

Efecto del viento en la dispersión a corta distancia del parasitoide *Amitus fuscipennis* MacGown y Nebeker (Hymenoptera: Platygasteridae) en cultivos de fríjol y habichuela

Wind effect on the short dispersion of the parasitoid *Amitus fuscipennis* MacGown and Nebeker (Hymenoptera: Platygasteridae) on bean and snap bean crops

Luis Miguel Hernández Mahecha* y Maria del Rosario Manzano

Departamento de Ciencias Agrícolas, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia sede Palmira, Valle del Cauca, Colombia. *Autor para correspondencia: lmhernandezma@unal.edu.co

Rec.: 02.02.2015 Acep.: 29.07.2015

Resumen

El parasitoide *Amitus fuscipennis* MacGown y Nebeker (Hymenoptera: Platygasteridae) es un agente de control biológico promisorio de la mosca blanca de los invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae), no obstante no se conoce la distancia ni el efecto del viento en la dispersión del parasitoide en cultivos. Por tanto, el objetivo de este estudio fue determinar la distancia y dirección del proceso inicial de dispersión de *A. fuscipennis* en cultivos de frijol y habichuela infestados con *T. vaporariorum*. Adultos del parasitoide fueron marcados con fluorocromo rojo y recapturados en trampas pegajosas amarillas de 1, 1.5 y 2 m de altura ubicadas a 4, 8 y 12 m de distancia del punto de liberación, respectivamente. Los resultados mostraron que *A. fuscipennis* se dispersó hasta 12 m sin diferencias ($P > 0.05$) en el promedio de adultos recapturados en las tres distancias probadas. La tasa promedio de recaptura fue de 2.06 % y la mayor tasa ocurrió en dirección Este (15.08%) lo que sugieren que el parasitoide se dispersa más de 12 m y que el viento contribuye a la dispersión pasiva una vez que el insecto inicia el vuelo. El parasitoide se dispersó preferiblemente en la dirección del viento predominante en latitudes bajas de los Andes. Estos aspectos son relevantes al momento de liberar *A. fuscipennis* en un agro-paisaje andino con combinación de cultivos atacados y no atacados por *T. vaporariorum* para disminuir la dispersión del parasitoide hacia otros cultivos.

Palabras clave: *Trialeurodes vaporariorum*, marcaje, recaptura.

Abstract

The parasitoid *Amitus fuscipennis* MacGown and Nebeker (Hymenoptera: Platygasteridae) is a promising biological control agent of the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae), however, dispersal distance and the effect of the wind in the direction of dispersion of *A. fuscipennis* in field crops are unknown. Therefore, the objective of this study was determined short-distance dispersal of *A. fuscipennis* on bean and snap bean crops with greenhouse whitefly. *A. fuscipennis* was monitored through red fluorochrome labeled wasps recaptured on yellow sticky traps of 1, 1.5, and 2 m. of height located at 4, 8 and 12 m away from the release point respectively. The results show that *A. fuscipennis* dispersed to 12 m with no differences ($P > 0.05$) in the average adult recaptured in the three distances tested. The average recapture rate was 2, 06 % and the highest rate of recapture eastbound 15, 08 % suggest that the parasitoid could spread over 12 m and the wind contributes to passive dispersal once the insect started flying. The parasitoid is preferably dispersed in the direction of the prevailing wind at low latitudes of Los Andes. These aspects are relevant when releasing *A. fuscipennis* in landscapes composed of host and non-host crops of *T. vaporariorum* to reduce the dispersion of parasitoids to non-target crops.

Keywords: *Trialeurodes vaporariorum*, marking, recapture.

Introducción

La implementación de estrategias de control biológico con avispas parasitoides requiere del conocimiento de sus habilidades, por ejemplo, la capacidad de dispersión. Los insectos pasan una larga parte de su tiempo moviéndose entre sitios que ofrecen diferentes recursos como alimento, refugio, pareja y hospederos (Fischbein, 2011), esto es fundamental para la mayoría de organismos y necesario para su supervivencia (Schellhorn *et al.*, 2014). El resultado final del proceso de dispersión de parasitoides es el encuentro y aceptación del hospedero (Vinson, 1976; Rehman, 2010). Por tanto, la dispersión es un factor importante que afecta tanto su establecimiento como su eficiencia en la supresión de plagas (Hopper y Roush, 1993; Saavedra, Torres y Ruiz, 1997; McDougall y Mills, 1997). Sin embargo, al liberar parasitoides en campo se desconoce, en muchos casos, qué tan rápido se desplazan y qué proporción de los individuos liberados permanece dentro de la zona de liberación (Corbett y Rosenheim, 1996).

La dispersión de parasitoides está influenciada por factores bióticos y abióticos como el tamaño del insecto (Canto-Silva, Kolberg, Romanowski y Redaelli, 2006), el género y estado de apareamiento del parasitoide (Blackmer, 2001; Liu, 2015), la densidad del hospedero (Petit *et al.*, 2008), la dirección y velocidad del viento (Canto-Silva *et al.*, 2006; Kristensen 2013; Bell *et al.*, 2013) y la presencia de señales químicas (Birkett, 2003; Liu, 2015).

En este trabajo se evaluó la influencia del viento en la dispersión a corta distancia en campo del parasitoide *Amitus fuscipennis* MacGown y Nebeker (Hymenoptera: Platygasteridae), agente de control biológico de la mosca blanca de invernaderos *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Hemiptera: Aleyrodidae), la cual causa pérdidas económicas en cultivos de frijol y habichuela (ambos *Phaseolus vulgaris* L.) hasta del 16% por sí sola y del 46 % en combinación con *Thrips palmi* Karny (Thysanoptera: Thripidae) en Colombia (Rendón *et al.*, 2001). *Amitus fuscipennis* es el parasitoide más importante de *T. vaporariorum* (Manzano *et al.*, 2002a), es hospedero de la vegetación circundante en cultivos de frijol (Hernández *et al.*, 2013) y migra hacia él 20 días después de la siembra (Manzano *et al.*, 2003) en busca de ninfas de primero y segundo instar de *T. vaporariorum* (Manzano *et al.*, 2002b). Durante la búsqueda de ninfas en plantas y hojas, la avispa exhibe capacidad de búsqueda de área restringida (Manzano *et al.*, 2002b) y aún no se conoce la forma cómo se dispersa para llegar a las plantas. Debido a su pequeño tamaño (< 1 mm),

la dirección del viento puede desempeñar un papel importante en la dispersión de *A. fuscipennis*.

La metodología de captura-marcaje-recaptura ha mostrado ser útil para medir la dispersión de insectos (Turchin y Thoeny, 1993; Turchin, 1998; Verhulst, 2013); por ejemplo, el marcaje con fluorocromo (Schellhorn *et al.*, 2004) o rubidium (Pickett *et al.*, 2004) ha contribuido al conocimiento de la capacidad de dispersión de algunas especies de parasitoides. Basado en lo anterior, el objetivo de este trabajo fue estudiar mediante la técnica de marcaje y recaptura la distancia y dirección del proceso inicial de dispersión del parasitoide *A. fuscipennis* en cultivos de frijol y habichuela infestados con *T. vaporariorum*.

Materiales y métodos

Cría de *Amitus fuscipennis*

La cría de *A. fuscipennis* en *T. vaporariorum* fue establecida en frijol cultivar ICA Pijao establecido en el Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira (CEUNP) a 3° 24' N y 76° 26' O, a 26 ± 2 °C y 80 ± 5% de HR. La infestación se hizo en plantas de 25 días de edad con adultos de *T. vaporariorum* provenientes de una cría existente en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) por más de 10 años. Siete días después se introdujeron adultos recién emergidos de *A. fuscipennis* recolectados en campo en la vereda Regaderos, municipio de Cerrito, Valle del Cuaca.

Marcaje de adultos de *Amitus fuscipennis* en laboratorio

Para este proceso, adultos recién emergidos de *A. fuscipennis* no copulados, ya que se reproducen por partenogénesis tipo telitoquia (Manzano *et al.*, 2002a) y sin experiencia previa de oviposición, fueron marcados de acuerdo con la metodología descrita por Nakata (2008) con algunas modificaciones. Se esparcieron 0.1 g de fluorocromo rojo en presentación en polvo (8X10⁻⁴ g/cm²) (Luminous Powder, Red BioQuip, Catalogo 1162R) en las paredes internas de un frasco de vidrio transparente de 250 ml. Seguidamente se introdujeron alrededor de 200 adultos del parasitoide y se hizo girar el frasco durante 5 segundos para esparcir el fluorocromo sobre el cuerpo de las avispas. Pasado este tiempo los parasitoides fueron dispuestos en recipiente de vidrio (4 lt) sin fluorocromo. Estos frascos fueron utilizados ya que permiten visualizar y manipular fácilmente las microavispa, sin afectar su supervivencia.

La determinación de la permanencia de fluorocromo en el cuerpo del insecto se inició 2 días después del marcaje, para lo cual, diariamente

y durante 6 días consecutivos, se tomaron al azar cuatro avispas que fueron observadas en estereoscopio (Optiks ZTX E ZOOM). Esta observación se hizo cinco veces (repeticiones) por día. Con los datos obtenidos se realizó una prueba de Ji-cuadrado (X^2) ($\alpha = 0.05$) para comprobar la variabilidad de la cantidad de avispas marcadas durante los 6 días de observaciones.

Sitio de estudio

El estudio se realizó en 2009 en la vertiente occidental de la cordillera central de los Andes colombianos, municipio de Cerrito, vereda Regaderos (N 3° 38'; O 76° 06'), a 1750 m.s.n.m, con características de bosque seco subtropical (bs-ST), temperatura entre 17 - 24 ° C, precipitación entre 1100 y 2000 mm (Espinal, 1968). En esta zona *A. fuscipennis* se encuentra de manera natural. Las liberaciones del parasitoide fueron realizadas en cultivos de frijol y habichuela entre 30 a 50 cm de altura, con el manejo agronómico convencional incluyendo la aplicación de insecticidas.

Liberación de adultos de *Amitus fuscipennis*

Los adultos de *A. fuscipennis*, recién emergidos de ninfas recolectadas en el sitio de la cría (F1) y en campo (población natural), fueron obtenidos con la utilización de cámaras de recuperación, las cuales consistieron en cajas negras con frascos de vidrio incrustados en la parte superior de cada una de las cajas. Los parasitoides fueron marcados con flúorocromo y transportados a campo en frascos de vidrio (4 lt). A cada frasco se le tomó una fotografía (Cámara digital Samsung S630) que fue ampliada en computador para contabilizar el número de individuos liberados. Cada semana y durante 12 semanas consecutivas, fueron liberados, en promedio, 2043 adultos del parasitoide.

Distancia de dispersión de *Amitus fuscipennis*

Para determinar la distancia de dispersión de *A. fuscipennis*, 48 h después de su liberación se ubicaron trampas con pegante que consistían en tablas de madera de 50 cm de largo por 20 cm ancho de color amarillo y sostenidas por varas de madera a tres alturas diferentes (Figura 1). El pegante utilizado fue JT EATON Crawling Insect Gel-Trap. Debido a que no existía información previa sobre la distancia de dispersión de *A. fuscipennis* y al pequeño tamaño de los lotes de siembra (< 900 m²) en la zona de estudio, se seleccionaron al azar las distancias de observación. Para determinar la altura inicial de vuelo del parasitoide se dispusieron trampas en forma de cruz en los cuatro puntos cardinales con dis-

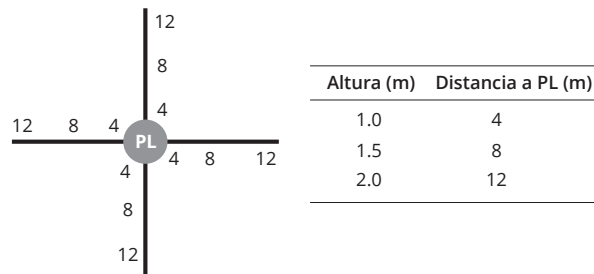


Figura 1. Diseño de ubicación de trampas pegajosas amarillas de diferentes alturas (1, 1,5 y 2 metros) para la recaptura de *A. fuscipennis* a distancias (4, 8 y 12 metros) desde el punto central de liberación (PL).

tancias de 4, 8 y 12 m desde el sitio de liberación (centro) a alturas de 1, 1,5 y 2 m, respectivamente. Para la liberación, los frascos que contenían los parasitoides marcados fueron colocados en el centro de la cruz y abiertos para permitir su vuelo. Esta operación se realizó semanalmente durante 12 semanas consecutivas, entre 8 y 10 a.m. El marcaje permitió diferenciar a los parasitoides liberados de los presentes naturalmente en campo. Para medir la velocidad y la dirección del viento al momento de las liberaciones se utilizó un enviómetro 4 en 1 (Thomas Scientific Cat. No. 1094L57). Durante el periodo del estudio no se registraron lluvias.

Dos días después de liberar los adultos, las trampas fueron removidas del campo y llevadas al Laboratorio de Entomología de la Universidad Nacional de Colombia sede Palmira donde, con la ayuda de un estereoscopio (Optiks ZTX E ZOOM, 20x), se contaron los adultos de *A. fuscipennis* recapturados.

Análisis estadístico

La normalidad y la homocedasticidad de los datos fueron determinadas mediante análisis estadístico. Para determinar el efecto del viento en la dirección de la dispersión se compararon promedios de adultos recapturados entre los cuatro puntos cardinales, primero entre trampas ubicadas a las mismas distancias (4, 8 y 12 m) y luego teniendo en cuenta el promedio general de cada punto cardinal. Adicionalmente se compararon los promedios de adultos recapturados en las distancias 4, 8 y 12 m. La comparación de medias se realizó mediante un Anova ($\alpha = 0.05$) y los promedios fueron comparados con la prueba de diferencia mínima significativa (DMS) ($P < 0.05$). La tasa de recaptura se calculó con base en la relación entre el número de parasitoides capturados y el número total liberado que fue marcado. Se hicieron correlaciones entre velocidad del viento y la cantidad de adultos recapturados en cada punto cardinal (Coeficiente de correlación de Pearson, $P < 0.05$).

Todos los análisis estadísticos se realizaron con el software SAS 9,2.

Resultados

Marcaje de adultos de *Amitus fuscipennis* en laboratorio

El 90% de las avispas permaneció marcada con fluorocromo en los 2 primeros días pero, no obstante a partir del tercer día el valor decreció hasta 65%. Se encontraron diferencia ($X^2 = 30.8$, $gl = 5$, $P < 0.05$) entre los porcentajes de adultos marcados identificados en el primero y segundo

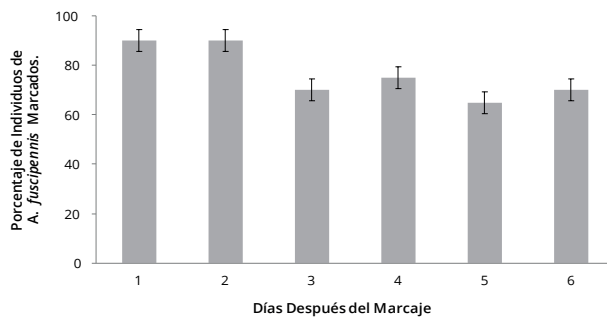


Figura 2. Porcentaje de adultos de *A. fuscipennis* con marcaje de fluorocromo visible hasta el sexto día de observaciones. Se encontraron diferencias significativas entre los porcentajes de marcaje en los seis días ($X^2 = 30.8$; $gl = 5$, $P < 0.05$).

día respecto a los porcentajes en los días restantes, es decir, el número de adultos marcados disminuyó después de los dos primeros días de observaciones (Figura 2).

Distancia y dirección de la dispersión inicial de *Amitus fuscipennis*

En los dos primeros días con una velocidad promedio del viento al momento de la liberación de 1.37 m/s, el parasitoide se dispersó, por lo menos, hasta 12 m, principalmente en dirección Este. Debido a que el 90% de los individuos permaneció marcado durante estos días, el número de parasitoides liberados fue corregido con este valor para descartar los individuos no marcados. La tasa promedio de recaptura fue de 2.17%.

Durante la liberación de las avispas, en ocho de las 12 liberaciones el viento soplaba en dirección noreste, en dos liberaciones en dirección Este, en una liberación en dirección sudeste y en un número igual en dirección norte (Tabla 1). La velocidad del viento varió entre 0.1 y 2.8 m/s (Tabla 1). No se encontraron diferencias significativas entre la cantidad de adultos de *A. fuscipennis* recapturados a 4, 8 y 12 m de distancia

del punto de liberación y alturas de 1, 1.5 y 2 m, respectivamente ($F_{2,33} = 0.65$, $P = 0.59$) (Tabla 2) lo que indica que la avispa se dispersó al menos hasta 12 m y alcanzó una altura de 2 m o más en su proceso inicial de dispersión en los dos días iniciales. El promedio de recaptura de avispas marcadas en las 12 liberaciones fue de 2.17% y varió entre 0,18 y 3.45 % (Tabla 1). En relación con la dirección de dispersión de las avispas, una cantidad significativamente mayor fue recolectada en dirección norte y Este en comparación con las direcciones sur y oeste (Tabla 3, $F_{3,44} = 5.48$, $P < 0,05$; DMS = 5.11). Cuando se comparó el promedio de avispas recolectadas entre trampas ubicadas a la misma distancia, se encontró diferencia significativa entre las trampas ubicadas a 4 m ($F_{3,44} = 6.33$, $P < 0.05$) y a 12 m ($F_{3,44} = 4.56$, $P < 0.05$), pero no a 8 m ($F_{3,44} = 2.31$, $P = 0.08$), presentando en todos los casos mayor cantidad de avispas recolectadas en dirección Este (Tabla 3). No se encontró correlación significativa entre velocidad del viento y cantidad total de avispas

Tabla 1. Cantidad de adultos de *A. fuscipennis* liberados, recapturados, y tasa de recaptura (%) de acuerdo con la velocidad (m/s) y dirección del viento en 12 liberaciones de campo. Región andina de Colombia.

Liberación (no.)	<i>A. fuscipennis</i>		Tasa total de recaptura (%)	Viento	
	Liberados	Re-capturados		Dirección	Velocidad (m/s)
1	2161	16	0.74	NE	1.3
2	3425	6	0.18	NE	1.4
3	1940	65	3.35	NE	0.7
4	1757	13	0.74	SE	2.7
5	1523	42	2.76	NE	0.4
6	1791	31	1.73	NE	0.3
7	1892	48	2.54	NE	2.8
8	1983	44	2.22	E	0.4
9	1717	48	2.80	N	0.1
10	1985	64	3.22	E	2.7
11	2258	78	3.45	NE	2.5
12	2084	49	2.35	NE	1.1
Promedio	2043	42	2.17	—	1.37
Total	24516	504	—	—	—

Tabla 2. Promedio de adultos de *A. fuscipennis* marcados recapturados en trampas amarillas ubicadas a 4, 8 y 12 m del punto de liberación. Región andina de Colombia.

Altura (m)	Distancia (m)	Promedio de <i>A. fuscipennis</i> recapturado
1	4	11,42 ± 1,6**
1.5	8	13,92 ± 2,0 ^a
2	12	15,58 ± 3,5 ^a

*Doce liberaciones. Valores dentro de la misma columna seguidos por letras iguales no son significativamente diferentes, *A. fuscipennis* marcado ($F_{2,33} = 0,65$, $P = 0.59$)

Tabla 3. Promedio de adultos de *A. fuscipennis* recapturados en cada uno de los cuatro puntos cardinales. Región andina de Colombia.

Punto cardinal	Promedio de <i>A. fuscipennis</i> recapturados			
	4 metros	8 metros	12 metros	Promedio total
Oeste	2.33±0.46 ^{cb*}	2.08±0.58 ^b	1.75±0.41 ^b	6.17±0.96 ^a
Norte	3.50±0.71 ^{ab}	3.25±0.80 ^{ab}	3.58±0.67 ^{ab}	10.25±1.86 ^{ab}
Este	4.50±0.69 ^a	5.42±1.01 ^a	5.17±1.09 ^a	15.08±2.41 ^b
Sur	1.08±0.25 ^c	3.17±1.05 ^{ab}	2.08±0.42 ^b	6.33±1.40 ^b

*Promedios dentro de la misma columna seguidos por letras iguales no son significativamente diferentes (4 metros: $F_{3,44}=6.33$, $P<0.05$, $DMS=1.67$; 8 metros: $F_{3,44}=2.31$, $P=0.08$, $DMS=2.61$; d12 metros $F_{3,44}=4.56$, $P<0.05$, $DMS=2.08$; total: $F_{3,44}=5.48$, $P<0.05$; $DMS=5.11$). Los datos corresponden al promedio \pm error estándar de $n=12$ repeticiones. El promedio total se calculó a partir de los datos obtenidos en las tres trampas ubicadas en cada punto cardinal.

recapturadas ($r = 0.10$, $P = 0.75$), ni entre velocidad del viento y cantidad de avispas recapturadas en cada punto cardinal ($W r = -0.18$, $P = 0.6$; $N r = -0.15$, $P = 0.6$; $E r = 0.14$, $P = 0.6$; $S r = -0.18$, $P = 0.6$).

Discusión

Después de la liberación, las avispas marcadas fueron fácilmente reconocibles y contadas en las trampas amarillas con pegante. Tanto la cantidad de adultos recapturados como la tasa de recaptura no fueron altas en las tres distancias probadas, lo que sugiere que la distancia de dispersión del parasitoide puede ser aún mayor que 12 m.

Sin embargo los valores de recaptura de parasitoides fueron variables y pueden ser tan bajos como el valor 0.6 % reportado por Messing *et al.*, (1995) para *Psytalia fletcheri* (Silvestri) (Hymenoptera: Braconidae) usando trampas amarillas cebadas en tres cultivos; intermedio como 13.02% reportado para *Gryon gallardoi* (Brethes) (Hymenoptera: Scelionidae) por Canto-Silva *et al.* (2006) en cultivos de tabaco; o más altos como 21% obtenido por Corbett y Rosenheim (1996) para el parasitoide *Anagrus epos* Girault (Hymenoptera: Mymaridae) usando trampas amarillas pegajosas. La distancia de dispersión de varias especies de parasitoides es mayor que la encontrada en este estudio para *A. fuscipennis*. El parasitoide *Gonatocerus ashmeadi* (Hymenoptera: Mymaridae) alcanzó una distancia de dispersión de 100 m 16 días después de su liberación (Petit *et al.*, 2008); *Aphytis melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) se desplazó 273 m/día (DeBach y Argyriou, 1967) y *Cotesia flavipes* (Hymenoptera: Braconidae) 21 m/día (Sallam *et al.*, 2001).

La aplicación de insecticidas por los agricultores posiblemente incidió en la baja tasa de recaptura ya que la mosca blanca de los invernaderos

es una plaga clave en la zona de estudio y es controlada por aplicaciones de insecticidas programadas (Rodríguez y Cardona, 2001). Algunos insecticidas causan mortalidad a parasitoides de moscas blancas (Sugiyama *et al.*, 2011) y afectan la dinámica poblacional, específicamente de parasitoides de *T. vaporariorum* en cultivos de habichuela (Manzano *et al.*, 2003).

Schellhorn *et al.* (2014) afirman que los insectos utilizan dos mecanismos para su dispersión: movimientos auto-dirigidos (caminar, saltar, caer y volar) y movimientos pasivos (viento, foréx, y transporte mediado por humanos). Entre los movimientos pasivos, el viento es considerado un factor que influye en la dispersión aérea de parasitoides (McMannus, 1988; Kristensen, 2013). En el presente estudio no se realizó 'trampeo' por debajo del dosel del cultivo y como se sabe, el aire por encima del dosel presenta mayor velocidad que el aire debajo del dosel. Algunos insectos pueden controlar la dirección y la velocidad de vuelo, combinando mecanismos activos y pasivos, al entrar, permanecer y salir de la corriente de viento por encima del dosel (Schellhorn *et al.*, 2014). Después de la liberación y dispersión se encontró una distribución no aleatoria para *A. fuscipennis* y debido a que las repeticiones se ubicaron en el mismo paisaje y estuvieron sometidas a los mismos factores ambientales (temperatura, viento, humedad relativa) no se esperaban diferencias en la dirección inicial de dispersión. Sin embargo, después de ser liberado, *A. fuscipennis* se dispersó con mayor frecuencia en dirección Este, lo que coincidió con la dirección de la circulación de viento reportado en los Andes a una latitud $< 15^\circ$ (Garreaud, 2009), región donde se encuentra la zona de estudio que se ubicó a 3° latitud. Esto sugiere que en los dos primeros días el viento influyó en el patrón inicial de dispersión pasiva de *A. fuscipennis*, al menos hasta 12 m de distancia. La velocidad del viento al inicio del vuelo de dispersión varió entre 0.1 y 2.8 m/s con un promedio de 1.4 m/s, que no es fuerte pero sí suficiente para arrastrar a esta pequeña avispa en su vuelo inicial de dispersión. No se encontraron diferencias entre el número de adultos recapturados en las diferentes alturas de trampas, lo cual sugiere un arrastre por el viento. En algunos trabajos se ha reportado que velocidades de viento entre 2.8 y 4.2 m/s no afectan la dispersión de parasitoides pequeños (Fournier y Bouvin, 2000; Corbett y Rosenheim, 1996; Langhof *et al.*, 2005; Canto-Silva *et al.*, 2006).

También es posible que el tamaño corporal del parasitoide influya en su dispersión. *Amitus fuscipennis* mide menos que 1 mm lo que ayuda a su dispersión inicial pasiva por el viento, como ha sido reportado para mircoavispa *Trichogramma* que no pueden volar hacia arriba en contra

del viento (Keller *et al.*, 1985). Por el contrario, un parasitoide más grande como *Gonatocerus ashmeadi* Girault (Hymenoptera: Mymaridae) con una longitud de la tibia posterior < 0.7 mm (Irvin y Hoddle, 2009) no es afectado por el viento en su patrón de dispersión (Petit *et al.*, 2008).

Además del arrastre por el viento, existen otros factores como la densidad del hospedero (Saavedra *et al.*, 1997; Petit *et al.*, 2008) o presencia de azucares de mosca blanca (De Vis, 2003) que ayudan al parasitoide a encontrar ninfas de *T. vaporariorum*. Se desconoce aún la distancia de dispersión a larga distancia de *A. fuscipennis* en la que podrían contribuir además factores genéticos, ambientales o su interacción (Isard e Irwin, 1993; Kristensen, 2013). La utilización de trampas amarillas se basó en el hecho que previamente el parasitoide fue observado en varias ocasiones pegado en estas trampas utilizadas para monitorear la mosca blanca de los invernaderos. Aunque este tipo de trampas es adecuado para atraer y monitorear *T. vaporariorum* (Ekbom y Rumei, 1990), hospedero principal de *A. fuscipennis*, no hay referencias que soporten que el parasitoide es atraído por el color amarillo, como sí ocurre con la avispa parasitoide *Venturia canescens* Gravenhorst (Lucchetta *et al.*, 2008).

Se observó que el marcaje de *A. fuscipennis* con fluorocromo persiste durante 6 días o más. Al final de 48 h, tiempo del estudio en laboratorio, el 90% de las avispas aún permanecían marcadas. Observaciones en estereoscopio mostraron que el parasitoide trató de remover el fluorocromo de su cuerpo, pero el producto permaneció principalmente en la superficie del protórax. Utilizando colorante fluorescente derivado de xanteno diluido en agua (Schelhorn *et al.*, 2004) encontraron que la proporción de dos especies de parasitoides marcados disminuyó significativamente durante 72 h y desapareció después de 144 h en condiciones de campo. En el presente estudio se encontró que al menos hasta 144 h después del marcaje los individuos de *A. fuscipennis* aún presentaban rasgos del marcador en su cuerpo, aunque no se utilizó un colorante diluido ni se determinó el efecto de factores ambientales como la lluvia y los rayos solares en la permanencia del marcaje (Schelhorn *et al.*, 2004).

Conclusiones

En la región Andina de Colombia, a 3° de latitud, en un periodo de 2 días *Amitus fuscipennis* fue arrastrado por el viento desde su punto de liberación hasta una distancia de dispersión de 12 m, principalmente en dirección Este.

Los adultos de *A. fuscipennis* pueden ser marcados con fluorocromo en polvo, un método

simple, de bajo costo y que permite su detección en campo (Lavandero *et al.*, 2004).

Debido a la diversidad de cultivos de hortalizas y frutales en el paisaje de los Andes en Colombia, la dirección de liberación de *A. fuscipennis* debe ser determinada teniendo en cuenta la influencia del viento con el fin de que los parasitoides lleguen al cultivo deseado.

Para mejorar el hábitat de los enemigos naturales utilizados en control biológico por conservación, es recomendable establecer plantas acompañantes que ofrezcan refugio y alimento a *A. fuscipennis*, teniendo en cuenta la dirección de los vientos y una distancia aproximada de 12 m desde el cultivo comercial.

Agradecimientos

Los autores dan sus agradecimientos a los agricultores de Regaderos, Valle del Cauca, Colombia, por permitirnos trabajar en sus cultivos; a Héctor Morales y Juan Miguel Bueno del Laboratorio de Entomología del Centro Internacional de Agronomía Tropical (CIAT) por su apoyo en el mantenimiento de la cría de *A. fuscipennis* y a Kris Wyckhuys (CIAT) por sus sugerencias para mejorar el manuscrito. Esta investigación fue financiada por la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad Nacional de Colombia (HERMES 7626).

Referencias

- Bell, J. R.; Aralimarad, P.; Lim, K.-S.; y Chapman, J. W. 2013. Predicting insect migration density and speed in the daytime convective boundary layer. *PLoS one* 81, e54202.
- Birkett, M.; Chamberlain, K.; Guerrieri, E.; Pickett, J.; Wadhams, L.; y Yasuda, T. 2003. Volatiles from whitefly-infested plants elicit a host-locating response in the parasitoid, *Encarsia formosa*. *J. Chem. Ecol.* 297:1589 - 1600.
- Blackmer, J. y Cross, D. 2001. Response of *Eretmocerus eremicus* to skylight and plant cues in a vertical flight chamber. *Entom. Exp. Applicata* 1003:295 - 300.
- Canto-Silva, C. R.; Kolberg, R.; Romanowski, H. P.; y Redaelli, L. R. 2006. Dispersal of the egg parasitoid *Gryon gallardoi* Brethes Hymenoptera: Scelionidae in tobacco crops. *Braz. J. Biol.* 661A, 09-17.
- Corbett, A. y Rosenheim, J. A. 1996. Quantifying movement of a minute parasitoid, *Anagrus epos* Hymenoptera: Mymaridae, using fluorescent dust marking and recapture. *Biol. Control*, 61:35 - 44.
- De Vis, R. M.; Mendez, H.; y van Lenteren, J. C. 2003. Comparison of foraging behavior, interspecific host discrimination, and competition of *Encarsia formosa* and *Amitus fuscipennis*. *J. Insect Behavior* 161:117 - 152.
- DeBach, P. y Argyriou, L. C. 1967. The colonization and success in Greece of some imported *Aphytis* spp. Hymenoptera: Aphelinidae parasitic on citrus scale insects Homoptera: Diaspididae. *Entomophaga* 124:325 - 342.

- Ekbom, B. y Rumei, X. 1990. Sampling and spatial patterns of whiteflies. Whiteflies: their bionomics, pest status and management 107 - 121.
- Espinal Tascón, L. 1968. Visión ecológica del departamento del Valle del Cauca. Colombia: Universidad del Valle. CO.1968.103 p.
- Fischbein, D. 2011. Influencia de los rasgos de historia de vida y del uso de información en la adquisición de recursos y dispersión en el parasitoide *Ibalia leucospoides* Hochenwarth Hymenoptera: Ibalidae. Tesis Doctoral. Francia: Universidad de Lyon I - Claude Bernard.
- Fournier, F. y Boivin, G. 2000. Comparative dispersal of *Trichogramma evanescens* and *Trichogramma pretiosum* Hymenoptera: Trichogrammatidae in relation to environmental conditions. *Environ. Entom.* 29:55 - 63.
- Garreaud, R. 2009. The Andes climate and weather. *Adv. Geosc.* 2222:3 - 11.
- Hernández, L. M.; Otero, J. T.; y Manzano, M. R. 2013. Biological control of the greenhouse whitefly by *Amitus fuscipennis*: Understanding the role of extrafloral nectaries from crop and non-crop vegetation. *Biol. Control* 672:227 - 234.
- Hopper, K. R. y Roush, R. T. 1993. Mate finding, dispersal, number released, and the success of biological control introductions. *Ecol. Entom.* 184:321 - 331.
- Irvin, N. A. y Hoddle, M. S. 2009. Egg maturation, oosorption, and wing wear in *Gonatocerus ashmeadi* Hymenoptera: Mymaridae, an egg parasitoid of the glassy-winged sharpshooter, *Homalodisca vitripennis* Hemiptera: Cicadellidae. *Biol. Control* 482:125 - 132.
- Isard, S. A. e Irwin, M. E. 1993. A strategy for studying the long-distance aerial movement of insects. *J. Agric. Entom.* 104:283 - 297.
- Keller, M.; Lewis, W. y Stinner, R. 1985. Biological and practical significance of movement by *Trichogramma* species: a review. Supplement to the southwestern entomologist. 18 p.
- Kristensen, N. P.; Schellhorn, N. A.; Hulthen, A. D.; Howie, L. J.; y De Barro, P. J. 2013. Wind-borne dispersal of a parasitoid: the process, the model, and its validation. *Environ. Entom.* 426: 1137 - 1148.
- Landis, D. A.; Wratten, S. D.; y Gurr, G. M. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual review of entomology*, 451, 175-201.
- Langhof, M.; Meyhöfer, R.; Poehling, H.-M.; y Gathmann, A. 2005. Measuring the field dispersal of *Aphidius colemani* Hymenoptera: Braconidae. *Agric. Ecosys. Environ.* 1072:137 - 143.
- Lavandero, B.; Wratten, S.; Hagler, J.; y Jervis, M. 2004. The need for effective marking and tracking techniques for monitoring the movements of insect predators and parasitoids. *Int. J. Pest. Manage.* 50:147 - 151.
- Liu, T.-X.; Stansly, P. A.; y Gerling, D. 2015. Whitefly Parasitoids: Distribution, Life History, Bionomics, and Utilization. *Ann. Review Entom.* 60:273 - 292.
- Lucchetta, P.; Bernstein, C.; Théry, M.; Lazzari, C.; y Desouhant, E. 2008. Foraging and associative learning of visual signals in a parasitic wasp. *Anim. Cogn.* 113:525 - 533.
- Manzano, M. R.; Lenteren, J. V.; y Cardona, C. 2002a. Searching and oviposition behaviour of *Amitus fuscipennis*, a parasitoid of the greenhouse whitefly. *J. Applied Entom.* 12610:528 - 533.
- Manzano, M. R.; Van Lenteren, J.; y Cardona, C. 2002b. Intrinsic rate of population increase of *Amitus fuscipennis* MacGown and Nebeker Hymenoptera: Platygasteridae according to climatic conditions and bean cultivar. *J. Appl. Entom.* 1261:34 - 39.
- Manzano, M. R.; Van Lenteren, J.; y Cardona, C. 2003. Influence of pesticide treatments on the dynamics of whiteflies and associated parasitoids in snap bean fields. *BioControl* 486:685 - 693.
- McDougall, S. y Mills, N. 1997. Dispersal of *Trichogramma platneri* Nagarkatti Hymenoptera: Trichogrammatidae from point-source releases in an apple orchard in California. *J. Applied Entom.* (1211-1215):205 - 209.
- McManus, M. L. 1988. Weather, behaviour and insect dispersal. *Memoirs of the Entomological Society of Canada*, 120S146, p. 71 - 94.
- Messing, R.; Purcell, M.; y Klungness, L. 1995. Short range dispersal of mass-reared *Psytalia fletcheri* Hymenoptera: Braconidae, parasitoids of *Bactrocera cucurbitae* Diptera: Tephritidae. *Environ. Entom.* 245:1338 - 1343.
- Nakata, T. 2008. Effectiveness of micronized fluorescent powder for marking citrus psyllid, *Diaphorina citri*. *Appl. Entom. Zool.* 43(1):33-36.
- Petit, J.; Hoddle, M.; Grandgirard, J.; Roderick, G.; y Davies, N. 2008. Short-distance dispersal behavior and establishment of the parasitoid *Gonatocerus ashmeadi* Hymenoptera: Mymaridae in Tahiti: implications for its use as a biological control agent against *Homalodisca vitripennis* Hemiptera: Cicadellidae. *Biol. Control* 453:344 - 352.
- Pickett, C.; Roltsch, W.; y Corbett, A. 2004. The role of a rubidium marked natural enemy refuge in the establishment and movement of *Bemisia* parasitoids. *Intern. J. Pest Manag.* 503:183 - 191.
- Rehman, A. y Powell, W. 2010. Host selection behaviour of aphid parasitoids Aphidiidae: Hymenoptera. *J. Plant Breed. Crop Sci.* 210:299 - 311.
- Rendón, F.; Cardona, C.; y Bueno, J. 2001. Pérdidas causadas por *Trialeurodes vaporariorum* Homoptera: Aleyrodidae y *Thrips palmi* Thysanoptera: Thripidae en habichuela en el Valle del Cauca. *Rev. Col. Entom.* 271-272:39 - 43.
- Saavedra, J.; Torres, J.; y Ruiz, M. 1997. Dispersal and parasitism of *Heliothis virescens* eggs by *Trichogramma pretiosum* Riley in cotton. *Intern. J. Pest Manag.* 432:169 - 171.
- Sallam, M.; Overholt, W.; y Kairu, E. 2001. Dispersal of the exotic parasitoid *Cotesia flavipes* in a new ecosystem. *Entom. Exp. Applicata* 982:211 - 217.
- Schellhorn, N.; Bianchi, F.; y Hsu, C. 2014. Movement of entomophagous arthropods in agricultural landscapes: links to pest suppression. *Ann. Review Entom.* 59:559 - 581.
- Schellhorn, N.; Siekmann, G.; Paull, C.; Furness, G.; y Baker, G. 2004. The use of dyes to mark populations of beneficial insects in the field. *Int. J. Pest Manag.* 503:153 - 159.
- Sugiyamak, K. y Saito T. 2011. Effect of insecticides on the mortalities of three whitefly parasitoid species *Eretmocerus mundus*, *Eretmocerus eremicus* and *Encarsia formosa* Hymenoptera: Aphelinidae. *Applied Entom. Zool.* 46(3):311 - 317.
- Turchin, P. 1998. Quantitative analysis of movement: measuring and modeling population redistribution in animals and plants. *Sinauer, Sunderland, Massachusetts.* 336 p.
- Turchin, P. y Thoeny, W. T. 1993. Quantifying dispersal of southern pine beetles with mark-recapture experiments and a diffusion model. *Ecol. Appl.* 31:187 - 198.
- Verhulst, N. O.; Loonen, J.; y Takken, W. 2013. Advances in methods for colour marking of mosquitoes. *Parasit Vectors* 6. 200 p.
- Vinson, S. B. 1976. Host selection by insect parasitoids. *Ann. Review Entom.* 211:109 - 133.