

**EFFECTO DEL PARASITOIDE *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) SOBRE
UNA POBLACION DE *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera:
Aleurodydae) EN UN CULTIVO COMERCIAL DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*,
Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO**

DIANA ELIZABETH PÉREZ MALDONADO

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA APLICADA
BOGOTA D. C.
2008**

**EFFECTO DEL PARASITOIDE *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) SOBRE
UNA POBLACION DE *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera:
Aleirodydae) EN UN CULTIVO COMERCIAL DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*,
Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO**

**POR
DIANA ELIZABETH PÉREZ MALDONADO**

Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para optar el Título de Biólogo

**Director:
FERNANDO CANTOR, BIÓLOGO, Ph.D**

**Co-director:
DANIEL RODRIGUEZ CAICEDO, M. Sc**

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS
PROGRAMA DE BIOLOGÍA APLICADA
BOGOTÁ D. C.
2008**

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	6
2. JUSTIFICACIÓN	7
3. OBJETIVOS	9
3.1 Objetivo General	9
3.2. Objetivos Específicos	9
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	11
4.1. Biología y ecología de <i>Trialeurodes vaporariorum</i>	11
4.2. Importancia y biología de <i>Encarsia formosa</i>	14
5. MATERIALES Y MÉTODOS	16
5.1. Localización	16
5.2. Caracterización del cultivo.	17
5.3. Determinación de la variación espacial del porcentaje de parasitismo de <i>Encarsia formosa</i> después de cada una de las liberaciones.	18
5.3.1 Densidad de mosca blanca por punto de muestreo	18
5.3.2. Distribución espacial de mosca blanca al interior del invernadero	19
5.3.3. Liberación de <i>Encarsia formosa</i> en campo	20
5.4. Evaluación de la variación espacial del porcentaje de parasitismo de <i>Encarsia formosa</i>	21
5.5. Evaluación del porcentaje de emergencia de <i>Encarsia formosa</i> en campo	22
6. RESULTADOS	19
6.1. Determinación de la variación espacial del porcentaje de parasitismo de <i>Encarsia formosa</i>	23
6.2. Variación espacial del porcentaje de parasitismo de <i>Encarsia formosa</i>	23
6.3. Distancia del radio de acción de <i>Encarsia formosa</i>	29
6.4. Porcentaje de emergencia de tarjetas con ninfas de <i>Encarsia Formosa</i>	30
7. DISCUSIÓN	31
8. CONCLUSIONES	36
9. BIBLIOGRAFÍA	37

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de *Encarsia formosa* cuando parasita mosca blanca

Figura 2. Vista central del bloque donde se realizó el trabajo

Figura 3. Esquema del invernadero en el que se desarrollo el trabajo

Figura 4. Hoja de tomate en la que se hacían los conteos de ninfas de mosca blanca

Figura 5. Estructura del semivariograma

Figura 6: Tarjeta con 160 pupas de *Encarsia formosa* diseñadas por la Universidad Militar Nueva Granada en la Facultad de Biología Aplicada

Figura 7. Variación de la densidad de población de mosca blanca en las cuatro semanas de muestreo.

Figura 8. Densidad promedio de mosca blanca para cada una de las semanas de muestreo en cada uno de lo focos.

Figura 9. Variación espacial del porcentaje de parasitismo para las cuatro semanas de muestreo.

Figura 10. Porcentaje de ninfas de mosca blanca parasitadas para cada uno de los puntos de liberación en las cuatro semanas de evaluación

Figura 11. Porcentaje de ninfas emergidas en cuatro tarjetas muestra provenientes de campo en cada una de las semanas de liberación.

LISTA DE ANEXOS

Anexo A. Software de aplicación para determinar la densidad de mosca blanca por planta en base a datos de ninfas de mosca blanca encontradas en cada uno de los estratos de la planta y dependiendo de la fecha de muestreo.

Anexo B. Modelo usado para determina la el numero de parasitoides a liberar en cada una de las fechas de muestreo teniendo en cuenta el área del foco, la densidad de mosca blanca en el mismo y la respuesta funcional.

Anexo 3. Semivariograma generado para los valores de parasitismo encontrados en la semana 1

Anexo 4. Semivariograma generado para los valores de parasitismo encontrados en la semana 2

Anexo 5. Semivariograma generado para los valores de parasitismo encontrados en la semana 3

Anexo 6. Semivariograma generado para los valores de parasitismo encontrados en la semana 4

EFECTO DEL PARASITOIDE *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) SOBRE UNA POBLACION DE *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleocharidae) EN UN CULTIVO COMERCIAL DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum*, Mill) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO

1. RESUMEN

El tomate es una de las hortalizas más cultivadas en Colombia, de 11.600 hectáreas en 1991 paso a más de 16 mil en 2003 y se estima que el 20% de estas se producen bajo cubierta según un reporte entregado por la presidencia de la republica en el 2003. Sin embargo con el aumento del cultivo también aumentó el número de plagas como mosca blanca de os invernaderos *Trialeurodes vaporariorum*. Existen cuatro métodos de control para mosca blanca: químico, cultural, etológico, y biológico por medio de dos parasitoides principalmente *Encarsia formosa* y *Amitus fuscipennis*.

Aunque se ha demostrado la eficiencia de ambos parasitoides, aún es necesario determinar para el caso de *E. formosa* la distancia máxima en la que el porcentaje de parasitismo alcanza niveles efectivos. Se hizo un ensayo de liberación de *E. formosa*, con base en la respuesta funcional esta avispa y teniendo en cuenta la distribución y la densidad de la plaga en cada uno de los puntos de muestreo del cultivo.

Los datos mostraron que las zonas donde se encontraron focos con las mayores densidades de mosca blanca fue donde se hizo una mayor liberación del parasitoide y en esta misma zona se encontró un porcentaje de parasitismo superior al resto del área muestreada. Por otro lado y junto con estos resultados también se encontró que el radio de acción de este parasitoide es de 8 a 10 m con un parasitismo máximo del 47.27% durante todo el ensayo (cuatro liberaciones).

Palabras clave: *Encarsia formosa*, *Trialeurodes vaporariorum*, control biológico, radio de acción, parasitismo.

2. JUSTIFICACIÓN

El tomate *Lycopersicon esculentum* es la principal hortaliza cultivada en Colombia y en el mundo. La importancia socio-económica de esta hortaliza a nivel nacional radica en la gran demanda para la dieta alimenticia y en la generación de empleo e ingresos para el campo y la agroindustria. Según la Corporación Colombia Internacional, a pesar de la caída del sector agrícola en 1998 se sembraron más de 1200 hectáreas de tomate en Colombia y en 2003 se sembraron más de 16 mil hectáreas.

Esta hortaliza tiene estándares de calidad en el mercado exigentes y el aspecto físico del fruto determina la calidad del producto. Por esto, es importante asegurar la sanidad del mismo con el fin de mantener o elevar las cifras de consumo. Esto resulta en ocasiones difícil ya que un gran porcentaje de su composición es agua, por lo que es susceptible a la rápida descomposición. Adicionalmente presenta otra serie de problemas dentro de los que se encuentra el ataque de insectos plaga como: áfidos, trips, larvas de lepidópteros, minadores de hoja y moscas blancas (Lee, 2000). La actividad de estos insectos tiene consecuencias en el rendimiento y la productividad de la planta, ya que succionan parte de la sabia y producen sustancias que cubren los frutos y las hojas, lo cual disminuye la capacidad fotosintética de la misma. Uno de los insectos plaga mas importante que ataca el cultivo de tomate es la mosca blanca de los invernaderos (*Trialeurodes vaporariorum*) (Suárez y López, 1992; De Vis, 2001) Hemiptera: Aleyrodidae (Pedigo y Rice, 2006). Este insecto extrae la savia de la planta con su aparato bucal debilitándola y adicionalmente propicia el desarrollo de un hongo negro conocido como fumagina el cual cubre la superficie foliar y los frutos (Rodríguez *et al.* 1996).

Actualmente mosca blanca es controlada por los agricultores con productos de síntesis química que como se ha demostrado ampliamente en los proyectos de manejo integrado de plagas en diferentes cultivos son perjudiciales para insectos benéficos y enemigos naturales, y en algunas ocasiones generan enfermedades en mamíferos o tienen una alta residualidad en el medio ambiente (Dent, 2002). Las aplicaciones de estos productos se hacen por calendario, generalmente una vez por semana. Esta regularidad en las aplicaciones genera resistencia por parte del insecto.

Si bien se ha dicho que las aplicaciones de químicos para el control de mosca blanca son efectivas, también se sabe que tienen un impacto negativo sobre el cultivo y pueden generar resistencia a los mismos. El problema real de los daños causados por mosca blanca, radica en que las aplicaciones de químicos se hacen sin saber cual es la densidad de la población de la plaga en el cultivo esta situación genera un sobre costo en el producto ya que las aplicaciones son periódicas y constantes deteriorando la calidad del producto y con efectos en las condiciones para la exportación del mismo.

El control biológico es una de las alternativas más promisorias en el país para el control de plagas de importancia agrícola ya que presenta ventaja que resultan atractivas para los agricultores dentro de las que se encuentran la reducción en el uso de productos químicos, la no generación de resistencia, el no tener efectos colaterales en el medio ambiente, y la reducción en los costos de producción.

Con el fin de establecer parámetros biológicos y ecológicos para plagas como mosca blanca, en la Universidad Militar Nueva Granada se han adelantado estudios que han servido como base para el desarrollo de estrategias de control de este fitófago y la optimización de las ventajas del parasitoide para su uso en campo. Dentro de estos trabajos se encuentra el desarrollo de un plan de muestreo indirecto para mosca blanca, la estandarización de un método de monitoreo directo para el fitofago, y los criterios para la liberación y evaluación de la efectividad de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae). Estos aportes han contribuido en la determinación de la distribución espacial de mosca blanca al interior del invernadero, en la distribución vertical en la planta y en la respuesta funcional del parasitoide con un porcentaje máximo de parasitismo del 72%.

Aunque estos trabajos han permitido avanzar en el desarrollo de métodos más limpios y eficientes para el control de mosca blanca principalmente con el uso de *E. formosa*, se carece de información sobre aspectos relevantes en el uso de enemigos naturales. Dentro de estos aspectos se encuentra la distancia a la que se pueden hacer liberaciones de parasitoides como *E. formosa* teniendo en cuenta la densidad, la distribución de la plaga en diferentes puntos del cultivo y aspectos biológicos como la respuesta funcional.

La importancia de este trabajo se fundamenta en encontrar respuesta a uno de los aspectos más importantes para la liberación de *E. formosa* en un cultivo comercial de tomate bajo invernadero. Este aspecto hace referencia a la distancia a la que pueden ser liberados estos enemigos naturales de mosca blanca buscando el mayor porcentaje de parasitismo con el fin de reducir el aumento de las poblaciones de la plaga.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo General

Evaluar la efectividad del parasitóide *Encarsia formosa* cuando es usado como estrategia de control de la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* en un cultivo comercial de tomate bajo condiciones de invernadero.

3.2. Objetivos Específicos

3.2.1. Determinar la variación espacial del porcentaje de parasitismo de *Encarsia formosa* en el área de cultivo

3.2.1. Establecer la distancia máxima desde el punto de liberación, a la cual *Encarsia formosa* parasita ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* bajo condiciones de invernadero.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

El tomate *Lycopersicon esculentum* es la principal hortaliza cultivada en Colombia, pero en los últimos años a pesar del aumento del área cultivada, su producción es afectada debido a la ocurrencia de varias plagas entre las cuales se encuentra la mosca blanca de los invernaderos (Lee, 2000; Suárez y López, 1992). La mosca blanca es un insecto que tiene la capacidad de establecerse en diferentes plantas hospederas y en climas variados, convirtiéndose en una especie cosmopolita (Madrigal, 2001).

Para el caso del tomate según Escobar y Lee (2001) se conocen tres tipos de daño causado por *Trialeurodes vaporariorum* que reducen el rendimiento y la calidad del cultivo:

1. Daño directo: causado por los adultos y las ninfas al succionar la savia de la planta, lo cual la debilita.
2. Daño indirecto: por la generación de la fumagina, y crecimiento de un hongo sobre una solución azucarada o mielecilla, producto de la secreción de los adultos y las ninfas de mosca blanca. Cuando la infestación es fuerte la fumagina cubre las hojas y frutos reduciendo la actividad fotosintética de la planta. Este daño es mayor que el causado por los adultos al extraer la savia.
3. Daño por virus: causado por la transmisión de virus que produce mosaicos cloróticos en el follaje, marchites, reducción del tamaño de la planta y entrenudos (Apizar, 1993).

4.1. Biología y ecología de *Trialeurodes vaporariorum*

La mosca blanca de los invernaderos *T. vaporariorum* es un hemíptero de la familia Aleyrodidae, que en su estado adulto tiene una longitud de 2 a 5 mm (Pedigo y Rice, 2006) y fue descrito por primera vez por Westwood quien le dio el nombre (Español, 1994). Este insecto presenta un dimorfismo sexual caracterizado por un mayor tamaño de la hembra con respecto al macho, y la variación en el tamaño y forma del abdomen: redondeado y amarillo para la hembra, y puntudo de color castaño para el macho (Español, 1994). Presenta metamorfosis incompleta (desarrollo parametábolo), que tiene

tres estadios: huevo, ninfa (cuatro estadios) y adulto (Pedigo & Rice, 2006).

La reproducción es sexual y a veces partenogénica, del tipo arrenotóquica (huevos fecundados dan lugar a hembras, huevos no fecundados dan machos) (Hussey y Scopes, 1985). La hembra pone los huevos por medio del ovipositor sobre la epidermis en el envés de las hojas más nuevas. Los huevos quedan adheridos por el pedicelo mediante una sustancia líquida que ella misma segrega, para ello introduce previamente el aparato bucal en los tejidos de la planta, y por lo general permanece en el mismo lugar donde deposita varios huevos, más o menos aislados o en grupos. Si las hojas poseen pocos tricomas, las hembras pueden girar en torno al aparato bucal a medida que va depositando los huevos, de tal manera la postura queda dispuesta de forma semicircular (Salmerón, 1991). El color de los huevos es inicialmente amarillo verdoso y posteriormente castaño oscuro. El periodo de incubación es variable según las condiciones climáticas sobretodo de acuerdo con la temperatura y la humedad relativa (Salmerón, 1991). Según datos obtenidos en la sabana de Bogotá en condiciones de invernadero puede durar 11,75 días (Español, 1994) y tienen 0.2mm de longitud por 0.1mm de ancho aproximadamente (Atherton y Ridish, 1986).

Pasado el periodo de incubación emerge la ninfa móvil, que se desplaza activamente pero sin abandonar la hoja (Salmerón, 1991). En las siguientes fases la larva permanece fija en el lugar que previamente eligió para alimentarse, clavando su aparato bucal en el parénquima foliar y succionando la savia. Según Español (1994) los individuos adultos de mosca blanca pasan por cuatro instares ninfales. El primer instar es móvil durante las primeras 24 horas, con antenas y patas rudimentarias, que le ayudan a buscar el sitio definitivo donde se ubicará y llevará a cabo el ciclo biológico. Tiene una duración promedio de 9,6 días en invernadero y mide aproximadamente 0.29 mm de largo y 0.14 mm de ancho. El segundo instar ninfal es sedentario y mide 0.39 mm de largo y 0.235mm de ancho aproximadamente. Las patas y las antenas dejan de ser funcionales, es aplanada e inicialmente translúcida, pero con el tiempo se va tornando opaca. En condiciones de invernadero dura de 5 a 6 días. En el tercer instar la ninfa mide 0.6 mm de largo y 0.36 mm de ancho aproximadamente. Inicialmente es transparente y luego se torna opaca y se observan con mayor facilidad las setas. Tienen una duración aproximada de seis días en invernadero (Español, 1994). Según Salmerón (1991) al final del

desarrollo estas ninfas pueden alcanzar los 0.8 mm de longitud y 0.5mm de ancho. El cuarto y último instar es de mayor tamaño, también es translucido inicialmente y se va tornando opaco. Lentamente se va engrosando y aumenta el número y tamaño de las setas que la rodean. Se distinguen las setas abdominales y el orificio vasiforme se ve claramente. La ninfa se recubre de cera en mayor cantidad que en los estados anteriores y a la vez aumenta la excreción de la mielecilla.

Cuando está próxima la emergencia, se ven los ojos y el cuerpo del adulto a través de la pared cerosa. En la cara dorsal de la ninfa se observa un abultamiento por donde el adulto comienza a romper en forma de T. Lentamente sale la cabeza, luego el tórax, las alas, las patas y posteriormente sale el abdomen. Este proceso dura en promedio 15 minutos. El cuarto instar ninfal tiene una duración de 15,1 días en invernadero (Español, 1994).

El adulto mide 2 mm aproximadamente. Después de emergido empieza a caminar rápidamente con las alas recogidas y aproximadamente 20 minutos después las extiende totalmente. Los adultos inicialmente son translucidos, pero a medida que pasa el tiempo se van recubriendo de la capa cerosa blanquecina (Español, 1994), Tienen dos pares de alas anchas redondeadas y nerviación reducida. En estado de reposo colocan las alas plegadas sobre el dorso en forma de tejadillo. La cabeza tiene dos ojos compuestos voluminosos y finas antenas (Salmerón, 1991).

Dentro de los métodos de control de mosca blanca se encuentra el uso de insecticidas. Según Cardona *et al* (2005) en Colombia y Ecuador más del 70% de los agricultores emplean este método como única alternativa de control ya que las aplicaciones son por lo general preventivas sin tener en cuenta las densidades de población de la plaga y los estados fonológicos de la planta. Por otro lado se encuentra el uso de trampas amarillas con pegante, las cuales permiten la disminución de las poblaciones de adultos en el cultivo.

Según Soto (1997) las dificultades para el control de mosca blanca se deben principalmente a su ciclo de vida tan corto, a su gran potencial reproductivo, al elevado número de generaciones por año, al amplio rango de plantas hospederas y a su

capacidad de generar resistencia a los insecticidas. Sin embargo una ventaja en el momento de su detección es la forma de distribución de la plaga al interior del invernadero, que por lo general es en focos donde se pueden dar las condiciones de microclima óptimas para su desarrollo. De acuerdo con estas características el uso de *E. formosa* para el control de mosca blanca ha sido de gran ayuda en los cultivos comerciales, donde se han hecho liberaciones escalonadas cuando las densidades de la plaga no son muy altas con el fin de que el parasitoide se establezca en el cultivo de forma natural (Parr, 1976 citado por Soto, 1997).

En estudios realizados por Rogríguez *et al.* (2003) se encontró que adultos de mosca blanca presentaron un alto nivel de resistencia a insecticidas organofosforados y bifentrin, y niveles intermedios a algunos piretroides. El control biológico de mosca blanca por medio del uso de enemigos naturales de los géneros *Amitus* (De Vis *et al.*, 2002), *Eretmocerus* (Collier Y Hunter, 2001) y *Encarsia* (Van Roermud *et al.*, 1996), surge como una alternativa limpia evitando los problemas anteriormente mencionados. *E. formosa* es talvez el parasitoide de mosca blanca mas conocido debido a características como su amplio rango de temperatura, su tasa de incremento a temperaturas superiores de 14°C, su capacidad de búsqueda, el tiempo de manejo de la presa y el tiempo que demora en encontrar un hospedero, parasitarlo, alimentarse y encontrar otro (De Vis, 2001).

4.2. Importancia y biología de *Encarsia formosa*

E. formosa Gahan es un himenóptero perteneciente a la familia Aphelinidae que es mundialmente utilizado para el control de *T. vaporariorum* en cultivos hortícolas anuales bajo invernadero como el tomate (López *et al.*, 2005; Soto, 1997; Van Lenteren, 2003). Esta avispa, originaria de las zonas tropicales y subtropicales (Llorens y Garrido, 1992, citado por Soto, 1997), es un endoparasitoide con reproducción partenogenética, aunque la producción de machos puede ser inducida por la exposición de las hembras infectadas con algún patógeno a altas temperaturas (Van Lenteren, 2003).

Los adultos de *E. formosa* se encuentran en el envés de las hojas de la planta cerca de los focos de población de mosca blanca. Las hembras caminan buscando mielecilla y ninfas de mosca blanca de primer y segundo instar para alimentarse (host feeding), ya

que no son adecuadas para ser parasitadas (López-Ávila, 1988) y de tercer y cuarto instar que sirvan como hospedero para sus huevos. Las hembras ovipositan al interior de las ninfas de mosca blanca, el huevo se alimenta de la hemolinfa de los inmaduros de mosca blanca hasta que se convierte en larva. Posteriormente su hospedero va cambiando de color blanco a negro pasando por un tono gris. Tres o cuatro semanas después de la pupa de color negro emerge el adulto del paratitoide y queda el exoesqueleto de la ninfa de mosca blanca totalmente vacía. (Fig. 1) (Soto, 1997; Martin, 1999; Van Lenteren, 2003).

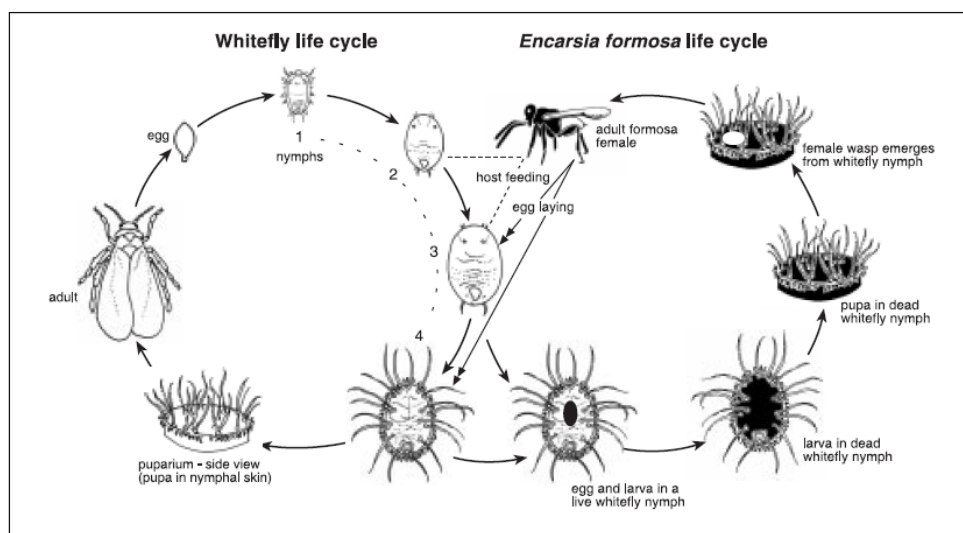


Figura 1. Ciclo de vida de *Encarsia formosa* cuando parasita mosca blanca (Martin, 1999)

Según Soto (1997) *E. formosa* en estado adulto tiene una longitud aproximada de 1 mm y la cabeza es negra o café y el tórax amarillo. Las antenas son filiformes de 0.5 mm de longitud y de color café y las alas son hialinas con pelos cortos y algunos largos (Martin, 1999). Éste parasitote pasa por un estado de huevo, tres estados larvales, un estado de pupa y finalmente adulto.

Trabajos de modelación del sistema tritrófico tomate, mosca blanca y *E. formosa* mostraron que bajo ciertas condiciones como una alta calidad de plantas hospederas para *T. vaporariorum* y condiciones de temperatura desfavorables el control biológico de esta plaga no es efectivo (De Vis, 2002). Por otra parte y en relación con la efectividad de este parasitoide en condiciones de invernadero comercial en la Sabana de Bogotá, Aragón et

al. (en prensa) registraron índices de parasitismo cercanos al 70% cuando se tiene en cuenta la relación: una avispa por cada 17 ninfas de tercer instar de mosca blanca. Adicionalmente se ha encontrado que aunque *A. fuscipennis* tiene un tiempo de estadía menor al de *E. formosa* y emplea menos tiempo en otras actividades diferente a la oviposición *E. formosa* tiene un área de búsqueda mayor que la de *A. fuscipennis* debido principalmente a su tamaño. A estas ventajas se le suman estudios que demuestran una reducción importante de las poblaciones de mosca blanca cuando se hacen liberaciones con altas densidades del parasitoide Aragón *et al.* (en prensa). En el mismo estudio también se encontró que la biomasa de las plantas de tomate que son sometidas a determinadas densidades de poblaciones de la plaga y controladas con avispas mejora a medida que se libera un número mayor de parasitoides.

A pesar de las ventajas del uso de enemigos naturales para el control de plagas como mosca blanca la principal desventaja del control biológico es la falta de información acerca de aspectos biológicos que juegan un papel importante en el desarrollo de estrategias de manejo de diferentes cultivos. Teniendo en cuenta estos aspectos se quiso llevar a cabo un trabajo que permitiera contribuir con una de las preguntas que seguramente dará solución a inquietudes de cómo usar estos enemigos naturales en campo de la forma más eficiente.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localización

El presente trabajo se desarrolló en una finca comercial de tomate ubicada a 1 Km de Sutamarchán, en la vereda Pedregal, Departamento de Boyacá, Colombia. Al interior de la finca se encuentran siete bloques de invernaderos sembrados con tomate hidropónico de variedad larga vida principalmente, y variedad Cherry en una menor proporción.

5.2. Caracterización del cultivo.

El experimento se llevó a cabo en tres medias naves (840 m², aproximadamente). Cada media nave del invernadero tiene seis camas con una longitud aproximada de 40 m y 30

cm de ancho aproximadamente, y una densidad promedio de siembra de 140 plantas/cama, sembradas a una distancia de 35 cm. Las camas están sembradas a 1 m de distancia entre sí. En total había 18 camas en las tres naves, de las cuales sólo se utilizaron para los muestreos nueve de ellas, dejando una cama de intermedio. Al momento de iniciar los ensayos las plantas tenían seis semanas de edad y estos concluyeron cuando las plantas tenían 11 semanas de edad para completar cinco semanas de evaluación (Figura 2).



Figura 2. Vista central del bloque donde se realizó el trabajo

Para cada una de las evaluaciones se tomó una muestra de 20 plantas/cama en las nueve camas de muestreo para un total de 180 puntos o plantas muestreadas en toda el área experimental (Figura 3). Entre cada punto de muestreo siempre había una distancia de 2 m y con estos puntos se construyó una retícula que permitía estimar a través del software GS+ (Versión 5.3.1, 2002), la distribución espacial de la mosca blanca y la densidad de la plaga en cada uno de los puntos al interior del invernadero así como el porcentaje de parasitismo de *E. formosa* en la misma área.

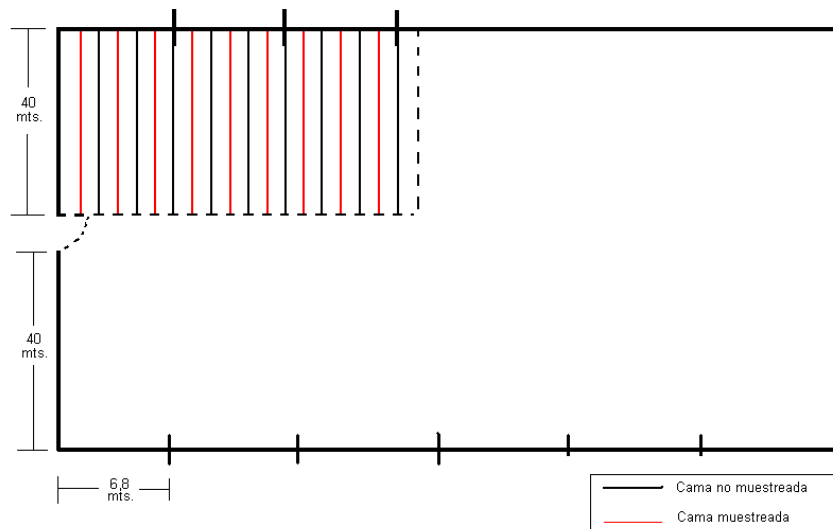


Figura 3. Esquema del invernadero en el que se desarrollo el trabajo

5.3. Determinación de la variación espacial del porcentaje de parasitismo de *Encarsia formosa* después de cada una de las liberaciones.

5.3.1 Densidad de mosca blanca por punto de muestreo

Para estimar la densidad de mosca blanca por planta muestreada se modificó el método de muestreo directo sugerido por Bernal y Pesca (2007). Las mismas autoras indican que dependiendo de la edad de la planta (en términos de semanas después de la siembra, SDS) las hojas muestreadas varían desde el estrato inferior hasta el superior. Entre las semanas 5 a 7 se cuenta el número de ninfas de tercer instar en toda la planta, en las semanas 8 a 16 se muestrea una hoja/planta en el tercio inferior y entre las semanas 17 a 24 se muestrea una hoja/planta en el tercio medio-superior. En el presente trabajo se muestreó toda la planta en la primera semana, y en las cuatro semanas restantes se tomaron dos hojas/planta.

El conteo de ninfas se hizo tomando una hoja al azar del tercio a muestrear, y en el envés de la misma se contaban las ninfas presentes en los folíolos en el orden que se presentan en la Figura 4. Por cada punto se estimó el promedio de ninfas en las dos hojas muestreadas de cada planta. Estos datos se ingresaron al modelo presentado por Bernal

y Pesca (2007), el cual permite estimar la densidad de la población de ninfas de mosca blanca en toda la planta (Anexo1).

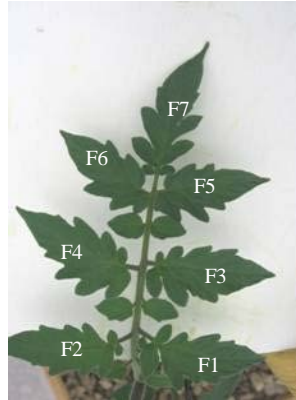


Figura 4. Hoja de tomate en la que se hacían los conteos de ninfas de mosca blanca las letras y los números indican el orden en que se contaba la densidad de la plaga en cada uno de los foliolos

5.3.2. Distribución espacial de mosca blanca al interior del invernadero

Para determinar la distribución espacial de mosca blanca se hizo el análisis de los datos por medio de la geoestadística, a través del software GS+ (Liebhold *et al.*, 1993). Esta herramienta se refiere al estudio de la variabilidad espacial de individuos, que en este caso en particular se trata de la distribución de ninfas de mosca blanca dentro del invernadero, usando una medida de similitud entre observaciones de esta variable a una distancia determinada. Esta similitud consiste en la semivarianza de los datos, la cual se estima de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Y(h) = \frac{1}{2} N \sum (Z(x) - Z(x+h))^2$$

Donde $Y(h)$ representa la semivarianza, N el número de valores a una distancia dada, $Z(x)$ el valor de la variable Z en el sitio (x) , y $Z(x+h)$ el valor de la variable Z a una distancia (h) del sitio (x) .

La forma de representar la semivarianza $Y(h)$ vs la distancia (h) es por medio del semivariograma. En este, la semivarianza aumenta con la distancia hasta alcanzar la

meseta Cuando la semivarianza se estabiliza en una distancia, dicha distancia es llamada amplitud o rango de dependencia y es la máxima distancia a la cual existe correlación entre los valores de Z (Figura 5).

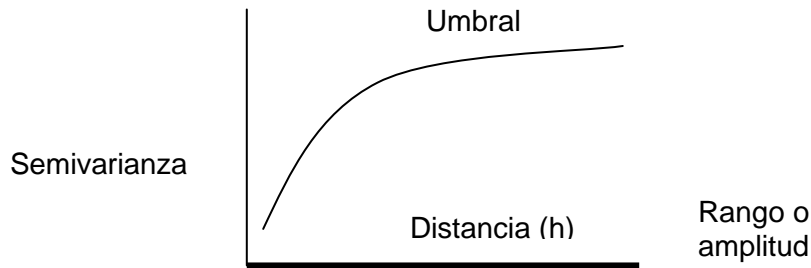


Figura 5. Estructura del semivariograma

5.3.3. Liberación de *E. formosa* en campo

Después de determinar la densidad y la distribución de la población de la plaga en la zona muestreada al interior del invernadero, se establecieron los focos, el tamaño (en m²) de estos y la densidad de población por foco. A partir del mapa generado por el programa y según la variación en la intensidad de color mostrada por el mismo se establecieron los focos; un área de color blanco muestra una densidad de mosca blanca mayor que un área de color azul. Después de localizar espacialmente los focos se estableció el área de estos; en una hoja de cálculo se ingresaron las coordenadas de los cuatro puntos más extremos del foco y se halló la distancia entre las dos coordenadas en X y las dos en Y. El área de cada foco se calculó multiplicando estas distancias así:

$$\text{Área foco} = (X_2 - X_1) \times (Y_2 - Y_1)$$

Posteriormente se ingresaba a la hoja de cálculo la densidad de mosca blanca que era mostrada por el mapa en uno de los puntos de muestreo (en una planta) y se multiplicó por la densidad de siembra del cultivo (3.3 plantas/m²), esta operación arrojó la densidad de mosca blanca por metro cuadrado; valor que a su vez era multiplicado por el área del foco lo cual permitía determinar la densidad de la plaga en el mismo (Anexo2).

Con esta información y teniendo en cuenta el criterio de liberación del parasitoide recomendado por Aragón *et al.* (en prensa) se estimó el número de parasitoides a liberar. En ese trabajo, los autores recomiendan que para lograr los mayores índices de parasitismo de *E. formosa* en ninfas de mosca blanca se deben realizar liberaciones de una avispa por cada 17 ninfas de tercer instar de la plaga.

Una vez estimada la población de parasitoides que se requería para la liberación, estos eran obtenidos de la Unidad de Cría de Insectos Benéficos de la Facultad de Ciencias de la Universidad Militar Nueva Granada, la cual se encuentra localizada en el municipio de Cajicá, Cundinamarca. Los parasitoides cosechados en estado de pupa eran almacenados en empaques como los que se presentan en la Figura 6.



Figura 6: Tarjeta con 160 pupas de *Encarsia formosa* diseñadas por la Universidad Militar Nueva Granada en la Facultad de Biología Aplicada

Dichos empaques eran transportados al punto de liberación en una nevera de icopor que contenía hielo químico para disminuir la temperatura al interior y por tanto disminuir la posibilidad de emergencia antes del momento de liberación en campo. Antes de instalar en campo los empaques con pupas del parasitoide era necesario localizar el foco dentro del invernadero según las coordenadas indicadas por el programa cuando suministra el mapa de distribución de la plaga.

5.3.4. Evaluación de la variación espacial del porcentaje de parasitismo de *Encarsia formosa*

Según lo reportado por Aragón *et al* (en prensa) el efecto de la liberación de *E. formosa* se comienza a evidenciar a los 26 días después de la liberación inicial (con un porcentaje de parasitismo del 30%) y el máximo índice (72%) de parasitismo se registra a los 70 días. Teniendo en cuenta estas recomendaciones y las hojas que fueron muestreadas

para la liberación del parasitoide, se contaron las ninfas de mosca blanca parasitadas y no parasitadas. Con estos datos se determinó el porcentaje de parasitismo en cada uno de los puntos de muestreo. Posteriormente estos registros se ingresaron al programa GS+, en una grilla especial para los datos se ingresaron las coordenadas de cada uno de los puntos muestreados y los valores de parasitismo encontrados en los mismos. Posteriormente se determinó la semivarianza usando los datos de la variable Z y finalmente se hizo un análisis de Krigging con el cual se generó el mapa correspondiente para cada liberación. En este mapa se encontraron los puntos en los que el porcentaje de parasitismo fue mayor con respecto a los demás y de este modo se estableció la distribución espacial del porcentaje de parasitismo.

Con ayuda del mismo programa usado para generar el mapa de distribución espacial del porcentaje de parasitismo se generaron cuatro semivariogramas en los que se relaciona el porcentaje de parasitismo como la variable dependiente (Y) y la distancia entre cada uno de los puntos de muestreo como la variable independiente (X). Cuando la curva generada por estos datos se estabiliza en un valor se llama el rango o amplitud.

5.3.5. Evaluación del porcentaje de emergencia de *E. formosa* en campo

Con el fin de tener como control el porcentaje de emergencia de avispas de los empaques transportados, se tomaron cuatro muestras del lote de empaques instalados en campo y se marcaron de tal forma que empaques instalados en fechas diferentes no se confundieran.

Se colocaron en cuatro puntos de liberación diferentes y 35 días después de la liberación fueron recogidos y analizados en los laboratorios de Control Biológico de la Universidad Militar Nueva Granada. Allí se contó el número de pupas de *E. formosa* totales por empaque. Posteriormente se contó el número de pupas con muestras de emergencia (un orificio circular en uno de los extremos de la misma). Si no se encontraba dicho orificio cada pupa era disectada con un alfiler entomológico y se comprobaba la presencia o ausencia del adulto. Los datos se registraron en una planilla y se halló el promedio de los dos datos para cada una de las fechas. Posteriormente se determinó el porcentaje de ninfas emergidas por fecha de muestreo.

6. RESULTADOS

6.1. Determinación de la variación espacial del porcentaje de parasitismo de *E. formosa*

En la Figura 7 se muestra la distribución espacial de mosca blanca en cada una de las fechas de muestreo. En la primera semana (Figura. 7A), se usó una escala de densidad de mosca blanca diferente a la usada para las otras tres semanas, ya que las densidades de estas últimas son mucho más elevadas en cada uno de los puntos de muestreo en comparación con las densidades de la primera semana. De esta forma los valores máximos encontrados para la semana 1 son de 529 a 562 ninfas de tercer instar de la plaga. En la misma Figura se muestra que las mayores densidades del fitófago se encuentran en uno de los bordes del invernadero que está cercano a otro de los bloques donde también se sembró tomate. Cuando se generó el mapa de la primera semana de muestreo se observó que aunque los focos tenían densidades relativamente bajas, había varios focos en toda el área muestreada (seis en total). Así pues, se buscó hacer liberaciones en la mayor parte de la zona muestreada y donde las densidades de plaga fueran mayores resultando en seis de los puntos que tuvieran estas características (Números en la Figura).

Para la segunda semana de muestreo (Figura 7B y Figura 8) las densidades pueden alcanzar hasta los 7000 individuos en dos de los puntos escogidos para hacer liberaciones del parasitoide (1 y 3) y fueron liberadas cerca de 6500 pupas de *E. formosa* (Anexo2). En esta Figura también se puede observar que los puntos con mayor densidad de la plaga son los mismos del muestreo inicial lo cual puede estar relacionado con la llegada de poblaciones cercanas del fitófago, provenientes de bloques conjuntos.

La Figura 7C muestra un aumento importante en las densidades en tres de los focos encontrados inicialmente. Por ejemplo, para el foco uno la densidad de mosca blanca pasó de 6.486 ninfas de tercer instar de mosca blanca a 10.364 ninfas (un aumento del 62%), los números en esta Figura indican los focos más importantes y los focos en los que se hicieron liberaciones de enemigos naturales en una cantidad superior a la semana inmediatamente anterior. Para el foco dos en la segunda semana se liberaron 1419 pupas

del parasitoide mientras que para la tercera semana fueron necesarias 2.647 pupas (Anexo2).

Por último en la cuarta semana de muestreo se ven tres focos de mosca blanca, los focos uno y tres son los mismos de la semanas dos y tres, mientras que el foco número dos se encuentra un poco más hacia el interior del invernadero. A diferencia de las dos semanas intermedias (dos y tres) las densidades de mosca blanca para cada uno de los focos no es tan elevada en la cuarta semana. Esta diferencia en las densidades de mosca blanca pueden ser originadas por movimientos de adultos de la plaga hacia estas zonas en semanas anteriores (Figura 7D). Para la cuarta semana la densidad de mosca blanca en el foco 1 fue de 12.9128 ninfas mientras que para la semana anterior fue de 17.6204 y fueron liberadas 7.599 y 10.364 pupas del parasitoide, respectivamente (Anexo 3).

Para mostrar la tendencia de la densidad en cada uno de los focos en el tiempo se graficó la densidad de cada una de las áreas con mayor número de ninfas de mosca blanca (Figura 8). La tendencia general para todos los focos son densidades de población estables en el tiempo, sólo hay cambio en los valores de las densidades para la primera semana en todos los focos y con respecto a las demás semanas. Para el caso del foco cuatro se observa continuidad hasta la segunda semana y para el caso de los focos 5 y 6 en la primera semana de muestreo, mientras que en los focos 1 a 3 se ve continuidad hasta la cuarta semana de muestreo.

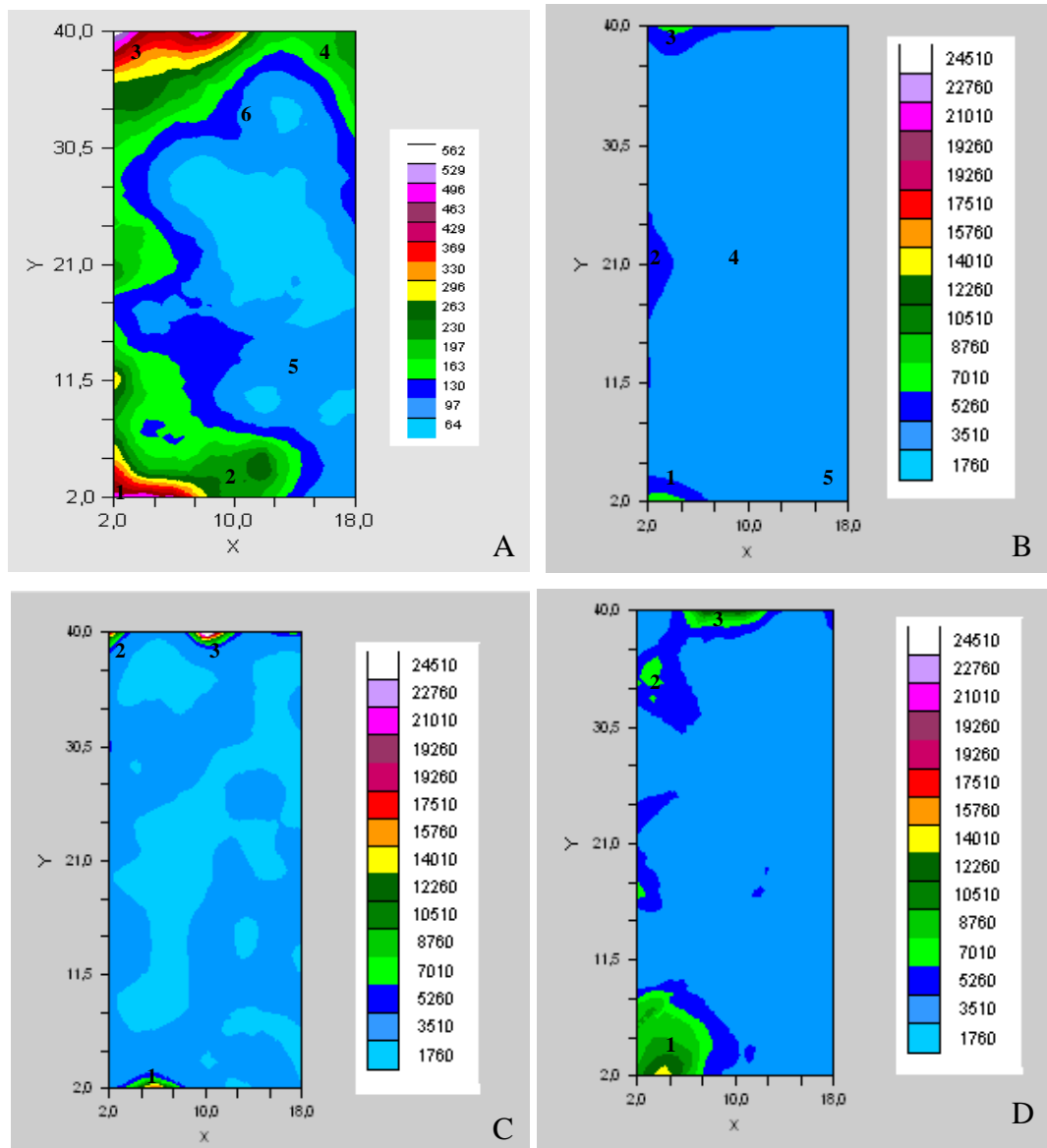


Figura 7. Variación de la densidad de población de mosca blanca en las cuatro semanas de muestreo. Las letras A, B, C, Y D indican los muestreos 1, 2, 3 y 4 respectivamente, y los números en cada una de las Figuras indican los diferentes focos en cada una de las semanas.

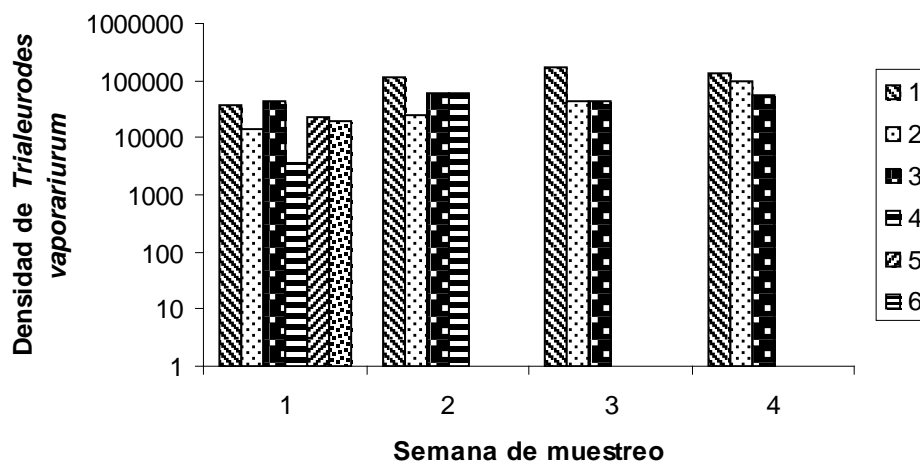


Figura 8. Densidad promedio de mosca blanca para cada una de las semanas de muestreo en cada uno de los focos los números 1, 2, 3, 4, 5 y 6 indican los focos para cada una de las semanas.

6.2. Variación espacial del porcentaje de parasitismo de *E. formosa*

Para determinar la variación espacial del porcentaje de parasitismo de *Encarsia* sobre ninfas de mosca blanca se hicieron liberaciones del parasitoide en cada uno de los focos para cada semana de muestreo (Figura 9). Una semana después del muestreo se hizo la liberación del parasitoide y a los 35 días se procedió a evaluar el porcentaje de parasitismo. En la primera semana de muestreo del porcentaje de parasitismo de *E. formosa* se encontró que el máximo valor de esta variable es de 17%. Los números en esta figura también indican los puntos de liberación del parasitoide sobre los focos de la población de mosca blanca. De esta forma para la primera semana de muestreo se encontraron tres zonas en las que el parasitismo es elevado en comparación con otros puntos al interior del invernadero. En la misma figura se puede observar que los puntos con mayor parasitismo son algunos de los focos encontrados en la semana uno de muestreo de la plaga.

Para la segunda semana de evaluación del porcentaje de parasitismo, esta variable aumenta en la zona cercana al borde del invernadero. Es decir, donde se hizo la liberación de parasitoides para esta misma semana. En la Figura 9B también se observa que en la zona de liberación 1 el porcentaje de parasitismo es del 17% al 20%, mientras

que en los puntos dos y tres el parasitismo alcanza el 10%. Este valor es mucho menor que el encontrado para los mismos puntos pero en la primera semana después de la liberación. De igual forma para esta misma semana se observa que hacia el interior del invernadero alcanza valores 0% lo cual es coincidente con zonas donde no se hizo ninguna liberación.

Para la semana tres (Figura 9C) se observa que el porcentaje de parasitismo se eleva hasta cerca del 23%, en el punto de liberación 1. Este aumento en la variable se puede explicar como una acumulación de ninfas de mosca blanca que han sido parasitadas por más de tres generaciones de *E. formosa* que han sido liberadas en el mismo punto. El caso contrario ocurre para el punto dos en la misma figura en la que se ve una reducción del porcentaje de parasitismo hasta menos del 3%.

Finalmente para la cuarta semana de liberación (Figura 9D) se observa que el máximo porcentaje de parasitismo también es del 20%. La diferencia para esta semana se muestra en el punto dos, ya que para la primera semana de muestreo el punto dos se encontraba hacia el borde del invernadero y para la cuarta semana se observa un desplazamiento hacia el interior del mismo. En las otras dos zonas donde se ve un porcentaje de parasitismo superior al resto de las zona muestreada pero no superior al de los números 1,2 y 3 son los puntos 4 y 5 que pueden ser rezagos de ninfas parasitadas por adultos de *E. formosa* de las primeras liberaciones. Esto se debe a que las zonas donde se hicieron liberaciones de la primera semana se encuentran cercanas a estos puntos.

El bajo porcentaje de parasitismo encontrado en cada una de las semanas también pueden ser resultado de la fecha de evaluación de esta variable, ya que según Aragón *et al.* (en prensa) a los 35 días de la liberación se empieza a ver la melanización de las ninfas de mosca blanca por efecto de parasitoides. Sin embargo, el total de las ninfas de mosca blanca parasitadas no se encuentran totalmente melanizadas para este momento. Adicionalmente las evaluaciones del porcentaje de parasitismo durante este trabajo se hicieron 30 días después, tiempo durante el cual muy seguramente muchas ninfas aún no estaban melanizadas.

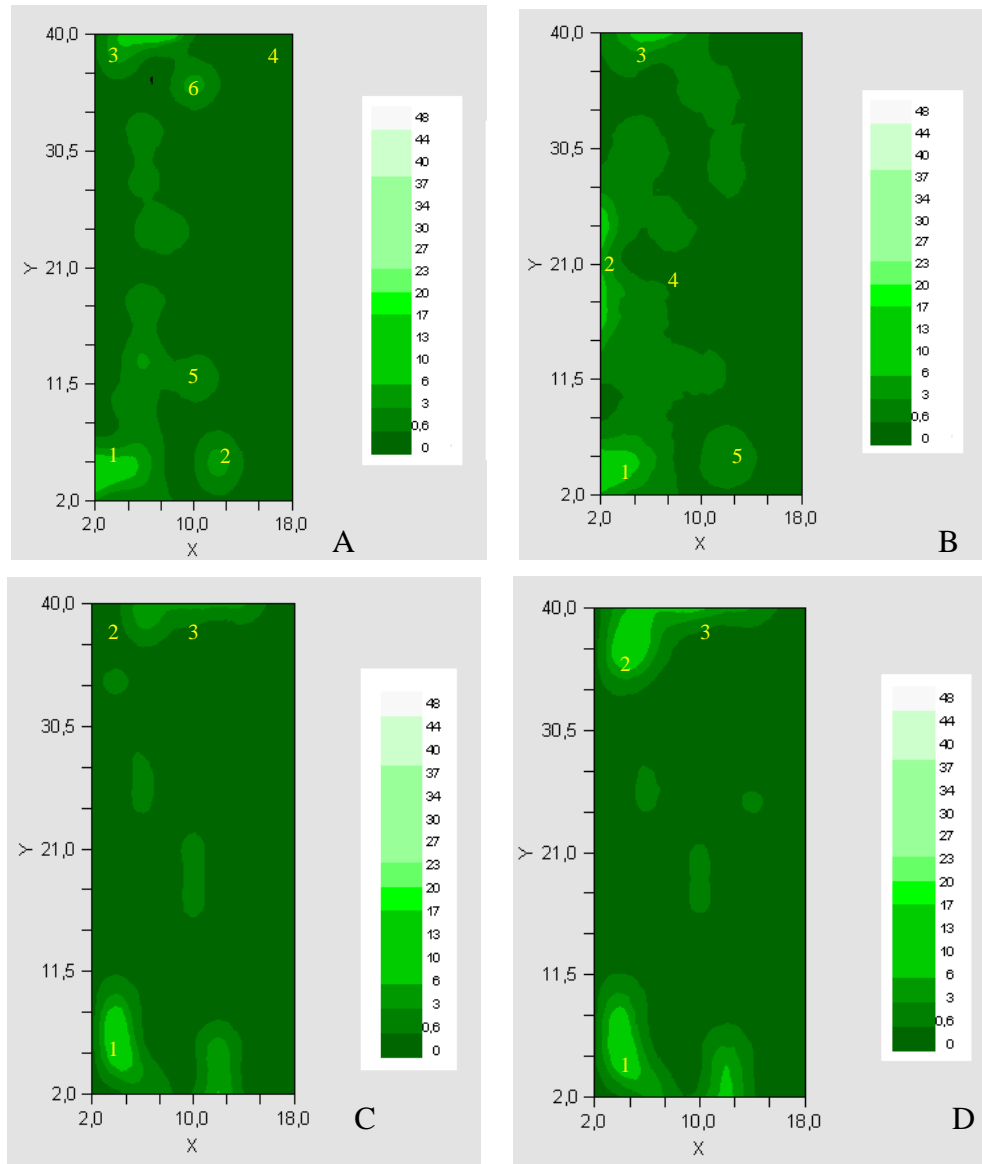


Figura 9. Variación espacial del porcentaje de parasitismo para las cuatro semanas de muestreo. Las letras A, B, C, y D indican los muestreos 1,2,3 y 4 respectivamente, y los números en cada una de las figuras indican los diferentes puntos de liberación en cada una de las semanas.

Finalmente se determinó el porcentaje de parasitismo de cada uno de los puntos en los que se hicieron liberaciones de *E. formosa*, para estimar la variación de este índice a lo largo del tiempo (Figura 10). Por ejemplo, para el caso del punto número uno se encontró que a lo largo del tiempo el porcentaje de parasitismo aumentaba, mientras que para el punto de liberación dos esta variable disminuyó para la tercera semana de muestreo. Adicionalmente los puntos tres y cuatro se mantienen estables ya que las densidades de *E. formosa* liberadas en estas dos zonas fueron parecidas en las cuatro semanas. Por último también se observa en la figura que los puntos cinco y seis sólo permanecen hasta la segunda semana, lo cual ocurre porque para estos dos puntos sólo se hicieron liberaciones hasta esta fecha.

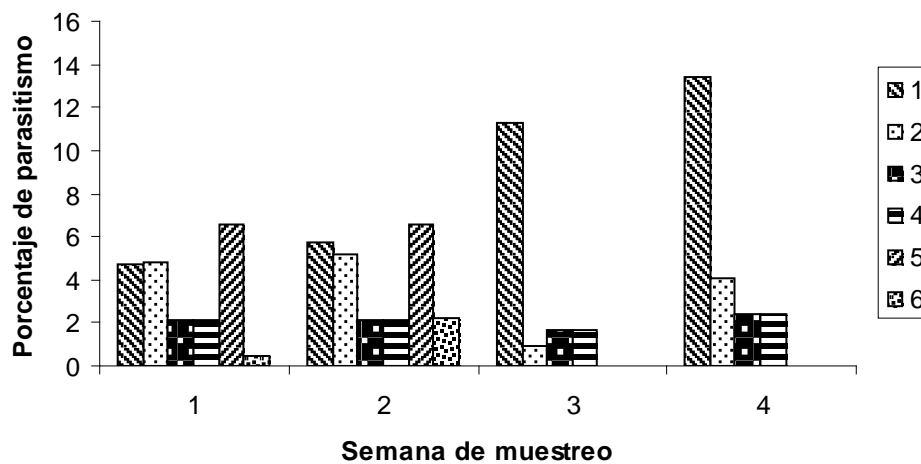


Figura 10. Porcentaje de ninfas de *T. vaporariorum* parasitadas en cada uno de los puntos de liberación de *E. formosa* durante cuatro semanas de evaluación

6.3. Distancia del radio de acción de *E. formosa*

Para cumplir con este objetivo fue necesario usar los semivariogramas generados por el programa GS+ después del análisis de los datos por medio de modelos Gaussiano. En los anexos 3 a 6 se muestran los semivariogramas generados para cada una de las fechas de muestreo del parasitismo. Para todos los casos la pendiente es mucho mayor en una distancia de 5.33. Sin embargo, entre ese valor y hasta una distancia de ocho metros la curva se estabiliza. Según estos datos a una distancia superior a ocho metros la

correlación entre el porcentaje de parasitismo y la distancia a la que ha sido liberado el parasitoide no es dependiente. Es decir, para una distancia de 10 metros el parasitismo va a ser el mismo independientemente de la distancia a la que ha sido liberado el parasitoide.

6.4. Porcentaje de emergencia de etiquetas de liberación con ninfas de *Encarsia formosa*

Para determinar el porcentaje de emergencia para cada una de las liberaciones se contó el total de ninfas de cada empaque de liberación y el número de ninfas emergidas de la misma, provenientes de diferentes puntos de liberación (Figura 11). Para la primera y segunda semana se observa que el porcentaje de emergencia es inferior al 10% mientras que para la tercera y cuarta semanas estos porcentajes alcanzan valores superiores al 15%. Sin embargo para las cuatro semanas de muestreo se observa una deficiencia en el porcentaje de ninfas de *E. formosa* que emergieron de las tarjetas colocadas en cada uno de los puntos. Esto muestra que los porcentajes de parasitismo reflejado por los mapas de la Figura 9 son efecto directo de la baja emergencia del parasitoide de los respectivos empaques.

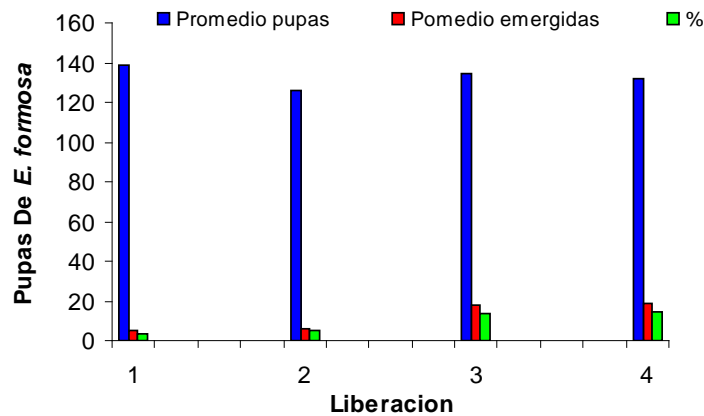


Figura 11. Porcentaje de adultos de *Encarsia formosa* (Hym., Aphelinidae) emergidos de de cuatro empaques de emergencia provenientes de campo en cada una de las semanas de liberación.

7. DISCUSIÓN

Los datos de densidades de ninfas de tercer instar de *Trialeurodes vaporariorum* encontrados en los muestreos directos realizados en este trabajo muestran que la distribución espacial de la plaga al interior del invernadero es agregada. Bernal y Pesca (2007) afirman en la relación varianza-media la varianza es mayor que la media en todas las semanas durante las que se desarrollo ese trabajo, lo cual indica que la distribución de ninfas es agregada durante todo el ciclo de cultivo aunque practicas culturales como el despunte influyen significativamente en que la distribución sea de esta forma. De igual forma Basso *et al.* (2001) encontraron que el índice de agregación K presentó valores pequeños mientras que el índice CD valores muy altos y para ambos casos la varianza era mayor a la media lo cual indicaba que la distribución más apropiada para el procesamiento de los datos era la binomial negativa. Según estos resultados, los mismos autores concluyeron que la distribución de la plaga es agregada tal como se pudo comprobar en el presente trabajo (Figura 7). Por otra parte en la misma figura se observa que para las cuatro semanas de muestreo las mayores densidades de mosca blanca se encuentran en los bordes del invernadero. Esta ubicación de los focos coincide con las zonas expuestas a las áreas de ventilación del mismo por donde las poblaciones de adultos de mosca blanca provenientes de otros bloques muy seguramente fueron atraídas y que finalmente se establecieron, aumentando las densidades de la plaga en cada semana de muestreo.

Es necesario tener en cuenta que *E. formosa* ha sido objeto de amplios estudios para determinar su efectividad como controlador de *T. vaporariorum*. Dentro de estos trabajos se encuentra el realizado por De Vis & Van Lenteren (2001) quienes recomiendan iniciar el ciclo de cultivo con poblaciones de mosca blanca menores a 0.05 adultos por planta para que el control sea efectivo, introducir semanalmente 5 pupas/m² del parasitoide e introducir pupas de *E. formosa* preferiblemente en vez de adultos. En el mismo trabajo de De Vis & Van Lenteren (2001) también se encontró que bajo condiciones de invernadero los porcentajes de parasitismo alcanzaron valores superiores al 80% en muchos de los casos en un invernadero de vidrio. De igual forma Aragón *et al* (en prensa) presentan porcentajes de parasitismo hasta del 80% en condiciones de confinamiento y afirma que estos valores pueden ser superiores. Sin embargo la forma de liberación en el primer trabajo es diferente del segundo ya que Aragón *et al* (en prensa) liberaron adultos recién

emergidos de *E. formosa*, mientras que De Vis & Van Lenteren (2001) liberaron pupas del parasitoide.

Por otra parte Aragón *et al* (en prensa) encontraron que al liberar 30 avispas del *E. formosa* por planta con una población de 500 ninfas de *Trialeurodes vaporariorum* es el tratamiento que mejor porcentaje de parasitismo presentó (77.1%) en comparación con los demás tratamientos. Adicionalmente Tello *et al* (2003) encontraron que para controlar plantas de tomate infestadas con 15 a 45 ninfas de mosca blanca es necesario liberar seis avispas en tres momentos diferentes.

Para efectos del presente trabajo la liberación de *E. formosa* se hizo en forma de pupas empacadas en etiquetas y con una frecuencia de liberación de dos veces por semana. A diferencia de los trabajos anteriormente mencionados los porcentajes máximos de parasitismo reportados son del 40% y hacen referencia a casos extremos de puntos específicos de muestreo, mientras que el promedio general de los datos que son reflejados en los mapas mostrados en la figura 9, los porcentajes máximos son del 23% en algunos de los focos. A diferencia del trabajo realizado por De Vis & Van Lenteren (2001) las densidades de población de mosca blanca para el momento de la primera liberación son muy altas. Esto repercute en la capacidad parasítica de *E. formosa*. Altas densidades de mosca blanca generan grandes cantidades de mielecilla y este factor dificulta la movilidad o la capacidad de búsqueda del parasitoide para encontrar ninfas de mosca blanca que pueda parasitar (Madrigal, 2001).

Por otra parte las liberaciones de *E. formosa* durante este trabajo se hicieron directamente en campo y según lo encontrado por Tello *et al* (2007) y Aragón *et al* (en prensa) los porcentajes de parasitismo son del 50% y el 80% o superiores respectivamente cuando se hacen liberaciones del parasitoide recién emergido y bajo condiciones confinadas. Esta diferencia en las condiciones de experimentación pueden ser una posible explicación para los bajos índices de parasitismo encontrados durante el desarrollo del trabajo. Dentro de las condiciones que se encuentran bajo invernadero están la presencia de otras plagas como el caso de *Tuta absoluta* o la incidencia de hongos como Mildeo que dificultan la capacidad de búsqueda del parasitoide. Por otra parte se encuentra la aplicación de insecticidas, aunque durante el desarrollo de este trabajo no se hicieron aplicaciones de insecticidas dirigidas específicamente para mosca blanca pero sí se hicieron aplicaciones

para controlar las poblaciones de *Tuta absoluta* con Tracer, un insecticida de origen biológico. Según Koopert este producto reduce hasta en un 75% la población de adultos de *E. formosa*. Por el contrario para el caso del estadio de pupa este mismo producto no tiene ningún efecto. Aunque las liberaciones del parasitoide de hicieron en forma de pupa se podría pensar que la aplicaciones de este Tracer no tendrían ningún efecto. Sin embargo el mismo producto tiene dos días de efecto residual lo cual pudo perjudicar a los primeros adultos que emergieron en los días posteriores a la liberación.

Por otra parte y siguiendo las recomendaciones hechas por Tello *et al* (2007), las liberaciones de pupas de *E. formosa* se hicieron fraccionadas pero sólo en dos momentos de liberación, debido a facilidades en el transporte, almacenamiento y movilidad de las etiquetas. Según lo encontrado por estos autores si no se siguen estas recomendaciones es probable que el fenómeno de interferencia se vea reflejado en los porcentajes de parasitismo. Este también pudo ser uno de los factores que influyó en los porcentajes de parasitismo encontrados durante el desarrollo de este trabajo. Aunque la cosecha, el almacenamiento y el transporte se hicieron de la forma perfeccionada por el protocolo de la Unidad de Cría de la Universidad Militar Nueva Granada, se encontraron deficiencias en algunos de estos aspectos. Las avispas eran almacenadas en nevera con hielo químico durante el transporte pero no se podían someter a más de cinco días bajo las mismas condiciones porque la viabilidad de las mismas era disminuida por efecto del frío. En las dos primeras liberaciones las etiquetas estuvieron sometidas a este tiempo en frío, posiblemente por esta razón se encontró una baja emergencia de adultos de *E. formosa* en las etiquetas de estas semanas, en comparación con las semanas tres y cuatro (Figura 11), y por ende los porcentajes de parasitismo son también menores en las semanas uno y dos (Figura 9).

Estos tres factores (cosecha, almacenamiento y transporte) juegan un papel importante en la liberación de enemigos naturales en condiciones de campo (Van Lenteren, 2003). Según este autor es necesario mantener una cría constante del enemigo natural que se quiere liberar, propiciar las condiciones adecuadas para que este se desarrolle de forma normal y evitando la presencia de entomopatógenos que los afecten. Para esto es necesario mantener almacenados inmaduros a temperaturas de 4 a 15°C, condiciones en las que pueden durar varias semanas aunque este proceso también reduce el “fitness”.

Por otra parte las evaluaciones de los porcentajes de parasitismo se hicieron a los 30 días después de la liberación del enemigo natural en campo y en este momento el porcentaje de parasitismo fue del 20% al 23%. Según las recomendaciones hechas por Aragón *et al* (en prensa) la evaluación del porcentaje de parasitismo se puede hacer entre los 30 y 40 días después de la liberación pero los valores de esta variable para ese momento son del 30%. Sin embargo si las evaluaciones se hacen a los 77 días se encuentra como evidencia de parasitismo el orificio de emergencia del adulto de *E. formosa* y los porcentajes de parasitismo se elevan por encima del 80%. Según los resultados del porcentaje de parasitismo y el tiempo de evaluación de esta variable coinciden con los encontrados por Aragón *et al* (en prensa), teniendo en cuenta que factores como las frecuencias de liberación, el almacenamiento y las condiciones de experimentación disminuyeron hasta en un 7% esos porcentajes.

Con ayuda de los semivariogramas generados por el mismo programa se encontró que el porcentaje de parasitismo de *E. formosa* presenta una dependencia espacial hasta 8 metros después del punto de liberación. Esto indica que a distancias mayores el porcentaje de parasitismo es igual independientemente de la densidad de la plaga y de el numero de avispas liberadas. Sin embargo es necesario tener en cuenta que para que el control con este parasitoide fuese efectivo en cada uno de los focos encontrados fue necesario tener en cuenta la densidad de la población en los mismos y la respuesta funcional del parasitoide.

Esta distancia encontrada puede estar relacionada con dos factores de la biología de *E. formosa*. Por una parte se encuentra la capacidad de búsqueda del parasitoide que se encuentra afectada por la presencia de mielecilla generada por las altas densidades de mosca blanca como se explicó anteriormente. El otro factor es su característica sinovigenica. A diferencia de los parasitoides pro-ovigénicos, los parasitoides sinovigénicos tienen la tendencia de mantenerse en el foco de infestación donde se encuentra su hospedero (Cantor 2001). Este mismo fenómeno fue reportado por Cantor (2001) al comparar diferentes parámetros biológicos, entre esos la capacidad de dispersión de tres parasitoides de la broca del café. Estas características permiten que *E. formosa* sea considerado un buen controlador biológico de *T. vaporariorum* en comparación con otros enemigos naturales en condiciones de la sabana de Bogota, tal es el caso de *Amitus fuscipennis* el cual tiene una mayor frecuencia de oviposición, emplea

menos tiempo en la manipulación de la presa y en otras actividades diferentes al parasitismo (De vis, 2001).

Para el caso de otras especies sinovigenicas como *Cephalonomia stephanoderis* se encontró que la dispersión del parasitoide presentó dependencia espacial hasta los 20 metros de distancia con respecto al punto de liberación, zona en donde se encontraron porcentajes de parasitismo del 10% al 50% (Aristizabal, 1995). En el mismo trabajo también se encontró que a distancias mayores a 20 metros la concentración de avispa y el porcentaje de parasitismo fueron menores. Esta diferencia entre las distancias que presentan correlación con el porcentaje de parasitismo para cada uno de los parasitoides se puede originar en el tamaño de los mismos ya que *E. formosa* pertenece al grupo de los microhimenoptera (0.6mm aproximadamente). Esta distancia también es comparable con la encontrada por Vergara (1998) para el parasitoide de la broca del café, *Phymasticus coffea*, el cual mostró una mayor concentración de avispa a una distancia de los 0 a 23 metros con un porcentaje de parasitismo del 94.74%. en el mismo trabajo también se encontró que a distancias de 23 a 60 metros se presentaron parasitismos del 31.29%.

Los datos encontrados en los tres trabajos muestran que características biológicas y ecológicas de los parasitoides son los principales determinantes del radio de acción de los mismos. Es por esta razón que se hace importante tener en cuenta estas características para estudios futuros en los que se necesite usar el radio de acción de cada uno de estos enemigos naturales principalmente el de *E. formosa*.

8. CONCLUSIONES

- La mínima densidad de mosca blanca encontrada durante este trabajo en uno de los focos fue de 3580 ninfas de tercer instar mientras que la máxima densidad fue de 176.204, lo cual demuestra que la distribución espacial de mosca blanca es agregada y cambia a lo largo del tiempo en cada uno de los focos que fueron encontrados.
- Se pudo encontrar un porcentaje de parasitismo máximo del 40% en algunos de los puntos de muestreo, sin embargo no es la tendencia general de los datos. El valor de parasitismo máximo más común fue 23% y las zonas donde se encuentra el máximo porcentaje de parasitismo coinciden con las zonas donde las densidades de mosca blanca son más altas.
- La distribución espacial del porcentaje de parasitismo de *E. formosa* en cada una de las semanas demuestra que este parasitoide vuela una distancia menor a la de otros parasitoides y esto depende en gran medida de su biología y de sus hábitos.
- Se pudo establecer que a una distancia de 8 metros después del punto de liberación existe una correlación entre los porcentajes de parasitismo lo cual indica que ese es el radio de acción.
- El porcentaje de emergencia de pupas de *E. formosa* representa una de las variables más determinantes para obtener un buen porcentaje de parasitismo cuando se hacen liberaciones en campo. Por esta razón las bajas densidades de parasitismo en mosca blanca se le atribuyen en parte a la baja emergencia de pupas del parasitoide.
- Para hacer liberaciones en campo de *E. formosa* es necesario establecer la densidad de población de la plaga y posteriormente determinar el tamaño y densidad de los focos poblacionales con el fin de establecer el número de parasitoides que es necesario liberar.
- Se recomienda hacer las liberaciones del parasitoide con regularidad en el foco de la plaga con el fin de reducir las poblaciones y a una distancia de 8 metros entre punto de liberación. Sin embargo es necesario tener en cuenta la densidad de población de la plaga para que el control sea efectivo.
- Es necesario hacer las evaluaciones del porcentaje de parasitismo a los 35 o 40 días después de la liberación con el fin de encontrar la mayor cantidad de ninfas de mosca blanca parasitadas.

9. BIBLIOGRAFÍA

APIZAR M., D. 1993. Aspectos básicos sobre las moscas blancas con énfasis en *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporariorum*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Dirección de de sanidad vegetal. Departamento de Entomología. Comisión Nacional de Mosca Blanca. San José, Costa Rica. Pp24

ARAGON, S., RODRIGUEZ C. D., CANTOR, F., CURE. J. R. 2008. Criterios para la liberación y evaluación de la efectividad de *Encarsia Formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) para el control de la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Hemiptera: Aleyrodidae) en cultivos comerciales de tomate bajo invernadero.

ARISTIZABAL, L. F. 1995. Efecto del parasitoide *Cephalonomia stephanoderis* (Betrem) (HYMENOPTERA: BERTHYLIDAE) sobre una población de *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (COLEOPTERA: SCOLYTIDAE) en condiciones de campo. Tesis de pregrado.

ATERTNON, J.G. and RIDICH, J.1986. The tomato crop: a scientific basis for improvement. University Press of Cambridge. Gran Bretaña. p. 401.

BASSO, C., FRANCO, J. GRILLE, G. Y PASCAL, C. 2001. Distribución espacial de *Trialeurodes vaporariurum* (Homoptera: Aleyrodidae) en plantas de tomate. Bol. San. Veg. Plagas, 27: 475-478.

BERNAL M., L. A. Y PESCA B., L. A. 2007. Estandarización de un método de monitoreo directo de mosca blanca *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homóptera: Aleyrodidae) en un cultivo comercial de tomate bajo invernadero. Universidad Militar Nueva Granada. Facultad De Ciencias.

CANTOR, F. 2001. Análise de fatores que afetam o potencial de ação de parasitoides em programas de controle biológico: o caso dos parasitóides da broca-do-café. Tese de Doutorado em Entomologia, Universidade Federal de Vicosa (Brasil).

CARDONA, C., LOPEZ- ÁVILA, A. Y VALARENZO, O. 2005. Whitefly and whitefly-

borne viruses in the tropics: Building a knowledge base for global action. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, CO. 351 p. (CIAT publication no. 341)

CARDONA, C.; RODRIGUEZ, A.; PARADA, P. C. 1993. Umbral de Acción para el Control de la Mosca Blanca de los Invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), en Habichuela. Revista Colombiana de Entomología (Colombia). v. 19 N° 1. p 23-33 Oecologia (2001) 129:147–154

COILLER, T. R. y HUNTER, M. S. 2001. Lethal interference competition in the whitefly parasitoids *Eretmocerus eremicus* and *Encarsia Sophia*. Springer-Verlag. Oecologia Vol 129: 147-154.

DENT, D. 2002. INSECT PEST MANAGEMENT. CABI Publishing. Cap 4.

DE VIS R. M. J., FUENTES, L. E. Y van LENTEREN. 2002. Life history of *Ammitus fuscipennis* (Hym., Platugastridae) as parasitoid of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Hom., Aleyrodidae) on tomato as function of temperature. JEN 126 (24-23).

DE VIS R. M. J. 2001. Biological Control of greenhouse tomato in Colombia: *Encarsia formosa* or *Ammitus fuscipennis*. Wageningen University.

DE VIS, R. M. J. y VAN LENTEREN, J. C. 2001. desarrollo del control biológico de la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* con *Encarsia Formosa* y *Ammitus fuscipennis* en tomate bajo invernadero en la sabana de Bogotá. Memorias XXXVI Congreso Sociedad Colombiana De Entomología.

ESCOBAR, H. y LEE, R. 2001. Producción de Tomate Bajo Invernadero. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Colciencias, Centro de Investigaciones y Asesorías Agroindustriales (CIAA). p 66

ESPAÑOL, J. A. 1994. Biología y ecología de la Mosca Blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae)

FUENTES Q., L. E. 2001. Ciclo de vida de *Amitus fuscipennis* mac Gown y Nebeker

parasitoide de *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) a 15, 20, 25 y 30° C en tomate. Trabajo de grado. Universidad Nacional De Colombia. Facultad De Agronomía. Bogota Colombia. Pp 8.

GAMMA DESIGN SOFTWARE. 2002. Geostatistics for the environmental Sciences. Version 5.3 1 Demonstration.

HUSSEY, N. W. Y SCOPES, N. 1985. Biological pest control the glasshouse experience. Cornell University Press. Ithaca, New York. p. 13-33, 45,166-169.

LEE, R. 2000. Cultivo de tomate bajo invernadero. Centro de investigaciones y asesorias agroindustriales Universidad Jorge Tadeo Lozano y COLCIENCIAS, CHIA CUNDINAMARCA. p 37-40

LOPEZ, C. A. Y DE ÁVILA, A. C. 2005. Doenças do Tomaterio. Ministerio de agricultura Pecuaria e abastecimento. Embrapa. Brasilia D. F. pp 34, 62

LÓPEZ, S. N. VISCARRET, M. M., ANDORNO, A. V. Y BOTTO, E. 2005. ESTUDIO DE LA INTERACCIÓN ENTRE *Encarsia formosa* Y *Eretmocerus corni* (HYMENOPTERA: APHELINIDAE), PARASITOIDES DE LA MOSCA BLANCA DE LOS INVERNÁCULOS *Trialeurodesvaporariorum* (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE). RIA, 34 ISSN edición en línea 1669-2314. INTA, Argentina.

LIEBHOLD, A. M., ROSSI, R. E., KEMP, W. P.1993. Geostatics and Geographic information Systems in Applied insecto ecology. Annual Reviews Entomological. Vol. 38: 303-27.

LUDWIG. A, REYNOLDS.F, 1988. Statistical Ecology A primer on methods and computing. Editorial Interscience publication.

MADRIGAL C., A. 2001. Cría masiva de *Encarsia formosa* (Gahan) parasitoide de la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood). Fundamentos de control biológico de plagas. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín. p 371-386.

MARTIN, N.A. 1999. Whitefly natural enemies of the whitefly and their biology. New Zealand Institute for the crops & Research Limited a Crow Research Institute.

PEDIGO, L. P.; RICE, M. E. 2006. Entomology and Pest Management. Fifth Edition. Pearson / Prentice Hall Upper Saddle River. New Jersey, Columbus Ohio.pp 259-264

QUICKE, L. J .D. 1997. Parasitic wasps. Zanpan & Hall. Cap. 3 pp. 67-72.

RODRIGUEZ G., A.; HILLER, M.; WILLIAMS, E. 1996. Umbrales de Acción para la Mosca Blanca de Los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera: Aleyrodidae), en Tomate. Revista Colombiana de Entomología (Colombia). v. 22 N° 1, p 87-92.

SALMERÓN, A. 1991. Plagas del Tomate: Bases Para el Control Integrado. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Dirección general de Sanidad de Producción Agraria. Madrid, España. p 37-51

SOTO. G., A. 1997. Requerimientos térmicos de *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) y de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae), y parasitismo de ésta sobre la plaga. Trabajo de investigación presentado como requisito para título de Magíster en producción de cultivos. Santiago de Chile.

SUÁREZ G., M R. Y LÓPEZ A., A. M. 1992. Estudio para la cría masiva de *Encarsia formosa* Gahan bajo condiciones de invernadero en la sabana de Bogota. Trabajo de grado Universidad Nacional De Colombia Facultad de Agronomía. Bogota Colombia. Pp 8.

TELLO, P. CANTOR, F. RODRIGUEZ, D. CURE, J. R. 2007. Densidades y frecuencias de liberación de *Encarsia Formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) sobre *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) en tomate. Agronomía Colombiana 25 (2), 314-319.

VAN LENTEREN, J.C. 2003. Quality control and Production of biological control agents, Theory and testing procedures. CABI publishing. United Kingdom. Pp. 151, 185,192.

VAN ROERMUND, H. J. W., van LENTEREN, J. C., Y RABINGE, R. 1997. Analysis of Foraging Behavior of the Whitefly Parasitoid *Encarsia formosa* on a Leaf: A Simulation Study. *BIOLOGICAL CONTROL* 8, 22–36 (1997). ARTICLE NO. BC960479

VERGARA O., J. D. 1998. Biología y comportamiento de *Phymastichus coffea* La Salle (Hymenoptera: Eulophidae), Parasitoide de la broca del café en condiciones de campo. Trabajo de Grado Universidad Nacional de Colombia Sede Medellín.

ANEXOS

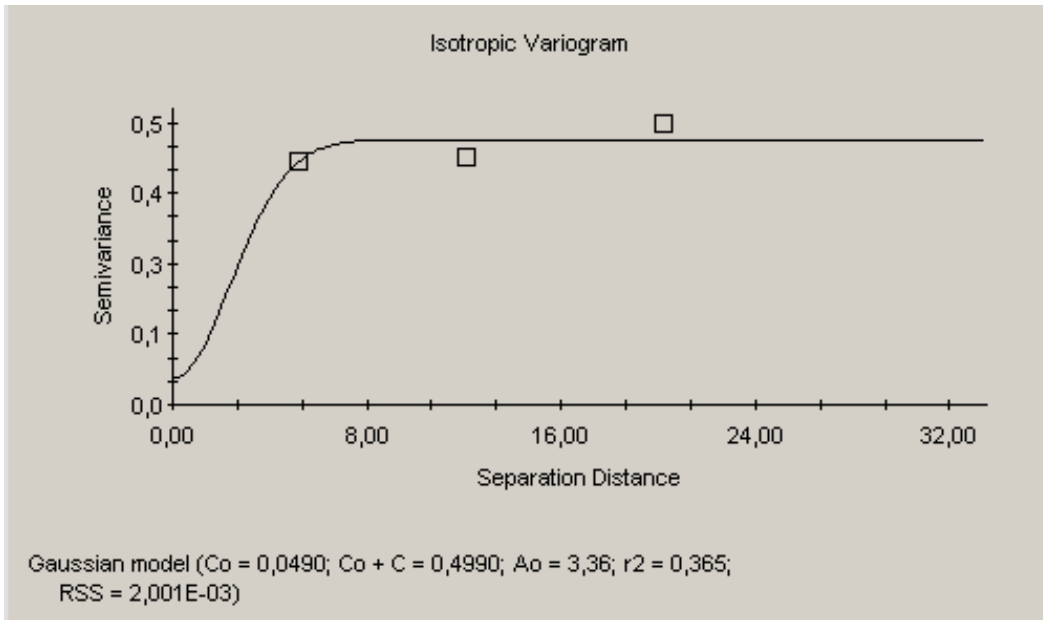
Anexo 1. Software de aplicación para determinar la densidad de mosca blanca por planta en base a datos de ninfas de mosca blanca encontradas en cada uno de los estratos de la planta y dependiendo de la fecha de muestreo.

TERCIO INFERIOR				TERCIO MEDIO Y SUPERIOR			
EDAD (SDS)	Ti	Tm	Ts	EDAD (SDS)	Ti	Tm	Ts
8	0,61	0,37	0,02	17	0,28	0,43	0,29
9	0,35	0,58	0,05	18	0,16	0,45	0,38
11	0,57	0,43	0,01	19	0,03	0,34	0,64
12	0,81	0,19	0,00	20	0,02	0,41	0,58
13	0,80	0,20	0,00	21	0,00	0,30	0,69
14	0,88	0,11	0,00	23	0,01	0,93	0,07
15	0,60	0,38	0,02	24	0,01	0,42	0,58
16	0,51	0,38	0,11	PROM (P)	0,07	0,47	0,46
PROM (P)	0,64	0,33	0,03	P-1 = Q	0,93	0,53	0,54
P-1 = Q	0,36	0,67	0,97	P*Q	0,07	0,25	0,25
P*Q	0,23	0,22	0,02	$((P*Q)/N)^{0,5}$	0,10	0,19	0,19
$((P*Q)/N)^{0,5}$	0,17	0,17	0,06	PROPOR	0,15	1,00	0,98
PROPOR	1,00	0,51	0,04	NINFAS	0,00		0,00
NINFAS		0,00	0,00	HOJAS			
HOJAS				T. NIN/HOJ	0,00	0,00	0,00
T. NIN/HOJ	0,00	0,00	0,00	T. NIN/PLA	0,00		
T. NIN/PLA	0,00						

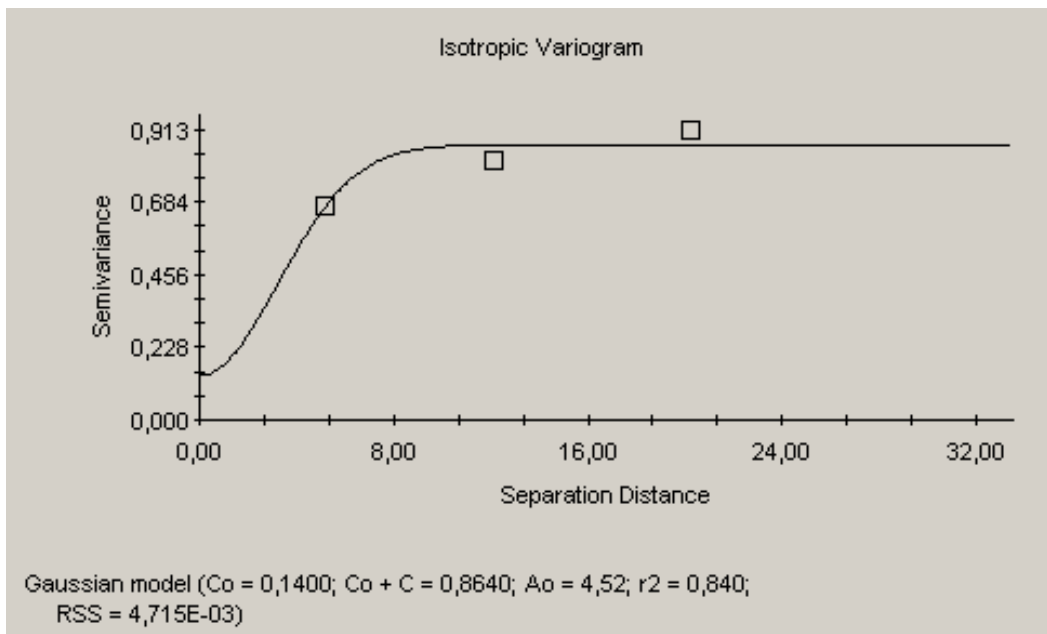
Anexo 2. Modelo usado para determina la el numero de parasitoides a liberar en cada una de las fechas de muestreo teniendo en cuenta el área del foco, la densidad de mosca blanca en el mismo y la respuesta funcional.

Semana	Foco	Área	MB/F	E/F
1	1	25,2	37422	2201
	2	15,54	14615	859
	3	36,96	45128	2654
	4	4,34	3580	210
	5	63	22869	1345
	6	52,2	18948	1114
2	1	7,14	110317	6489
	2	2,04	24127	1419
	3	4,62	59749	3514
	4	16,96	61564	3621
3	1	5,4	176204	10364
	2	1,7	44088	2593
	3	3,1	45012	2647
3	1	2,7	129195	7599
	2	3,5	95865	5639
	3	4	56760	3338

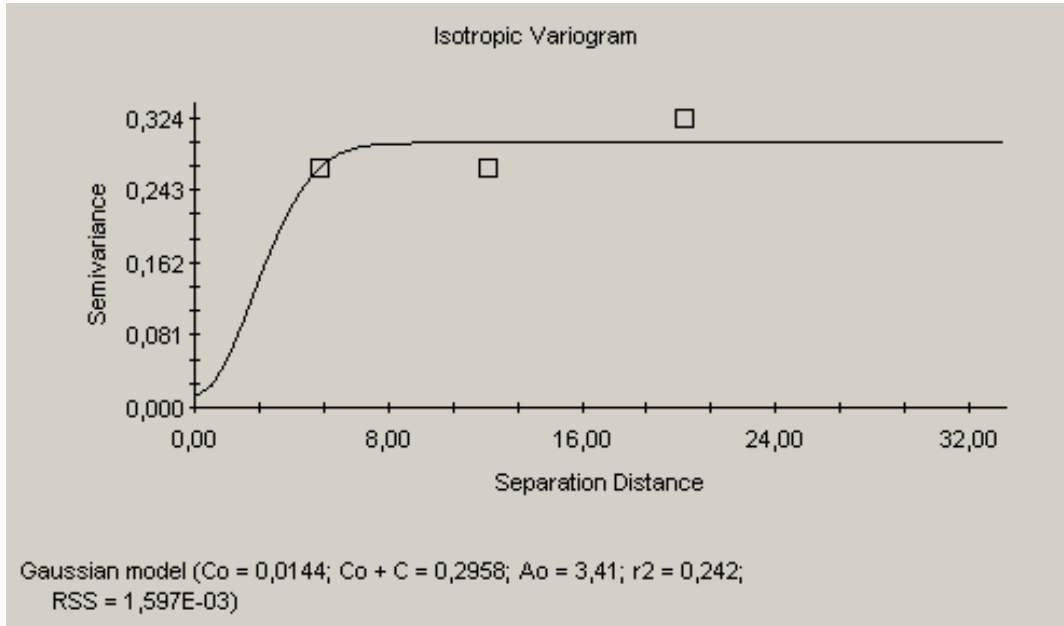
Anexo 3. Semivariograma generado para los valores de parasitismo encontrados en la semana 1



Anexo 4. Semivariograma generado para los valores de parasitismo encontrados en la semana 2



Anexo 5. Semivariograma generado para los valores de parasitismo encontrados en la semana 3



Anexo 6. Semivariograma generado para los valores de parasitismo encontrados en la semana 4

