

**Respuesta de oviposición de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) a plantas acompañantes y un volátil inducido por la herbivoría.**

autor:

Martha Johanna Martínez Palma

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de tecnólogo en producción agrícola.

Universidad nacional abierta y a distancia  
Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente  
Programa de tecnología en producción agrícola

Bogotá D.C.

2020

**Respuesta de oviposición de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) a plantas acompañantes y un volátil inducido por la herbivoría**

autor:

Martha Johanna Martínez Palma

asesor:

Jordano Salamanca Bastidas, PhD. Entomología agrícola.

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar el título de tecnólogo en producción agrícola.

Universidad nacional abierta y a distancia  
Escuela de ciencias agrícolas, pecuarias y del medio ambiente  
Programa de tecnología en producción agrícola

Bogotá D.C.

2020

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## **Dedicatoria**

### ***A Dios.***

*Por acompañarme, por ser la luz en mi camino, por mostrarme la sencillez de la vida, de la humildad, por permitirme conocer de su palabra, por mi familia y por todo lo que me ha permitido vivir.*

### ***A mis maestros.***

*Por entregarme su tiempo y conocimiento, por confiar en mis posibilidades, crear esperanza, encender la imaginación y amor por el conocimiento.*

### ***A mi esposo.***

*Por llenarme de amor, por mostrarme una perspectiva diferente de ver la vida, por ayudarme a cumplir mis sueños y estar siempre como un apoyo en todos los momentos de mi vida.*

## **Agradecimientos**

*Al PhD Jordano Salamanca por su tiempo, orientación y acompañamiento en el semillero de investigación donde he podido plasmar el conocimiento adquirido y permitirme el desarrollo de esta tesis.*

*A la universidad nacional abierta y a distancia quien me brindó la posibilidad de formarme como tecnólogo en producción agrícola.*

## Resumen

Los volátiles generados de forma natural por las plantas son atractivos de enemigos naturales, como una respuesta al ataque de herbívoros. Un enemigo natural generalista por su adaptación en campo y capacidad de búsqueda es la especie *Chrysoperla carnea* comúnmente llamada “crisopa”, la cual pasa por los estadios de huevo, larva, pupa y adulto. En su estadio larval es cuando realiza el control, alimentándose de artrópodos de cuerpo blando, caracterizándolo como excelente predador con gran potencial como agente de control biológico. Una estrategia conocida para controlar insectos plaga es la plantación complementaria, ya que las plantas acompañantes son una fuente de refugio, polen, néctar y presas alternativas para los insectos benéficos. El cilantro *Coriandrum sativum* L. es una planta aromática que se ha convertido en una alternativa de asociación con diferentes cultivos agrícolas, uno de sus mayores atributos es el alto contenido de compuestos volátiles constitutivos que esta planta emite. Por otra parte el salicilato de metilo (MeSA) es un volátil emitido por numerosas especies de plantas como defensa indirecta ante los insectos plaga que las atacan. Por lo tanto, este trabajo tiene como objetivo evaluar en condiciones de laboratorio la respuesta de oviposición de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) a plantas acompañantes y un volátil inducido por la herbivoría. Específicamente se evaluará el número de huevos ovipositados por *C. carnea* en plantas artificiales con el salicilato de metilo (MeSA) solo o combinado con *C. sativum*. Se realizó un experimento en un diseño completamente al azar (DCA) con 4 tratamientos replicados 3 veces. Este experimento fue establecido en jaulas, donde los tratamientos fueron: T1) plantas artificiales + cilantro, T2) plantas artificiales + MeSA, T3) plantas artificiales + MeSA + cilantro, T4) plantas artificiales solas. En cada jaula fueron liberadas ocho adultos (hembras grávidas) de *C. carnea* por cada tratamiento. En los tratamientos que cuentan con MeSA, fueron liberados 4

tubos eppendorf con 1mL del compuesto. En los tratamientos con cilantro fueron colocadas tres plantas por jaula. A las 48 horas se realizó el conteo de los huevos.

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

## Abstract

The volatiles naturally generated by plants are attractive to natural enemies, this is a response of the plant when attacked by herbivores. A general natural enemy due to its adaptation in the field and search capacity is the *Chrysoperla carnea* species commonly called "lacewing", as most insects in their life cycle go through the egg, larva, pupa and adult stages, in their stage larval is when it performs control, however it is important to highlight the third stage of the larvae that presents a high degree of cannibalism, feeding on soft-bodied insects, It is characterized by being an excellent predator with great potential as a biological control agent, A Known strategy to control insect pests is complementary planting, since companion plants are a food source for herbivores. Cilantro is an aromatic plant that has become an alternative of association with different crops, one of its greatest attributes is the high content of volatile compounds. Methyl salicylate is a volatil emitted by numerous plant species as an indirect defense against pests that attack it. Therefore, this work aims to evaluate the oviposition response of *Chrysoperla carnea* Stephens (*Neuroptera: Chrysopidae*) to companion plants and a herbivory-induced volatile under laboratory conditions. Specifically, the number of eggs oviposited by *C. carnea* in artificial plants will be evaluated with methyl salicylate (MeSA) alone or combined with coriander *Coriandrum sativum*. An experiment will be performed in a completely randomized design (DCA) with 4 treatments replicated 3 times. This experiment will be established in cages of 44.8 cm width × 44.8 cm length × 37.5 cm height, where the treatments will be: T1) artificial plants + coriander, T2) artificial plants + MeSA, T3) artificial plants + MeSA + coriander, T4) artificial plants alone. Eight adults (pregnant females) of *C. carnea* will be released in each cage for each treatment. In treatments with MeSA, 4 eppendorf tubes with 1mL of the compound will be released. In



coriander treatments three plants will be placed per cage. After 48 hours, the eggs will be counted and it is expected that the interaction of companion plants with volatiles (HIPVs) will generate greater efficiency in the oviposition of *C. carnea*.

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

## Contenido

Nota de aceptación.....	3
Dedicatoria.....	4
Agradecimientos.....	5
Resumen.....	6
Abstract.....	8
Contenido.....	10
Listado de figuras.....	12
Listado de tablas.....	14
Introducción.....	15
Objetivos.....	18
Marco teórico.....	19
Volátiles de plantas inducidos por la herbivoría (HIPVS).....	19
Salicilato de metilo (MeSA).....	20
Plantas acompañantes.....	22
Cilantro <i>Coriandrum sativum</i> L.....	23
Características generales de <i>Chrysoperla</i> .....	25
Familia <i>Chrysopidae</i> .....	26
<i>Chrysoperla carnea</i> Stephens.....	26
Ciclo biológico de <i>Chrysopidae</i> .....	28
<i>Chrysoperla</i> en programas de control biológico.....	30
Metodología.....	31
Sitio de estudio.....	31
Obtención de <i>C. carnea</i> .....	31
Obtención de plantas de cilantro <i>Coriandrum sativum</i> .....	32
Experimentos en jaulas de mallas <i>C. carnea</i> .....	33
Análisis de datos.....	36
Oviposición de <i>C. carnea</i> .....	37
Discusión.....	39
Conclusiones.....	43
Recomendaciones.....	44

Referencias .....45

## Listado de figuras

<b>Figura 1.</b> Los compuestos orgánicos volátiles en plantas son inducidos por la herbivoría y atraen a los enemigos naturales (depredadores y parasitoides) de los herbívoros. Fuente: (Turlings & Tumlinson, 1992; Dicke et al., 1993; Röse et al., 1996).....	20
<b>Figura 2.</b> Estructura química del salicilato de metilo. (Montalvo, 2014).....	21
<b>Figura 3.</b> Planta de cilantro con hojas maduras e inmaduras, con semillas y flores características (Fuente: fineartamerica, 2017). .....	23
<b>Figura 4.</b> <i>Chrysoperla carnea</i> Stephens (Fuente: <a href="http://bioaccio.com/">http://bioaccio.com/</a> ) .....	26
<b>Figura 5.</b> Ciclo de vida de <i>Chrysoperla externa</i> Hagen (Fuente: Salamanca et al., 2011). .....	28
<b>Figura 6.</b> Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), sede José Celestino Mutis, Bogotá, Cundinamarca. ....	31
<b>Figura 7.</b> Recipiente con adultos de <i>Chrysoperla carnea</i> . Fuente autor .....	32
<b>Figura 8.</b> Siembra y germinación de plantas de cilantro <i>Coriandrum sativum</i> . ....	33
<b>Figura 9.</b> Plantas artificiales dispuestas en jaulas para las respectivas evaluaciones de la oviposición de <i>C. carnea</i> . Fuente: el autor. ....	34
<b>Figura 10.</b> Disposición de plantas acompañantes y salicilato de metilo MeSA en las jaulas Fuente: el autor.....	35
<b>Figura 11.</b> Huevos ovipositados de <i>Chrysoperla carnea</i> . Fuente: el autor. ....	35
<b>Figura 12.</b> Plantas acompañantes intercaladas dispuestas en Jaula. Fuente: el autor.....	35
<b>Figura 13.</b> Plantas artificiales en Jaula. Fuente: el autor. ....	36
<b>Figura 14.</b> Respuesta de oviposición de <i>C. carnea</i> sobre las plantas artificiales con MeSA + Cilantro y su combinación. + indica una respuesta marginal entre los tratamientos. ....	38

**Figura 15.** Respuesta de oviposición de *C. carnea* sobre las plantas artificiales con MeSA + Cilantro y su combinación. + indica una respuesta marginal entre los tratamientos. ....38

## Listado de tablas

<b>Tabla 1.</b> Taxonomía de Chrysopidae .....	26
<b>Tabla 2.</b> Anova del efecto del MeSA + Cilantro y su interacción sobre el comportamiento de oviposición de <i>Chrysoperla carnea</i> (Neuroptera: Chrysopidae). .....	37

## Introducción

La siembra complementaria es una práctica agrícola en la que dos especies de plantas se cultivan muy cerca para mejorar su productividad (Parker et al., 2013). Las plantas acompañantes pueden mejorar la eficacia de búsqueda de enemigos naturales en los cultivos agrícolas al proporcionarles una fuente de alimento como néctar y polen, refugio y / o presas (Harmon et al., 2000; Barbosa et al., 2009). Durante muchas décadas, los agricultores han utilizado los cultivos intercalados para preservar la biodiversidad dentro de los campos de la agricultura (Vandermeer, 1992; Altieri & Nicholls, 2004) y establecer policultivos que incluyen dos o más variedades o especies de cultivos diferentes dentro del mismo campo (Parker, 2013).

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una de las plantas acompañantes más estudiadas en el mundo (Bugg & Wilson, 1989; Patt et al., 1997; Kasina et al., 2006), y muchos enemigos naturales se sienten atraídos por ellas (Salamanca et al., 2018). En sistemas de producción orgánica al ser asociado con hortalizas, los insectos benéficos depredadores atraídos por las flores atacan a las plagas de esos cultivos, además se le atribuye la virtud de retrasar el desarrollo de epidemias de enfermedades virales en algunos cultivos de tomate (Smith et al., 2000).

Cuando las plantas son atacadas por herbívoros liberan cantidades mayores de volátiles conocidos como volátiles de plantas inducidos por la herbivoría (HIPVs) que atraen a los enemigos naturales de los herbívoros (Drukker & Sabelis, 1990; Yu et al., 2010; Salamanca et al., 2015). Numerosos artrópodos enemigos naturales usan los HIPVs para localizar y alimentarse de sus presas o parasitar a sus hospederos (Dicke & Sabelis, 1988; Turlings & Wackers, 2004; Dicke, 2015). Los HIPVs juegan diferentes roles ecológicos como la interacción planta-planta, interacción planta-herbívoro y otras interacciones relacionadas (Gebreziher, 2018).

Los compuestos volátiles, en general, provienen de tejidos vegetativos y son parte del sistema de defensa de la planta. Estos compuestos actúan para repeler microorganismos y animales, o para atraer a sus enemigos naturales, protegiéndolos indirectamente a través de interacciones tritróficas. Con esta estrategia, la planta misma puede reducir la cantidad de herbívoros (Kessler & Baldwin, 2001; Salamanca et al., 2018).

Los insectos herbívoros diariamente están sometidos a olores y esencias naturales atrayentes, las cuales utilizan como señales de orientación para encontrar su fuente de alimento, sitio de apareamiento, sitio de oviposición y como sistema de alarma (Dethier, 1947; Salamanca et al., 2015). Un compuesto volátil que tiene gran importancia es el salicilato de Metilo (MeSA), el cual está presente en diferentes mezclas de sustancias volátiles de plantas inducidas por herbívoros (Salamanca et al., 2015), que atraen a depredadores de especies como *Chrysoperla Carnea* Stephens (Neuroptera; Chrysopidae) (James, 2003). Estudios recientes mostraron que el MeSA resulta ser atractivo para hembras grávidas con mayores probabilidades de aumento de la oviposición por parte del insecto en o cerca de plantas que emiten este compuesto inclusive de forma artificial (Salamanca et al., 2017; Fernández, 2019).

Uno de los enemigos naturales con mayor abundancia y amplio rango de hábitad es *Chrysoperla carnea* debido a su capacidad para controlar una variedad de plagas de insectos, tener una mayor capacidad de búsqueda y amplia adaptabilidad en campo (Morrison, 1985). *Chrysoperla carnea* puede ser fácilmente criado en el laboratorio y utilizado contra las plagas de insectos en el campo (Syed et al., 2008).

Las crisopas verdes se consideran uno de los depredadores generalistas más efectivos con un alto potencial en control biológico (New, 1975). Se alimentan de huevos de Lepidópteros y larvas jóvenes, pulgones, ácaros, cochinillas, moscas blancas, trips entre otras presas de cuerpo



blando (Canard et al., 1984; New, 1988; Salamanca et al., 2010). Las crisopas son altamente depredadoras y caníbales como las larvas (Nordlund, 1993). Las larvas insertan sus mandíbulas en sus presas, inyectan enzimas digestivas y succionan fluidos corporales (Olkowski et al., 1991), mientras que los adultos se alimentan principalmente de néctar, polen y melaza y algunos son depredadores (Coppel & Mertins, 1977).

Debido a esto, este trabajo se planteó la hipótesis que la combinación del HIPV salicilato de metilo (MeSA) y la planta acompañante cilantro *Coriandrum sativum* L. aumentan la eficiencia de oviposición de *Chrysoperla carnea* en condiciones de laboratorio.

## Objetivos

### Objetivo general

- ❖ Evaluar la respuesta de oviposición de *Chrysoperla carnea* Stephens (*Neuroptera: Chrysopidae*) a plantas acompañantes y un volátil inducido por la herbivoría.



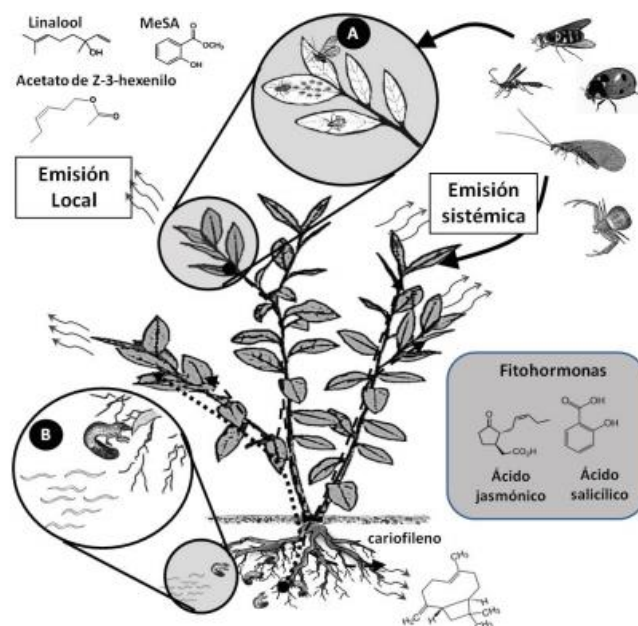
### Objetivos específicos

- ❖ Evaluar el número de huevos ovipositados por *Chrysoperla carnea* en plantas artificiales con el salicilato de metilo (MeSA) solo o combinado con cilantro *Coriandrum sativum*.

## **Marco teórico**

### **Volátiles de plantas inducidos por la herbivoría (HIPVS)**

En los agroecosistemas existen relaciones de comunicación entre los enemigos naturales, los insectos fitófagos y las plantas, que se puede iniciar a través de señales químicas por la emisión de volátiles de las plantas (Baldwin et al., 2001). El atractivo de los HIPV para los enemigos naturales en una interacción tritrófica varía según la diversidad de especies Gebreziher, (2018). Estas señales pueden influir en los herbívoros en sus tasas de oviposición y depredación esto sugiere que los volátiles son una defensa indirecta contra enemigos que se posan en la planta (Baldwin et al., 2001). Los volátiles orgánicos emitidos son señales que indican a los depredadores y parasitoides que una planta está siendo atacada. Igualmente, las plantas pueden proporcionar alimento (néctar y polen) y refugio en estructuras especializadas a los enemigos de los herbívoros, conformándose de esta forma en un sistema tritrófico (Kessler y Baldwin, 2001). Los volátiles emitidos por la planta o semioquímicos, son compuestos que intervienen en la comunicación y comportamiento entre organismos vivos (Bernays & Chapman, 1994), juegan un papel importante como atrayentes de parasitoides, ya que muchos de ellos detectan las sustancias del hospedante o de su presa y de esta forma se orientan hacia ellas (Van poecke, 2001).



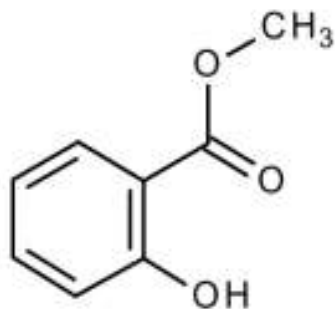
**Figura 1.** Los compuestos orgánicos volátiles en plantas son inducidos por la herbivoría y atraen a los enemigos naturales (depredadores y parasitoides) de los herbívoros. Fuente: (Turlings & Tumlinson, 1992; Dicke et al., 1993; Röse et al., 1996).

### Salicilato de metilo (MeSA)

El salicilato de metilo (MeSA) es un compuesto volátil liberado por diversas especies de plantas, debido al daño causado por la herbivoría (Salamanca et al., 2015), este compuesto es de gran importancia para la agricultura, puesto que ha mostrado gran potencial como atrayente de enemigos naturales de los herbívoros (Rodríguez-Saona et al., 2011; Kaplan, 2012; Salamanca et al., 2019). En previos estudios Salamanca et al. (2015), encontraron 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* 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 HIPVs 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).



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

## **Plantas acompañantes**

El cultivo intercalado es una alternativa de manejo de plagas utilizada para control de plagas. El cultivo intercalado se define como "el cultivo de al menos dos especies de plantas simultáneamente en el mismo campo (Andrews & Kassam 1976) sin necesariamente ser sembrados y / o cosechados al mismo tiempo" (Lithourgidis et al., 2011). Muchos han identificado tipos de cultivos intercalados basados en la superposición espacial y temporal de especies de plantas, y dependen del cultivo asociado y su evaluación después de la cosecha (Lopes et al., 2016).

Durante muchas décadas, los agricultores han utilizado los cultivos intercalados para preservar la biodiversidad dentro de los campos de la agricultura (Vandermeer, 1992; Altieri & Nicholls, 2004) y establecer policultivos que incluyen dos o más variedades o especies de cultivos diferentes dentro del mismo campo (Parker, 2013). El cultivo intercalado es una técnica antigua y tradicional que se ha utilizado para proporcionar interacciones biológicas beneficiosas entre cultivos (Vandermeer; 1992, Cunningham, 1998; Sarker, 2009) y generar diferentes servicios agroambientales (Brooker et al., 2015; Malézieux et al., 2009), entre ellos la protección de las plantas contra los insectos (Moreno & Racelis 2015). Diferentes términos categóricos se han usado para describir plantas involucradas en cultivos intercalados, es decir, plantas secundarias, cultivos de cobertura y cultivos intercalados, entre otros ejemplos. Las plantas acompañantes tienen el potencial de proteger al objetivo y ser fuente de alimento para herbívoros. Las plantas acompañantes dentro de los cultivos se usan para intercalar a pequeña escala (campo escala) (Cunningham, 1998, Collier & Finch 2003) y la protección del cultivo objetivo contra los herbívoros es conferida por el entorno del cultivo primario (Cunningham, 1998, Parolin, et al.,

2012). El conocimiento de estas prácticas se ha acumulado a través de observaciones y se basa en el estrategia de prueba / error durante un largo período histórico. Los efectos de una planta compañera difieren de una especie a otra. Además, sus mecanismos no han sido claramente explicados. Estas revisiones se han centrado principalmente en los requisitos de los enemigos naturales de la plaga. Existe un mayor potencial para optimizar este tipo de sistema para mejorar el manejo integrado de plagas (Gadgil et al., 1993; Morales, 2000).

### **Cilantro *Coriandrum sativum* L.**

El cilantro (*Coriandrum sativum* L.) es una planta aromática y condimentaria, su follaje y semillas tienen una alta demanda y consumo mundial. Se cree que es nativa de África y el sur de Europa (Ivanova & Stoletova, 1990); Los estudios relacionados con este cultivo se centran principalmente en la composición y calidad de los aceites esenciales que produce y, en menor grado, en sus requerimientos agronómicos e hídricos (Hassan & Ali, 2013) (Fig. 3).



**Figura 3.** Planta de cilantro con hojas maduras e inmaduras, con semillas y flores características (Fuente: fineartamerica, 2017).

Respecto a los requerimientos agroclimáticos de *C. sativum*, es un cultivo herbáceo que tiene una amplia adaptación en climas cálidos, frescos y fríos moderados, con altitudes que varían en la zona tropical desde 600 a 2500 msnm y temperaturas promedio desde los 27°C hasta los 19°C. Las regiones de climas cálidos y frescos 1000 – 1700 msnm y temperaturas de 20 – 26°C, favorecen un mejor desarrollo de follaje con incrementos en la producción de materia fresca (Vallejo & Estrada 2004). La planta consigue un óptimo desarrollo de raíces en suelos de textura liviana, sueltos o francos con abundante contenido de materia orgánica. Los sustratos preparados con mezclas de residuos orgánicos con suelos u otros minerales como cenizas, arena, carbonilla pueden conformar un excelente medio de cultivo para el cilantro (Acuña, 1998).

En Colombia se cultivan aproximadamente 3.000 ha con cilantro, de las cuales 40% se encuentran en el departamento del Valle del Cauca, seguido de Antioquia y la región del Viejo Caldas (Estrada, 2003; Vallejo & Estrada, 2004). Se sabe que para una producción entre 18 y 20 t/ha follaje verde se necesitan entre 200 y 300 plantas/m<sup>2</sup>, siempre y cuando se garantice un suministro adecuado de agua y nutrientes (Arcos, 2002; Estrada, 2000; Mejía et al., 2008).



## Características generales de *Chrysoperla*

La familia *Chrysopidae* (Neuroptera) incluye unas 2000 especies (New, 1991) y es una de las familias más interesantes dentro del orden Neuroptera debido a su amplia y casi cosmopolita distribución geográfica, al elevado número de ejemplares que con frecuencia constituyen sus poblaciones y, especialmente, por ser muy importantes agentes de control biológico pues sus larvas pueden alimentarse de pequeños fitófagos (Canard et al., 1984; McEwen et al., 2001).

Es un insecto de cuerpo delgado de color verde claro, ojos dorados brillantes comúnmente llamado “crisopas” insectos verdes de alas de encaje, presentan antenas filamentosas, miden aproximadamente 15 mm de longitud, las alas son delgadas con venas superpuestas ligeramente separadas, más o menos del mismo tamaño, con las venas verdes como el cuerpo y bifurcadas cerca del margen, las alas anteriores muestran venas trasversales entre la costa y la sub-costa y un simple sector radial con definidas venas accesorias, los huevecillos son ovalados y fijados a la superficie foliar por un fino pedicelo, algunos son depositados aisladamente, otros en grupo con los pedicelos más o menos separados; las larvas son campodeiformes y se pueden dividir en dos grupos, uno carga los restos de sus víctimas y otro es desnudo (Nuñez, 1988). El estado de larva presenta tres instares y se caracterizan porque es el estado predador en la mayoría de las especies, y se alimentan de áfidos, ácaros y de estados inmaduros de muchos artrópodos. (Cuesta & Guarín 2003).

## Familia *Chrysopidae*

**Tabla 1.** Taxonomía de Chrysopidae

---

Reino	: Animalia
Filo	: Arthropoda
Clase	: Insecta
Orden	: Endopterygota
Suborden	: Neuroptera
Superfamilia	: Hemerobioidea
Familia	: Chrysopidae

---

(Fuente: Valencia et.al, 2006)

### *Chrysoperla carnea* Stephens



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

*Chrysoperla carnea* se encuentran en todos los ecosistemas del mundo, excepto en los polos y en Australia. Son insectos con ciclos biológicos que cuentan con un estado larvario y los adultos poseen alas. Los adultos son de coloración verdosa, miden cerca de 15 mm de longitud, tienen alas membranosas con numerosas venas transversales y longitudinales, antenas filamentosas y aparato bucal masticador (Castillo & Guzman 2017).

## Ciclo biológico de Chrysopidae

Como todas las especies del orden Neuróptera, *C. carnea* presenta metamorfosis completa huevo, larva, pupa y adulto (Cuesta & Guarín 2003). Este metabolismo consta de 6 etapas 1) huevo, 2) tres instares larvales, 3) pupa, y 4) adulto (Fig. 5).



**Figura 5.** Ciclo de vida de *Chrysoperla externa* Hagen (Fuente: Salamanca et al., 2011).

Según Rojas (2016), el estado larval posee tres estadios y dura cerca de tres semanas. Al final del tercer estadio larval, la larva teje una cápsula redonda y se transforma en pupa en la planta en donde se encuentre. La emergencia del adulto ocurre aproximadamente después de una semana; por lo tanto, el ciclo de vida del insecto alcanza de tres a cuatro semanas en verano. Cuando las temperaturas son más bajas, el ciclo se puede alargar de cuatro a seis semanas. En condiciones naturales puede completar hasta tres generaciones anuales. Las hembras generalmente depositan sus huevecillos en forma individual y preferentemente en lugares donde se encuentran insectos como los pulgones, que producen mielecilla que significa una fuente alimenticia para el adulto y que además facilita a las larvas recién emergidas encontrar rápidamente a sus presas (Duelli, 1984). La longevidad del adulto puede ser de varios meses. Los huevos al ser ovipositados son de color verde y antes de la eclosión adquieren un color gris o plomo, están provistos de un pedicelo cuya función es protegerlo de canibalismo, depredación o parasitismo. La larva se caracteriza por una alta capacidad de búsqueda, intensa actividad, movimientos rápidos y por ser muy agresiva. Prefiere insectos de cuerpo blando tales como pulgones, moscas blancas, trips, piojos harinosos, huevecillos y larvas de lepidópteros y ácaros. Comúnmente todas las especies de *Chrysoperla* son consideradas depredadores generalistas, sin embargo, muestran sus preferencias por determinadas presas (Salamanca et al., 2010). Recién emergidas del huevecillo, las larvas pueden desplazarse hasta 25 m en busca de alimento. Algunas larvas pueden recorrer 4 a 5 km, aunque algunos autores indican 11 a 13 Km., antes de convertirse en pupa. Solamente las *Chrysopas* en estado de larvas son las que realizan el control de plagas y las larvas de tercer instar son las que hacen la mayor parte de la actividad de control biológico (Pappas et al., 2011).

### ***Chrysoperla* en programas de control biológico.**

*Chrysoperla carnea* es un excelente depredador generalista con gran potencial como agente de control biológico. El estado larval es el que realiza el control, siendo las larvas de tercer estadio las que ejecutan la mayor parte del trabajo, alimentándose de insectos de cuerpo blando, tales como áfidos, moscas blancas y trips, entre otros (Loera et al., 2001). Velásquez (2004) señaló que el segundo estadio larval es más activo que el primero, consume más alimento, y el tercer estadio presenta alto grado de canibalismo y un apetito aún más voraz. Los adultos se alimentan de néctar, polen o mielecilla producida por algunos insectos (Loera et al., 2001).

En Colombia se han realizado algunos trabajos evaluando la capacidad depredadora de *Chrysoperla externa* (Hagen) sobre trips (Cuesta & Guarín, 2003). En Perú, Núñez (1988) reportó a *C. externa* como una especie con gran voracidad tanto en estado larval como adulto, pues se le ha registrado depredando una gran diversidad de insectos de cuerpo blando como *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), *Spodoptera eridania* (Stoll) y áfidos en cultivos de maíz. También en olivos se le ha hallado alimentándose de *Orthezia olivícola* (Beingolea) y *Palpita persimilis* (Munroe), entre otros. Este mismo autor afirmó que *C. externa* es cosmopolita y que se utiliza en el Perú, desde 1984, como agente regulador de plagas de importancia económica como *Heliothis* sp., *Cidia pomonella* (Linnaeus) y *Pectynophora gossypiella* (Saunders), entre otros. Esta especie de depredador, junto con *Ceraeochrysa cincta* (Schneider), además de estar incluidas en programas de manejo integrado de plagas agrícolas importantes, se producen masivamente en diferentes laboratorios del Perú, para su distribución y sostenimiento de los programas de MIP, desde mucho tiempo atrás (Núñez, 1988).

## Metodología

### 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.

(Fig. 6).



**Figura 6.** Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), sede José Celestino Mutis, Bogotá, Cundinamarca.

### 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 200 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. 7). Fueron alimentados con una dieta de levadura de cerveza y miel en una proporción 1:1.



**Figura 7.** Recipiente con adultos de *Chrysoperla carnea*. Fuente autor

### **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, se usó una mezcla de cascarilla en la tierra que se dispuso, se realizó riego cada tercer día de 100 ml por planta y después de tener 30 días se procedió a realizar los experimentos (Fig. 8).

Humedad relativa de 77% y temperatura 15° promedio.





**Figura 8.** Siembra y germinación de plantas de cilantro *Coriandrum sativum*.

### **Experimentos en jaulas de mallas *C. carnea***

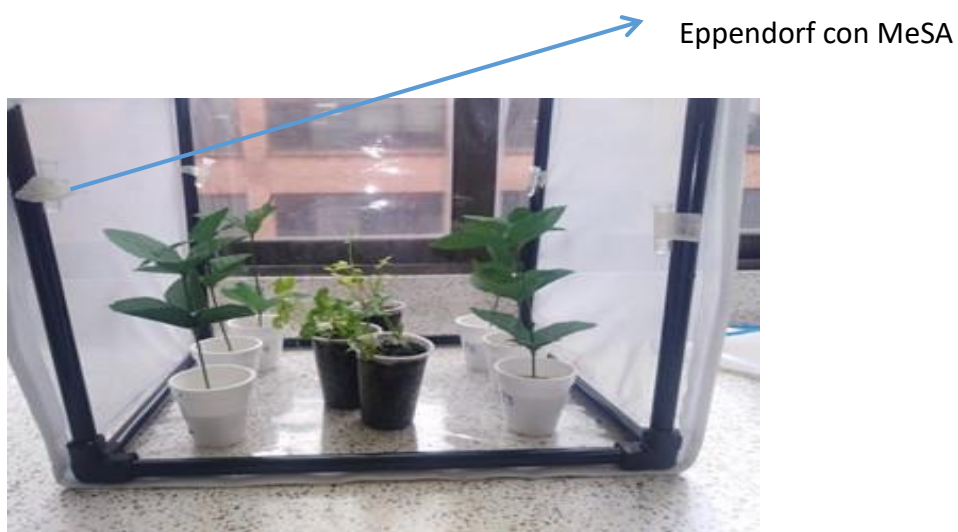
Se establecieron jaulas (44,8 cm ancho × 44,8 cm largo × 37,5 cm alto) cubiertas por tela de malla (50%) y plástico transparente (50%), donde se colocaron 9 plantas artificiales en vasos térmicos de 300 cm<sup>3</sup> los cuales fueron llenados con arena (Fig. 9), y se establecieron 4 tratamientos replicados 3 veces en un diseño factorial con dos factores MeSA + Cilantro y su interacción. Los tratamientos fueron: 1) control, 2) MeSA, 3) Cilantro, 4) MeSA + Cilantro.

Tratamiento MeSA: se tomaron 9 plantas artificiales y se colocó un tubo eppendorf con 1 ml de MeSA en cada una de las esquinas (4 eppendorf/jaula).



**Figura 9.** Plantas artificiales dispuestas en jaulas para las respectivas evaluaciones de la oviposición de *C. carnea*. Fuente: el autor.

Tratamiento 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. 10).



**Figura 10.** Disposición de plantas acompañantes y salicilato de metilo MeSA en las jaulas  
Fuente: el autor.

En cada tratamiento fueron liberadas 8 hembras grávidas adultas de *C. carnea*. Se evaluó la ovoposición después de 48 horas (12:00 am – 12:00pm) (Fig.11).



**Figura 11.** Huevos ovipositados de *Chrysoperla carnea*. Fuente: el autor.

Tratamiento Cilantro: Para el tratamiento con cilantro se colocaron tres plantas en cada jaula de forma intercalada. (Fig. 12).



**Figura 12.** Plantas acompañantes intercaladas dispuestas en Jaula. Fuente: el autor.

Tratamiento control: Para el tratamiento de control se dispusieron 9 plantas artificiales en Jaula. (Fig 13).



**Figura 13.** Plantas artificiales en Jaula. Fuente: el autor.

Después se tomó cada una de las plantas dispuesta en las jaulas de cada uno de los tratamientos y se contó cuidadosamente la cantidad de huevos ovipositados por las hembras grávidas de *C. carnea*, posterior al conteo de huevos en cada una de las veces que se replicaron los tratamientos se realizó la limpieza de las plantas con alcohol para la nueva medición.

### **Análisis de datos**

Todos los análisis se realizaron con 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 el comportamiento de oviposición de *Chrysoperla carnea* se realizó una ANOVA factorial con dos factores MeSA + Cilantro y su interacción. Los datos fueron transformados usando Logaritmo natural (ln) antes de los análisis para satisfacer la homogeneidad de las varianzas. Graficas fueron realizadas con los datos no transformados.

## Resultados

### Oviposición de *C. carnea*

El tratamiento con cilantro o en combinación con el salicilato de metilo (MeSA) influyó de una forma marginal el comportamiento de oviposición de *Chrysoperla carnea* (Tabla 2).

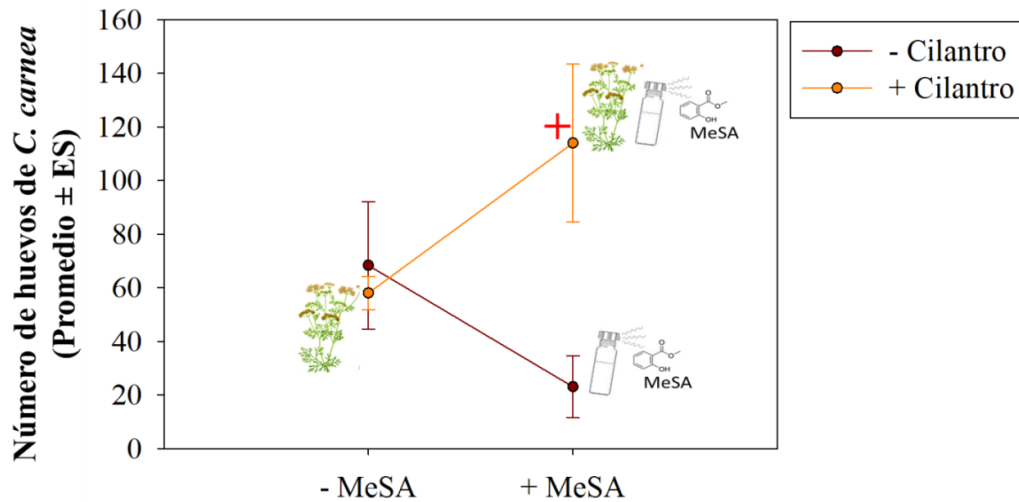
**Tabla 2.** Anova del efecto del MeSA + Cilantro y su interacción sobre el comportamiento de oviposición de *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae).

Variable	<i>gl</i> <sup>a</sup>	<i>F</i>	<i>P</i> <sup>b</sup>
MeSA	1; 8	0.65	0.44
Cilantro	1; 8	4.06	<b>0.07</b>
MeSA + Cilantro	1; 8	4.17	<b>0.07</b>

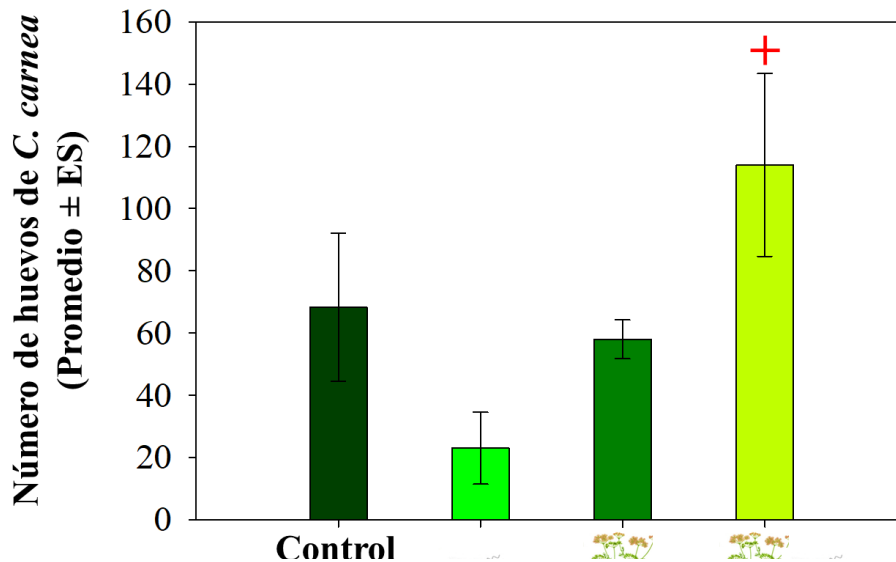
<sup>a</sup> Numerador; denominador (error)

<sup>b</sup> Números en negrilla indican respuesta marginal de las variables ( $\alpha = 0.1$ ).

En la figura 14 y 15 podemos observar que el cilantro en combinación con el salicilato de metilo (MeSA), presenta mayor número de huevos de *C. carnea* en comparación con el cilantro o el MeSA solos.



**Figura 14.** Respuesta de oviposición de *C. carnea* sobre las plantas artificiales con MeSA + Cilantro y su combinación. + indica una respuesta marginal entre los tratamientos.



**Figura 15.** Respuesta de oviposición de *C. carnea* sobre las plantas artificiales con MeSA + Cilantro y su combinación. + indica una respuesta marginal entre los tratamientos.

## Discusión

Con la realización de estos experimentos en condiciones de laboratorio, se demostró que *C. carnea* responde comportamental y fisiológicamente al cilantro combinado con MeSA, ya que las hembras grávidas de *C. carnea* adultas fueron atraídas por estos tratamientos, resultando en una mayor oviposición.

Las crisopas adultas usan volátiles emitidos por las plantas en respuesta al ataque de herbívoros (es decir, HIPV) para localizar presas, sitios de alimentación (por ejemplo, néctar, melaza), así como sitios adecuados para el apareamiento y la oviposición (McEwen et al., 1993; Kunkel y Cottrell, 2007), esto nos permite afirmar que la combinación de volátiles como MeSA y plantas acompañantes como el cilantro genera una mayor oviposición de hembras grávidas; Lo que a su vez en programas de manejo de plagas resulta positivo, ya que tener mayor número de

huevos significa que se obtendrá un mayor número de larvas que son las encargadas de la depredación de la plaga.

Nuestros datos respaldan la teoría de búsqueda óptima de depredadores (Kindlmann & Dixon, 1993), lo que indica que las hembras apareadas deben poner sus huevos preferentemente en las plantas hospederas de alta calidad para su descendencia. Según esta teoría, las hembras, que tienen como objetivo maximizar el rendimiento de su descendencia, no deben poner sus huevos en lugares donde hay escasez de presas. La elección de la oviposición de *Chrysoperla externa* Hagen (1981) para plantas infestadas de pulgones proporcionar alimentos y asegurar el desarrollo y la supervivencia de sus descendientes, y esto explica nuestros resultados en el invernadero donde las hembras de *C. externa* pusieron más huevos en plantas infestadas y menos huevos en plantas no infestadas, así como las obtenidas en el laboratorio donde el depredador mostró preferencia por los olores (Salamanca et al., 2015).

Según Reddy et al., 2004, en un estudio realizado en cultivos de brocoli, coliflor y repollo infestados por la polilla *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae), es la más importante plaga de brassicas cultivadas en todo el mundo (Talekar & Shelton, 1993), la cual ocurre durante todo el año donde quiera que se cultiven sus plantas hospederas. Las larvas de esta polilla se alimentan de todas las plantas de la familia crucífera, cultivos de col y en varias plantas de invernadero. La oviposición de *C. carnea* fue significativamente mayor en las hojas de las plantas lesionadas que en las hojas intactas. Implicaciones sobre el posible rol de los volátiles de la hoja verde en la selección / preferencia del huésped, así como en las interacciones tritróficas. Las plantas de *C. sativum* si influyeron en el comportamiento de oviposición de hembras grávidas de *C. carnea*, de hecho, el tratamiento en donde estaban las plantas artificiales con plantas de cilantro registro una cantidad de huevos promedio, las cuales son atractivas para enemigos



naturales (Harmon et al., 2000; Barbosa et al., 2009; Salamanca *et al.*, 2018). 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).

En otros estudios se utilizó como planta acompañante al cilantro ya que presta un servicio de alimentación como fuente de nutrición y atracción a enemigos naturales entre ellos a especies de la familia Chrysopidae (Salamanca et al., 2018) y en cultivos de manzana se encontró que dispensadores con benzaldehído, atraían grandes números de especies de Chrysopidae (Jones et al., 2011).

Además de atraer enemigos naturales, las plantas de cilantro pueden promover la reducción de la infestación por algunos insectos fitófagos. Togni et al., (2010) encontraron que la inclusión de volátiles de cilantro junto a los tomates reduce la atracción de *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889), biotipo B, a la solanácea. Por lo tanto, el uso de cilantro en cultivos intercalados puede ayudar a reducir los insectos plaga por el efecto directo sobre ellos, al afectar la elección del huésped, o indirectamente, por el mantenimiento de enemigos naturales (Medeiros et al., 2009; Togni et al., 2009).

En estudios anteriores, se utilizó liberaciones aumentativas de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) como uno de los componentes viables del manejo integrado de plagas (IPM) de *T. ludeni* en berenjenas (Reddy, 2001). El control efectivo de los ácaros usando *C. carnea* ha sido reportado varias veces (Lo et al., 1989; Palet al., 1989; Sharanabasava y Manjunatha, 1998).

La respuesta de oviposición concuerda con el estudio de (Fernandez, 2019), en donde se halló que MeSA atrajo a hembras grávidas de *C. carnea* quienes optaron por ovipositar en las plantas con dicho compuesto o cerca de ellas. Además, concuerda con estudios similares donde se evidencio que MeSA atrae significativamente al género Chrysopidae específicamente a la especie de *Chrysoperla rufilabris* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae) (Salamanca et al, 2017) además de demostrar anteriormente que al utilizar el MeSA no solo atrajo mayor cantidad de individuos de este género si no que aumento la ovoposición de *Chrysoperla externa* Hagen (Neuroptera: Chrysopidae) (Salamanca et al, 2015).

Otros estudios realizados con MeSA indican que los crispidos fueron atraídos significativamente, por trampas sintéticas cebadas con HIPV en un cultivo de manzanos infestado de áfidos (Gencer et al., 2019). En otro estudio realizado por James 2005, muestra que algunas especies de depredadores de diferentes órdenes como *Chrysopa nigricornis* Burmeister, 1839 (Neuroptera: Chrysopidae), (Hemiptera: Miridae), *Hemerobius* sp. (Neuroptera: Hemerobiidae) fueron atraídos por trampas cebadas por MeSA, En una evaluación de MeSA como atrayente para insectos benéficos en cultivos de café dio como resultado que la especie *Chrysoperla* si es atraída por este volátil, lo que beneficia el cultivo y permite sugerir como alternativa de control biológico el uso del mismo (Coral y Bacca 2011).

Los volátiles emitidos por los mismos herbívoros pueden ser utilizados por depredadores para seleccionar sitios de oviposición y para localización de presa para su descendencia, especialmente cuando solo las larvas son depredadores (Dicke et al., 1990), como con *C. externa*. Entre los volátiles liberados por pulgones, la alarma de feromona  $\beta$ -farneseno, que puede actuar

como una kairomona, se sabe que atrae a los apidiófagos insectos en el lugar donde se puede encontrar a su presa (Pickett et al., 1992; Francis et al., 2004, 2005)

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.

### **Conclusiones**

- ❖ El salicilato de metilo (MeSA) mostró ser atractivo para hembras adultas de *C. carnea* y esta atracción por el volátil del MeSA conlleva a aumentar la eficiencia de oviposición.
- ❖ La interacción de plantas acompañantes como *C. sativum* con MeSA si mejoró el comportamiento de la oviposición de *C. carnea*.

## **Recomendaciones**

- ❖ Hacer pruebas en campo con diferentes especies de plantas y de plagas, esto con el fin de contribuir con información que permita que el control de plagas sea un método de bajo costo, sustentable y de fácil aplicación usado por nuestros agricultores.

## Referencias

- Andrews, D.; Kassam, A. (1976) The Importance of Multiple Cropping in Increasing World Food Supplies; American Society of Agronomy & Crop Science Society of America: Madison, WI, USA; Soil Science Society of America: Fitchburg, WI, USA,.
- Acuña, J.R. (1998). Guía para la producción de hortalizas de hoja para la industria. Perejil, *Petroselinum hortense*, cilantro, *Coriandrum sativum*. Guía para la producción de hortalizas. Ediciones ASIAVA. Cali, Colombia. p. 116-118.
- Arcos, A. L., Estrada, E. I.; y Muñoz, J. (2002). Estabilidad de cinco cultivares de cilantro *Coriandrum sativum* L. en cinco niveles de nitrógeno y dos épocas de siembra. Trabajo de grado. Ing. Agrónomo. Palmira. Universidad Nacional de Colombia.

- Altieri, M.; Nicholls, C. (2004) Biodiversity and Pest Management in Agroecosystems; CRC Press: New York, NY, USA; p. 185.
- Baldwin, I., Kessler A., & Halitschke, R. (2001). Volatile signaling in plant–plant–herbivore interactions: what is real? *Current Opinion in plant Biology*. 5:1-4.
- 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.
- Bernays, E & Chapman, R (1994). Behavior: the process of host-plant selection . in: Host plant selection by phytophagous insects. Chapman and Hall. USA. Pp:95-150.
- Brooker, R.W.; Bennett, A.E.; Cong, W.F.; Daniell, T.J.; George, T.S.; Hallett, P.D.; Hawes, C.; Iannetta, P.P.; Jones, H.G.; Karley, A.J. (2015) Improving intercropping: A synthesis of research in agronomy, plant physiology and ecology. *New Phytol.*, 206, 107–117.
- Bugg, R.L., 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.
- Canard, M., Séméria, Y. & New, T. R., (1984). *Biology of Chrysopidae*. Junk Publishers, Series Entomologica, 27. The Hage. 294 pp.
- Castillo, S. G. J., & Guzmán, G. H. (2017). Creación de una librería metagenómica del aparato digestivo de *Chrysoperla carnea*. *Jóvenes en la Ciencia*, 3(2), 963-968
- Collier, R.H.; Finch, S. (2003) The Effect of Increased Crop Diversity on Colonisation by Pest Insects of Brassica Crops; British Crop Protection Council: Farnham, UK,; pp. 439–444.
- Coppel, H.C., Mertins, J.W., (1977). *Biological Insect Pest Suppression*. Springer, Berlin.

- Coral Gaón, F., & Bacca, T. (2011). Evaluación del salicilato de metilo como atrayente de insectos benéficos en el cultivo de café.
- Corbett A & JA Rosenheim (1996) Impact of natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Ecological Entomology* 21:155-164.
- Cuesta, L.A.; Guarín, J.H. (2003). Estudios de *Chrysoperla externa*, bioinsumo para el manejo de Thrips palmi Karny. En: Thrips palmi Karny en el oriente antioqueño. Juan H, Guarín (Ed.). Rionegro, Antioquia. Corpoica- Pronatta.
- Cunningham, S.J. (1998) Great Garden Companions: A Companion Planting System for a Beautiful, Chemical-Free Vegetable Garden; Rodale Books: Emmaus, PA, USA,
- De Boer, J. & M Dicke. (2004). The role of methyl salicylate in prey searching behavior of the predatory mite *Phytoseiulus persimilis*. *Journal of Chemical Ecology*, 30: 255–271
- Dethier, A. (1947). Chemical insect attractants and repellents. The Maple Press Company, E.U. 289 pp.
- Dicke, M. (2015). Herbivore-induced plant volatiles as a rich source of information for arthropod predators: fundamental and applied aspect. *J of Indian Institute of Science* 95(1): 35-42
- Dicke, M., Sabelis, M.W., Takabayashi, J., Bruin, J., Posthumus, M.A., (1990). Plant strategies of manipulating predator-prey interactions through allelochemicals: prospects for application in pest control. *J. Chem. Ecol.* 16, 3091–3118.
- Dicke, M., Sabelis, M.W., De Jong, M. (1988). Analysis of prey preference in phytoseiid mites by using olfactometer, predation models and electrophoresis. *Experimental and Applied Acarology* 5: 225-241.

- Dicke, M., van Baarlen, P., Wessels, R., & Dijkman, H. (1993). Systemic production of herbivore-induced synomones by lima bean plants helps solving a foraging problem of the herbivore's predators. *Proc. Exp. & Appl. Entomol.* 4: 39-44. Dicke, M., Gols, R., Ludeking, D., & Posthumus,
- Drukker, B., Sabelis, M.W. (1990). Anthocorid bugs respond to odor emanating from *Psylla* infested pear trees. *Netherlands Entomological Society* 1: 88-89
- Duelli, P., (1984). Oviposition. In: *Biology of Chrysopidae*, Canard M., Y. Semeria and T.R. New (Eds.). Dr W. Junk Publishers, The Hague, pp: 129-133.
- Estrada, E. I. (2000). El cultivo de cilantro UNAPAL Precoso. Programa de Investigación en Hortalizas. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 23 p.
- Estrada, E.I. (2003). Mejoramiento Genético y Producción de Semillas de Hortalizas en Colombia. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 261p.
- Francis, F., Lognay, G., Haubruge, E., (2004). Olfactory responses to aphid and host plant volatile releases: (E)-b-farnesene an effective kairomone for the predator *Adalia bipunctata*. *J. Chem. Ecol.* 30, 741–755.
- Francis, F., Martin, T., Lognay, G., Haubruge, E., (2005). Role of (E)-b-farnesene in systematic aphid prey location by *Episyrphus balteatus* larvae (Diptera: Syrphidae). *Eur. J. Entomol.* 102, 431–436.
- Fernández Orjuela, J. L. (2019). Respuesta comportamental de *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: chrysopidae) al salicilato de metilo en condiciones de laboratorio.
- 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
- Gadgil, M.; Berkes, F.; Folke, C.(1993) Indigenous knowledge for biodiversity conservation. *Ambio*, 22, 151–156.



- Gebreziher, H.G. (2018). The role of herbivore-induced plant volatiles (HIPVs) as indirect plant defense mechanism in a diverse plant and herbivore species; a review. *Int. J. Agric. Environ. Food Sci.*, 2(4), 139-147. DOI: 10.31015/jaefs.18024
- Gencer, NS, Kumral, NA, Altin, I. y Pehlevan, B. (2019). Respuesta de ansiosos depredadores a compuestos volátiles sintéticos en una boca de inspección. *Revista Colombiana de Entomología*, 45 (2), e7953-e7953.
- Harmon, J.P., Ives, A.R., Losey, J.E., Olson, A.C., Rauwald, K.S., (2000). *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) predation on pea aphids promoted by proximity to dandelions. *Oecologia* 125, 543–548.
- Hassan, F. A.; y Ali, E. F. (2013). Impact of different water regimes based on class -A pan on growth, yield and oil content of *Coriandrum sativum* L. plant. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* En: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.05.001>.
- Hatt, S.; Boeraeve, F.; Artru, S.; Dufrière, M.; Francis, F. (2018) Spatial diversification of agroecosystems to enhance biological control and other regulating services: An agroecological perspective. *Sci. Total Environ.*, 621, 600–611. [CrossRef] [PubMed]
- Ivanova, K. V. y Stoletova, E. A. (1990). The history of culture and intraspecific taxonomy of *Coriandrum sativum* L. *Russ. Eng. Bot. Genisel* 133:26 - 40.
- James, D. (2003). Synthetic Herbivore-Induced Plant Volatiles as Field Attractants for Beneficial Insects. *Environmental Entomology*. 32(5), 977-982.
- James, D. (2003). Field evaluation of Herbivore-Induced Plant Volatiles as Attractants for Beneficial Insects. Methyl salicylate and the green lacewing, *Chrysopa nigricornis*. *Journal of Chemical Ecology*. 29(7): 1601-1609.
- 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.

- Jerí Rojas, J. C. (2016). Respuesta funcional y capacidad predadora de *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) en el control de *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae). Ayacucho–Perú, 2010
- Jones VP, Steffan SA, Wiman NG, Horton DR, Miliczky E, Zhang QH, Baker CC (2011) Evaluation of herbivore-induced plant volatiles for monitoring green lacewings in Washington apple orchards. Biol Control 56:98–105
- 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 bean *Phaseolus vulgaris* (Fabaceae). Int. J. Trop. Insect Sci. 26, 2–7.
- Kindlmann, P., Dixon, F.G., (1993). Optimal foraging in ladybird beetles (Coleoptera: Coccinellidae) and its consequences for their use in biological control. Eur. J. Entomol. 90, 443–450.
- Kunkel, B.A., Cottrell, T.E., (2007). Oviposition response of green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae) to aphids (Hemiptera: Aphididae) and potential attractants on pecan. Environ. Entomol. 36, 577–583.
- Lithourgidis, A.; Dordas, C.; Damalas, C.; Vlachostergios, D. (2011) Annual intercrops: An alternative pathway for sustainable agriculture. Aust. J. Crop Sci., 5, 396.
- 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.
- Lo, K.C., Lee, W.T., Wu, T.K., Ho, C.C., (1989). In: Use of predators to control spider mites (Acarina: Tetranychidae) in Taiwan, China. FFTC-NARC International Seminar on the Use of Parasitoids and Predators to Control Agricultural Pests. National Agricultural Research Center (NARC), Tsukuba-gun, Japan, p. 20.
- Loera, J.; Vargas, J.; López, J.; Reyes, M. (2001). Uso y manejo de *Chrysoperla carnea*. Disponible en <http://www.inifap.gob.mx>. Consultado 20 de junio de 2010.

- Lopes, T.; Hatt, S.; Xu, Q.; Chen, J.; Liu, Y.; Francis, F. (2016) Wheat (*Triticum aestivum* L.)-based intercropping systems for biological pest control. *Pest Manag. Sci.*, 72, 2193–2202.
- Malézieux, E.; Crozat, Y.; Dupraz, C.; Laurans, M.; Makowski, D.; Ozier-Lafontaine, H.; Rapidel, B.; De Tourdonnet, S.; Valantin-Morison, M. (2009) Mixing plant species in cropping systems: Concepts, tools and models. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, 29, 43–62.
- 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.
- Mcewen, P., New, T. R. & Whittington, A. E., (2001). *Lacewings in the Crop Environment*. Cambridge University Press. Cambridge. 546 pp.
- Mcewen, P.K., Clow, S., Jervis, M.A., Kidd, N.A.C., (1993). Alteration in searching behaviour of adult female green lacewings *Chrysoperla carnea* (Neur.: Chrysopidae) following contact with honeydew of the Black Scale *Saissetia oleae* (Hom.: Coccidae) and solutions containing acid hydrolysed L-Tryptophan. *Entomophaga* 38, 347–354.
- Medeiros MA, Sujii ER y Morais HC (2009) Efecto de la diversificación de las plantas en la abundancia de lombrices y depredadores de tomate sudamericanos en dos sistemas de cultivo. *Horticultura Brasileira*, 27: 300-306. [ Enlaces]
- Mejía, S.; Estrada, E.; y Figueroa, O. (2008). Respuesta fisiológica del cilantro a diferentes niveles de potasio y nitrógeno. *Acta agronómica*. Universidad Nacional de Colombia sede Palmira. 4 p. Vol.57, No. 3, 4p.
- 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.
- Morales, H.; Perfecto, (2000) I. Traditional knowledge and pest management in the guatemalan highlands. *Agric. Hum. Values*, 17, 49–63.
- Moreno, C.R.; Racelis, A.E. (2015) Attraction, repellence, and predation: Role of companion plants in regulating *Myzus persicae* (Sulzer) (Hemiptera: Aphidae) in organic kale systems of south Texas. *Southwest. Entomol.*, 40, 1–14.

- Morrison, R.K. (1985). Handbook of insect rearing, Elsevier, Amsterdam the Netherlands., p. 419-426
- New, T.R.R., (1975). The biology of Chrysopidae and Hemerobiidae (Neuroptera) with reference to their usage as biocontrol agents: a review. Trans. Royal Entomol. Soc. London 127, 115–140.
- New, T.R.R., (1988). Neuroptera. In: Minks, A.K., Harrewijn, P. (Eds.), Aphids: Their Biology, Natural Enemies and Control, vol. 2B. Elsevier, Amsterdam, pp. 249–258.
- New, T. (1991). Neuroptera in: Naumann, I.D. et al. (Eds). The Insects of Australia. Division of Entomology Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Cornell University Press. New York: 525-542.
- Nordlund, D.A., (1993). Improvements in the production system for green lacewings: a hot melt glue system for preparation of larval rearing units. J. Entomol. Sci. 28, 338–342
- Núñez, E. (1988). Ciclo biológico y crianza de *Chrysoperla externa* y *Careochrysa cincta* (Neuroptera: Chrysopidae). Revista Peruana de Entomología. 31: 76-82.
- Olkowski, W., Daar, S., Olkowski, H., (1991). In: Common Sense Pest Control. The Taunton Press, Newtown, CT, pp. 66–68.
- Pal, P.K., Somchoudhury, P.K., Sarkar, P.K., Mikherjee, A.B., Lohar, N., (1989). Approaches to integrated control of *Tetranychus cinnabarinus* on eggplant. Prog. Acarol. 2, 453–459.
- Pappas, GD Broufas y DS Koveos, (2011). Depredadores crisópidos y su papel en el control biológico. Journal of Entomology, 8: 301-326
- Parker, J.E., Snyder, W.E., Hamilton, G.C., Rodriguez-Saona, C., (2013). Companion planting and insect pest control. In: Soloneski, S., Larramendy, M. (Eds.), Weed and Pest Control – Conventional and New Challenges. InTech, Rijeka, pp. 1–30.
- Parolin, P.; Bresch, C.; Desneux, N.; Brun, R.; Bout, A.; Boll, R.; Poncet, C. (2012) Secondary plants used in biological control: A review. Int. J. Pest Manag., 58, 91–100.

- 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.
- Pickett, J.A., Wadhams, L.J., Woodcock, C.M., (1992). The chemical ecology of aphids. *Annu. Rev. Entomol.* 37, 67–90.
- 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
- Reddy, G.V.P., (2001). Comparative effectiveness of an integrated pest management system and other control tactics for managing spider mite *Tetranychus ludeni* (Acari: Tetranychidae) on eggplant. *Exp. Appl. Acarol.* (in press).
- Reddy, G. V. P., Tabone, E., & Smith, M. T. (2004). Mediation of host selection and oviposition behavior in the diamondback moth *Plutella xylostella* and its predator *Chrysoperla carnea* by chemical cues from cole crops. *Biological control*, 29(2), 270-277.
- Rodríguez, 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.
- Röse, U. S. R., Manukian, A., Heath, R. R., & Tumlinson, J. H. (1996). Volatile semiochemicals released from undamaged cotton leaves: A systemic response of living plants to caterpillar damage. *Plant Physiol.* 8: 487-495.
- 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, J.G. & Rodríguez-Saona, C. (2017) From laboratory to field: electro-antennographic and behavioral responsiveness of two insect predators to methyl salicylate. *Chemoecology*. 27, 51–63.

- Salamanca, J., Souza, B. & Rodriguez-Saona, C (2018). Cascading effects of combining synthetic herbivore-induced plant volatiles with companion plants to manipulate natural enemies in an agro-ecosystem. *Pest Management Science*, 74, 2133-2145.
- Sarker, P.; Rahman, M.; Das, B. (2009) Effect of intercropping with mustard with onion and garlic on aphid population and yield. *J. Bio-Sci.*, 15, 35–40.
- Sharanabasava, H., Manjunatha, M., (1998) a. Predator prey interaction between *Chrysoperla carnea* and *Tetranychus neocaledonicus* Andre and field release on okra. In: Proceedings 10th International Congress of Acarology, July 5–10, 1998, Australian National University, Canberra, Australia, 203p.
- Sharanabasava, H., Manjunatha, M., (1998) b. Reproductive biology and feeding potential of *Chrysoperla carnea* Stephens (Neuroptera: Chrysopidae) on *Tetranychus neocaledonicus* Andre (Acari: Tetranychidae). *Ann. Plant Prot.* 6, 115–118.
- Smith, H. A., R. McSorley, & G. B. Edwards. (2000). A comparison of some arthropod groups on monocropped and intercropped tomato in Baja Verapaz, Guatemala. *The Florida Entomologist* 83:358-362.
- Syed, A.N. Ashfaq, M. and Ahmad, S. (2008). Comparative effect of various diets on development of *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae). *Int. J. Agri. Biol.* 10: 728-730.
- Talekar, N.S., Shelton, A.M., (1993). Biology, ecology and management of diamondback moth. *Annu. Rev. Entomol.* 38, 275–301.
- Togni PHB, Frizzas MR, Medeiros MA, Nakasu EYT, Pires CSS & Sujii ER (2009) Dinámica poblacional de *Bemisia tabaci* biotipo B en tomate monocultivo e intercalado con cilantro en cultivo orgánico y convencional, *Horticultura Brasileira* 27: 183-188. [ Enlaces ]
- Togni PHB, Laumann RA, Medeiros MA y Sujii ER (2010) Enmascaramiento de olores de volátiles de tomate por volátiles de cilantro en la selección de la planta huésped de *Bemisia tabaci* biotipo B. *Entomologia Experimentalis y Applicata*, 136: 164-173.
- Turlings, C. J., & Tumlinson, J. H. (1992). Systemic chemical signalling by herbivore-injured corn. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 89: 8399-8402.

- Turlings, T.C.J., Wackers, F. (2004). Recruitment of predators and parasitoids by herbivore-injured plants. In: *Advances in Insect Chemical Ecology*, R T Carde and J G Millar (eds) pp 21-75. Cambridge University Press 2004
- Valencia Luna, L. A., Romero Nápoles, J., Valdez Carrasco, J., Carrillo Sánchez, J. L., & López Martínez, V. (2006). Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. *Acta zoológica mexicana*, 22(1), 17-61.
- Vallejo, F. A. y Estrada, E. I. (2004). *El cultivo de hortalizas de clima cálido*. Palmira. Palmira. Universidad Nacional de Colombia. 346 p.
- Van poecke, R., Posthumus, M & Dicke, M. (2001) Herbivore- induced volatile production by *arabidopsis thaliana* leads to attraction of the parasitoid *cotesia rubecula*: chemical, behavioral, and gene-expression analysis. *Journal of chemical ecology*, 27(10): 1911-1928.
- Vandermeer, J.H. (1992) *The Ecology of Intercropping*; Cambridge University Press: Cambridge, UK,.
- Velásquez, L. (2004). Estudio de la biología de *Ceraeochrysa claveri* (Neuroptera: Chrysopidae) alimentada con dos tipos de presas en condiciones de laboratorio. Universidad de Caldas. Facultad Ciencias Agropecuarias. Manizales (Colombia). 35 p
- Yu, H., Zhang, Y., Wychuys, K.A.G., Wu, K., Gao, X., Guo, Y. (2010). Electrophysiological and behavioral response of *Microplitis mediator* (Hymenoptera: Braconidae) to caterpillar-induced volatiles from cotton. *J of Environ Entomol* 39: 606-609