

Nivel de daño económico para *Aulacorthum solani* (Hemiptera, Aphididae) sobre pimiento en invernadero comercial

A. HERMOSO DE MENDOZA, M. LA SPINA, F. MARCO, S. TABANERA, P. VINACHES,
E. A. CARBONELL, J. PÉREZ-PANADÉS

Entre las especies de pulgones que atacan al pimiento (*Capsicum annuum*) en las zonas de invernaderos de Valencia y Murcia, la más agresiva es *Aulacorthum solani* (Kaltenbach). Para averiguar su nivel de daño económico se ha realizado un experimento en un invernadero comercial de pimiento Orlando en el Pilar de la Horadada (en la comarca valenciana del Bajo Segura), consistente en infestar plantas de pimiento con diversos niveles de *A. solani* y seguir su evolución a lo largo de la temporada 2003-2004, a la vez que semanalmente se iban cosechando, pesando y caracterizando los pimientos.

La cantidad máxima de pulgones por hoja de cada nivel de *A. solani* se ha correlacionado con la pérdida de producción correspondiente, y se ha obtenido así la función "densidad de plaga / porcentaje de pérdida de producción". A partir de esta función se ha deducido la fórmula del nivel de daño económico.

Se ha obtenido el nivel de daño económico que corresponde a los valores usuales en la actualidad de precio y producción de pimiento y de coste y eficacia del tratamiento, con el resultado de un nivel tan bajo que implica tratar en cuanto se detecten pulgones si no se quiere que las pérdidas económicas superen el coste del tratamiento.

A. HERMOSO DE MENDOZA, M. LA SPINA, E. A. CARBONELL, J. PÉREZ-PANADÉS. Institut Valencià d'Investigacions Agràries. Carretera de Nàquera, Km 5, 46113 Montcada (València). Correo electrónico: ahermoso@ivia.es
F. MARCO, S. TABANERA, P. VINACHES. Àrea d'Innovació Agrària. Professor Manuel Sala, 2. 03003 Alacant.

Palabras clave: *Capsicum annuum*, pulgones, umbral de intervención.

INTRODUCCIÓN

La zona limítrofe meridional de las comunidades de Valencia y Murcia alberga la segunda superficie española de producción de pimiento (*Capsicum annuum*) para consumo en fresco, en su mayor parte en invernaderos, cuyo control de plagas se realiza en elevada proporción con métodos de control biológico o integrado. Estos métodos han provocado en los últimos años el desarrollo del pulgón *Aulacorthum solani* (Kaltenbach, 1843), especie conocida como transmisora de virus (MÜLLER *et al.*, 1973) y plaga habi-

tual de diversos cultivos en invernadero (BLACKMAN y EASTOP, 1985) entre los que se encuentra el pimiento (VASICEK *et al.*, 2001). Esta especie, a pesar de ser atacada por enemigos naturales como los himenópteros braconídeos del género *Aphidius* (ROBERT y RABASSE, 1977), es más agresiva en esta zona que las demás especies afídicas habituales en pimiento

Para combatir esta plaga en un sistema de lucha integrada es preciso averiguar sus umbrales de tratamiento. De estos umbrales, el nivel de daño económico (EIL) es el fundamental, y de él deriva el umbral economi-

co (ET), según los conceptos de STERN *et al.*, 1959. Su cálculo se realiza a partir de una serie de parámetros (HIGLEY y PEDIGO, 1996): coste del tratamiento, precio del fruto, eficacia del insecticida y, por último, pérdida de producción, que es una función dependiente de la densidad de plaga. En relación con estos umbrales hay otros dos en los que se considera el coste ecológico que representa la aplicación de insecticidas: el nivel de daño económico ambiental (EEIL) y el umbral económico ambiental (EET).

Los objetivos de este trabajo son, en primer lugar, determinar la función pérdida de producción en pimiento de invernadero según la densidad de plaga de *A. solani* y, en segundo lugar, calcular en base a esta función los diversos umbrales de tratamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó durante la temporada 2003-2004 en un invernadero comercial de 1.150 m² del Pilar de la Horadada (en la comarca valenciana del Bajo Segura), con pimiento de la variedad Orlando sembrado el 22 de diciembre de 2003. En él se delimitó un espacio de 10,35 x 5,45 m con 125 plantas repartidas en 5 filas (numeradas del 1 al 5); cada fila constaba de 25 plantas distribuidas en 5 grupos (caracterizados por 5 letras, de la "a" a la "e") de 5 plantas contiguas cada uno, o sea, 25 grupos de 5 plantas en todo el espacio, con una combinación de letra y número distinta para cada grupo. El 24-3-2004, cuando las plantas de pimiento tenían 60 cm de altura por término medio, se infestaron 5 de los grupos con ejemplares de *Aulacorthum solani* procedentes de una cría sobre patata (*Solanum tuberosum*) mantenida en una cámara climatizada del IVIA en Montcada (Valencia), y desde esa fecha se fue siguiendo semanalmente la evolución de los pulgones de esta manera:

En cada una de las 125 plantas se contaba el número de pulgones presentes en el ápice, en la primera hoja verdadera, en una hoja de la tercera cruz desde el ápice y en una hoja de la quinta cruz desde el ápice; el valor

medio de estos cuatro valores representa el número de pulgones por hoja de la planta. Estos conteos semanales se fueron realizando hasta que se trató todo el invernadero con pirimicarb el 22-5-2004, fecha en que varias de las plantas infestadas inicialmente habían llegado a morir por la acción de los pulgones, que habían ido infestando en grados diversos el resto de las plantas (aunque al menos uno de los grupos se mantuvo con un nivel de plaga próximo a cero, tratándolo con el mismo insecticida si se empezaba a infestar).

El 29-4-2004 se empezaron a cosechar los pimientos: semanalmente se recolectaban los frutos de cada uno de los 25 grupos de plantas por separado, y cada fruto se pesaba, se medía su altura y calibre (su circunferencia media) y se apuntaba su calidad (1, 2, 3 ó 4, de mayor a menor calidad). Se continuó de esta manera hasta el 9-9-2004, en que se dio por finalizado el cultivo anual del pimiento.

La producción anual de cada uno de los 24 grupos de plantas que habían soportado más pulgones se restó de la del grupo con nivel de plaga más próximo a cero, y se calculó el porcentaje de esta resta con respecto a la producción de ese grupo con nivel mínimo de plaga. Después se calculó por regresión no lineal la fórmula que relaciona este porcentaje de pérdida de producción con el número máximo de pulgones por hoja (correspondiente a cada grupo), obtenido en los conteos semanales realizados a lo largo del año. Para ello se utilizó la fórmula de la hipérbola rectangular que COUSSENS (1985) desarrolló para malas hierbas y que HERMOSO DE MENDOZA *et al.* (2001) adaptaron para el pulgón *Aphis gossypii* Glover, 1877 en clementino (*Citrus clementina*):

$$y = \frac{I(x - B)}{1 + \frac{I(x - B)}{A}} \quad [1]$$

donde y = porcentaje de pérdida de producción; x = densidad de plaga (en este caso, número máximo anual de *Aulacorthum solani* por hoja); B = número de pulgones por

hoja al que se puede mantener el grupo de plantas con densidad de plaga mínima (o sea, la mínima infestación de áfidos detectable antes de tratarlos para mantenerlos a un nivel de plaga próximo a cero); A = valor de y cuando $x \rightarrow \infty$ (= asíntota horizontal); I = valor de $y/[x-B]$ cuando $[x-B] \rightarrow 0$ (= pendiente de la recta $y = I[x-B]$).

Para calcular el nivel de daño económico (EIL) hay que igualar el valor de las pérdidas con el coste del tratamiento (HIGLEY y PEDIGO, 1996; HIGLEY y WINTERSTEEN, 1996):

$$C = V \cdot D' \cdot K \quad [2]$$

donde C = coste total por Ha de insecticida (= coste del producto + coste de aplicación); V = precio por Kg del fruto; K = reducción de daño con el tratamiento (= eficacia del producto en tanto por uno); D' = pérdida de producción por unidad de plaga. Este último valor se puede expresar de la manera siguiente:

$$D' = \frac{P_0}{100} y \quad [3]$$

donde P_0 = producción por Ha de un cultivo con nivel mínimo de plaga. Así pues la fórmula [2], al sustituir en ella la [3] y la [1], se queda así:

$$C = \frac{VP_0 K}{100} \cdot \frac{I(x - B)}{1 + \frac{I(x - B)}{A}} \quad [4]$$

La fórmula del EIL se obtiene despejando x en la fórmula [4]

Para averiguar si el precio del Kg de fruto (V) era una constante, o bien estaba influido por la cantidad de pulgones que había soportado la planta, se analizó por regresión lineal la relación entre el número máximo de pulgones por hoja correspondiente a cada grupo de plantas y cada uno de los parámetros del fruto que podrían influir en su precio: peso (en gr), altura (en cm), calibre (perímetro de la sección transversal media en cm) y calidad

(según una escala de más a menos: 1, 2, 3, 4).

El cálculo del umbral económico se realizó considerándolo como la densidad de plaga correspondiente al día anterior a aquél en que se alcanza el EIL, para poder programar el tratamiento con 24 horas de antelación. Con este objetivo hubo que calcular previamente la función que relaciona las fechas de conteo expresadas como días del año (x) con el valor medio (de todas las plantas) del número de pulgones por hoja (y), ajustando los valores según una distribución de tipo normal definida por esta fórmula:

$$y = \frac{4ae^{\frac{b-x}{c}}}{\left[1 + e^{\frac{b-x}{c}}\right]^2} \quad [5]$$

Para deducir los umbrales ambientales (EEIL y EET) a partir de EIL y ET, se utilizó la aproximación obtenida experimentalmente por HIGLEY y WINTERSTEEN (1996), según la cual EEIL \approx 1,66 EIL, y EET \approx 1,66 ET.

Cuadro 1. Regresión entre el número máximo de *Aulacorthum solani* por hoja (x) y el peso, dimensiones y calidad (y) del fruto de pimiento: $y = ax+b$ (\pm error típico).

Parámetro del fruto	Fórmula
Peso (g)	$y_1 = 143,08 (\pm 3,75)$
Altura (cm)	$y_2 = 8,65 (\pm 0,20)$
Calibre (cm)	$y_3 = 75,60 (\pm 1,32)$
Calidad (1-4)	$y_4 = 3,23 (\pm 0,05)$

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El cuadro 1 presenta los resultados de la regresión entre el número máximo de *A. solani* soportado por hoja (x) y cada uno de los cuatro parámetros (y) que pueden influir en el precio unitario del fruto, definida por la fórmula $y = ax+b$. En los cuatro casos $a = 0$, es decir $y = b$, una constante: la cantidad de pulgón no influye ni en el peso, ni en las

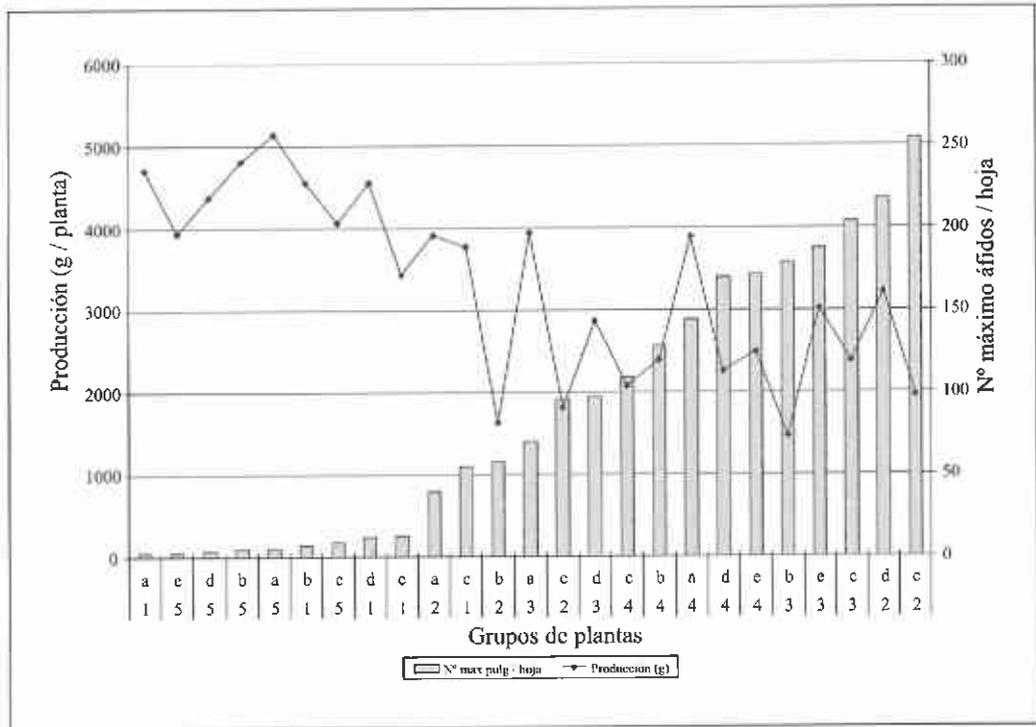


Figura 1. Número máximo de *Aulacorthum solani* por hoja, y producción por planta, de cada grupo de plantas de pimiento.

dimensiones ni en la calidad del fruto, ni por tanto en su precio unitario. Así pues, V es constante con respecto a los pulgones que ha soportado la planta.

En la figura 1 se representa el número máximo anual de pulgones por hoja que ha soportado cada uno de los 25 grupos de 5 plantas de pimiento, ordenados según número creciente de pulgones. En la misma figura se indica la producción anual por planta de cada grupo, que (con las oscilaciones lógicas) va en disminución a medida que aumenta la cantidad de pulgones soportada por las plantas.

Al relacionar por regresión, utilizando la fórmula [1], los valores (correspondientes a cada grupo) de número máximo de pulgones por hoja y de porcentaje de pérdida de producción con respecto al grupo con nivel mínimo de plaga (el a-1), se han obtenido

unos valores de $I = 1,49$, $B = 1,53$, $A = 58,16$, con un valor de $p < 0,0001$ que indica un ajuste muy bueno. Así pues, la función “porcentaje de pérdida de producción (y) / número máximo de *A. solani* por hoja (x)” en pimiento en invernadero ha resultado ser:

$$y = \frac{1,49(x - 1,53)}{1 + \frac{1,49(x - 1,53)}{58,16}} \quad [6]$$

La representación gráfica de esta función, sobre los puntos observados, se plasma en la figura 2.

La fórmula del nivel de daño económico se ha deducido sustituyendo en la fórmula [4] los valores de I, B y A de la fórmula [6], y despejando x:

$$x = \frac{88,98 \cdot VP_0K + 3750,36 \cdot C}{58,16 \cdot VP_0K - 100 \cdot C} = \text{EIL (áfidos/hoja)} \quad [7]$$

Como ejemplo práctico se pueden utilizar unos valores aceptables en la actualidad para pimientos Orlando de: $C = 85,35 \text{ €/Ha}$; $V = 0,60 \text{ €/Kg}$; $K = 1$; $P_0 = 100.000 \text{ Kg/Ha}$. Sustituyéndolos en la fórmula [7] resultará un EIL de 1,63 áfidos por hoja, que tan solo es una décima mayor que el valor de B (1,53), la densidad de plaga más próxima a cero que se puede observar. Es decir, que con estos valores el nivel de daño económico es tan bajo que en cuanto se detecten pulgones habrá que tratar si no se quiere que las pérdidas económicas superen al coste del tratamiento. Si cambiaran las circunstancias de rentabilidad del cultivo de pimiento también cambiaría el EIL, aunque se calcularía de la misma manera porque la fórmula [7] es válida para cualquier tipo de condiciones económicas.

En previsión de este posible cambio de circunstancias de rentabilidad se han realizado

los pasos necesarios para obtener el ET. En primer lugar se han calculado por regresión los parámetros de la fórmula [5], que da la evolución en el tiempo (x) (sólo hasta la fecha en que se trató el invernadero) del número medio de pulgones por hoja (y): Ha resultado un buen ajuste (valor de $p < 0,0001$), obteniéndose unos valores (seguidos del error típico) de $a = 63,92 (\pm 1,65)$, $b = 134,60 (\pm 0,19)$, $c = 3,456 (\pm 0,111)$, y en la figura 3 se representa esta función sobre los puntos observados. Si en la fórmula obtenida se aplicara el EIL de nuestro ejemplo práctico ($y = 1,63$) y se despejara la x , al valor de $x-1$ le correspondería un valor de y que sería el ET = 1,22 áfidos por hoja, umbral inviable en este caso al ser menor que la mínima densidad de plaga detectable ($B = 1,53$).

Los valores de los umbrales ambientales, según se ha indicado en la metodología,

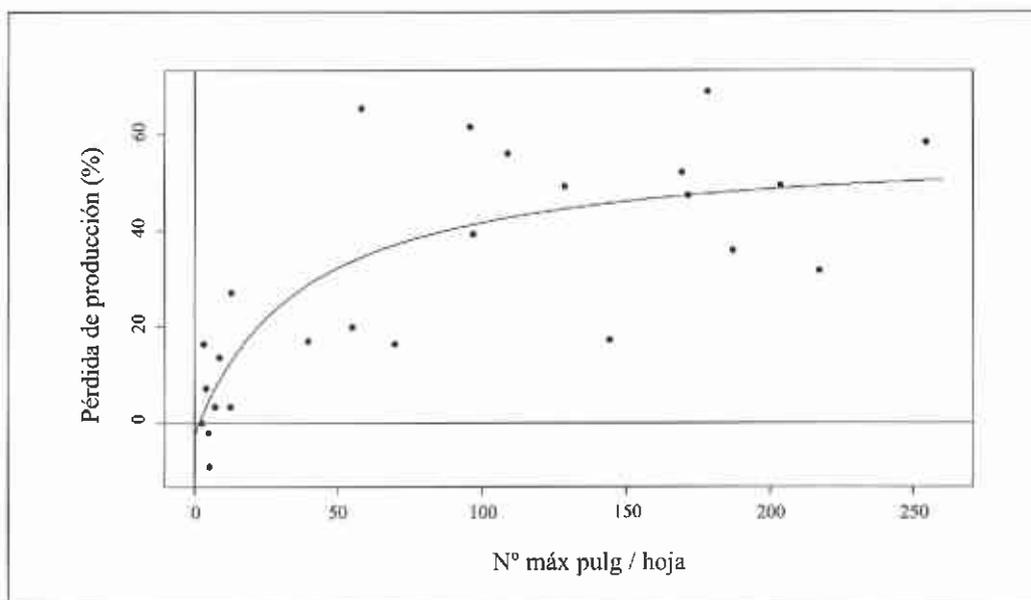


Figura 2. Representación de la función que relaciona el porcentaje de pérdida de producción en pimiento con el número máximo anual de *Aulacorthum solani* por hoja, sobre los valores observados.

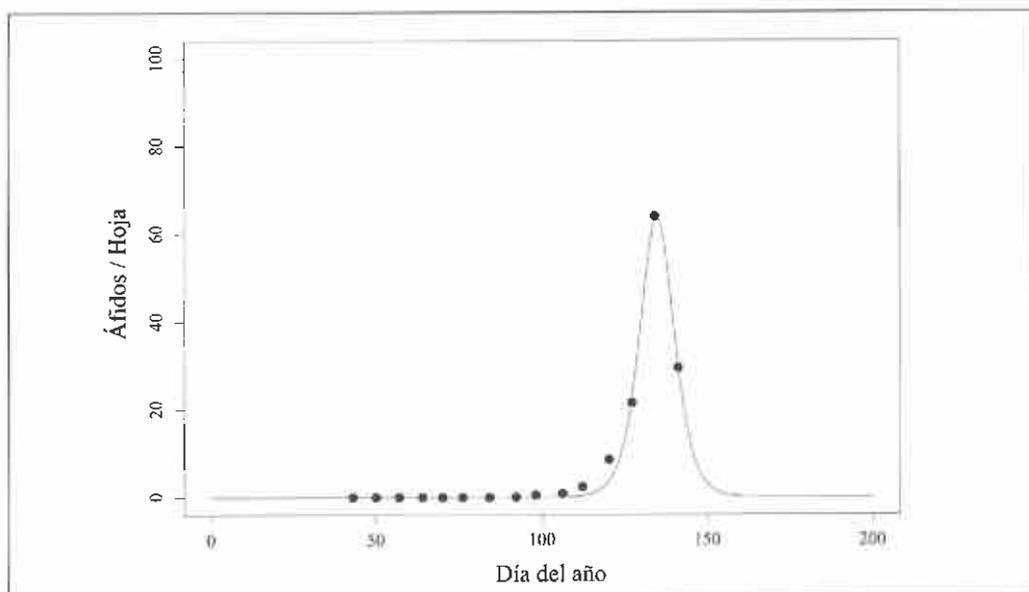


Figura 3. Gráfica teórica de la evolución en el tiempo del número medio de *Aulacorthum solani* por hoja de pimiento, sobre los valores observados.

corresponderían a $EEIL \approx 1,66$ EIL, y $EET \approx 1,66$ ET. En nuestro ejemplo, $EEIL \approx 2,7$ y $EET \approx 2$ ejemplares de *A. solani* por hoja de pimiento, que aunque algo más elevados que los anteriores siguen siendo unos umbrales muy bajos, por lo que la conclusión es básicamente la misma que cuando se emplea el EIL: en las condiciones del ejemplo, la conveniencia económica de tratar contra *A. solani* es prácticamente inmediata a su detección.

AGRADECIMIENTOS

Queremos expresar nuestro reconocimiento a Francisco Torró Valls y a la cooperativa Surinver del Pilar de la Horadada por su ayuda en la localización del invernadero de la experiencia, así como a Ginés Vera Casas, propietario de éste, y a sus recolectores por la colaboración prestada. Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto RTA03-101-C2-1, financiado por el INIA.

ABSTRACT

HERMOSO DE MENDOZA A., M. LA SPINA, F. MARCO, S. TABANERA, P. VINACHES, E. A. CARBONELL, J. PÉREZ-PANADÉS. 2006. Economic injury level for *Aulacorthum solani* (Hemiptera, Aphididae) on commercial greenhouse pepper. *Bol. San. Veg. Plagas*, **32**: 181-187.

Aulacorthum solani (Kaltenbach) is the most severe aphid species attacking pepper (*Capsicum annuum*) in greenhouses from Valencia and Murcia zones in Spain. In order to obtain the economic injury level, an experiment has been carried in a commercial greenhouse of Orlando pepper at Pilar de la Horadada (in the Valencian shire of Bajo Segura), consisting in the infestation of pepper plants at different levels of *A. solani*. Weekly, along the season 2003-2004, we followed aphid evolution and weighed and characterized the pepper harvest.

The maximum quantity of aphids by leaf corresponding to each level of *A. solani* has been correlated to the corresponding crop loss, and the function "pest density / percentage of crop loss" has been obtained this way. Starting from this function, the formula of the economic injury level has been inferred.

Using the common values at this moment for pepper price and production and for cost and efficiency of the treatment, current economic injury level has been obtained, with the result of such a low level that it demands to treat as soon as aphids are detected if we don't want that the economic losses overcome the cost of the treatment.

Key words: *Capsicum annuum*, aphids, intervention threshold.

REFERENCIAS

- BLACKMAN, R.L. y EASTOP, V.F., 1985: *Aphids on the world's crops: An identification guide*. John Wiley and sons. Chichester, 466 pp.
- COUSENS, R., 1985: A simple model relating yield loss to weed density: *Ann. Appl. Biol.*, **107**: 239-252.
- HERMOSO DE MENDOZA, A., BELLJURE, B., CARBONELL, E.A. y REAL, V., 2001: Economic thresholds for *Aphis gossypii* (Hemiptera: Aphididae) on *Citrus clementina*. *J. Econ. Entomol.*, **94** (2): 439-444.
- HIGLEY, L.G. y PEDIGO, L.P., 1996: The EIL concept. In: Higley, L.G. and L.P. Pedigo (Ed.). *Economic thresholds for integrated pest management*. University of Nebraska Press. Lincoln, 9-21.
- HIGLEY, L.G. y WINTERSTEIN, W.K., 1996: Thresholds and environmental quality. In: Higley, L.G. and L.P. Pedigo (Ed.). *Economic thresholds for integrated pest management*. University of Nebraska Press. Lincoln, 249-274.
- MÜLLER, F.P., HINZ, B. y MÖLLER, F.W., 1973.: Übertragung des Enationenvirus der Erbse durch verschiedene Unterarten und Biotypen der Grünfleckig-Kartoffelblattlaus *Aulacorthum solani* (Kaltenbach). *Zbl. Bakt. (II)*, **128**: 72-80.
- ROBERT, Y. y RABASSE, J.M., 1977: Role écologique de *Digitalis purpurea* dans la limitation naturelle des populations du puceron strié de la pomme de terre *Aulacorthum solani* par *Aphidius urticae* dans l'ouest de la France. *Entomophaga*, **22**: 373-382.
- STERN, V.M., SMITH, R.F., VAN DEN BOSCH, R. y HAGEN, K.S., 1959: The integrated control concept. *Hilgardia*, **29** (2): 81-101.
- VASICEK, A., DE LA ROSSA, F. y PAGLIONI, A., 2001: Aspectos biológicos y poblacionales de *Aulacorthum solani*, *Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae* (Homoptera: Aphidoidea) en Pimiento (*Capsicum annuum* L.). *Bol. San. Veg. Plagas*, **27**: 439-446.

(Recepción: 27 diciembre 2005)

(Aceptación: 21 febrero 2006)

