

# RESILIENCIA EN CULTIVOS HORTÍCOLAS: EL CASO DEL TOMATE

<sup>1</sup> Universitat Jaume I, UJI.  
Unitat Associada d'Entomologia  
UJI-IVIA.  
Departament de Ciències Agràries i  
del Medi Natural.  
Castelló de la Plana  
(meperez@uji.es).

<sup>2</sup> Instituto Valenciano de  
Investigaciones Agrarias, IVIA  
Unidad Asociada de Entomología  
UJI-IVIA.  
Centro de Protección Vegetal y  
Biotecnología. Moncada, Valencia  
(aurbaneja@ivia.es).

El cultivo de tomate protegido en la cuenca Mediterránea ha ido evolucionando progresivamente desde una gestión de plagas basada en el uso de plaguicidas de origen químico a estrategias basadas casi exclusivamente en control biológico de plagas donde el uso de plaguicidas es cada vez menor. Este proceso comenzó con el uso de abejorros para la polinización a mediados de la década de los 90 del siglo pasado (Figura 1), lo que condicionó a los agricultores a la hora de elegir plaguicidas selectivos frente estos polinizadores (van der Blom, 2002). En consecuencia, el uso de plaguicidas de amplio espectro fue disminuyendo significativamente a medida que se iba adoptando el uso de abejorros en la mayoría de los cultivos de tomate. El uso de plaguicidas selectivos abrió la puerta a las primeras liberaciones de enemigos naturales en este cultivo, aunque el control químico seguía siendo la medida de control principal para luchar contra las plagas. La aparición de la plaga invasora *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) a finales de 2006 en España, impulsó el desarrollo de estrategias para el control de esta plaga que amenazaba gravemente al cultivo de tomate (Figura 2). Entre las opciones que se pusieron en práctica [p.e. sueltas de *Trichogramma achaeae* Nagaraja & Nagarkatti

## Resumen

El cultivo del tomate en invernadero es quizás junto al de pimiento los cultivos donde más establecido se encuentra el uso de control biológico aumentativo en la cuenca mediterránea. En ambos cultivos la mayoría de los fitófagos plaga pueden regularse con la liberación y/o conservación de enemigos naturales, por lo que el uso de plaguicidas no es muy frecuente. Este hecho ha favorecido y fortalecido los mercados de exportación, ya que éstos ejercen fuertes restricciones de residuos de plaguicidas. En el caso particular del cultivo de tomate este cambio se ha debido al desarrollo de un programa de gestión integrada de plagas (GIP) basado en el uso miridos depredadores (Hemiptera: Miridae). A pesar que son varios los miridos depredadores zoofitófagos que pueden encontrarse de forma natural en el cultivo de tomate en España, dos son las especies estrella en este cultivo, *Macrolophus pygmaeus* y *Nesidiocoris tenuis*. La GIP en tomate ha reducido el uso de plaguicidas y ha aumentado la resiliencia del cultivo debido principalmente a la polifagia de los miridos y a su capacidad de inducir respuestas defensivas a la planta por su comportamiento fitófago. En este trabajo se ponen de manifiesto todas estas particularidades y se discuten posibles puntos de mejora en GIP de tomate.

**Palabras clave:** depredadores generalistas, gestión integrada de plagas, *Nesidiocoris tenuis*, *Tuta absoluta*, *Bemisia tabaci*.

(Hymenoptera: Trichogrammatidae) (Cabello *et al.*, 2012), tratamientos con *Bacillus thuringiensis* (González-Cabrera *et al.*, 2011)], el uso de miridos depredadores resultó ser la más eficaz (Calvo *et al.*, 2012a,b; Urbaneja *et al.*, 2009; Urbaneja *et al.*, 2012). Este éxito se ha debido a que además de la efectividad de los miridos frente a *T. absoluta*, también lo son frente a la otra plaga clave del tomate, la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Calvo *et al.*, 2012a) (Figura 3). Hoy en día, debido a la alta polifagia de los miridos depredadores, la mayoría de las plagas de tomate están bajo control, con la excepción de *Aculops lycopersici* (Masse) (Acari: Eriophyidae) que escapa al control de estos depredadores. En términos generales, el éxito de la utilización de miridos ha reducido a mínimos el uso de plaguicidas en tomate y los tratamientos que actualmente se realizan son específicos y están principalmente dirigidos a controlar *A. lycopersici*, con acaricidas selectivos. A pesar de que todavía es posible mejorar la gestión integrada de plagas (GIP) en tomate, en especial el tema de enfermedades, las actuales estrategias de GIP basadas en el uso de depredadores polípagos,

*Macrolophus pygmaeus* (Rambur) y *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Hemiptera: Miridae), claramente han reducido el uso de plaguicidas, han aumentado la resiliencia del cultivo, lo cual puede hacer incluso que el cultivo de tomate sea más robusto frente a posibles plagas invasoras.

## GIP basado en miridos

Como se ha comentado anteriormente el pilar de las estrategias GIP actualmente utilizadas en tomate se basa en el control biológico, y en la utilización de insecticidas biológicos como es el Bt o de insecticidas selectivos. En lo referente a control biológico, en función de la zona de plantación y del tipo y ciclo de cultivo, son dos las especies de depredadores polípagos liberadas y/o conservadas, *N. tenuis* (Figura 4) y *M. pygmaeus* (Figura 5). Ambas especies, presentan un desarrollo hemimetábolo (huevo, ninfa y adulto), pasando las ninfas por cinco estadios ninfales (Figura 6).

En España, *M. pygmaeus* y *N. tenuis* son enemigos naturales endémicos, que aparecen comúnmente en diversas plantas adventicias así como en



**Figura 1.** Flor de tomate visitada por un abejorro polinizador. Los agricultores y técnicos confirman el polinizado de las flores monitorizando la señal característica de color amarronado que dejan las patas de los abejorros en el exterior del ovario floral.



**Figura 2.** Daños de *Tuta absoluta*.



**Figura 3.** Adulto y exuvias de *Bemisia tabaci*.



**Figura 4.** Adulto de *Nesidiocoris tenuis*.



**Figura 5.** Adulto de *Macrolophus pygmaeus* depredando huevos de *T. absoluta*.



**Figura 6.** Ninfa de primer estadio de *Nesidiocoris tenuis*.

diversos cultivos hortícolas como el tomate. A pesar que ambos depredadores están ampliamente repartidos por toda la península, su distribución es claramente distinta, ya que *N. tenuis* es más abundante en el sur mientras que *M. pygmaeus* lo es en el norte. Las dos especies están comercialmente disponibles y son varias empresas de control biológico las que poseen crías masivas de los mismos. Ambos poseen un alto grado de polifagia y debido a esta característica sus capaces además de regular las poblaciones de las dos plagas clave mencionadas anteriormente, *B. tabaci* y *T. absoluta*, de contribuir al control de trips, minadores de hojas, pulgones, ácaros y diversas especies de lepidópteros (Arnó *et al.*, 2003; Urbaneja *et al.*, 2009; Pérez-Hedo y Urbaneja, 2015).

Los míridos son depredadores zoofitófagos, es decir pueden alimentarse de planta y de presas en un mismo estado de desarrollo. El comportamiento herbívoro de los míridos tiene varios beneficios, entre ellos destaca que puede facilitar el establecimiento de estos depredadores en el cultivo y la preservación de los mismos cuando la presa es escasa. Sin embargo, cuando los míridos y en especial *N. tenuis*, alcanzan poblaciones elevadas pueden llegar a causar daños de importancia en el cultivo (Castañé *et al.*, 2011). Se ha observado que su fitofagia es inversamente proporcional a la disponi-

bilidad de presa, por tanto al disminuir la disponibilidad de presa aumentaría la fitofagia (Sanchez y Lacasa, 2008; Calvo *et al.*, 2009;).

Actualmente se emplean dos estrategias basadas en el uso de estos dos míridos. La elección de una de estas estrategias condiciona la posterior gestión de plagas del tomate:

1. Liberaciones inoculativas. Las liberaciones inoculativas de *N. tenuis* o *M. pygmaeus* (1-2 individuos/m<sup>2</sup>) por lo general se llevan a cabo varias semanas después del trasplante de las plantas. Esta estrategia se ha utilizado con éxito en el control de poblaciones plaga, una vez que un cierto número de míridos están presentes en el cultivo, ya que su dispersión y el control de las plagas tras su liberación suele ser generalmente lento al ser la dosis de introducción no muy elevada. Los míridos tienen que establecerse en el cultivo antes de la llegada de las plagas, esta estrategia se emplea en las zonas del centro-norte de la península, donde la presión de las plagas no es demasiado alta en el momento del trasplante de las plantas o en el sur, en los cultivos plantados a final del invierno, donde la presión de plaga es todavía baja. La liberación de míridos debe ser obviamente integrada con el uso de plaguicidas selectivos que permitan que los míridos puedan establecerse (Molla *et al.*, 2011, Urbaneja *et al.*, 2012).

2. Liberación en semillero. Para acortar el período de establecimiento en campo y mejorar la distribución de los míridos en el cultivo, especialmente cuando las condiciones meteorológicas son menos favorables para ellos, se pueden liberar los depredadores en el vivero (liberación pre-trasplante). Esta estrategia implica el trasplante de plantas de tomate con puestas de huevos de los míridos que se han liberado previamente en el vivero. La suelta en el vivero es de 0,5-1 mírido por planta con huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) como presa alternativa (Calvo *et al.* 2012 a,b).

Aunque ambas estrategias con ambos depredadores son eficaces para la GIP en tomate, el caso del depredador zoofitófago *N. tenuis* liberado en vivero ha sido extremadamente eficaz en el control de plagas clave del tomate en el sureste de España.

### Activación defensiva de la planta

Al alimentarse de material vegetal, los míridos depredadores pueden activar en la planta los mismos mecanismos de defensa que provocan los herbívoros estrictos (Halitschke *et al.*, 2011; Kessler y Baldwin, 2004; De Puyssleuyr *et al.*, 2011; Pérez-Hedo *et al.*, 2015a,b). Como ejemplo, la actividad fitofaga de *N. tenuis* sobre la planta de tomate activa las vías metabólicas del ácido abscísico (ABA) y ácido jasmónico (JA), que

lo hace menos atractivo a *B. tabaci* y más atractivo para el parasitoides de la mosca blanca *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae), respectivamente. Además, los volátiles de las plantas dañadas por *N. tenuis* pueden inducir defensas a plantas vecinas, en buen estado, a través de la ruta del JA, lo que resulta en la atracción de parasitoides por estas plantas intactas (Pérez-Hedo *et al.*, 2015a). No todos los zoofitófagos tienen la misma capacidad de inducir respuestas en las plantas de tomate. Las plantas de tomate pueden presentar diversos grados de atracción a plagas y enemigos naturales dependiendo si la fitofagia ha sido producida por ejemplo por *N. tenuis*, *M. pygmaeus* o *Dicyphus maroccanus* Wagner (Hemiptera: Miridae) (Pérez-Hedo *et al.*, 2015b). Así que mientras las plantas dañadas por *N. tenuis* repelen *B. tabaci* y *T. absoluta*, la fitofagia de *M. pygmaeus* y *D. maroccanus* no tiene efecto de repelencia sobre *B. tabaci* y además atraen a *T. absoluta*. La actividad fitófaga de los tres miridos depredadores también inducen la atracción de *E. formosa*.

## Retos en GIP en tomate

Son varios los puntos de mejora en los actuales programas GIP en tomate. Quizás uno de los más interesantes sea reducir el impacto negativo de *N. tenuis* sobre el cultivo. Como se ha mencionado anteriormente, *N. tenuis* puede dañar las plantas debido a su comportamiento fitófago cuando el nivel de presa es escaso. Debido a los daños que provoca en planta este mirido depredador su uso es limitado en algunas zonas productoras donde se le considera peligroso; incluso en el sur de la Península, donde está ampliamente demostrado su efecto beneficioso, durante la última campaña ha sido frecuente intervenir químicamente frente a *N. tenuis* para reducir sus poblaciones y así limitar sus daños en el cultivo. En este sentido, desde el IVIA y dentro del consorcio europeo BINGO (Breeding Invertebrates for Next Generation BioControl; <http://www.bingo-itn.eu/en/bingo.htm>), se ha iniciado una nueva línea de investigación que tiene como objetivo determinar los metabolitos causantes de los daños en plantas y a través de selec-

ción artificial producir razas de *N. tenuis* que reduzcan el daño en la planta.

Una de las plagas de tomate sobre la que todavía no existen enemigos naturales comercialmente disponibles es el ácaro del tostado, *Aculops lycopersici*. El poder seleccionar y poner a punto agentes de biocontrol frente a este ácaro fortalecería sin duda la GIP del tomate. En el ámbito del proyecto BINGO otra de las líneas puestas en marcha en el IVIA es seleccionar artificialmente razas de *Amblyseius swirskii* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae) adaptadas al cultivo del tomate. Por tanto, si esta hipótesis se cumpliera sería interesante ver cuál podría ser el papel de este ácaro en la regulación de *A. lycopersici*.

Otra de las limitaciones que se tiene al introducir los miridos en tomate es garantizar su establecimiento y posterior permanencia en periodos de escasez de presas. Por ello, sería interesante disponer de alternativas alimenticias a los huevos de *E. kuehniella* que actualmente se utiliza con disponibilidad limitada y costosa. En los últimos años se han evaluado varias opciones, de las cuales algunas de ellas han mostrado resultados esperanzadores. Por ejemplo, los quistes de *Artemia* sp. desecados o el uso de azúcares como alimentación alternativa complementarían total o parcialmente reducir el uso de huevos de *E. kuehniella* (Urbaneja-Bernat *et al.*, 2012, 2015)

## Epilogo

La inducción defensiva que provocan los miridos en el cultivo de tomate, podrían explicar en parte el gran éxito alcanzado por los miridos, y más específicamente por *N. tenuis*, como un agente de biocontrol clave en el cultivo de tomates. Su acción no es solo beneficiosa por el efecto directo de su entomofagia, sino que también indirectamente por su fitofagia, la cual provoca una respuesta fisiológica en la planta de tomate. De hecho, estos resultados son una clara evidencia de que los miridos depredadores zoofitófagos activan respuestas en las plantas y estas respuestas pueden ser un beneficio añadido a

su eficacia como depredadores, por lo que el cultivo de tomate es más robusto frente a posibles introducciones accidentales de plagas exóticas.

## Referencias

- Arnó J., Alonso E., Gabarra R. 2003. Role of the parasitoid *Diglyphus isaea* (Walker) and the predator *Macrolophus caliginosus* Wagner in the control of leafminers. IOBC WPRS Bulletin 26: 79-84.
- Cabello T., Gámez M., Varga Z., Garay J., Carreño R., Gallego J.R., Fernández F.J., Vila E. (2012) Selection of *Trichogramma* spp. (Hym.: Trichogrammatidae) for the biological control of *Tuta absoluta* (Lep.: Gelechiidae) in greenhouses by an entomological simulation model. IOBC-WPRS 80: 171-176.
- Calvo F.J., Bolckmans K., Stansly P.A., Belda J.E. 2009. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. *BioControl* 54: 237-246.
- Calvo F.J., Stansly P.A., Belda J.E. 2012a. Preplant release of *Nesidiocoris tenuis* and supplementary tactics for control of *Tuta absoluta* and *Bemisia tabaci* in greenhouse tomato. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 143: 111-119.
- Calvo F.J., Soriano J., Bolckmans K., Belda J.E. 2012b. A successful method for whitefly and *Tuta absoluta* control in tomato. Evaluation after two years of application in practice. IOBC/WPRS Bulletin 80: 237-244.
- Castañé C., Arnó J., Gabarra R., Alomar O. 2011. Plant damage to vegetable crops by zoophytophagous mirid predators. *Biological Control* 59: 22-29.
- De Puyseleir V., Hofte M., De Clercq P. 2011. Ovipositing *Orius laevigatus* increase tomato resistance against *Frankliniella occidentalis* feeding by inducing the wound response. *Arthropod-Plant Interactions* 5: 71-80.
- González-Cabrera J., Mollá O., Montón H., Urbaneja A. 2011. Efficacy of *Bacillus thuringiensis* (Berliner) for controlling the tomato borer, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *BioControl* 56: 71-80.
- Halitschke R., Hamilton J.G., Kessler A. 2011. Herbivore-specific elicitation of photosynthesis by mirid bug salivary excretions in the wild tobacco *Nicotiana attenuata*. *New Phytologist* 191: 528-535.
- Kessler A., Baldwin I.T. 2004. Herbivore-induced plant vaccination. Part I. The orchestration of plant defenses in nature and their fitness consequences in the wild tobacco *Nicotiana attenuata*. *The Plant Journal* 38: 639-649.
- Molla O., González-Cabrera J., Urbaneja A. 2011. The combined use of *Bacillus thuringiensis* and *Nesidiocoris tenuis* against the tomato borer *Tuta absoluta*. *BioControl* 56: 883-891.
- Pérez-Hedo M., Urbaneja A. 2015. Prospects for predatory mirid bugs as biocontrol agents of aphids in sweet peppers. *Journal of Pest Science* 88: 65-73.
- Pérez-Hedo M., Urbaneja-Bernat P., Jaques J.A., Flors V., Urbaneja A. 2015. Defensive plant responses induced by *Nesidiocoris tenuis* (Hemiptera: Miridae) on tomato plants. *Journal of Pest Science*. DOI 10.1007/s10340-014-0640-0.
- Pérez-Hedo M., Bouagga S., Jaques J.A., Flors V., Urbaneja A. 2015. Tomato plant responses to feeding behavior of three zoophytophagous predators (Hemiptera: Miridae). *Biological Control* 86: 46-51.
- Sanchez J.A., Lacasa A. 2008. Impact of the Zoophytophagous plant bug *Nesidiocoris tenuis* (Heteroptera: Miridae) on tomato yield. *Journal of Economic Entomology* 101:1864-1870.
- Urbaneja A., Montón H., Molla O. 2009. Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus pygmaeus* and *Nesidiocoris tenuis*. *Journal of Applied Entomology* 133: 292-296.
- Urbaneja A., González-Cabrera J., Arno J., Gabarra R. 2012. Prospects for the biological control of *Tuta absoluta* in tomatoes of the Mediterranean basin. *Pest Management Science* 68: 1215-1222.
- Urbaneja-Bernat P., Alonso M., Tena A., Bolckmans K., Urbaneja A. 2012. Sugar as nutritional supplement for the zoophytophagous predator *Nesidiocoris tenuis*. *BioControl* 58: 57-64.
- Urbaneja-Bernat P., Molla O., Alonso M., Bolckmans K., Urbaneja A., Tena A. 2015. Sugars as complementary alternative food for the establishment of *Nesidiocoris tenuis* in greenhouse tomato. *Journal of Applied Entomology* En prensa DOI: 10.1111/jen.12151.
- van der Blom, J. 2002. La introducción artificial de la fauna auxiliar en cultivos agrícolas. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas* 28: 107-111.