

## FENOLOGÍA DEL PIMENTÓN, *CAPSICUM ANNUUM* CON RELACIÓN AL BIOTIPO B DE *BEMISIA TABACI* (HEMIPTERA: ALEYRODIDAE)

**Orlando Humberto Grijalba-Castillo**

Calle 14 # 16-74 Sabana de Torres (Santander-Colombia); correo electrónico: orlando.grijalba@gmail.com

**Juan Miguel Bueno-Mondragón**

Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT; correo electrónico: j.bueno@cgiar.org

**James Montoya-Lerma**

Universidad del Valle, Departamento de Biología; correo electrónico: james.montoya@correounivalle.edu.co

### RESUMEN

*Bemisia tabaci* es una plaga de importancia económica en pimentón. Ante la carencia de estudios que describan la fenología de *B. tabaci* en pimentón, se hace necesario conocer la distribución del insecto en la planta y el sitio de preferencia de alimentación de inmaduros y adultos para desarrollar, posteriormente, una eficiente técnica de muestreo de las poblaciones. En Rozo (Palmira, Valle), se hicieron evaluaciones de campo con infestaciones naturales de *B. tabaci*, en un área de 1000 m<sup>2</sup>, dividida en ocho cuadrantes a manera de repetición. Semanalmente, en cada cuadrante, se muestreó una planta al azar durante nueve semanas. Se hicieron recuentos totales de todos los estados de desarrollo de *B. tabaci* presentes en la planta, se midió la altura y se contó el número de hojas de la planta. Se evidenció una estrecha relación entre el desarrollo del cultivo y la población de *B. tabaci*, se identificaron factores clave en esta interacción, que indican que la población de *B. tabaci* sufre una fuerte competencia intraespecífica y evidencias del estrés que la población de *B. tabaci* ocasiona al cultivo de pimentón. Se encontró que los primeros en colonizar son los adultos, los cuales ovipositan en hojas jóvenes y luego migran dentro de la planta a niveles superiores (estratos) a medida que aumenta la edad del cultivo. Los adultos y ninfas ocasionan daño directo al succionar la savia del tejido de las hojas y daño indirecto al excretar melaza y facilitar el crecimiento de fumagina, la cual deteriora las hojas influyendo de manera negativa en el rendimiento.

*Palabras clave:* Mosca blanca, relación planta insecto, modelación.

### SUMMARY

*Bemisia tabaci* is a pest of economic importance for sweet pepper crops. There is a lack on studies describing the *Capsicum annuum* crop phenology under *B. tabaci*'s natural and severe infestation. To develop efficient sampling technique, first it is necessary to know the distribution of the insect on the plant and the preference feeding places of the immature and adult stages. In Rozo (Palmira, Valle), field evaluations were carried out on natural infestations of *B. tabaci*, in an area of 1000 m<sup>2</sup>, divided into eight quadrants in a repeating manner. Weekly, during nine weeks, at random a plant was sampled in each quadrant. All developmental stages of *B. tabaci* present in plant were counted; the height was measured and the number of leaves of the plant was counted. A close relationship between crop development and population of *B. tabaci* was identified. The key factors in this interaction evidence that the population of *B. tabaci* suffers strong intraspecific competition and that the population of *B. tabaci* causes stress to the pepper crop. It was found that the first to colonize are adults, which lay eggs on young leaves and then migrate within the plant to higher levels (strata) with increasing culture age. Adults and nymphs cause direct damage by sucking sap from leaf tissue and indirect damage to excrete honeydew and facilitate the growth of sooty mold, which deteriorates leaves, having a negative influence on the yield.

*Key words:* Whitefly, insect plant relationship, modeling.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo, el pimentón (*Capsicum annuum* L.), es la solanácea más importante usada como comestible después de la papa y como condimento después del tomate (Casseres 1981). Su principal valor nutritivo lo constituye el alto contenido de vitaminas A, C y D, además de las vitaminas B1, B2 y fósforo (Vallejo & Estrada 2004). En países como Colombia y Perú, por su potencial de exportación, el género *Capsicum* está priorizado como un cultivo importante para la economía nacional (Corporación Colombia Internacional 2006, Agencia Agraria de Noticias 2012).

La mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Gennadius) es un problema severo en cultivos tradicionales y no tradicionales (Anderson 2005), afectando áreas tropicales de México, El Caribe y Suramérica (Hilge 2003). En Colombia, específicamente en el Valle del Cauca, el biotipo B de *B. tabaci* pasó de atacar unos pocos cultivos a ser plaga en 14 cultivos de importancia económica, como habichuela, tomate, frijol y pimentón (Rodríguez et al. 2005). Los ataques del biotipo B se caracterizaron por el incremento en producción de fumagina, la rápida colonización, la adaptación a mayores alturas y ventaja reproductiva sobre el, hasta entonces dominante, biotipo A (Quintero et al. 1998).

El biotipo B de *B. tabaci* altera la fisiología, la bioquímica y la arquitectura y, por lo tanto, el desarrollo de las plantas hospederas. Los desórdenes fisiológicos ocasionados pueden ser directos, al introducir toxinas que ocasionan efectos fitotóxicos (Inbar & Gerling 2008) e indirectos, por la excreción de melaza de adultos e inmaduros que permite el crecimiento de hongos como *Capnodium* sp. (fumagina) que bloquea la captación de luz del sol y reduce el proceso de la fotosíntesis (Henneberry et al. 2000). Así mismo, algunas especies de mosca blanca, son vectores eficientes de enfermedades virales (Cuéllar et al. 2011).

Los agricultores, en sus intentos por controlar el incremento de la mosca blanca, hacen hasta

12 aplicaciones tipo calendario de insecticidas organofosforados y reguladores de crecimiento (Rodríguez & Cardona 2001). Esto, de una parte, ocasiona un desequilibrio ecológico al propiciar la destrucción paulatina de las poblaciones de sus enemigos naturales, al tiempo que induce un aumento en los niveles de resistencia de los insectos plaga a los insecticidas (Anderson 2005). De otra parte, socialmente se tienen consecuencias para la salud de los consumidores rurales y urbanos (Araya 2005, Anderson 2005).

Uno de los fundamentos del manejo integrado de plagas (MIP) es que los estudios de carácter biológico y ecológico son imprescindibles. Esto significa que el manejo de toda plaga debe partir desde un conocimiento elemental de sus características biológicas y ecológicas, lo que permite valorar su impacto como plaga, así como descubrir y diseñar tácticas adecuadas para su manejo (Hilge 2003). Las adaptaciones en las relaciones planta-insecto involucran rasgos de comportamiento, fenología, fisiología, morfología y bioquímica tanto de los fitófagos como de las plantas que, en últimas, determinan el éxito y la aptitud de una especie (Fornasari 2008).

Aunque la polifagia de *B. tabaci* es ampliamente reconocida, se han demostrado diferencias en el desarrollo de las poblaciones dependiendo de la planta hospedera (Zalom et al. 1995), la especie o cultivar (Coudriet et al. 1986) y edad, posición y superficie de las hojas (Butler et al. 1986; Liu y Stansly 1995; Simmons 1994). De manera equivalente, la competencia intraespecífica es un factor que puede influenciar la dinámica de las poblaciones de *B. tabaci*, especialmente, una vez que la calidad de las plantas, como recurso alimenticio, comienza a desmejorar por el alto nivel de la infestación (Rosell et al. 2010).

Originalmente, el término fenología se refirió a la relación entre las plantas y los fenómenos periódicos del tiempo (meteorológico) y el clima (Elías-Castillo & Castelví-Sentis, 2001). Actualmente, se entiende que la fenología de un

organismo es todo lo que le sucede durante su lapso vital, su “autobiografía” frente al medio que le rodea, sea de carácter biótico o abiótico (Romero 2004). En los ecosistemas agrícolas, el término fenología se emplea para nombrar al conjunto de fenómenos biológicos (floración, fructificación, dormancia, entre otros) que se presentan durante las distintas etapas de desarrollo de una planta y que se integran en un ritmo biológico (Escalante & Kohashi 1994). En el caso del pimentón, no se dispone de estudios que describan su fenología asociada al desarrollo de poblaciones de *B. tabaci*, mediante los cuales se describan las características particulares de esta relación planta-insecto.

En este estudio se buscó establecer la interacción entre la población de la mosca blanca *B. tabaci* y el crecimiento y desarrollo de las plantas de pimentón. Se verificaron, al menos, tres rasgos de esta interacción: (a) la estratificación de la población de *B. tabaci* dentro de las plantas; (b) el grado de sincronización entre el crecimiento de ambos y (c) el impacto del desarrollo de la población de *B. tabaci* sobre el cultivo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Este estudio se realizó con infestación natural de *B. tabaci*, en el corregimiento de Roza, municipio de Palmira, departamento del Valle del Cauca (Colombia. 3° 36' 48"N; 76° 23' 9" O) a una altura de 1000 msnm, 25 °C y humedad relativa de 65 %. En esta zona existe una presencia documentada de poblaciones naturales del biotipo B de *B. tabaci* (Rodríguez et al. 2005). La siembra se hizo siguiendo las labores culturales de los agricultores de la zona: cultivo comercial al aire libre (38.000 plantas por Ha) y riego por goteo, con la variedad comercial ZEN F1, también conocida como 1408, de origen francés y de uso común entre los cultivadores de hortalizas del Valle del Cauca.

El ensayo inició con la producción de plántulas en condiciones de invernadero, mientras que el trasplante al campo se hizo 35 días (d.) después de la siembra de las semillas, siguiendo las prácticas agronómicas de los agricultores de la zona: 0.8 m entre surcos, 0.33 m entre plantas y surco sencillo. No se utilizaron in-

secticidas, pero se aplicaron fungicidas para prevenir enfermedades. Se sembró un área aproximada de 1000 m<sup>2</sup>, que se dividió en ocho cuadrantes imaginarios de 125 m<sup>2</sup>, donde cada uno se consideró una repetición (Pedigo & Zeiss 1996). Dentro de cada cuadrante se marcaron al azar 15 plantas con una etiqueta parafinada.

El muestreo fue destructivo. Cada semana, en una de las plantas marcadas, tras haber contado la población de adultos de *B. tabaci*, se individualizó en bolsa de papel, se marcó con el número del cuadrante y el estrato y se transportó al laboratorio donde se midió altura y número de hojas y se censó la población sésil de *B. tabaci*, en cada uno de sus estados de desarrollo. En la medida que las plantas crecieron se dividieron proporcionalmente en estratos (dos y tres estratos a los 51 y 72 d., respectivamente) y cada uno se muestreó de manera independiente. La altura se midió desde el cuello de la raíz hasta la bifurcación más alejada del suelo y se contaron el número de hojas completamente abiertas en cada estrato. Con cada muestreo se registraron los estados fisiológicos de la planta: ramificación, floración y fructificación y con esta información se efectuó una descripción de los rasgos característicos de las plantas de la variedad empleada, según los parámetros sugeridos por el IPGRI et al. (1995). El conteo de los estados inmaduros, así como las medidas de las plantas se efectuaron en el laboratorio de Entomología de Fríjol, en el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT.

Con el ánimo de comparar los patrones de crecimiento de las plantas con la población de *B. tabaci*, de cada muestreo se obtuvo la media (n=8) y la varianza de la media de la altura de las plantas, así como del número de hojas y de cada uno de los estados preimaginales de *B. tabaci*, que se contaron por estrato en cada planta. Estos datos se graficaron en Excel y mediante el programa XLstat se ajustaron a modelos matemáticos, expresados dentro del dominio que abarca el período temporal de los muestreos. La población de *B. tabaci* entre estratos y por muestreo se comparó mediante análisis de varianza y se discriminó a través de pruebas de Diferencia Mínima Significativa (DMS).

## RESULTADOS

**Tabla 1.** Descriptores para la planta de pimentón, *C. annuum*, de la variedad ZEN F1, según los parámetros sugeridos por IPGRI et al. (1995).

Estado- Estructura	Parámetro	Característica
Plántula	Color de hipocótilo	Blanco
	Pubescencia del hipocótilo	Escasa
	Color de la hoja cotiledónea	Verde claro
	Forma de la hoja cotiledónea	Elongada deltoide
	Longitud de la hoja cotiledónea	48 mm
	Ancho de la hoja cotiledónea	23 mm
Planta	Ciclo de vida	Anual
	Color del tallo	Verde
	Antocianina del nudo	Morado
	Forma del tallo	Angular
	Pubescencia del tallo	Escasa
	Altura de la planta	46-65 cm
	Hábito de crecimiento de la planta	Postrada
	Ancho de la planta	56 cm
	Diámetro del tallo	9 cm
	Densidad de ramificación	Escasa
	Macollamiento	Escaso
	Densidad de hojas	Escasa
	Color de la hoja	Verde claro
	Forma de la hoja	Deltoide
	Margen de la lámina foliar	Entera
	Pubescencia de la hoja	Escasa
Fruto	Longitud de la hoja madura	11,5 cm
	Ancho de la hoja madura	7,6cm
	Días de fructificación	51
	Manchas o rayas antocianínicas	0 (ausente)
	Color de fruto en estado intermedio	Verde
	Cuajado del fruto	Alto
	Color del fruto en estado maduro	Rojo
	Forma del fruto	Acampanulado y en bloque
	Longitud del fruto	11,5 (primera cosecha)
	Ancho del fruto	9 cm (primera cosecha)
	Longitud del pedicelo del fruto	4,52 cm (primera cosecha)
	Espesor de la pared del fruto	12 mm
Forma del fruto en la unión con el pedicelo	Lobulado	
Cuello en la base del fruto	0 ausente	
Forma del ápice del fruto	Hundido	
Número de lóculos	4	
Tipo de epidermis del fruto	Lisa	

La interacción de las plantas de pimentón con factores bióticos como la población de *B. tabaci* y factores abióticos como las condiciones climáticas naturales y el tipo de suelo, sólo

inició cuando las plántulas fueron llevadas al campo (35 d.). La fenología registrada es el resultado de la interacción de estos factores con la fisiología particular de la variedad cultivada.

El primer muestreo fue a los 37 d., cuando las plantas medían  $13.3 \pm 1.8$  cm y tenían  $10.4 \pm 1.2$  hojas, mientras que en el último muestreo, a los 108 d., tenían  $47.8 \pm 3.5$  cm de altura y  $108.3 \pm 11.2$  hojas.

#### *Fenología del cultivo*

La planta de pimentón de la variedad híbrida ZEN F1, en algunos de sus rasgos morfológicos, se describe en la Tabla 1. La tasa de crecimiento de las plantas, en ambos, el incremento en la altura y la cantidad de hojas, presentó un patrón sigmoide y a lo largo del todo el período monitoreado, la dinámica de crecimiento fue congruente para la ganancia de altura y la cantidad de hojas (Figura 1). Para cada uno de los dos patrones modelados, altura y número de hojas, el ajuste fue de 98 % ( $r^2 = 0.98$ ) dentro del dominio expresado para cada curva (Figura 1). En esta dinámica de crecimiento se distinguieron claramente tres etapas, según la curva de crecimiento (Figura 2), dentro de las cuales se llevaron a cabo los procesos fisiológicos propios del desarrollo de las plantas.

**Primera etapa:** Correspondió al período vegetativo e inició con ganancia lenta de altura y nacimiento de hojas. Se dio un aceleramiento exponencial a partir de 50 d. (Figura 2). Esta etapa se extendió hasta el inicio del período reproductivo. La parte más lenta correspondió al período subsiguiente a la germinación, cuando la planta estaba en la transición de las reservas contenidas en la semilla al completo autotrofismo, mediante el desarrollo de su sistema radicular y foliar (Navarro 2003). Este período transcurrió en condiciones de invernadero.

La parte más rápida de esta etapa (a partir de 40 d., aproximadamente) transcurrió en campo y se caracterizó porque el crecimiento fue cada vez más acelerado, con mayor dinamismo en el desarrollo vegetativo y una rápida ganancia de altura e incremento en el número de hojas. Al final de este período se dio la primera ramificación que en un 80% fue bífida y de tres ramas en el resto. Esta etapa se extendió, aproximadamente, hasta 58 d., al aparecer los primeros botones florales.

**Segunda etapa:** Correspondió al inicio del período reproductivo (a partir de 58 d.) y se

caracterizó por una desaceleración del ritmo de crecimiento, con una dinámica que pasó de exponencial a aproximadamente lineal, con una pendiente positiva. En esta etapa ocurrió la floración y la posterior aparición de frutos pequeños y abarcó, aproximadamente, hasta el día 72.

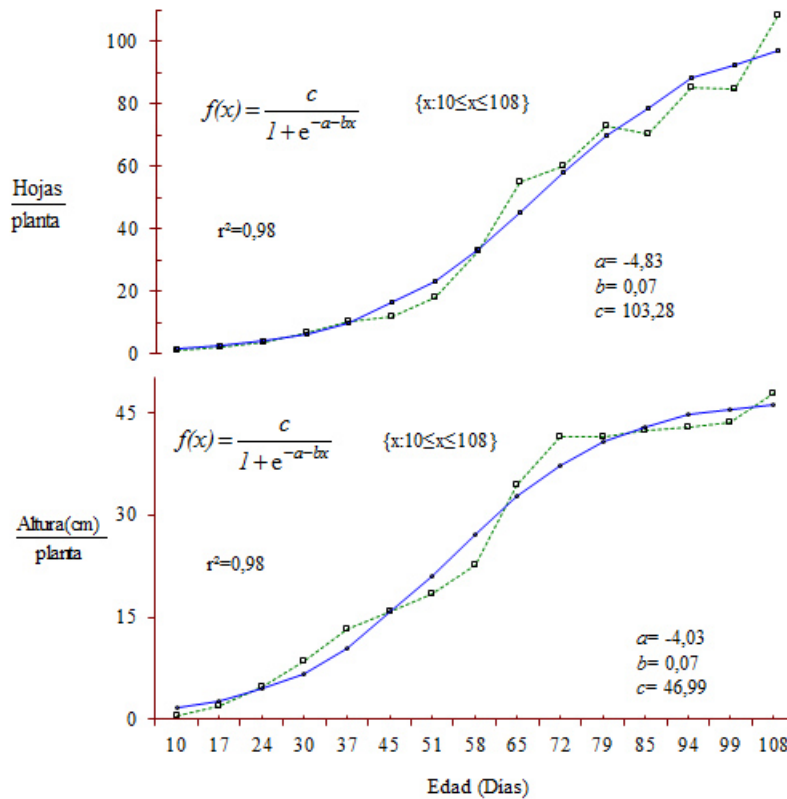
**Tercera etapa:** Correspondió a la madurez fisiológica, con el consiguiente cuajado y llenado de frutos y se caracterizó por una nueva inflexión en la curva de crecimiento que se tornó logarítmica, con un crecimiento más lento que en la segunda etapa (Figura 2). A partir de 99 d. se inició la cosecha y esta etapa se monitoreó hasta 108 d., momento en el cual se suspendieron los muestreos.

#### *Desarrollo de B. tabaci y su interacción con las plantas de pimentón*

Las condiciones climáticas a lo largo de todo el período del ensayo fueron constantes, con prevalencia de altas temperaturas y tiempo seco. La precipitación total fue de 23 mm, distribuidos en tres eventos de 17 mm (87 d.), 3 mm (101 d.) y 3 mm (106 d.).

En el primer muestreo (37 d.) la población/planta de adultos fue de  $12 \pm 4$  y la de huevos de  $1415 \pm 184$  (Tabla 2). A los 45 d. se muestrearon ninfas y a los 58 pupas, en el estrato medio, con lo que se completó la primera generación. Hasta este momento, las plantas no presentan señales de estrés (amarillamiento o secamiento) ocasionado por la población de *B. tabaci*. Es de tener en cuenta que en esta edad las plantas tenían menos de 11 hojas y el tamaño de las más grandes era de alrededor de cinco cm de largo.

En el inicio de las observaciones y hasta 72 d., aproximadamente se podía notar, entre las ninfas contadas en cada hoja, la prevalencia de algún ínstar, así como una clara estratificación por estado de desarrollo (Figura 3). En adelante, paulatinamente, se encontraron ninfas de distintas edades en la misma hoja y en los tres últimos muestreos había claras señas de hacina, con presencia de ninfas parcialmente superpuestas y grupos de huevos densamente apiñados al lado de estas y pupas, especialmente en los estratos medio e inferior.



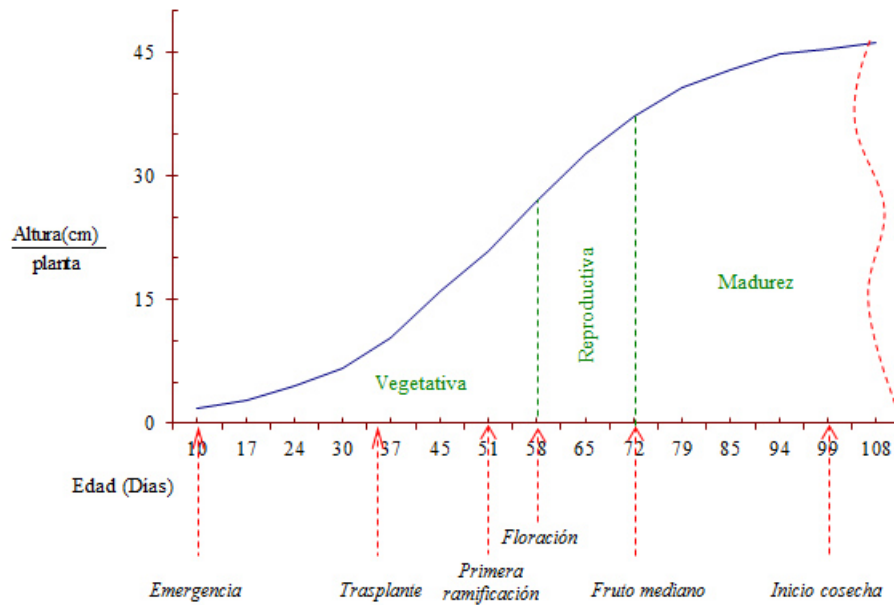
**Figura 1.** Dinámica de crecimiento de *C. annuum* (pimentón de la variedad híbrida ZEN F1) infestado por *B. tabaci*, en un cultivo al aire libre con tutores y riego por goteo. La línea punteada representa la media de ocho plantas por muestreo; la línea continua representa la tendencia ajustada para los datos mediante regresión no lineal; a, b y c son los valores de los parámetros determinados para cada modelo; entre corchetes se expresa el dominio para la función modelada.

En el área de oviposición, en el envés de la hoja, se identificó una clara preferencia por la región adyacente a la nervadura central, donde se presentó una mayor concentración de huevos. Igualmente, a lo largo del eje de la nervadura central, se percibió un gradiente de posturas con una concentración claramente mayor en la zona cercana al peciolo y menor en la zona cercana al ápice.

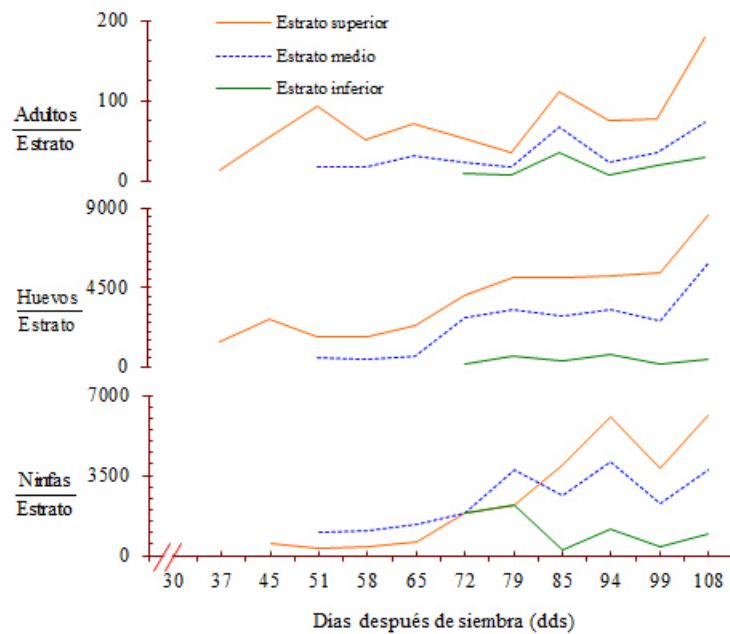
El primer síntoma de afectación de las plantas de pimentón, a causa de la población de *B. tabaci*, fue un temprano amarillamiento de las hojas del estrato inferior a partir de 65 d. Este fenómeno no fue uniforme en el cultivo y coincidió con las zonas de más alta infestación. A partir de 72 d., se observaron focos de fumagina que, con un crecimiento acelerado, afectaron las hojas del estrato inferior. En general, las hojas

de pimentón se marchitaron en el transcurso de una semana, una vez que apareció la fumagina. Al igual que con las zonas de amarillamiento, las áreas con plantas afectadas por fumagina coincidieron con las zonas donde era más alta la población de *B. tabaci*.

A los 51 y 72 d. la planta se dividió, respectivamente, en dos y tres estratos. Las plantas y la población de *B. tabaci* crecieron de manera paralela y su dinámica de crecimiento fue semejante (Figura 4). Al analizar el patrón de incremento de *B. tabaci*, se encontró que el modelo que mejor se ajustó para la oviposición fue el exponencial, mientras que para las ninfas fue el logístico, resultando, al igual que para el patrón de crecimiento de las plantas (Figura 1), en una curva de tipo sigmoideal (Figura 5). Para cada uno de los dos patrones modelados,



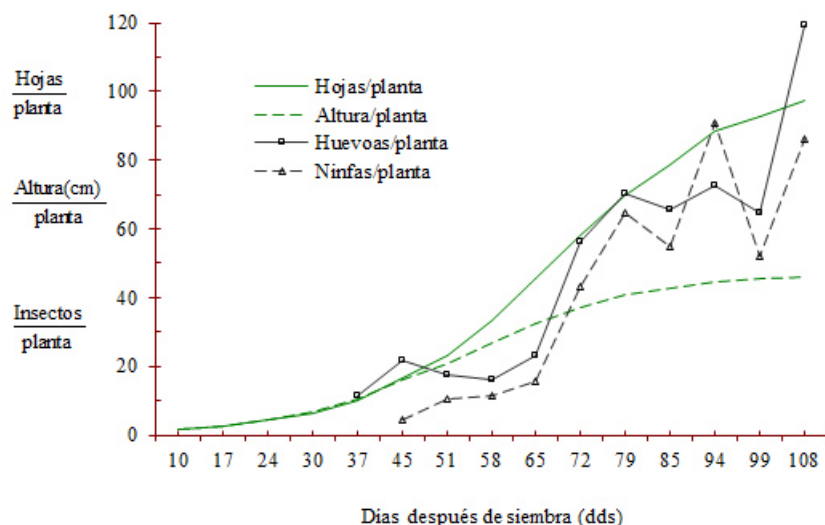
**Figura 2.** Etapas en la dinámica de crecimiento de *C. annuum* (pimentón de la variedad híbrida ZEN F1) infestado por *B. tabaci*. La curva de crecimiento corresponde a la modelada en la Figura 1; las líneas punteadas marcan los límites de cada etapa; las flechas punteadas marcan los eventos fisiológicos y agronómicos.



**Figura 3.** Fluctuación poblacional de *B. tabaci* por estrato, en plantas de pimentón (*C. annuum*) de la variedad híbrida ZEN F1.

huevos y ninfas por planta, el ajuste fue de 86%

( $r^2 = 0.86$ ) y 89% ( $r^2 = 0.89$ ), respectivamente, dentro del dominio expresado para cada curva



**Figura 4.** Comparación de las dinámicas de crecimiento de la población de *B. tabaci* el cultivo de pimentón. Para efectos de facilitar la comparación entre las curvas, los datos para los huevos (línea delgada continua) y para las ninfas (línea delgada discontinua), se han dividido por 125.

(Figura 5).

## DISCUSIÓN

Algunos factores abióticos, tales como la lluvia, que se han reportado como causas para descensos en las poblaciones de *B. tabaci* (Naranjo & Ellsworth 2005), no se presentaron, de manera significativa, durante el desarrollo del presente estudio, lo cual probablemente contribuyó de manera tangible al incremento de la población.

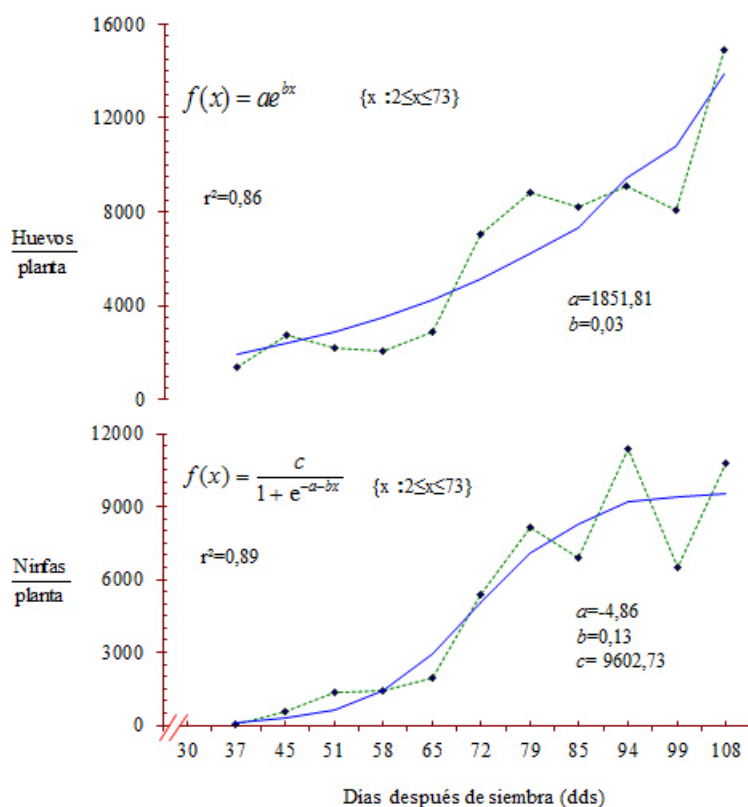
La disminución en el ritmo de crecimiento ocurrida en la segunda etapa de crecimiento de las plantas (Figura 2), se explica por una reorientación de los recursos nutricionales de la planta desde las estructuras vegetativas hacia las reproductivas. Así mismo, el proceso fisiológico de cuajado y llenado de frutos demanda grandes cantidades de energía, lo cual explica el marcado descenso en el ritmo de producción de hojas y elongación del tallo ocurridos en la tercera etapa. Al igual que para el descenso en la tasa de crecimiento que da inicio a la etapa anterior, no se puede hablar, en sentido estricto, de una merma en el crecimiento, pues la planta, realmente, continúa creciendo en términos netos o de materia seca, sólo que este crecimiento está orientado hacia

los frutos (Taiz & Zeiger 2002).

La dinámica de crecimiento del cultivo correspondió a lo esperado para las plantas, en general (Taiz & Zeiger 2002), y a lo reportado para *C. annuum* (Rylski 1986), en particular. El patrón sigmoïdal para la dinámica de crecimiento es característico del desarrollo de las plantas y en general de los sistemas biológicos (Campbell et al. 2008). Sin embargo, al comparar detalladamente la dinámica de crecimiento modelada en este trabajo con otros semejantes para la misma especie, se detectan diferencias marcadas. Por ejemplo, en el chile jalapeño, otro cultivar de la misma especie, Azofeifa y Moreira (2004) identificaron similar patrón y fases de crecimiento, con un claro ajuste a una función logística o sigmoïdal. No obstante, las etapas de germinación (día 10) y la floración (día 58) ocurrieron más temprano que las reportadas por Azofeifa & Moreira (2004), que fueron a los 26 y 83 días, respectivamente.

De igual manera, el comportamiento de crecimiento y desarrollo fisiológico determinado en este trabajo, difieren sensiblemente a lo establecido por Capote & Gómez (1995) (citados por Vallejo & Estrada 2005), para el pimentón UNAPAL-Serrano en Candelaria, Valle del





**Figura 5.** Dinámica de crecimiento de *B. tabaci* en un cultivo de pimentón (*C. annuum*) de la variedad híbrida ZEN F1, al aire libre. La línea punteada representa la media de 8 plantas; la línea continua representa la tendencia ajustada para los datos mediante regresión no lineal; a, b y c son los valores de los parámetros determinados para cada modelo; entre corchetes se expresa el dominio para la función modelada.

Cauca (990 msnm, 68 % HR). Ellos, al igual que Azofeifa & Moreira (2004), encontraron el mismo patrón de crecimiento, con el llenado y madurez de frutos a partir de 118 d., mientras que la variedad de nuestro estudio fue precoz, iniciando a partir de 99 d. (Figura 2). Estas variaciones en los patrones de crecimiento y desarrollo responden a múltiples factores, tales como las condiciones medioambientales, el método de siembra y, de manera preponderante, a los rasgos genéticos particulares de cada variedad. Estos rasgos son el resultado de un largo período de selección artificial por parte de los agricultores y fitomejoradores, que para el género *Capsicum* se remontan al año 7500 AC (Basu & De 2003).

Debido a la preferencia de *B. tabaci* por ovipositar en el estrato superior y el crecimiento de las plantas, en la primera etapa del cultivo se

presentó un claro gradiente, donde los huevos y ninfas de primeros instares se localizaban en este estrato y las ninfas avanzadas y las pupas, en los del medio e inferior. De otra parte, no todos los miembros de una cohorte de mosca blanca completan su desarrollo al mismo tiempo, de tal manera que, conforme avanzan los ciclos, en un cultivo se presenta traslape de generaciones. Así mismo, constantemente están inmigrando nuevos individuos desde otros cultivos. Estos factores, sumados a la pérdida de hojas en el estrato inferior, a consecuencia de la abundante fumagina, ocasionaron que entre los días 79 y 85 se modificara la distribución de la población, presentando una mayor cantidad de ninfas en el estrato superior (Figura 3; Tabla 2).

El crecimiento exponencial de la población en estado huevo (Figura 5) probablemente se debe a que durante este estado huevo no hay

competencia por alimento y se tiene una menor tasa de mortalidad acumulada que los estados subsiguientes. En tablas de vida ecológicas para *B. tabaci* en diversos cultivos, la mortalidad siempre fue mayor durante el cuarto instar que durante el estado huevo (Naranjo et al. 2010).

Acerca de la diferencia entre la dinámica de crecimiento de huevos y ninfas, se debe tener en cuenta que una curva logística describe un patrón de crecimiento exponencial, delimitado en su parte superior por un agotamiento en los recursos (capacidad de carga, K), momento en el cual ocurre la inflexión hacia una curva logarítmica y el crecimiento cesa o se hace muy lento (Campbell et al. 2008). Claramente, el comportamiento reproductivo de *B. tabaci*, al igual que para la mayoría de los insectos, obedece a una selección de tipo *r*, donde la densidad poblacional depende directamente de los recursos alimenticios (Campbell et al. 2008).

En algodón, Butler et al. (1986) determinaron que la población de *B. tabaci* tiene un crecimiento exponencial y este comportamiento es característico de poblaciones de moscas blancas que han sido introducidas en ambientes favorables, con pocos o ningún enemigo natural que regule sus poblaciones y bajo condiciones climáticas de tiempo seco y temperaturas de moderadas a altas (Byrne & Bellows-Jr. 1991). Esta idea es reforzada por la semejanza entre el patrón de crecimiento de la población de *B. tabaci* y las plantas de *C. annuum* (Figura 4), que indica que el crecimiento de la primera, dependió del crecimiento de las segundas. En este sistema, con un cultivo al aire libre, existe una alta probabilidad de que, además de los nuevos adultos nacidos de la población inicial, haya un flujo permanente de inmigrantes desde otros cultivos. Además, las poblaciones de *B. tabaci* se caracterizan por ser multivoltinas, exhibiendo traslape de generaciones (Baunmgärtner & Yano 1990). Por lo tanto, tal como lo reportado por Baunmgärtner & Yano (1990), las características de la planta, como hospedero, parecen ser el factor limitante en el crecimiento poblacional, especialmente en ausencia de enemigos naturales.

Acerca de la observación de zonas de la hoja donde es mayor la oviposición, Naranjo & Flint (1995), identificaron patrones semejantes para

*B. tabaci* en algodón y cuantificaron la distribución poblacional para distintos tamaños de sectores de las hojas, concluyendo que, para determinadas circunstancias, el muestreo de fracciones circulares de la hoja de 3,38 cm<sup>2</sup>, cercanas al peciolo, brindaba la precisión y exactitud suficientes para una estimación de la densidad poblacional. Por lo tanto, un estudio semejante podría emprenderse para poblaciones de *B. tabaci* en cultivos de pimentón que, considerando las altas densidades de población del presente estudio, podrían contribuir a disminuir los costos de muestreo.

Los adultos de *B. tabaci* mostraron una marcada preferencia por el estrato superior, esto es, la parte más joven de la planta (Figura 3; Tabla 2). Así mismo, las posturas alcanzaron sus más altos recuentos en este nivel de la planta (Figura 3; Tabla 2). Este comportamiento está gobernado por varios factores que incluyen la calidad nutricional del alimento y el fitness de las ninfas, las barreras para la alimentación y la protección frente a las condiciones medioambientales adversas (van Lenteren & Noldus 1990). El patrón de oviposición reportado para *B. tabaci* y otras moscas blancas, con tendencia a distribuir los huevos como un semicírculo (van Lenteren & Noldus 1990), se observó muy pocas veces en este trabajo. En la mayoría de las hojas los huevos se distribuyeron aisladamente o en masas.

Los estados inmaduros poseen una muy limitada capacidad de dispersión. Por esta razón, el sitio de oviposición debe asegurar recursos alimenticios para el desarrollo de las ninfas hasta su estado adulto, lo cual es más probable en hojas jóvenes (van Lenteren & Noldus 1990). Así, la preferencia por el estrato superior está solamente ligada a la disponibilidad de estas. En este trabajo, los nuevos brotes de hojas en la parte baja de las plantas, fueron colonizados y ovipositados a los 85 d., aunque, por su posición, correspondían al estrato inferior.

El amarillamiento, ocasionado por la succión de savia y la consiguiente pérdida de nutrientes y la fumagina, que ocasionó disminución en la tasa fotosintética, fueron los síntomas visibles de los daños, directo e indirecto,

**Tabla 2.** Desarrollo de una población de *B. tabaci* sobre un cultivo de pimentón (*C. annuum*) de la variedad ZEN F1. Cada dato está expresado como la media (n=8) más o menos el intervalo de confianza de 95 % (IC 95 %).

Estado	Estrato	Edad (días)										
		37	45	51	58	65	72	79	85	94	99	108
adulto	1 <sup>1</sup>	12±4	53±18	a 93±48 b 17±9	a 51±22 b 17±4	a 72±18 b 31±12	a 52±23 b 24±7 b 10±3	a 35±8 b 16±4 c 8±2	a 110±26 b 66±16 c 35±7	a 75±22 b 24±11 b 8±6	a 77±21 b 35±14 b 19±10	a 178±61 b 74±25 c 29±14
	2 <sup>1</sup>											
	3 <sup>1</sup>											
huevo	1	1415±184	2727±1332	a 1708±730 b 461±413	a 1666±559 b 373±53	a 2310±915 b 574±508	a 4089±1251 b 2793±628 c 171±64	a 5003±1819 b 3226±1318 c 561±137	a 5082±1632 b 2825±976 c 301±130	a 5109±1023 b 3266±751 c 696±286	a 5290±1517 b 2618±896 c 148±48	a 8559±1601 b 5899±1605 c 427±230
	2											
	3											
nimfa	1	558±278		b 302±105 a 1040±505	b 395±146 a 1052±389	b 618±348 a 1345±519	a 1714±1184 a 1825±1318 a 1847±461	a 2208±1057 a 3725±1816 a 2180±1654	a 3942±1286 b 2654±1236 c 269±219	a 6085±1286 b 4108±2018 c 1185±574	a 3827±1208 b 2293±1492 c 393±106	a 6095±1529 b 3737±2575 c 961±359
	2											
	3											
pupa	1				353±169	207±119			a 1650±940 a 1766±1157 b 112±66	b 1463±551 a 2155±534 c 604±337	a 1268±633 a 1668±766 b 183±74,2	b 1746±748 a 3104±1488 c 480±194
	2											
	3											

Estrato: 1<sup>s</sup>: superior; m: medio; i: inferior

Dentro de cada columna y estado de desarrollo, las medias precedidas de la misma letra no difieren significativamente al nivel del 5 % (pruebas de DMS).

respectivamente, causados por la infestación de *B. tabaci* en el cultivo de pimentón. De los dos, es probable que la fumagina, ocasionada por el desarrollo del hongo *Capnodium* sp. (Byrne & Bellows-Jr. 1991), por su mayor cobertura, fuera el que tuvo mayor impacto sobre el cultivo y sobre la población de *B. tabaci*. La fumagina tuvo, además, un efecto sobre la población de *B. tabaci*, por la reducción en el área disponible para la alimentación y desarrollo de la población y cierto impacto sobre su distribución vertical en los estratos de la planta.

La suma de estos dos efectos ocasionó una evidente pérdida de hojas en el estrato inferior de las plantas a partir de 83 d. y esta, a su vez, modificó el patrón estratificado de distribución vertical que suelen mostrar las poblaciones de *B. tabaci* (van Lenteren & Noldus 1990). En estos casos fue notoria la concentración de la población de inmaduros en las partes más altas, que estaban menos afectadas por la fumagina. Este fenómeno tuvo una causa de fondo que contribuye a explicar esta temprana muestra de hacinamiento: la variación en la dinámica de crecimiento de las plantas, que desaceleraron su patrón aproximadamente a los 83 d.

Al momento de suspender los muestreos, era evidente que la población de *B. tabaci* estaba muy cerca de ocasionar un colapso al cultivo de pimentón. La proporción de hojas atacadas por fumagina, con la consiguiente merma en la tasa fotosintética, era el signo más visible. Esto fue especialmente evidente a partir del penúltimo muestreo (99 d.) cuando la fumagina también alcanzó los frutos.

## CONCLUSIONES

La variedad híbrida de pimentón ZEN F1, conocida como 1408, es buen hospedero de *B. tabaci*. Así lo indican la densidad de población que se alcanzó y, más aún, el perfecto acople entre las fenologías del insecto y de la planta. En el contexto del manejo de plagas, esta evidencia experimental tiene un importante significado en el monitoreo y manejo de las poblaciones de *B. tabaci*, siendo pertinente, por ejemplo,

un seguimiento especialmente detallado de la evolución de las poblaciones que infestan el cultivo para prevenir su incremento hasta niveles críticos.

En lo concerniente a las altas poblaciones del presente estudio, el acople en la dinámica de crecimiento planta-insecto caracterizado por una estratificación vertical de los distintos estados de desarrollo, originado por la preferencia de las hembras adultas por ovipositar en el estrato superior de las plantas, determina la posición más probable para encontrar los huevos (superior), las ninfas (superior y medio) y las pupas (medio e inferior), siendo este conocimiento importante para enfocar el muestreo. No obstante, se debe considerar que, si no se controlan las altas densidades, la fumagina es un factor que tiende a modificar este patrón de distribución vertical, potenciando la competencia intraespecífica.

## AGRADECIMIENTOS

*In memoriam* Doctor César Cardona, gentil y desinteresado germen de este proyecto.

Los recursos para la ejecución de este trabajo provinieron del macroproyecto “Manejo sostenible de dos plagas clave para la producción competitiva del pimentón en el Valle del Cauca” identificado con el código del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, MADR # 2007N4419-782 en el cual, como entidad representante, actuó la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA. Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos ala Doctora Ana Elizabeth Díaz y al Doctor Arturo Carabalí por su comprometido y desprendido apoyo para la consolidación de los objetivos propuestos.

Agradecemos la gentil colaboración de los Señores Orlando Díaz, Héctor Morales, y José Flower Ramos (Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT), quienes fueron de gran ayuda en el trabajo de campo.

## LITERATURA CITADA

- Agencia Agraria de Noticias, Agraria. 2012. II Convención Internacional del *Capsicum adex*: Perú primer productor y exportador mundial de paprika. <http://www.agraria.pe/noticias/adex-peru-primer-productor-y-exportador-mundial-de-paprika>.
- Anderson, P. 2005. Introducción. Pp. 1-11, en P. K. Anderson, & F. J. Morales (eds.), Whitefly and whitefly-borne viruses in the tropics: building a knowledge. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali, Colombia.
- Araya, L. R., E. R. Carazo, & V. M. Cartín L. 2005. Diagnóstico del uso de insecticidas utilizados contra *Bemisia tabaci* (Gennadius) en tomate y chile en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica) 75: 68-76.
- Azofeifa, A., & M. A. Moreira. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annum* L. cv. hot), en Alajuela, Costa Rica. Agronomía Costarricense 28(1): 57-67.
- Basu, S. K., & A. K. De. 2003. *Capsicum*: historical and botanical perspectives. Pp 1-15, en A. K. De (ed.), *Capsicum*: the genus *Capsicum*. Taylor & Francis, Londres, Reino Unido.
- Baumgärtner, J., & E. Yano. 1990. Whitefly population dynamics and modelling. Pp. 123-146, en D. Gerling (ed.), Whiteflies: their bionomics, pest status and management. Intercept ltd., Andover, Reino Unido.
- Butler, G. D., T. J. Henneberry, & F. D. Wilson. 1986. *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on cotton: adult activity and cultivar oviposition preference. Journal of Economic Entomology 79(2): 350-354.
- Byrne, D. N., & T. S. Bellows-Jr. 1991. Whitefly biology. Annual Review of Entomology 36: 431-57.
- Campbell, N. A., J. B. Reece, L. A. Urry, M. L. Cain, S. A. Wasserman, P. V. Minorsky & R. B. Jackson. 2008. Plant, structure, growth, and development. Pp.738-763, en Biology, octava ed., Pearson Benjamin Cummings, San Francisco, Estados Unidos.
- Casseres, E. 1981. Producción de hortalizas, tercera ed. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA, San José, Costa Rica.
- Corporación Colombia Internacional. 2006. Plan hortícola nacional 2006. [http://www.cci.org.co/cci/cci\\_x/scripts/home.php?1025&con = &idHm = 1&opc = 103](http://www.cci.org.co/cci/cci_x/scripts/home.php?1025&con = &idHm = 1&opc = 103)
- Coudriet, D. L., D. E. Meyerdirk, N. Prabhaker, & A. N. Kishaba. 1986. Bionomics of sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) on weed hosts in the Imperial Valley, California. Environmental Entomology 15(6): 1179-1183.
- Cuéllar, M. E., F. J. Morales, & J. Montoya-Lerma. 2011. Resistencia genética al Virus del Arrugamiento Foliar del Frıjol transmitido por *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae). Revista Colombiana de Entomología 37(1): 8-15.
- Elías-Castillo, F. & F. Castellví Sentís. 2001. Fenología. P. 317, en Agro-Meteorología, Segunda ed. Ediciones Mundi Prensa, Madrid, España.
- Escalante, J. A. & J. A. Kohashi. 1994. El rendimiento y crecimiento del fríjol: manual para la toma de datos. Centro de Botánica, Colegio de Postgraduados. Montecillo, México.
- Fornasari, L. 2008. Host specificity of weed-feeding insects. Pp. 1873-1887, en J. L. Capinera (ed.), Encyclopedia of entomology, segunda ed. Springer, Heidelberg, Alemania.
- Henneberry, T. J., L. F. Jech, D. L. Hendrix, & T. Steele. 2000. *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) honeydew and honeydew sugar relationships to sticky cotton. The Southwestern Entomologist 25:1-14.
- Hilge, L. 2003. Estatus del manejo de *Bemisia tabaci* en América Latina y el Caribe: ocho preguntas pertinentes. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (CATIE) 70: 78-79.
- Inbar, M., & D. Gerling. 2008. Plant-mediated interactions between whiteflies, herbivores, and natural enemies. Annual Review of Entomology 53: 431-48.

- IPGRI, AVRDC, & CATIE. 1995. Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum* spp.). Instituto internacional de recursos fitogenéticos, Roma, Italia; Centro asiático para el desarrollo y la investigación relativos a los vegetales, Taipei, Taiwán y Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza, Turrialba, Costa Rica. International Plant Genetic Resources Institute. Roma, Italia.
- Liu, T., & P. A. Stansly. 1995. Oviposition by *Bemisia argentifolii* (Homoptera-Aleyrodidae) on tomato: effects of leaf factors and insecticides residues. *Journal of Economic Entomology* 88(4): 992-997.
- Naranjo, S. E., & P. C. Ellsworth. 2005. Mortality dynamics and population regulation in *Bemisia tabaci*. *Entomology Experimentalis et Applicata* 116: 93-108.
- Naranjo, S. E., S. J. Castle, P. J. De Barro, & S. S. Liu. 2010. Population dynamics, demography, dispersal and spread of *Bemisia tabaci*. Pp. 185-226, en P. A. Stansly, y S. E. Naranjo (eds.), *Bemisia: bionomics and management of a global pest*. Springer, New York, Estados Unidos.
- Naranjo, S. E., & H. M. Flint. 1995. Spatial distribution of adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development and validation of fixed-precision sampling plans for estimating population density. *Environmental Entomology* 24(2): 261-270.
- Navarro, M. 2003. Desempeño fisiológico de las semillas de árboles leguminosos de uso múltiple en el trópico. *Pastos y Forrajes* 26(2): 97-114.
- Pedigo, L. P., & M. R. Zeiss. 1996. Analyzing insect dispersion. Pp. 10-40, en *Analyses in insect ecology and management*. Iowa State University Press/Ames, Iowa, Estados Unidos.
- Quintero, C., C. Cardona, D. Ramírez, & N. Jiménez, 1998. Primer registro del biotipo B de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) en Colombia. *Revista Colombiana de Entomología* 24 (1-2): 23-28.
- Rodríguez, I., & C. Cardona. 2001. Problemática de *Trialeurodes vaporariorum* y *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) como plagas de cultivos semestrales en el Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología* 27(1-2): 21-26.
- Rodríguez, I., H. Morales, J. M. Bueno, & C. Cardona. 2005. El biotipo B de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera: Aleyrodidae) adquiere mayor importancia en el Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología* 3(1): 21-28.
- Romero, F. 2004. Dinámica de poblaciones. Pp. 51-57, en *Manejo integrado de plagas: las bases, los conceptos, su mercantilización*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México.
- Rosell, R. C., J. L. Blackmer, H. Czosnek, & E. Inbar. 2010. Mutualistic and dependent relationships with other organisms. Pp. 161-183, en P. A. Stansly, y S. E. Naranjo (eds.), *Bemisia: bionomics and management of a global pest*. Springer, New York, Estados Unidos.
- Rylski, I. 1986. Pepper (*Capsicum annuum*). Pp. 341-353, en *Handbook of fruit set and development*. CRC Press, Londres, Reino Unido.
- Simmons, A. M. 1994. Oviposition on vegetables by *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae): temporal and leaf surface factors. *Environmental Entomology* 23(2): 381-389.
- Taiz, L., & E. Zeiger. 2002. Growth and development. Pp. 339-374, en *Plant physiology*, tercera ed. Sinauer Associates, New York, Estados Unidos.
- Vallejo, F. A., & E. I. Estrada. 2004. El cultivo del pimentón *Capsicum annuum*. Pp. 107-139, en F. A. Vallejo, y E. I. Estrada (eds.), *Producción de hortalizas de clima cálido*. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira, Palmira, Colombia.
- van Lenteren, J. C. & L. P. J. J. Noldus. 1990. Whitefly-plant relationships: behavioural and ecological aspects. Pp. 47-89, en D. Gerling, (ed.), *Whiteflies: their bionomics, pest status and management*. Intercept Ltd., Andover, Reino Unido.
- Zalom, F. G., C. Castañé, & R. Gabarra. 1995. Selection of some winterspring vegetable crop hosts by *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 88(1): 70-76.

*Recibido abril 15, 2013, publicado agosto 2013*