

Análisis de las tendencias poblacionales de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) en pimiento bajo plástico en Almería

J. E. GONZÁLEZ ZAMORA Y R. MORENO VÁZQUEZ

Durante la campaña de otoño/invierno de 1994/95 se ha observado la progresión de las poblaciones de *Bemisia tabaci* (Genn.) en dos invernaderos de pimiento (*Capsicum annuum*) en Almería, España. Uno de ellos estaba incluido en un programa de control integrado, mientras que en el otro el agricultor aplicaba los tratamientos que consideraba convenientes. En hoja se contaban las poblaciones de larvas I-II-III y de larvas IV/pupas, mientras que las poblaciones de adultos de mosca blanca se seguían con placas adhesivas de color amarillo. En uno de los invernaderos (control integrado) las poblaciones de larvas/pupas de mosca blanca se han incrementando de forma progresiva hasta el final del cultivo (enero-febrero). En esta parcela se ha encontrado que existe relación entre las poblaciones de larvas en hojas, y entre larvas en hojas y los adultos capturados en las placas adhesivas, teniendo en cuenta los tiempos de desarrollo citados en la bibliografía. En el primer caso, con 145°C. día (tiempo de desarrollo de larva I a larva IV/pupa), el coeficiente de determinación ha sido de $r^2=0,959$. Con el tiempo de desarrollo de larva I hasta adulto (243°C. día) se consigue un coeficiente de determinación de $r^2=0,811$, y de 0,826 cuando es de 98°C. día (tiempo de desarrollo de larva IV/pupa a adulto). Esto implica la existencia de generaciones en la mosca blanca. El ajuste de las poblaciones.día a la suma de diferentes funciones matemáticas simples alcanza unos valores muy elevados del coeficiente de determinación, entre 0,9881 y 0,9985. Esto nos permite analizar las tendencias de la población y comparar los coeficientes de las funciones.

J. E. GONZÁLEZ ZAMORA Y R. MORENO VAZQUEZ. Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Centro de Investigación y Desarrollo Hortícola "La Mojonera-La Cañada". Ctra. Nacional 340, km 418, Apdo. de Correos 91, 04700 El Ejido (Almería).

Palabras clave: mosca blanca, *Bemisia tabaci*, pimiento, tendencias poblacionales.

INTRODUCCIÓN

La mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genn.) es un insecto que recientemente se ha convertido en una importante plaga de diferentes cultivos hortícolas. Su manifestación más virulenta se dió en 1988 (RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, 1994) y desde entonces se ha extendido por toda la zona de cultivo de Almería.

B. tabaci transmite varios virus, siendo el conocido como de la "cuchara" (Tomato

Yellow Leaf Curl Virus) uno de los que más incidencia está teniendo en tomate, mientras que en pimiento no se ha observado transmisión de virus. En cucurbitáceas, en cambio, es el transmisor de diversos virus, siendo el del "amarilleo" uno de los más importantes en Almería (CUADRADO GÓMEZ, 1994). Otro tipo de daños causados son las secreciones de melaza que producen los estados inmaduros, sobre la que se desarrolla un hongo saprofito, conocido como "fumagina" o "negrilla", que puede llegar a cubrir

la planta, disminuyendo su capacidad fotosintética, y ensuciando los frutos, que necesitan ser lavados.

El análisis de su evolución poblacional es un aspecto necesario para conocer su comportamiento en la parcela, y además, con la ayuda de adecuados índices poblacionales, para establecer relaciones que permitan estimar los posibles daños que pudieran ocurrir. En el desarrollo de un programa de control integrado de las plagas y enfermedades del pimiento es prioritaria la predicción de las poblaciones de estos fitoparásitos. Para ello existen diferentes funciones matemáticas que ya se han utilizado en epidemiología para predecir la progresión de las enfermedades (MORENO, 1994). Estas funciones también son aplicables a las poblaciones de artrópodos (MARGALEF, 1991; SOUTHWOOD, 1978), y gracias a ellas, se hace posible predecir su evolución, tanto si tienen el carácter de plaga, como el de enemigo natural.

En un trabajo reciente (HAN *et al.*, 1993) se ha aplicado un procedimiento de análisis de la progresión de la enfermedad del tizón de la caña de azúcar mediante la suma de diferentes funciones matemáticas simples: logística, Gompertz y monomolecular, con una notable capacidad de ajuste que ayuda a estos autores a estimar la tasa de infección de la enfermedad (AMORIN *et al.*, 1993).

En este trabajo se presentan los datos recogidos en el cultivo del pimiento (*Capsicum annuum*) sobre la evolución de *B. tabaci* y se estima la relación que existe entre sus diferentes estadíos, atendiendo a los tiempos de desarrollo que aparecen en la bibliografía, y asimismo se analiza la capacidad de la suma de diferentes funciones matemáticas para ajustarse a los datos de los muestreos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Este trabajo se ha llevado a cabo en dos invernaderos de pimiento situados en el tér-

mino municipal de Níjar (Almería). Uno de ellos estaba incluido en un programa de control integrado (CI) de plagas, mientras que el otro era el testigo (T), donde se aplicaban los tratamientos químicos que consideraba conveniente el agricultor. La variedad de pimiento fue Mazurca en ambos invernaderos, siendo la superficie de 3.000 m² y 3.300 m² respectivamente. El transplante fue realizado el 7 de julio de 1994 en el invernadero CI y el 20-21 del mismo mes en el T.

Los muestreos empezaron, en ambos invernaderos, el 15 de septiembre y finalizaron el 2 de febrero en el CI y el 12 de enero en el T. Los invernaderos se dividieron en cuatro zonas iguales, tomándose al azar en cada una de ellas 5 hojas desarrolladas (una hoja por planta) de la parte media de cada planta, durante un recorrido por cada zona (20 hojas en total). El muestreo era semanal en el invernadero CI y cada dos semanas en el T. Las hojas se llevaban al laboratorio y allí, con ayuda de una lupa binocular (x40), se contaban los estadíos inmaduros de mosca blanca, agrupando los tres primeros estadíos de desarrollo por un lado, y, por otro, las larvas de cuarto estado, en donde se incluían las pupas. Después de contadas, las hojas se colocaban en recipientes herméticos, pero aireados, para que salieran los adultos de mosca blanca, contándose éstos a los 15-20 días.

En cada invernadero se colocaban dos placas adhesivas de color amarillo de 10 x 26 cm, aproximadamente, a 10-20 cm por encima del cultivo y en el eje mayor del invernadero, equidistantes de las bandas. Estas placas se cambiaban cada semana en los dos invernaderos. En el laboratorio se contaban los adultos de mosca blanca, con ayuda de la lupa binocular, en la mitad de la superficie de cada cara, que previamente se había dividido en cuatro partes iguales. El conteo se realizaba en una de las diagonales de cada cara.

Tanto en el invernadero CI como en el T se realizaban tratamientos fitosanitarios, de

los que se hace referencia al analizar los resultados.

Para el ajuste a las diversas funciones matemáticas, la población de *B. tabaci* se ha expresado como *Población.día* (Pbl.día), estimada mediante la expresión

$$\text{Pbl. día}_s = \sum_{i=1}^s \frac{\text{Pbl}_{(i-1)} + \text{Pbl}_{(i)}}{2} \cdot \text{n.º días}_{(i,i-1)}$$

donde *Pbl* es la población de mosca blanca por hoja o placa adhesiva obtenida de forma semanal en las semanas *i* e *i-1*, mientras *nº días* son los días transcurridos entre dos muestreos sucesivos. Como variable independiente se han considerado los Grados.día (°C.día) por encima de 10°C, temperatura umbral que se ha utilizado de acuerdo con las citas de la bibliografía (ZALOM et al., 1985).

Las funciones matemáticas utilizadas han sido:

Logística $Y = \frac{C}{1 + e^{c1+c0t}}$

Gompertz $Y = C \cdot e^{c1 \cdot e^{c0t}}$

Exponencial $Y = e^{(a+b \cdot t)}$

Lineal $Y = a + b \cdot t$

Otras funciones que se han utilizado han sido la potencial ($Y = a \cdot t^b$) y la polinomial de tercer grado. En todos los casos *t* es la variable independiente considerada (Grados.día) y *C*, *c1*, *c0*, *a*, y *b* los parámetros de cada función.

El análisis de los datos y el ajuste a la suma de las distintas funciones se ha realizado con el paquete estadístico STATGRAPHICS 5.0, mediante regresión no lineal. En el caso

de las funciones logística y Gompertz los parámetros iniciales a introducir se estimaban con la ayuda de un programa en BASIC, y en el resto de las funciones mediante el mismo programa STATGRAPHICS ya citado.

RESULTADOS Y DISCUSION.

Evolución de las poblaciones

En la evolución poblacional de *B. tabaci* en el invernadero CI se aprecia un incremento progresivo de las poblaciones de inmaduros (larvas de los tres primeros estados y del último) hasta el final del cultivo (figura 1). En los últimos meses, de noviembre a enero, la melaza y los hongos saprofitos desarrollados sobre las hojas fueron abundantes. Esto obligó a la realización de diversos tratamientos para controlar la mosca blanca: dos con un detergente (Savona®), otro con un hongo entomopatógeno (*Verticillium lecanii*, Mycotal®) y finalmente dos tratamientos con Imidacloprid (Confidor®), que aparecen representadas en la figura. Estos tratamientos no tuvieron efectos apreciables sobre la población de mosca blanca. En las poblaciones de adultos de *B. tabaci* capturadas en las placas adhesivas se aprecian tres máximos, separados 225°C.día y 340°C.día entre sí, lo que coincide con los resultados obtenidos en algodón en California cuando se analizan los picos debidos a las diferentes generaciones (ZALOM et al, 1985).

En el invernadero T no se alcanzaron poblaciones elevadas de inmaduros en las hojas (figura 1), debido posiblemente a los tratamientos realizados previamente contra mosca blanca [se realizaron tres con Imidacloprid (Confidor®), entre julio y agosto, antes de empezar los muestreos] y también a que la infestación inicial debió ser muy baja. Esto entra en clara contradicción con el elevado número de adultos de *B. tabaci* capturados en las placas adhesivas. La

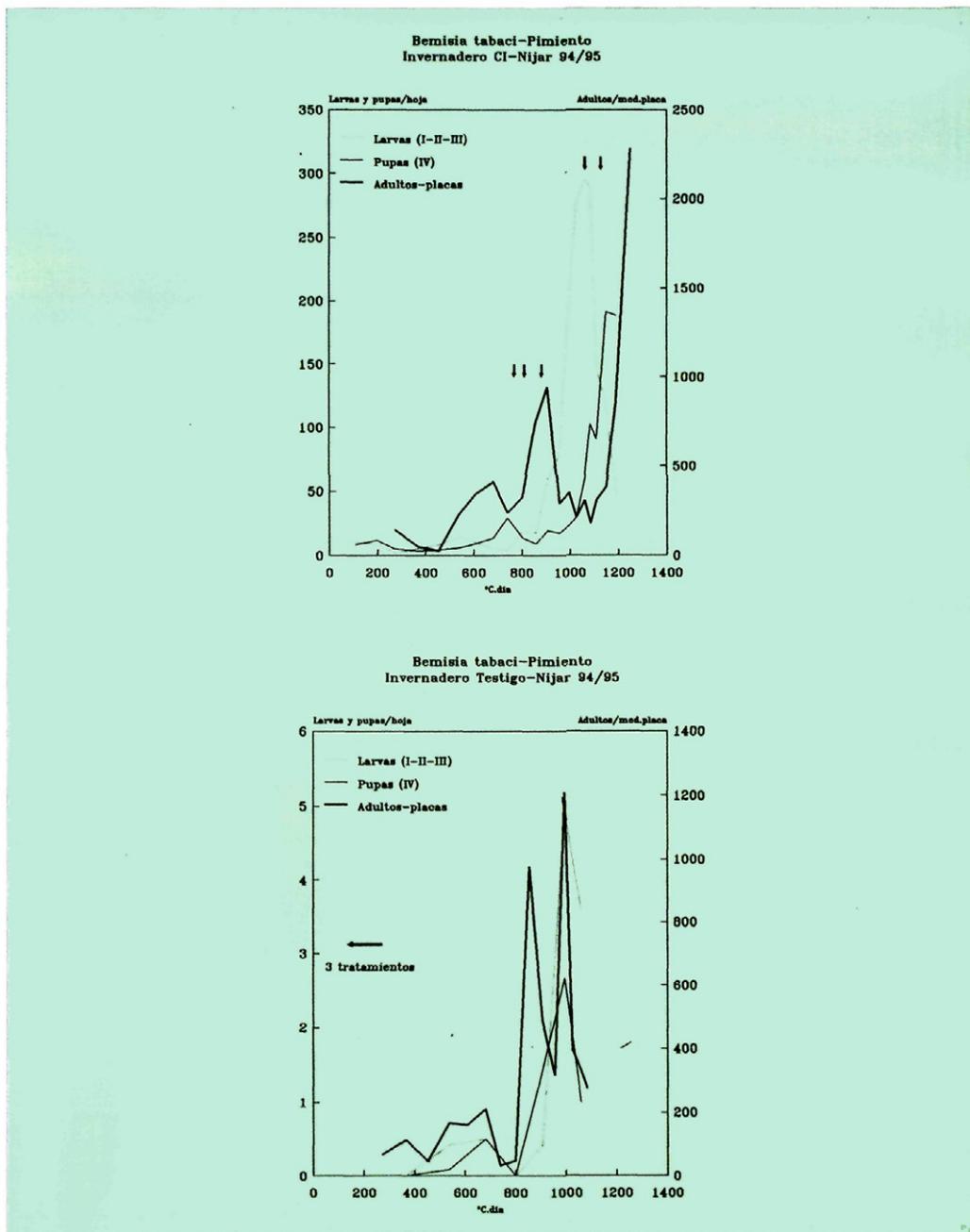


Fig. 1.—Evolución de las poblaciones de la mosca blanca *Bemisia tabaci* en hojas y en placas adhesivas en dos invernaderos de pimiento. En la parte superior se representan las poblaciones de mosca Blanca en un invernadero donde se seguía un programa de control integrado CI, mientras en la parte inferior se representan las poblaciones en el invernadero testigo. En el invernadero CI se realizaron varios tratamientos (representados por flechas, en la gráfica superior) contra mosca blanca durante el periodo de muestreo, mientras que en el invernadero testigo se hicieron tres tratamientos a comienzo del cultivo.

mayoría de esos adultos pudieron entrar en la parcela por los laterales del invernadero, que no disponían de malla, con lo cual engrosarían en gran medida la población de adultos procedentes de la evolución de la mosca blanca existente en el invernadero. Por este motivo no es de extrañar esa contradicción antes comentada.

Con la finalidad de estimar las posibles correspondencias entre poblaciones, se han relacionado los niveles poblacionales de inmaduros de mosca blanca en hojas y los adultos capturados en placas, una vez que transcurrió el tiempo fisiológico de desarrollo de los inmaduros. De acuerdo con la bibliografía consultada (POWELL y BELLOWS, 1992; RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, 1994), estos tiempos son de 145, 75 y 41°C.día para pasar de larva 1, larva 2 y larva 3 a larva 4/pupa, respectivamente; y de 243, 177, 139 y 98 °C.día para pasar de larva 1, larva 2, larva 3 y larva 4/pupa a adulto, respectivamente.

En el invernadero CI las poblaciones de inmaduros de mosca blanca en hoja muestran una aceptable relación con los adultos capturados en placas, una vez que ha transcurrido el tiempo necesario para que los estados inmaduros se transformen en adulto. El tiempo de desarrollo correspondiente a la larva 4/pupa y larva de primer estado, son las que mejor coinciden, con $r^2=0.826$ y $r^2=0.811$, respectivamente (cuadro 1, parte

inferior). Esto parece confirmar la presencia de generaciones bastante marcadas. En el mismo cuadro 1 se observa también que el tiempo de desarrollo de la larva 1 hasta larva 4/pupa (145°C.día) es el que mejor coincide con las poblaciones de ésta última en hoja, con $r^2=0.959$. El que sean las larvas de primer estadio las que dan la mejor correlación con las larvas de cuarto estadio es debido a la mayor abundancia de las primeras en las hojas respecto a las de segundo y tercer estadio.

En el invernadero T no hay esta relación tan marcada entre los distintos estadios cuando se consideran los tiempos de desarrollo (cuadro 1, parte inferior), lo que puede ser debido a la aplicación de plaguicidas, que hayan alterado la normal evolución de la plaga. La elevada presencia de adultos en las placas adhesivas, coincidiendo con el máximo de larvas jóvenes (de los tres primeros estados) y de larva 4/pupas, sólo parece explicable por la llegada masiva de adultos, puesto que las placas estaban situadas a unos 8-10 metros de las bandas, sin que éstas tuvieran mallas de protección, como antes se indicó. Se aprecia sin embargo una elevada correlación entre las poblaciones en hojas y en las placas para cada muestreo (cuadro 1, parte superior), que en el caso de pupas en la hoja y adultos en las placas amarillas llega a ser de $r^2=0.947$.

Cuadro 1.—Coeficientes de determinación (r^2) entre los estados de desarrollo de *Bemisia tabaci* en hojas y los adultos en placas adhesivas, considerados los muestreos (parte superior de la tabla) y cuando se tienen en cuenta los tiempos de desarrollo de cada estadio hasta larva IV/pupa y adultos (parte inferior). Los valores seguidos por * son significativos con $P<0,05$, y seguidos por ** lo son $P<0,01$.

	Invernadero CI		Invernadero Testigo	
	Pupa	Adultos en placas	Pupa	Adultos en placas
Larva I-II-III	0,132	0,012	0,708**	0,669**
Larva IV/Pupa	—	0,095	—	0,947**
Larva I	0,959** (145 °C. día)	0,811** (243 °C. día)	0,009 (145 °C. día)	0,093 (243 °C. día)
Larva II	0,765** (75 °C. día)	0,672** (177 °C. día)	0,128 (75 °C. día)	0,118 (177 °C. día)
Larva III	0,383** (41 °C. día)	0,300* (139 °C. día)	0,387* (41 °C. día)	0,307* (139 °C. día)
Larva IV/Pupa	—	0,826** (98 °C. día)	—	0,110 (98 °C. día)

Tendencias poblacionales

El ajuste obtenido para las diferentes fases de desarrollo de la mosca blanca, utilizando la suma de diferentes funciones, es muy alto, como se aprecia en el cuadro 2. Los valores de r^2 oscilan entre 0,9881 y 0,9985, lo que refleja la capacidad de este procedimiento para ajustarse a los datos observados. En las figuras 2 y 3 se puede apreciar la coincidencia que existe entre los datos procedentes de los muestreos y los que se obtienen de las sumas de funciones.

Este es un procedimiento muy útil para analizar las tendencias de la *Pbl.día*, ya que pone de manifiesto las fluctuaciones a las que se ven sometidas las poblaciones en el transcurso del cultivo. Estas fluctuaciones quedan definidas por los parámetros de las funciones utilizadas, que podrán ser empleados para realizar comparaciones del potencial biótico de la especie analizada, bien entre diferentes períodos, o bien entre diferentes huéspedes vegetales. En definitiva, este método de ajuste abre vías interesantes para analizar de forma cuantitativa los comportamientos, a veces tan contradictorios, que se observan en el campo.

Las funciones matemáticas que mejor ajuste conjunto han mostrado han sido la exponencial y la logística. Esto se debe a que la primera de las dos fases, en las que normalmente queda dividido el proceso evolutivo, se da un crecimiento de tipo claramente logístico, que después enlaza con otro de tipo exponencial. Este puede ser considerado como la primera etapa de uno logístico, que no llega a consumarse porque, antes de que esto ocurra, el cultivo ha finalizado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha podido desarrollar gracias a la colaboración de los señores José Rodríguez López y Rafael Nieto Nieto al permitir muestrear en sus invernaderos. Agradecemos al Servicio de Sanidad Vegetal de la Delegación de Agricultura de Almería el que nos permitiera utilizar su cámara de cría y al grupo de Control Integrado del mismo Servicio su colaboración en la recogida de muestras y visitas al campo.

Cuadro 2.—Ajuste de los diferentes estados de desarrollo de *Bemisia tabaci* en los dos invernaderos muestreados a las funciones matemáticas que mejores coeficientes de regresión obtuvieron.

Invernadero	Estado	Función	r^2
	Larva I-II-III	Gompertz	0,9928
	Pupas	Recta + exponencial	0,9881
		Logística + exp.	0,9884
Control integrado	Adultos emergidos	Logística + exp.	0,9966
	Adultos en placas adhesivas	Logística + exp.	0,9985
	Larvas I-II-III	Recta + exponencial	0,9979
Testigo	Pupas	Recta + exp.	0,9983
	Adultos en placas adhesivas	Logística + exp.	0,9968

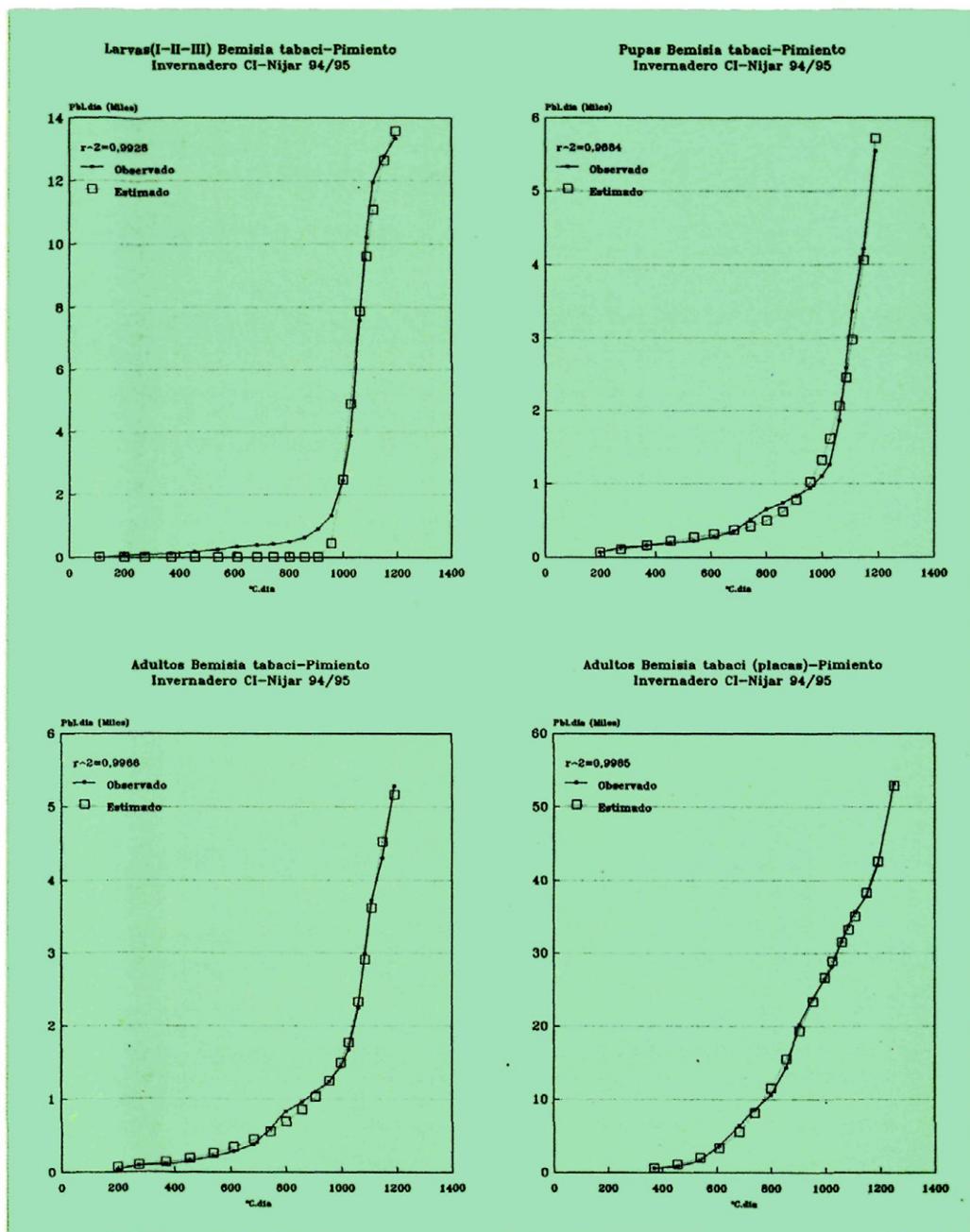


Fig. 2.-Ajuste de la suma de diferentes funciones matemáticas a la población.día expresada de forma acumulada de: larvas de los tres primeros estadios en hojas, larvas de último estadio y pupas en hojas, adultos de *Bemisia tabaci* emergidos de las pupas anteriores, y adultos de *B. tabaci* capturados en placas adhesivas en el invernadero donde se aplicaba el programa de control integrado. En las mismas gráficas se expresa el coeficiente de determinación obtenido en cada ajuste. Las funciones matemáticas ajustadas se indican en la tabla 2.

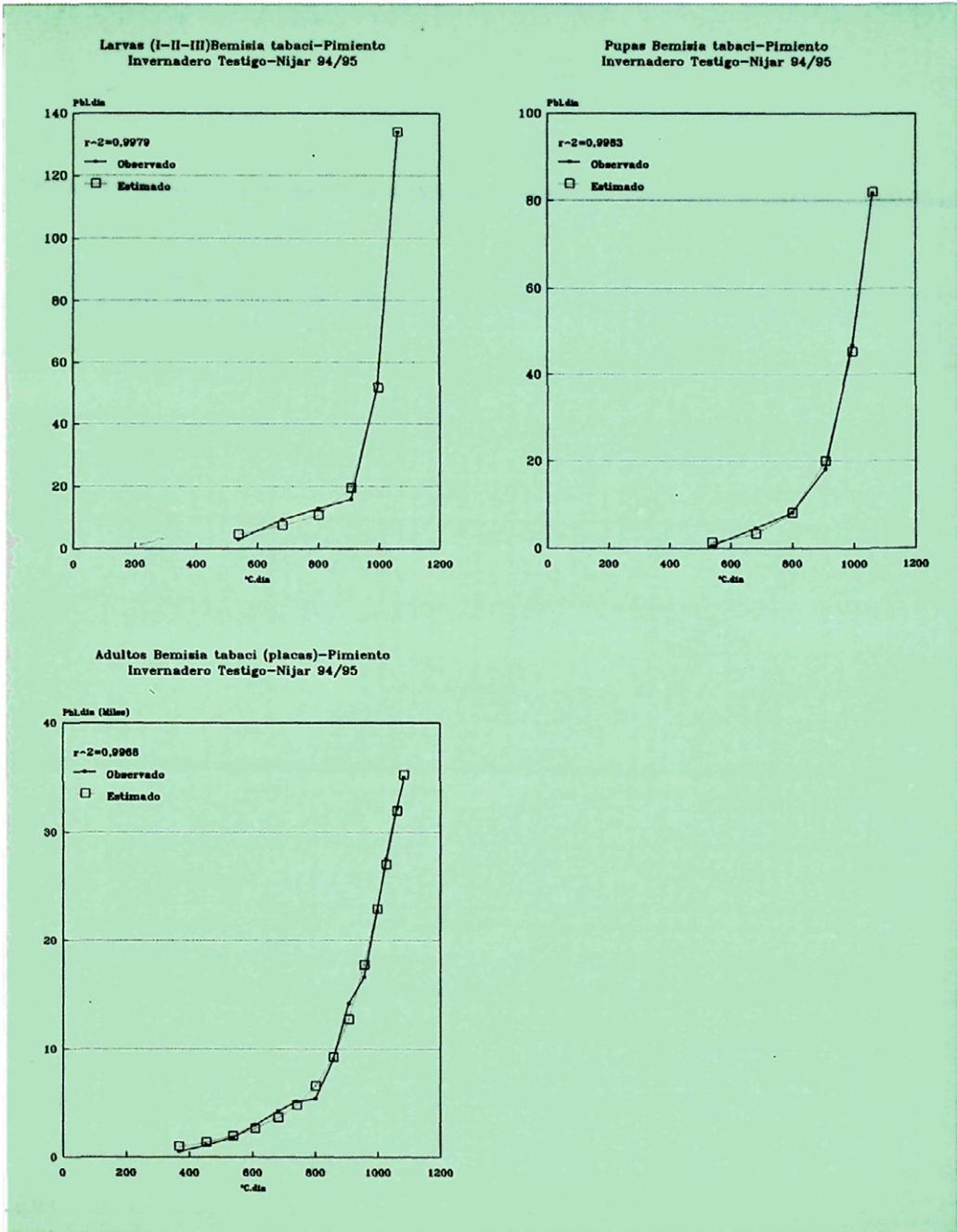


Fig. 3.—Ajuste de la suma de diferentes funciones matemáticas a la población.día de mosca blanca expresada de forma acumulada para: larvas de los tres primeros estadios en hojas, larvas de último estadio y pupas en hojas, y adultos de *B.tabaci* capturados en placas adhesivas en el invernadero testigo. En las mismas gráficas se expresa el coeficiente de determinación obtenido en cada ajuste. Las funciones matemáticas ajustadas se indican en la tabla 2.

ABSTRACT

GONZÁLEZ ZAMORA, J. E.; MORENO VAZQUEZ, R., 1996: Análisis de las tendencias poblacionales de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) en pimiento bajo plástico en Almería. *Bol. San. Veg. Plagas*, 22 (1): 159-167.

During Autumn Winter of 1994/1995 the populations of *Bemisia tabaci* (Genn.) have been studied in two plastic greenhouses planted with sweet pepper (*Capsicum annuum*) in Almería, SE of Spain. One of the greenhouses was managed with a IPM program, and the other was the control, where the farmer applied the pesticides when necessary. On leaves were counted the larvae I-II-III and the larvae IV/pupae, whereas the adults were monitored using yellow sticky traps. In the IPM greenhouse the population of larvae and pupae on leaves have been increasing till the end of the crop season (January-February) in successively way. In this greenhouse a relationship have been found between the population of whiteflies on leaves, and between larvae/pupae on leaves and the adults caught on the sticky traps, when considering the developmental time recorded in the bibliography. In the first case, with 145 DD (Degree.Day) (developmental time from larva I to larva IV/pupa), the coefficient of determination has been $r^2=0.959$. Using the developmental time from larva I to adult (243 DD) the coefficient of determination was $r^2=0.811$, and $r^2=0.826$ when using 98 DD (developmental time from larva IV/pupa to adult). This imply the existence of generations in the whitefly. The fitting of the population.day to the sum of different simple mathematics functions reach very high coefficients of determination, between 0.9881 and 0.9985. This high fitting allow to analyze the population trends and compare the coefficients of the different functions.

Key words: whitefly, *Bemisia tabaci*, sweet pepper, population trends.

REFERENCIAS

- AMORIM, L.; BERGAMÍN FILHO, A.; HAU, B., 1993. Analysis of progress of sugarcane smut on different cultivars using functions of double sigmoid pattern. *Phytopathology*, 83: 933-936.
- CUADRADO GÓMEZ, M.ª I., 1994. Virosis. En *Sanidad Vegetal en la Horticultura Protegida*. Coordinador: Ramón Moreno Vázquez. Junta de Andalucía: 371-396.
- HAU, B.; AMORIM, L.; BARGAMÍN FILHO, A., 1993. Mathematical functions to describe progress curves of double sigmoid pattern. *Phytopathology*, 83: 928-932.
- MARGALETF, R., 1991. *Ecología*. Ed. Omega, Barcelona. 952 pp.
- MORENO VÁZQUEZ, R., 1994. El papel de la epidemiología en protección sanitaria. En *Sanidad Vegetal en la Horticultura Protegida*. Coordinador Ramón Moreno Vázquez. Junta de Andalucía: 263-277.
- POWELL, D. A.; BELLOWS, Jr., T.S., 1992. Preimaginal development and survival of *Bemisia tabaci* on cotton and cucumber. *Environ. Entomol.*, 21(2): 359-363.
- RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, M.ª D., 1994. Aleuródidos. En *Sanidad Vegetal en la Horticultura Protegida*. Coordinador Ramón Moreno Vázquez. Junta de Andalucía: 125-153.
- SOUTHWOOD, T. R. E., 1978. *Ecological methods*. Second edition. Chapman and Hall. London. 524 pp.
- ZALOM, F. G.; NATWICK, E. T.; TOSCANO, N. C., 1985. Temperature regulation of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations in Imperial Valley cotton. *J.Econ.Entomol.*, 78: 61-64.

(Aceptado para su publicación: 12 febrero 1996)