

SITUACIÓN ACTUAL Y PERSPECTIVAS FUTURAS

GESTIÓN DE *Tuta absoluta* EN EL CULTIVO DEL TOMATE

MERITXELL PÉREZ-HEDO Universitat Jaume I, UJI; Unitat Associada d'Entomologia UJI-IVIA; Departament de Ciències Agràries i del Medi Natural; Campus del Riu Sec; 12071-Castelló de la Plana (meperez@uji.es)

ALBERTO URBANEJA Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, IVIA Unidad Asociada de Entomología UJI-IVIA. Centro de Protección Vegetal y Biotecnología. Moncada, Valencia (aurbaneja@ivia.es)

Desde la introducción de *Tuta absoluta* en España en 2006 hasta la fecha, este lepidóptero ha pasado de ser una plaga clave en el cultivo del tomate a poderse considerar casi una plaga secundaria gracias a las medidas de control que se han desarrollado. En estos casi 10 años se ha pasado de un control puramente químico de este fitófago plaga, a una situación en la cual el control biológico (CB) es el protagonista principal. Este éxito biológico se ha basado principalmente en el uso de depredadores zoofitófagos (míridos) ya sea promocionando su conservación en los cultivos o bien mediante estrategias de liberación. Además, la gestión de los míridos en tomate se ha visto fortalecida por el empleo del insecticida biológico Bt, el cual ayuda en la regulación de éste y otros lepidópteros, y por la reciente aparición en el mercado de un amplio abanico de insecticidas compatibles con el uso de estos depredadores. En la actualidad el CB si se gestiona adecuadamente puede alcanzar eficacias de *T. absoluta* muy elevadas. Sin embargo, también puede ocasionar daños colaterales, principalmente el ocasionado por la fitofagia del mírido *Nesidiocoris tenuis*. En este trabajo se hace una revisión de cómo se ha alcanzado la situación actual y se discuten futuros escenarios en la gestión de esta plaga.

ORIGEN Y DISTRIBUCIÓN

El cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Miller) es el producto hortícola con mayor importancia económica a nivel mundial. España es, tras Italia, el mayor productor de la Unión Europea, con una producción de tomate en fresco durante el año 2013 de 3.683.600 toneladas (FAOSTAT, 2015). De entre los varios fitófagos que pueden alcanzar la categoría de plaga en este cultivo, el microlepidóptero *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) es quizás uno de los más temidos, ya que si no se adoptan medidas de control puede llegar a ser devastador (Foto 1).

Hasta el 2006, la distribución mundial de *T. absoluta* estuvo limitada al continente sudamericano. Sin embargo, a finales del 2006 se detectó su presencia en campos de tomate al aire libre en la provincia de Castellón (Urbaneja et al. 2007). Debido a su elevado potencial reproductivo y a la ausencia inicial de enemigos naturales que pudiesen regular sus poblaciones, rápidamente desde este foco inicial se expandió por toda la costa mediterránea, hacia

otros países de Europa, África subsahariana y Oriente medio (Desneux et al. 2010, 2011). Recientemente se ha determinado que el origen de la población invasora a partir de la cual se ha producido la expansión de *T. absoluta* es una población nativa proveniente del Centro de Chile, en el distrito de Maule (Guillemaud et al. 2015).

LA POLILLA DEL TOMATE

Al igual que el resto de lepidópteros, su ciclo biológico presenta cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto (Foto 2) (Urbaneja et al. 2011). El huevo tiene forma ovalada con 0,4 mm de largo y es de color amarillo-anaranjado. El estado de larva comprende cuatro estadios

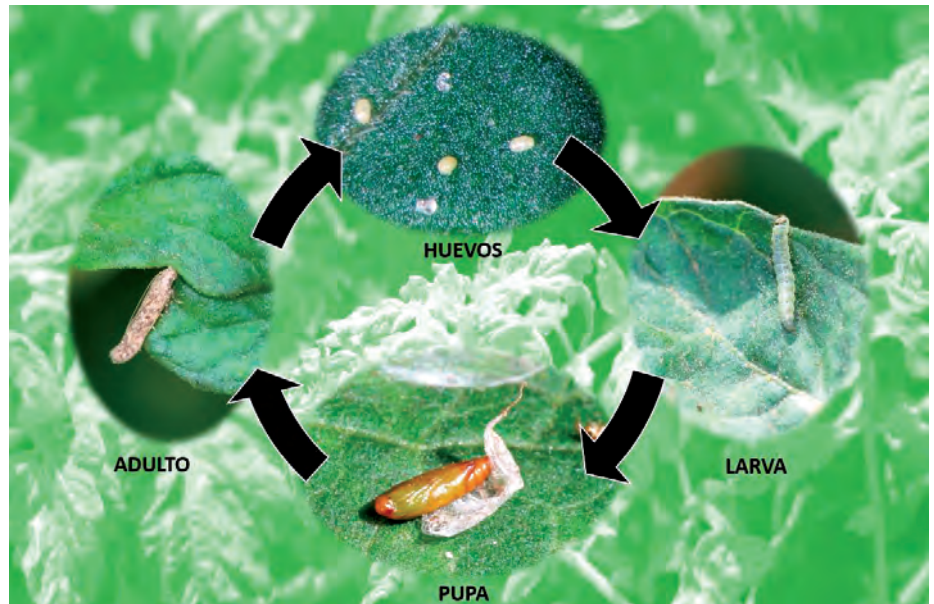
Foto 1. Daños de *Tuta absoluta* en el cultivo del tomate.



larvarios bien definidos y diferenciados en tamaño y color. Durante el periodo en el que la larva se prepara para pupar deja de comer, o bien se deja caer al suelo para completar allí el estado de pupa, o bien pupan en distintas partes de la planta, especialmente en el envés de la hoja y junto al cáliz del fruto. El adulto, de unos 7 mm de longitud, presenta antenas largas y filiformes. Las alas anteriores tienen un color gris oscuro jaspeado con manchas pardas, mientras las alas posteriores presentan un color gris brillante. Suelen permanecer escondidos durante el día, presentando mayor actividad matinal-crepuscular. Presentan dimorfismo sexual ya que las hembras tienen el abdomen más ancho y color más claro que los machos. La diseminación se realiza en estado adulto llegando a los cultivos volando o arrastrados por el viento. *T. absoluta* es una especie multivoltina y la duración de su ciclo biológico depende de las condiciones ambientales en las que se encuentre pero éste puede variar de 24 a 76 días (Barrientos et al. 1998).

Las larvas de *T. absoluta* atacan plantas en cualquier estado de desarrollo, desde plantas de semillero hasta plantas maduras (Foto 1A). Tras la eclosión del huevo, las larvas buscan un punto de entrada entre las dos epidermis de las hojas, consumiendo el mesófilo, y provocando galerías que posteriormente se secan dando un aspecto característico (Foto 1B). En las galerías puede verse la larva de la polilla si la hoja se observa a contraluz. La larva

Foto 2.
Ciclo biológico de *Tuta absoluta*



también prefiere los brotes de la planta pero el daño principal (**Foto 1C**) y más importante se produce en los frutos donde se localiza generalmente debajo de los sépalos (**Foto 1D**). Además, en frutos próximos a la maduración el daño causado por las larvas puede inducir malformaciones y servir de vehículo para la entrada de patógenos, potenciando su pudrición (**Foto 1E**) (Urbaneja *et al.* 2007, 2008).

ALARMA Y DISRUPCIÓN DEL GIP A LA LLEGADA DE *T. absoluta*

La aparición de este lepidóptero en España supuso, al igual que ocurre con muchas plagas exóticas, situaciones críticas para el mantenimiento de programas sostenibles de control de plagas. En los primeros años de convivencia con *T. absoluta* se recurrió de manera urgente al uso extensivo de plaguicidas en algunas ocasiones de manera indiscriminada. De hecho, en la mayor parte de los casos con el uso de plaguicidas no se consiguió frenar el ataque de este lepidóptero, si no que contrariamente a lo esperado, su incidencia aumentaba y forzaba en muchas ocasiones a los agricultores a abandonar el cultivo. En esta primera etapa de control fallido con la utilización de plaguicidas la implementación de los programas de gestión integrada de plagas se vio lógicamente paralizada por los efectos secundarios frente a fauna útil. Además, estas prácticas supusieron un aumento del coste de cultivo por el empleo

masivo de plaguicidas en torno a 500 euros por hectárea y campaña (Desneux *et al.*, 2010), lo cual comprometió seriamente la sostenibilidad del cultivo del tomate. Por tanto, era evidente que bajo esta situación de descontrol había que desarrollar programas de gestión de *T. absoluta* eficaces, económicamente rentables y medioambientalmente sostenibles. Un método de control que cumple todos estos condicionantes es el CB de plagas (Urbaneja *et al.* 2011).

PREMISAS PARA EL DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE CB

Para poder poner a punto un programa de gestión integrada de plagas basado en el uso de enemigos naturales, lógicamente se necesita disponer de uno o varios enemigos naturales que sean capaces de regular eficazmente las poblaciones del fitófago plaga en cuestión. Sin embargo, es necesario disponer y contar con el resto de métodos de control (cultural, químico, biotecnológico o legal) ya que en ocasiones pueden o bien ayudar en el control del fitófago o bien resultar como medida de control curativo en el caso que bajo ciertas circunstancias el fitófago escape al enemigo natural. En este sentido, inmediatamente tras la detección de *T. absoluta* se iniciaron multitud de trabajos en diversas partes del territorio nacional encaminados a aumentar el conocimiento sobre los diversos métodos de control de *T. absoluta* (para mayor información al respecto

ver Monserrat 2009a,b; 2010). Estos y otros trabajos llegaron al consenso que con este fitófago era vital y de especial importancia actuar de manera preventiva ya que una vez

T. absoluta aumentaba sus poblaciones en un cultivo, su crecimiento exponencial hacía que se produjera tal explosión poblacional que resultaba prácticamente imposible su manejo (Urbaneja *et al.* 2011). De hecho, se puso de manifiesto que la prevención era una de las prácticas más efectivas y baratas para reducir las poblaciones de *T. absoluta* en el cultivo de tomate de invernadero (Gabarra y Arnó, 2010). Por ejemplo, en tomate de invernadero una de las premisas esenciales es conseguir un buen aislamiento del cultivo mediante el uso de mallas y la instalación de doble puerta en los invernaderos que impidan la entrada de adultos de *T. absoluta*. También son igual de importantes otras prácticas culturales que podrían aplicarse tanto en invernadero como en cultivos al aire libre como pueden ser: 1) que las plántulas estén libres de *T. absoluta* antes de ser trasplantadas al campo, 2) que se eliminen las malas hierbas que puedan servir como hospedero secundario a *T. absoluta*, 3) que se lleve a cabo un manejo correcto de los restos de cosecha durante el ciclo de cultivo o inmediatamente tras la cosecha, 4) que se desinsecte el terreno (p.e. mediante solarización) una vez finalizado el cultivo que garantice la eliminación de crisálidas que puedan permanecer en el suelo, 5) que se respete un periodo de no cultivo entre cada ciclo de cultivo ó 6) que se elimine en la fase inicial del cultivo las partes de la planta dañadas por *T. absoluta* (hojas, frutos...). Además, se ha de tener instalado un buen monitoreo continuo con trampas de captura cebadas con feromona específica de cara a poder detectar lo antes posible la aparición de *T. absoluta*.

En el caso de resultar inevitable el uso de plaguicidas, las materias activas seleccionadas deben de ser compatibles con los enemigos naturales que se estén utilizando y sobre todo evitar las aplicaciones sistemáticas de insecticidas sin estar bien justificadas. Además, se deben alternar productos con distinto modo de acción para así evitar la aparición de resistencia por parte de la plaga al tener ésta una alta tasa de reproducción y con desarrollo generacional rápido (Bielza, 2010).

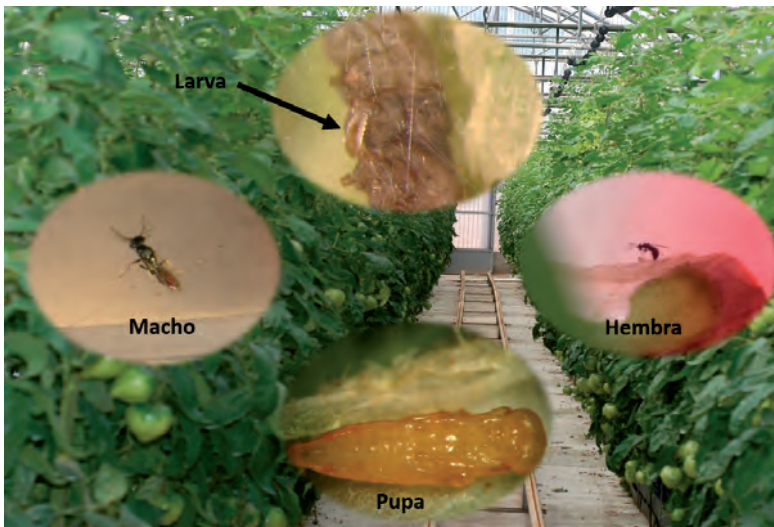


Foto 3. Adultos, larva y pupa del parasitoide autóctono *Necremnus artynes*.

IMPACTO DE LOS ENEMIGOS NATURALES

Tanto en la zona de origen de la plaga como en las zonas de nueva colonización se han citado varios enemigos naturales sobre *T. absoluta*. A continuación se citan algunos de los más importantes, sus implicaciones en la regulación poblacional de *T. absoluta* y su uso en programas de gestión de este fitófago plaga.

Parasitoides

Un amplio abanico de especies de parasitoides que atacan huevos, larvas y pupas de *T. absoluta* se han citado y se han utilizado en Sudamérica (Desneux *et al.* 2010). No se ha encontrado información acerca de parasitoides de adultos. En la región mediterránea se han citado parasitoides de huevos como *Trichogramma achaeae* (Nagaraja y Nagarkatti) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) el cual se ha utilizado comercialmente en sueltas inundativas para el control de *T. absoluta* (Cabello *et al.* 2009). Este parasitoide se recomienda liberarlo en combinación con otros métodos de CB, ya que no es capaz de alcanzar el estadio adulto parasitando a *T. absoluta* y por ello no puede reproducirse en el cultivo (Urbaneja *et al.* 2012). Así mismo, varias especies autóctonas de parasitoides entre los que destacan *Necremnus artynes* (Walker) (**Foto 3**), *Stenomesus cf. japonicus* (Ashmead) (Hymenoptera: Eulophidae) y *Bracon nigricans* Szépligeti (Hymenoptera: Braconi-

dae) se han sido citados como parasitoides de larvas de *T. absoluta* en varias regiones en la Cuenca Mediterránea (Gabarra *et al.* 2014; Zappala *et al.* 2013). A pesar de haber habido varios intentos para la cría en masa de alguna de estas especies de parasitoides, actualmente no están disponibles comercialmente. Esto es debido principalmente a que la eficacia que proporcionan al liberarse como agentes de CB aumentativo no supera la estrategia utilizada hoy en día (ver apartado GIP basado en míridos) y por tanto, se cuestiona su rentabilidad (Calvo *et al.* 2013). Sin embargo, su incidencia natural está en aumento año tras año, tal como se observa en campo, donde en los últimos años se han alcanzado en ocasiones porcentajes de parasitismo cercanos al 80% (p.e. *N. artynes* en Almería; Jan van der Blom, Coexphal, Comunicación Personal). Por ello, hay que tener en cuenta a estos parasitoides nativos a la hora de establecer programas de conservación de enemigos naturales de *T. absoluta* (Abbes *et al.* 2015).

Entomopatógenos

Bacillus thuringiensis (Berliner) ha demostrado una elevada efectividad para el control de todos los estadios de larvas de *T. absoluta*, cuando se aplica a 180,8 MUI/l (Millones de Unidades Internacionales por litro) (González-Cabrera *et al.* 2011). Además, estos mismos autores demostraron que la combinación y rotación de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* con



Foto 4. Hembra y ninfa del depredador *Nesidiocoris tenuis*.

B. thuringiensis var. *aizawai* es posible ya que ambos serovares tienen igual eficacia lo cual puede reducir el riesgo de aparición de resistencias por parte de la plaga (González-Cabrera *et al.* 2011). Sin embargo, la visión en campo es distinta ya que los agricultores y técnicos no obtienen eficacias elevadas. Este hecho puede deberse fundamentalmente a que la mayor parte de formulados comerciales de Bt tratados a la concentración a la cual están autorizados y que marca su etiqueta, no consiguen alcanzar el número suficiente de MUI.

En cuanto al uso de nematodos entomopatógenos, *Steinernema carpocapsae*, *Steinernema feltiae* y *Heterorhabditis bacteriophorase* han alcanzado mortalidades de casi el 100% en larvas aunque no más del 10% en pupas (Batalla-Carrera *et al.* 2010). También los hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. y *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok podrían tener su protagonismo en el control de larvas de *T. absoluta*. Sin embargo su aplicación en campo hasta la fecha no es significativa.

Depredadores

En la zona de origen de la plaga, el CB con depredadores ha sido poco estudiado (Desneux *et al.* 2010; Urbaneja *et al.* 2011), pero en los últimos años su importancia va en aumento principalmente por los éxitos cosechados en nuestro país (Bueno *et al.* 2013). Como se ha comentado anteriormente, en España y en el resto de zonas de nueva invasión varias especies de depredadores rápidamente aceptaron a *T. absoluta* como presa (Urbaneja *et al.* 2011). Entre estos depredadores, han sido los míridos (Hemiptera: Miridae) con los que se han desarrollado programas de gestión integrada (GIP) frente a *T. absoluta*. Esto ha sido posible principalmente por dos circunstancias: 1) la alta eficacia de los míridos sobre huevos y larvas de primer estadio de *T. absoluta* (Urbaneja *et al.* 2009) y por ya venir utilizándose de manera sistemática en el cultivo de tomate (Gabarra y Arnó, 2010). Las dos especies de míridos depredadores más utilizados en la actualidad son *Nesidiocoris tenuis* (Reuter) (**Foto 4**) y *Macrolophus pygmaeus* (Rambur) (Hemiptera: Miridae).

GIP BASADO EN MÍRIDOS

Como se mencionó anteriormente los míridos pueden utilizar diferentes recursos alimenticios, pudiéndose alimentar de más de un nivel trófico, como presa alternativa y/o material de la planta. Este hecho es fundamental para facilitar su establecimiento en el cultivo antes de la llegada de la plaga y para aumentar su supervivencia en períodos que la presa es escasa. Estas características han sido especialmente explotadas en el cultivo del tomate. Las estrategias que se utilizan actualmente con los míridos zoofitófagos implica el control de esta y otras plagas con insecticidas ya sean biológicos o selectivos hasta que la población de los depredadores sea lo suficientemente alta para controlar la plaga por sí mismos. Con este fin, y dependiendo del tipo y/o área de cultivo de tomate, los depredadores son liberados y/o conservados. En los invernaderos de tomate, las liberaciones inoculativas de los míridos (1-2 individuos/m²) por lo general se llevan a cabo varias semanas después del trasplante (por ejemplo, en tomates de invernadero de Murcia, donde aproximadamente 3.000 hectáreas se gestionan bajo GIP) (Urbaneja *et al.* 2012). 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 lenta al ser la dosis de introducción no muy elevada. Así, llegar a un número óptimo de enemigos naturales requiere de cinco a ocho semanas después de la liberación en cultivos de primavera-verano (Mollá *et al.* 2011). Esta estrategia se puede emplear en 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. Para acortar el período de establecimiento y mejorar la distribución

Foto 5. Brote de plántula de tomate sobrepoblada con adultos de *Nesidicoris tenuis* y daños provocados por *N. tenuis* en brotes de tomate

de los míridos en el cultivo, especialmente cuando las condiciones climáticas son menos favorables, las liberaciones de los depredadores pueden realizarse en los viveros (Calvo *et al.* 2012 a,b). Esta estrategia implica el trasplante de plantas de tomate en la que los míridos ya han puesto los huevos previamente en el vivero. Las dosis de suelta varían entre zonas y entre empresas comercializadoras, pero suelen oscilar entre ½-1 mírido por planta en semillero, donde además se añaden huevos de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) como presa alternativa. Siguiendo esta estrategia y si las condiciones ambientales son favorables, las poblaciones de los depredadores pueden aumentar rápidamente a niveles suficientes para el control de las plagas del tomate. Se ha de tener cuidado para el caso de *N. tenuis*, ya que si la población es demasiado alta, pueden causar daños serios en la planta por su fitofagia y afectar incluso a la cosecha (anillos necróticos y aborto de flores) (**Foto 5**), lo que sugiere la implementación de un monitoreo regular para gestionar adecuadamente esta característica. ■

Bibliografía

Queda a disposición del lector interesado en el correo electrónico redaccion@editorialagricola.com

NECESIDADES FUTURAS

Sin lugar a dudas, la incorporación de míridos depredadores en los paquetes de GIP empleados en el cultivo de tomate de la cuenca mediterránea ha contribuido al éxito de la lucha contra *T. absoluta* en este cultivo, en la reducción del uso de plaguicidas y en un aumento en la resiliencia del cultivo contra plagas invasoras. Sin embargo, todavía sería posible mejorar el potencial de estos míridos. El más importante probablemente sería la reducción del impacto negativo de *N. tenuis* sobre la planta. Como se mencionó anteriormente, *N. tenuis* puede dañar las plantas como resultado de su comportamiento fitófago cuando el nivel de presa es escasa. Debido a los daños causados por *N. tenuis*, su uso es limitado en algunas áreas geográficas donde se considera peligroso; incluso en el sur de España, donde su efecto beneficioso se demuestra con creces, es normal tratar

con plaguicidas los cultivos contra poblaciones de *N. tenuis* para reducir y limitar sus daños. En este sentido, para reducir la cantidad de daño en planta por *N. tenuis*, una nueva línea de investigación se ha puesto recientemente en marcha dentro del consorcio europeo BINGO (*Breeding Invertebrates for Next Generation BioControl*; <http://www.bingo-itn.eu/en/bingo.htm>), que tiene como objetivo determinar los metabolitos que causan daño en las plantas y tomate y a través de la selección artificial, intentar producir razas de *N. tenuis* con menor impacto fitófago. Otra limitación es asegurar el establecimiento y posterior permanencia de los míridos en períodos de escasez de presa. Por tanto, sería interesante encontrar alternativas a los huevos de *E. kuehniella* que se utilizan actualmente y cuyo uso puede resultar caro debido su precio (al-

rededor de 400 euros por kg de huevos frescos) (Urbaneja-Bernat *et al.* 2015). En los últimos años, se han evaluado varias opciones, de las cuales algunas han mostrado resultados prometedoros. Por ejemplo, el quiste desencapsulado de *Artemia* sp. o el uso complementario de azúcares podría reducir total o parcialmente el uso de huevos de *E. kuehniella*. La inducción de defensa en el cultivo de tomate causado por depredadores zoofitófagos podría explicar en parte su gran éxito como agentes clave de CB. Estos zoofitófagos activan respuestas defensivas en plantas y estas respuestas pueden ser un beneficio añadido a su eficacia como depredadores (Pérez-Hedo *et al.* 2015a,b). Se necesitan más investigaciones para comprender mejor este interesante fenómeno y por la posibilidad de explotarlo en las prácticas de protección de cultivos.