupa.

Este estado sucede una vez la larva termina su tercer instar, un día antes de empupar la larva teje un capullo. Las pupas son pequeñas, encerradas dentro de un cocón blanco de apariencia algodonosa. (Castro & Duran, 1980).

3.6.3.4 Adulto.

Como todos los insectos *C. carnea* está dividida en tres partes. **Cabeza:** Genas marcadas con manchas marrones oscuras o negras que se extienden por el clypeus, no tiene mancha postocular, palpos maxilares de color negro. Antenas pardas de 13 ± 1 mm de longitud. **Tórax:** Verde claro, con una línea amarilla en la parte dorsal. Pronotum lateral marcado con una línea negra en forma de medialuna, presenta pequeñas setas oscuras protorácicas. **Abdomen:** Parte dorsal de color verde con una línea amarilla, que puede llegar o no hasta la parte final del abdomen; parte anterior o ventral de color verde amarillento. Alas anteriores de 13 ± 2 mm. Garra con una pequeña dilatación que no supera el tercio en proporción con la garra de la pata. Macho: Borde del esternito 8+9 redondeado, spinelleae ausente. Arcessus estriado dorsalmente, gonarcus con láminas laterales reniformes (Alva, 2017).

4 Metodología

4.1 Sitio de estudio

Este trabajo de investigación se realizó en el laboratorio multipropósito que está en la Sede Nacional José Celestino Mutis, de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Bogotá, DC.



Figura 6. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), sede Jose Celestino Mutis, Bogotá, Cundinamarca (fuente: el autor).

4.2 Obtención de *C. carnea*

El predador *Chrysoperla carnea* fue comprado en la empresa especializada en control biológico Productos Biológicos Perkins LTDA. (<http://perkinsltda.com.co/>), ubicada en Palmira Valle del Cauca – Colombia, se obtuvieron 300 adultos los cuales se mantuvieron dentro de dos recipientes plásticos a los cuales se le puso por dentro alrededor papel mantequilla con el fin de que en este depositaran sus huevos (Fig. 6). Fueron alimentados con una dieta de levadura de cerveza y miel

en una proporción 1:1, hasta obtener huevos de los cuales saldrían las larvas para realizar los experimentos.



Figura 7. Recipientes con adultos de *Chrysoperla carnea* (fuente: el autor).

Cuando las hembras adultas de *C. carnea* realizaron sus posturas, se tomó con la ayuda de un pincel huevos de *C. carnea* y se depositaron en copas de 2.4 cm × 4.4 cm (3 huevos por copa). Para los ensayos se dejó las larvas de *C. carnea* 24 horas sin dieta alguna y separadas en estas copas (Fig. 7). Al cabo de 2 – 3 días se obtuvo larvas de I instar, las cuales fueron utilizadas en los experimentos.



Figura 8. Copas con larvas de *Chrysoperla carnea* de I instar (fuente: el autor).

4.3 Obtención de huevos centinela de *Galleria mellonella*.

Para obtener las masas de huevos de *G. mellonella* a usar en cada una de las réplicas para evaluar la predación de *C. carnea*, se dejó en frascos adultos de esta especie con una dieta basada en una mezcla de levadura de cerveza, cera para abejas, miel, germen de trigo, salvado de trigo y glicerina, posteriormente se dispuso hojas de papel mantequilla al interior de los recipientes dobladas en varias secciones con el fin de que ovipositaran en estas hojas y así obtener sus huevos.

4.4 Obtención de plantas de cilantro *Coriandrum sativum*

Las semillas fueron compradas en una empresa colombiana distribuidora de semillas, Semillas Arroyave SAS, Bogotá. Posteriormente se sembró cilantro en vasos plásticos de 250 cc (24 vasos) con 4 semillas por vaso, al cabo de 8-10 días germinaron y después de tener 30 días se procedió a realizar los experimentos (Fig. 9).



Figura 9. Siembra y germinación de plantas de cilantro (fuente: el autor).

4.5 Experimentos de predación de *C. carnea*

Se establecieron jaulas (44,8 cm ancho \times 44,8 cm largo \times 37,5 cm alto) cubiertas por tela de malla (50%) y plástico transparente (50%), donde se colocaron 9 plantas artificiales en vasos térmicos de 300 cm³ los cuales fueron llenados con arena (Fig. 10), y se establecieron 4 tratamientos replicados 9 veces en un diseño factorial con dos factores MeSA + Cilantro y su interacción. Los tratamientos fueron: 1) control –MeSA – Cilantro, 2) MeSA, 3) Cilantro, 4) MeSA + Cilantro. Para el tratamiento con cilantro se colocaron tres plantas en cada jaula. Por otro lado, para los tratamientos con MeSA se colocó un tubo eppendorf con 1 ml de MeSA en cada una de las esquinas (4 eppendorf/jaula) (Fig. 11). En cada tratamiento fueron liberadas 20 larvas de I instar de *C. carnea* y una masa de huevo centinela en cada planta artificial. Se evaluó la predación después de 24 horas (12:00 am – 12:00pm), después se tomó cada una de las masas puestas en las plantas artificiales de cada uno de los tratamientos y a través de un estereoscopio se contó cuidadosamente la cantidad de huevos predados por larvas de *C. carnea*.



Figura 10. Plantas artificiales dispuestas en jaulas para las respectivas evaluaciones de la predación de *C. carnea* (fuente: el autor).



Eppendorf con MeSA

Masas de huevos de *G. mellonella*.

Figura 11. Disposición de las plantas compañeras y el salicilato de metilo MeSA en las jaulas (fuente: el autor).

4.6 Análisis de datos

Todos los análisis se realizaron en R 3.3.1 (R Development Core Team 2016). Para conocer si todos los datos cumplían con la normalidad y homoscedasticidad fueron realizados los análisis de Shapiro-Wilk (Shapiro & Wilk, 1965) y Levene (paquete “car” en R) respectivamente. Para conocer la influencia de los diferentes tratamientos sobre la predación de las larvas de I instar de *C. carnea* se realizó una ANOVA factorial con dos factores MeSA + Cilantro y su interacción.

5. Resultados.

5.1 Predación larvas I instar de *C. carnea*

Las larvas I instar de *C. carnea* mostraron diferencias significativas en cuanto a la predación de huevos centinela de *G. mellonella* en plantas artificiales con el tratamiento de MeSA, por otra parte, no hubo diferencias significativas en el Cilantro solo y en la combinación de MeSA + Cilantro (Tabla 1).

Tabla 1. Anova del efecto del MeSA + Cilantro y su interacción sobre el comportamiento de predación de *Chrysoperla carnea*.

Variable	gl ^a	F	P ^b
MeSA	1; 32	4,8	0,03
Cilantro	1; 32	0,01	0,90
MeSA + Cilantro	1; 32	0,05	0,81

^a Numerador; denominador (error)

^b Números en negrilla indican diferencias significativas ($\alpha = 0,05$).

En los gráficos de interacción y barras (Fig. 12 y 13) se evidencia por cada tratamiento, que el MeSA aumenta significativamente la predación de huevos centinela de *G. mellonella* por larvas de *C. carnea*, donde no hay una influencia significativa de la planta compañera (Cilantro).

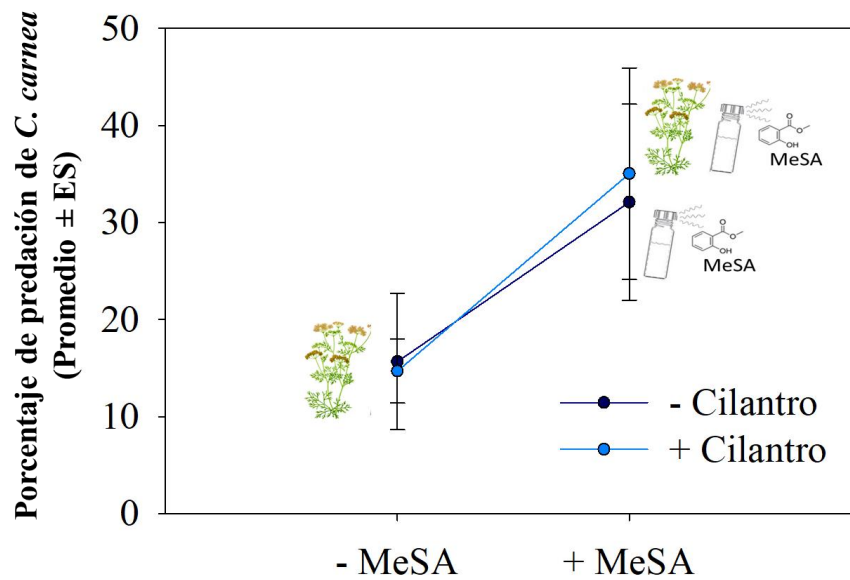


Figura 12. Respuesta de predación de larvas de I instar de *C. carnea* sobre las plantas artificiales con MeSA + Cilantro y su combinación (fuente: el autor).

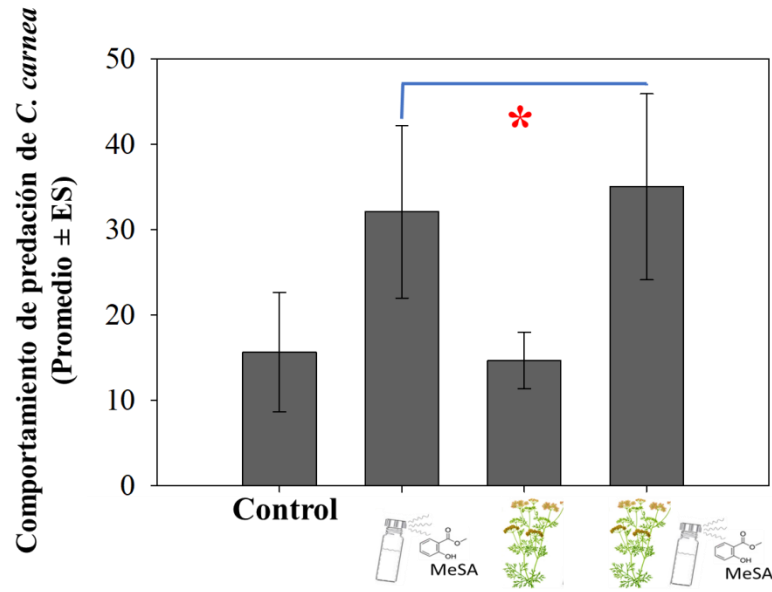


Figura 13. Comportamiento de predación de *C. carnea* en los diferentes tratamientos control, MeSA, Cilantro y MeSA + cilantro (fuente: el autor).

6 Discusión

Con la realización de estos experimentos en condiciones de laboratorio, se demostró que *C. carnea* responde fisiológicamente y conductualmente a MeSA, ya que larvas de I instar fueron atraídas por este compuesto volátil, lo que resultó en una mayor predación hacia huevos de *G. mellonella*.

En relación con la atracción de *C. carnea* hacia el compuesto, los resultados de este trabajo coinciden con estudios realizados anteriormente, los cuales demuestran la atracción de las crisopas (Neuróptera: Chrysopidae) hacia el MeSA (James, 2003), este es emitido por muchas especies de plantas, particularmente después del ataque de insectos perforadores y chupadores (Dicke *et al.*, 1990; Agrawal *et al.*, 2002; Hegde *et al.*, 2011; Melo Machado & col. 2014;

Salamanca & cols. 2015). Por ejemplo un estudio mostro que tarjetas con cebo MeSA atrajeron a adultos de *Chrysopa nigricornis* y adultos de *Crisopa oculata* en viñedos, respecto al tratamiento control James (2003, 2006). Otro estudio mostro que especies de Chrysopidae eran atraídas por las tarjetas con cebo MeSA en fresa y campos de bayas Lee (2010) & Rodríguez-Saona *et al.* (2011). En un estudio reciente se encontró que adultos de *Chrysoperla externa* Hagen se sienten atraídos por plantas de rosas (*Rosa hybrida* L.) infestadas por pulgones, esta atracción aumentó el número de huevos puestos por hembras grávidas de *C. externa*, atracción que fue atribuida al Mesa el cual fue uno de los compuestos mayormente emitido en este cultivo Salamanca *et al.* (2015).

Los resultados obtenidos en este estudio confirman que los enemigos naturales se sienten indudablemente atraídos por los volátiles que liberan las plantas cuando son atacadas por áfidos y que esta atracción los lleva a ubicar y predar a sus presas (Vet & Dicke 1992). Estudios a campo abierto en plantas de lúpulo (*Humulus lupulus*) atribuyo la atracción de enemigos naturales a MeSA mediante trampas adhesivas, en donde se encontró atracción significativa por parte de *Chrysopa nigricornis*, *Stethorus spp.*, *Orius tristicolor*, *Geocoris pallens*, y familias de Syrphidae, Empididae, Sarcophagidae, Agromyzidae, y microhimenópteros respecto al tratamiento control (James, 2003, 2005). De igual manera en cultivos de arándanos (*Vaccinium Oxycoccus*) haciendo uso de MeSA (PredaLure) en trampas pegajosas amarillas y sin aditivos se obtuvo un mayor número de moscas de la familia adultas, coccinellidae y chrysopidae en comparación con las trampas sin cebo (Rodríguez-Saona *et al.*, 2011).

Actualmente no hay muchos estudios que evalúen el comportamiento de predación de larvas de I instar de la familia Chrysopidae mediada por compuestos volátiles, en especial de *C. carnea*. Sin embargo, existen un par de estudios. En uno de estos se midió la predación de *C.*

externa sobre *Neohydatothrips signifer*, en donde se obtuvo una mayor predación por parte del estadio I ($27,22 \pm 0,009$) a diferencia del estadio II ($26,11 \pm 0,007$) (Salamanca *et al.*, 2010). En estudio reciente se evaluó la respuesta comportamental de *C. carnea* al MeSA, teniendo en cuenta la atracción y predación de larvas de I y II instar de *C. carnea* sobre huevos de *G. mellonella* en condiciones de laboratorio, este arrojo que larvas de I y II instar de *C. carnea* mostraron ser atraídas a MeSA y esta atracción conllevó a una mayor predación de huevos centinela (Fernández, 2019).

Las plantas de *C. sativum* no influyeron en el comportamiento de predación de larvas de I instar de *C. carnea*, de hecho el tratamiento en donde estaban las plantas artificiales con plantas de cilantro únicamente registro menor cantidad de huevos predados por larvas de I instar sobre huevos de *G. mellonella*. Posiblemente en este estudio las PC no tuvieron un resultado favorable en cuanto a aumentar la atracción y predación de *C. carnea* posiblemente porque estas tenían solo 30 días y aún no habían desarrollado todas sus etapas vegetativas, las cuales son atractivas para enemigos naturales (Harmon *et al.*, 2000; Barbosa *et al.*, 2009 ; Salamanca *et al.*, 2018). Sin embargo, en otros estudios en donde han incorporado el *C. sativum* como planta acompañante este ha tenido influencia en la atracción y predación de presas (Patt *et al.*, 1997; Colley & Luna, 2000; Morris y Li, 2000; Smith *et al.*, 2000). Por ejemplo, Patt *et al.* (1997) mostró mayor abundancia de escarabajos (Coleoptera: Coccinellidae) en berenjenas (*Solanum melongena* L.) cuando se intercaló con cilantro que en un monocultivo de berenjenas, se aumentó la oviposición y depredación larval del escarabajo de la patata de Colorado, *Leptinotarsa decemlineata*. Smith *et al.* (2000) encontró mayor números de depredadores generalistas en tomates mezclados con *C. sativum* que en monocultivos de tomate; y, Togni *et al.* (2009) mostró reducciones en la densidad de la ninfa de la mosca blanca cuando los tomates se mezclaron con cilantro que cuando se

plantaron tomates solos, lo que se atribuyó a una mayor abundancia de enemigos naturales. Del mismo modo en un estudio reciente, Resende (2012) mostraron en un olfatómetro de cuatro brazos que adultos de *C. externa* se sienten más atraídos por los volátiles del cilantro que por aquellos de otras plantas compañeras como el eneldo, *Anethum graveolens* L., y anís, *Pimpinella anisum* L.

Ahora la interacción de plantas de *C. sativum* + el MeSA no tuvo el resultado esperado, en cuanto a aumentar la predación de larvas de I instar de *C. carnea* sobre huevos de *G. mellonella*, ya que según los análisis estadísticos esta combinación no tuvo una diferencia significativa en comparación con los demás tratamientos (control, cilantro, MeSA y cilantro + MeSA), aunque en este tratamiento se validó que hubo predación, no se demostró que esta combinación sea estratégicamente benéfica en la atracción y eficiencia de predación de este enemigo natural. Esto contrasta un poco con estudio previo en donde investigaron la atracción de *C. externa* Hagen y la oviposición en rosa, *Rosa Á hybrida* L., infestada por el pulgón de la papa, *Macrosiphum euphorbiae* incorporando cilantro como planta compañera, buscando que esta interacción aumentara la atracción del predador, pero resultó que el cilantro no aumentó la atracción del Lacewing *C. externa* a HIPV emitidos por rosas infestadas de pulgones plantas (Salamanca *et al.*, 2014). Aun así cabe resaltar que hay estudios previos en donde afirman que los enemigos naturales se sienten atraídos por los volátiles emitidos por el cilantro, por muchos de sus particulares rasgos como la alta producción de polen y néctar; potencialmente aumentando su eficiencia como agentes de control biológico en Agroecosistemas (Smith *et al.*, 2000). Otro aspecto a tener presente y que podría tener algo que ver con el resultado de este estudio es lo registrado por (Gomes *et al.*, 2012) y es que el cilantro puede interferir con la atracción de enemigos naturales ya que los volátiles de este pueden repeler algunos predadores, este

argumento soporta la conclusión de otro estudio, el cual dice que la combinación de cilantro + MeSA no actúan sinérgicamente para mejorar la abundancia de enemigos naturales en sistemas agrícolas (Salamanca *et al.*, 2018).

Finalmente, los resultados de este estudio nos muestran que es necesario realizar más estudios futuros sobre este tema, en condiciones de laboratorio y en campo, integrando esta combinación (cilantro como planta que emite volátiles atractivos para enemigos naturales y la interacción de este mas HIPVs como el MeSA) con el fin de brindar un control biológico eficaz en los agroecosistemas, aumentando así la productividad de los cultivos.

7 Conclusiones.

- ❖ El salicilato de metilo (MeSA) mostró ser atractivo para larvas de I instar de *C. carnea* y esta atracción por el volátil del MeSA conlleva a aumentar la eficiencia de predación en huevos centinela.
- ❖ La interacción de plantas compañeras como *C. sativum* con Mesa no mejoró el comportamiento de predación de *C. carnea*.

8 Recomendaciones.

Se recomienda llevar a cabo este estudio en condiciones de campo abierto con el fin de realizar pruebas y determinar si MeSA es percibido por los diferentes instares de *C. carnea*, para comprobar si hay atracción dadas las condiciones climáticas, y evaluar si esta atracción aumenta la predación de *C. carnea* disminuyendo así las poblaciones de plagas en condiciones de campo,

así se sabrá si se puede usar con fines de control biológico dentro de un programa de manejo integrado de plagas.

Realizar más estudios sobre el tipo de volátiles liberados por el cilantro en laboratorio y posteriormente en campo, igualmente estudios en diferentes circunstancias donde la combinación de estos esté presente y así tener certeza de si la interacción de plantas compañeras con HIPVs funcionan exitosamente en control biológico.

9 Referencias

- Andorno, Andrea Verónica. (2012). Evaluación del sistema planta hospedera-huésped alternativo como estrategia para el control biológico de pulgones (Hemiptera: Aphididae) en sistemas de producción hortícola en cultivos protegidos. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.
- Adams, P. A. (1987). Studies in Neotropical Chrysopidae (Neuroptera) III. Notes on *Nodita amazonica* Navás and *N. oenops*, n.sp. *Neuroptera International*, 4(4): 287-294
- Adams, P.A. & N.D. Penny. 1987. (1985). Neuroptera of the Amazon Basin, Part 11a. Introduction and Chrysopini. *Acta Amazonica* 15: 413-479.
- Ali, G. & Lowe, E. (2015). Chapter Eight - Plant Cues and Factors Influencing the Behaviour of Beneficial Nematodes as a Belowground Indirect Defense. *Advances in Botanical Research, Academic Press*. 75, 191-214.
- Amala, U., & Shivalingaswamy, T. (2018) Effect of intercrops and border crops on the diversity of parasitoids and predators in agroecosystem. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 28, 11.
- Alva, R.D. (2017). Especies de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en tres zonas maiceras (Jayanca, Pítipo y Lagunas) del Departamento de Lambayeque. (Tesis). Universidad Nacional "Pedro Ruiz Gallo" Lambayeque – Perú 2017
- Aspöck, H., Aspöck, U. & Hölzel, H. (1980). Die Neuropteren Europas. 2 Vols. Goecke & Evers. Krefeld. 495 pp. y 355 pp.
- Arredondo B., H. (2000). Manejo y producción de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) y reconocimiento de especies de *Chrysoperla*. Pp. 24-33. In: Entrenamiento

de cría de entomófagos. Centro Nacional de Referencia de Control Biológico. Tecomán, Colima, México.

Agrawal AA, Janssen A, Bruin J, Posthumus MA y Sabelis MW, Ancosto ecológico de la defensa de las plantas: atractivo del pepino amargoplantitas a enemigos naturales de herbívoros. *Ecol Lett* 5 : 377-385 (2002).

Ballal, C. R., S. Singh and P. Singh. (1999). Host plant mediated orientational and ovipositional behavior of three species of chrysopids (Neuroptera: Chrysopidae), *Biocont.*, 16, 47-53.

Barbosa, P., Hines, J., Kaplan, I., Martinson, H., Szczepaniec, A., Szendrei, Z. (2009). Associational resistance and associational susceptibility: having right or wrong neighbors. *Annu Rev. Ecol. Evol Syst* 40, 1–20.

Bahena, J. F. (2008). Enemigos Naturales de las Plagas Agrícolas. Del maíz y otros cultivos. Libro Técnico Núm. 5. SAGARPA – INIFAP. Uruapan, Michoacán, México. 180 p.

Breene, R., Meagher, R., Nordlund, D., & Wang, Y. (1992). Biological control of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in a greenhouse using *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae), *Biological Control*. 2(1), 9-14.

Bernays, A. & Chapman, R. (1994). Behavior: The process of host-plant selection. Pag. 95-205 in A. Bernays y R. Chapman, editors. Host-plant selection by phytophagous insects. Chapman & Hall New York, USA.

Bolker B. R Development Core Team. *bbml*: Tools for general maximum likelihood estimation. R package version 1.0. 18. 2016. 2015.

- Borror, J.D., A. Triplehorn C., & F. Johnson N. (1989). An Introduction to the Study of Insects. Sixth Edition. Saunders College Publishing. 875 p.
- Brooks, S.J. & P.C. Barnard. (1990). The green lacewings of the world: a generic review (Neuroptera: Chrysopidae). Bull. British Mus. Nat. Hist. (Entomology) 59:117-286.
- Brooks, S.J. (1997). An overview of the current status of Chrysopidae (Neuroptera) systematics. Deutsche Entomol. Zeitschrift 44: 267-275.
- Bugg, RL, Wilson, T. (1989). *Ammi visnaga* (L.) Lamarck (Apiaceae): associated beneficial insects and implications for biological control, with emphasis on the bell-pepper agroecosystem. Biol. Agric. Hortic 6, 241-268.
- Carvalho C. F.; Souza, B. (2009). Métodos de criação e produção de crisopídeos. pp. 91-110. Bueno, V. H. P. (Ed.). Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. MG, Brasil: Universidade Federal de Lavras. 429 p.
- Castro, B. J., Duran, C. L. (1980). Estudio sobre la incidencia y comportamiento de *Chrysopa* spp. (Neuroptera: Chrysopidae) y evaluación de métodos de muestreo en un cultivo de sorgo en el Valle del Cauca. Tesis Ing. Agr. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, 61p.
- Clark, J. C. (1978). Biological control: A guide to natural Enemies in north America. University of California Statewide IPM Project.
- Corbett A & JA Rosenheim. (1996). Impact of natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. Ecological Entomology 21:155-164.

- Coll, M. & Bottrell, D.G. (1996). Movement of an insect parasitoid in simple and diverse plant assemblages. *Ecological Entomology* 21, 141-149
- Colley, M.R., Luna, J.M. (2000). Relative attractiveness of beneficial insectary plants to aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Environ. Entomol.* 29, 1054–1059.
- Cuesta, C. L., Guarín, H. (1997). Estudios de *Chrysoperla externa* (Hagén) (Neuroptera: Chrysopidae) Bioinsumo Para el Manejo de Thrips palmi Karny en el Oriente Antioqueño.
- De Boer, J., & Dicke, M. (2004). The Role of Methyl Salicylate in Prey Searching Behavior of the Predatory Mite *Phytoseiulus persimilis*. *Journal of Chemical Ecology*. 30(2), 255-271.
- Diederichsen, A. (1996). Coriander (*Coriandrum sativum* L.): promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 3. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome.
- Dicke, M., Sabelis, MW, Takabayashi, J., Bruin, J., Posthumus, MA. (1990) . Plantstrategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals:prospects for application in pest control. *J. Chem. Ecol.* 16, 3091–3118.
- Donado, A. (2017). Diseño de un modelo de clasificación de rosa en cultivo y poscosecha en la empresa Elite Flowers Farmers SAS. (Trabajo de grado). Universidad Pedagógica y Tecnológica De Colombia, Tunja, Boyacá.
- Duelli, P. & Johnson, J. B. (2001). The common green lacewing (*Chrysoperla carnea* s.lat.) and the sibling species problem. En: P. K. McEwen, T. R. New & A. E. Whittington (eds.). *Lacewings in the Crop Environment*. Cambridge University Press. Cambridge: 29-42.

- Dudareva, N., Pichersky, E., & Noel, J. P. (2006). Biosynthesis of plant volatiles: nature's diversity and ingenuity. *Science*, 311 (5762), 808-811.
- Eilers, EJ & Klein, AM. (2009). El contexto del paisaje y los efectos de manejo en una plaga de insectos importantes y sus enemigos naturales en la almendra. *Biol. Control*, 51, 388 - 394.
- Frank, S. D. (2010). Biological control of arthropod pests using banker plant systems: Past progress and future directions. *Biological Control* 52:8-16.
- Fernández, O.J. (2019). Respuesta comportamental de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) al salicilato de metilo en condiciones de laboratorio. (Tesis). Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Bogota Colombia.
- Gadino, A., Walton, V., & Lee, J. (2012). Evaluation of methyl salicylate lures on populations of *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseidae) and other natural enemies in western Oregon vineyards. *Biological Control*. 63(1), 48-55.
- González, P. E. (2017). CILANTRO (*coriandrum sativum* L.) UN CULTIVO ANCESTRAL CON POTENCIAL SUB-UTILIZADO. Celaya, Guanajuato, México : Comité Editorial del CIR-Centro.
- Gomes FB, Fortunato LJ, Pacheco ALV, por Azevedo LH, Freitas N y Homma SK, Incidencia de praga y rendimiento productivo de monocultivo y policultivo de tomate orgánico. *Sujetadores Horticolas* 30: 756-761 (2012).
- Gurr. (2000). Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* 45: 175-201.

- Hagley, E. & Miles, N. (1987). Release of *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) for Control of *Tetranychus urticae* Koch (Acarina: Tetranychidae) on peach grown in a protected environment structure. *Can. Entomol.* 119, 205-206.
- Harmon, JP, Ives, AR, Losey, JE, Olson, AC, Rauwald, KS. (2000). *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) predation on pea aphids promoted by proximity to dandelions. *Oecology* 125, 543–548.
- Hegde, M., Oliveira, JN, Costa, JG, Bleicher, E., Santana, EG, Bruce, JA, Caulfield, J., Dewhurst, SY, Woodcock, CM, Pickett, JA, Birkett, MA. (2011). Identification of semiochemicals released by cotton, *Gossypium hirsutum*, upon infestation by the cotton aphid, *Aphis gossypii*. *J. Chem. Ecol.* 37, 741-750.
- Hunter, D.C. (1997). Suppliers of Beneficial Organisms in North America. California Environmental Protection Agency, Department Pesticide Regulation. 32 p.
- James, D. (2003). Synthetic Herbivore-Induced Plant Volatiles as Field Attractants for Beneficial Insects. *Environmental Entomology.* 32(5), 977-982.
- James, D. & Price, T. (2004). Field-Testing of Methyl Salicylate for Recruitment and Retention of Beneficial Insects in Grapes and Hops. *Journal of Chemical Ecology.* 30(8), 1613-1614.
- James, D. (2005). Further field evaluation of synthetic herbivore-induced plant volatiles as attractants for beneficial insects. *Journal of Chemical Ecology.* 31(3), 481–495.
- James, DG. (2006). Methyl salicylate is a field attractant for the golden eyed lacewing, *Chrysopa oculata*. *Biocontrol Sci. Tech.* 16, 107–110.

- Kaplan, I. (2012) Attracting carnivorous arthropods with plant volatiles: The future of biocontrol or playing with fire? *Biological Control*. 60(2), 77-89.
- Kasina, J., Nderitu, J., Nyamasyo, G., Olubayo, F., Waturu, C., Obudho, E., Yobera, D. (2006). Diurnal population trends of *Megalurothrips sjostedti* and *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) and their natural enemies on French *Phaseolus vulgaris* bean (Fabaceae). *Int. J. Trop. Insect Sci.* 26, 2–7
- Keesler, A. & Baldwin, I.T. (2001). Defensive function of herbivore-induced plant volatile emissions in nature. *Science* 291: 2141-2144
- Kludsen, J.T., Tolisten, L. & Bergstron, L.G. (1993). Floral scents- a checklist of volatile compounds isolated by head-space techniques. *Phytochemistry*. 33: 253-280
- Landolt, T.P.J. & Phillips, T.W. (1997). Host plant influence on sex pheromone behaviour. *Ann. Rev. Entomol.* 42: 371-391.
- Lee, J. (2010) Effect of Methyl Salicylate-Based Lures on Beneficial and Pest Arthropods in Strawberry. *Environmental Entomology*. 39(2), 653–660.
- Liu, T. X. & Chen, T. Y. (2001). Effects of three aphid species (Homoptera: Aphididae) on development, survival and predation of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Applied Entomology and Zoology*, 36, 361–366.
- López, B. (2016). Análisis de la interacción de acaricidas de nueva generación con los agentes de control biológico *Typhlodromus pyri* (Acari: Phytoseiidae) y *Beauveria bassiana* (Hypocreales: Clavicipitaceae) para su correcta incorporación al manejo integrado de *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) (Tesis doctoral). Universidad de la Rioja, Logroño, España.

- López A., J.I., L. Valencia L. & J. Loera G. (2003). Introducción a Chrysopidae (Neuroptera): taxonomía y bioecología. Pp: 30-34. In: J. I. López Arroyo y M A. Rocha Peña (eds.). Memorias del Curso Nacional Identificación y Aprovechamiento de Depredadores en Control Biológico Chrysopidae y Coccinellidae. Monterrey, Nuevo León, México.
- Marino, P.C. & Landis, D.A. (1996) Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. *Ecological Applications*, 6, 276– 284.
- Mallinger, R., Hogg, D., & Gratton, C. (2011). Methyl Salicylate Attracts Natural Enemies and Reduces Populations of Soybean Aphids (Hemiptera: Aphididae) in Soybean Agroecosystems. *Journal of Economic Entomology*. 104(1), 115-124.
- Marín, C., y Céspedes, C. (2007). Compuestos volátiles de plantas. Origen, emisión, efectos, análisis y aplicaciones al agro. *Fitotec.* 30(4). 327-351.
- Melo Machado RC, Sant'Ana J, Blassioli-Moraes MC, Laumann RA, Borges M. (2014). Volátiles vegetales inducidos por herbivoría de *Oryza sativa* y su influencia en el comportamiento de quimiotaxis de *Tibracalimbativentris* stal. (Hemiptera: Pentatomidae) y huevo parasitoids *Bull Entomol Res* 104: 347–356
- Montalvo, Y. (2014). *Desarrollo y formulación de una solución en spray con efecto analgesico.* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma De México. Ciudad de México, México.
- Morris, M.C., Li, F.Y. (2000). Coriander (*Coriandrum sativum*) “companion plants” can attract hoverflies, and may reduce pest infestation in cabbages. *N. Z. J. Crop Hortic. Sci.* 28, 213–217.

- New, T. R. (2001). Introduction to the Neuroptera: what are they and how do they operate? In: P. K. McEwen, T. R. New & A. E. Whittington (eds.). *Lacewings in the Crop Environment*. Cambridge University Press. Cambridge: 3-5.
- New, T.R. (1975). The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera), with reference to their usage as biocontrol agents: a review. *Tran. Roy. Entomol. Soc. Lond.* 127: 115-140.
- Norwegian Scientific Committee for Food Safety (VKM). (2014). Risk assessment of the biological control product “Gulløyelarver” with the active organism *Chrysoperla carnea*. 13-211.
- Nicholls C.I. (2008). Control biológico de insectos, un enfoque agroecológico. Universidad de Antioquia. Colombia. P 30-46.
- Oswald, D.J. (2003). Bibliography of the Neuropterida. A Working Bibliography of the Literature on Extant and Fossil Neuroptera, Megaloptera, and Raphidioptera (Insecta: Neuropterida) of the World <http://insects.tamu.edu/research/neuropterida/bibhome.html>
- Patt, J.M., Hamilton, G.C., Lashomb, J.H. (1997). Impact of strip insectary intercropping with flowers on conservation biological control of the Colorado potato beetle. *Adv. Hortic. Sci.* 11, 175–181.
- Peña, T. (2016). *Guía para el control biológico de plagas: qué es y cómo empezar*. Agrhumus, Agroecología Integrativa y transición. Asturias, España.
- Principi, M. M & Canard, M. (1984). Development of Chrysopidae. In: M. Canard, Y. Séméria & T. R. New (eds.). *Biology of Chrysopidae*. Dr W. Junk. The Hague: 76-92.

- Resende ALS, de Haro MM, da Silva VF, Souza B and Silveira LCP, Diversidade de predadores emcentro, endro e funcho sob manejo orgânico. *Arq Inst Biol* 79, 93–199 (2012).
- Rebek, E., Clifford, S. & Lawrence, M. (2005). Influence of floral resource plants on control of an armored scale pest by the parasitoid *Encarsia citrina* (Craw.) (Hymenoptera: Aphelinidae). *Biological Control*, 37(3): 320-328.
- Risch, S. J., Andow, D. & Altieri, M. A. (1983). Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. *Environmental Entomology* 12: 625-629.
- Ribera, I., & Melic, A. (2015). Orden Neuroptera s. s. (Planipennia). *Revista IDE@ - SEA*, (58)1– 12.
- Rodríguez-Saona, C., Kaplan, I., Braasch, J., Chinnasamy, D., & Williams, L. (2011). Field responses of predaceous arthropods to methyl salicylate: A meta-analysis and case study in cranberries. *Biological Control*. 59(2), 294-303.
- Rose, U.S.R., Manukian, A., Heath, R.R. & Tumlinson, J.H. (1996). Volatile semiochemicals released from undamaged cotton leaves. *Plant Physiol*. 111: 487-495.
- Salamanca, Souza, & Rodriguez-Saona. (2018). Cascading effects of combining synthetic herbivore-induced plant volatiles with companion plants to manipulate natural enemies in an agro-ecosystem. *Pest Manag Sci* 2018; 74: 2133–2145
- Salamanca, J. Varón, E. & Santos, A. (2010). Cría y evaluación de la capacidad de depredación de *Chrysoperla externa* sobre *Neohydatothrips signifer*, trips plaga del cultivo de maracuyá. *Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 11(1), 31–40.

- Salamanca J, Pareja M, Rodríguez-Saona C, Resende ALS & Souza B. (2015) Behavioral responses of adult lacewings, *Chrysoperla externa*, to a rose-aphid-coriander complex. *Biological Control*. 80, 103–112.
- Salamanca J, Souza B, Lundgren JG and Rodríguez-Saona C. (2017). From laboratory to field: electro-antennographic and behavioral responsiveness of two insect predators to methyl salicylate. *Chemoecology*, 27, 51–63.
- Shapiro, S. & Wilk, M. (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, 52, 591–611.
- Sharma, M. M. & Sharma, R. K. (2012). Coriander. Handbook of Herbs and Spices. Woodhead, Publishing Limited, Sawston, UK. 525 p.
- Sergeeva, D.D. and Silcenko, V.M. (1984). Resistance of coriander to low temperatures (in Russ., Eng. abstr.) *Fiziol. Biokhim. Kul't. Rast.* 16: 52-55.
- Stelzl, M. & Devetak, D. (1999). Neuroptera in agricultural ecosystems, *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 74(1-3), 305-321.
- Silva, F. A. C.; Panizzi, A. R.; Bueno, A. F. Insetos que atacam vagens e grãos. In: HOFFMANN-CAMPO, C. B., CORRÊA-FERREIRA, B. S., MOSCARDI, F. Soja: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Embrapa, 2012. 859 p.
- Soto G, Alberto, Pallini, Angelo, & Felipe, Lemos. (2013). RESPUESTA DE *Phytoseiulus macropilis* Banks A VOLÁTILES PRODUCIDOS POR PLANTAS DE FRESA ATACADAS POR *Tetranychus urticae* Koch ASPERJADOS CON AZADIRACHTINA. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 17(2), 69-74.

- Souza, B.; Carvalho, C. F. (2002). Population dynamics and seasonal occurrence of adults of *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) in a citrus orchard in southern Brazil. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 48 (2): 301- 310
- Souza, B. (1999). Estudos morfológicos do ovo e da larva de *Chrysoperla externa* (Hagen, 1861) (Neuroptera: Chrysopidae) e influência de fatores climáticos sobre a flutuação populacional de adultos em citrus. 141 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- Summy, K.R. and J.V. French. (1988). Biological control of agricultural pests: concepts every producer should understand. *J. Rio Grande Valley Hort. Soc.* 41:119-133. Tejada, L.O. (1982). *Apuntes de control biológico*. ITESM
- Smith, H.A., McSorley, R., Edwards, G.B. (2000). A comparison of some arthropod groups on monocropped and intercropped tomato in Baja Verapaz, Guatemala. *Fla. Entomol.* 83, 358–362.
- Tourtois, J., Ali, J., & Grieshop, M. (2017). Susceptibility of wounded and intact black soldier fly *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) to entomopathogenic nematodes. *Journal of Invertebrate Pathology.* 150,121-129.
- Togni, P.H.B., Frizzas, M.R., Medeiros, M.A., Nakasu, E.Y.T., Pires, C.S.S., Sujii, E.R. (2009). Dinâmica populacional de *Bemisia tabaci* biótipo B em tomate em monocultivo e consorciado com coentro sob cultivo orgânico e convencional. *Hortic. Bras.* 27, 183–188.
- Toschi, C. A. (1965). The taxonomy, life histories, and mating behavior of the green lacewings of Strawberry Canyon. *Hilgardia* 36. 391-431p.

Urbaneja, A., Muñoz, A., Garrido, A., & Jacas, J. (2004). Which role do lacewings and ants play as predators of the citrus leafminer in Spain? *Spanish Journal of Agricultural Research*. 2(3), 377-384.

Vet LEM, Dicke M. (1992). Ecología del uso infoquímico por natural enemigos en un contexto tritrófico. *Ann Rev Entomol* 37: 141–172

Zeb, A. (2016). Coriander (*Coriandrum sativum*) Oils. In: *Essential Oils in Food Preservation, Flavor and Safety*. (Ed.) Preedy V. R. Academic Press, London, USA. 930 p.