



Figura 1. Foto aérea del Poniente Almeriense en la que puede apreciarse la alta densidad de invernaderos.

Evolución del control de plagas en la horticultura del sudeste español: papel del control biológico aumentativo

La puesta a disposición del agricultor de nuevas herramientas de control biológico les ha permitido hacer frente a los retos que ha supuesto la aparición de nuevas plagas de gran importancia económica, a la vez que les ha permitido cumplir con los estándares cada vez más restrictivos a la presencia de residuos químicos. Estos factores, entre otros, han propiciado que en los últimos años, el uso de estrategias de control biológico en la horticultura de nuestro país haya tenido un importante incremento.

Dr. Francisco Javier Calvo

Departamento Investigación
y Desarrollo, Koppert
España

España, con una superficie invernada estimada en unas 49.000 ha, es el país con más superficie protegida en la zona del Mediterráneo. La mayor parte de esta superficie se destina a la producción de cultivos hortícolas (FAO, 2009) y se concentra en el sudeste del país, en las provincias de Almería (Figura 1) y Murcia. Entre ambas, comercializan más de 5 millones de toneladas de hortalizas al año, lo que supone cerca del 40% del total nacional. Los principales cultivos son tomate, pimiento, berenjena y diversas cucurbitáceas.

A inicios de los años 2000, las principales plagas que afectaban a los cultivos hortícolas en el sudeste de España eran el trips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) y la mosca blanca *Bemisia tabaci* Gennadius (Hemiptera: Aleyrodidae). Ambas plagas causan importantes daños directos e indirectos, pero son más importantes por su rol como vectores de diversas virosis como el *Tomato Spotted Wilt Virus* (TSWV) en pimiento y tomate por parte del trips y el *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* (TYLCV) en tomate por parte de la mosca blanca. Para su control, los agricultores empleaban fundamentalmente agentes de control químico, para los cuales estas plagas pronto desarrollaron resistencias (e.g. Espinosa y col., 2002; Fernández y col., 2009). Esto condujo a un círculo vicioso en el que los agricultores incrementaban la frecuencia de las aplicaciones, así como la dosis de los plaguicidas utilizados. En consecuencia, lejos de incrementar la eficacia, se agravó el problema de la generación de resistencias y derivó finalmente en un problema medioambiental y de seguridad alimentaria.

El control biológico aumentativo, que consiste en la liberación de enemigos naturales producidos en masa para el control de plagas y enfermedades, se ha demostrado sobradamente como la alternativa más inocua y eficaz al uso de los químicos de síntesis (van Lenteren y Bueno, 2003), especialmente en los cultivos hortícolas protegidos. En este sentido, la industria productora y comercializadora de enemigos naturales ha realizado en las últimas décadas importantes avances, identificando

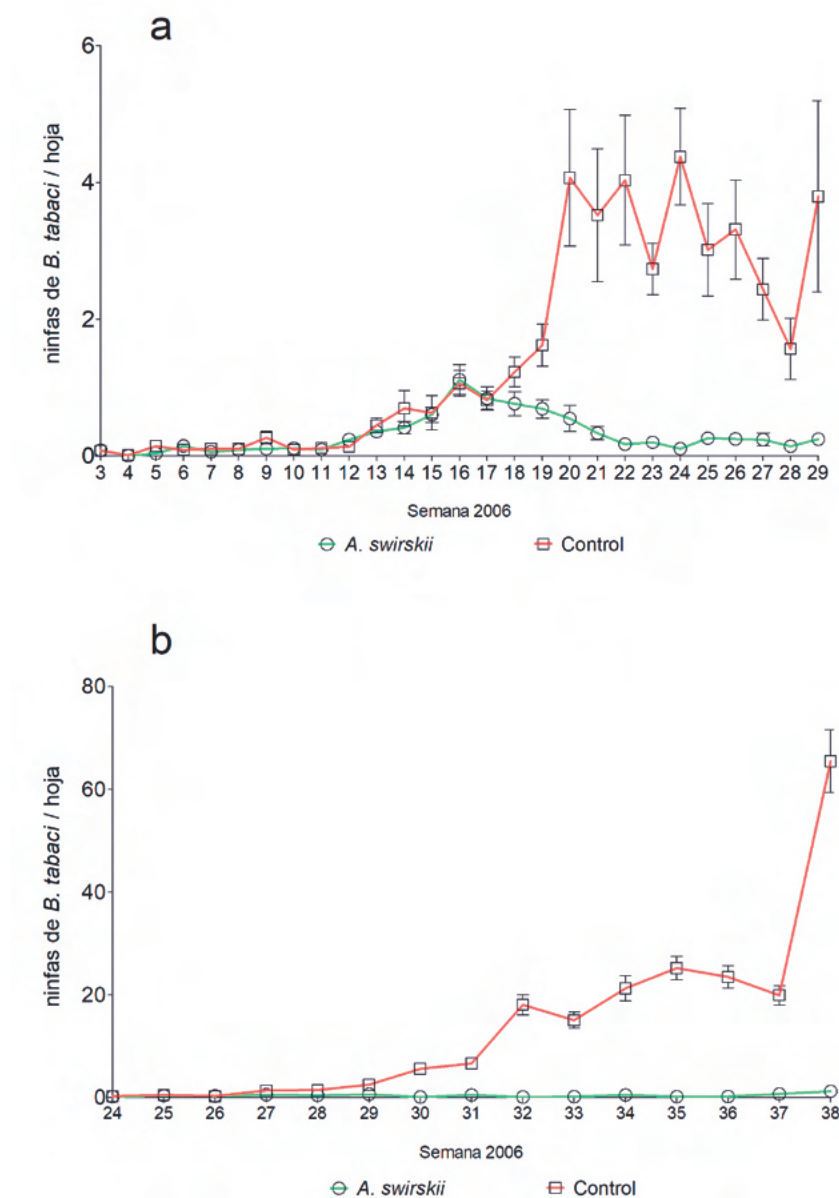


Figura 2. Evolución de la población de mosca blanca en cultivo de pimiento de ciclo invernal (a) y estival (b) en invernaderos sin liberación (control) y con liberación de *A. swirskii* (Calvo y col., 2012a).

y desarrollando los métodos de producción que han permitido poner a disposición de los agricultores más de 230 especies de enemigos naturales en todo el mundo (van Lenteren, 2012). Este amplio abanico ha posibilitado a los agricultores dar solución a multitud de plagas de gran importancia económica. Sin embargo, en el caso del sudeste español, pese a que las empresas comercializadoras de agentes de control biológico habían logrado tener éxito en el control de *F. occidentalis* mediante la combinación de *Orius laevigatus* Fieber (Heteroptera: Anthocoridae) y el ácaro depredador *Neoseiulus cucumeris* (Oudemans) (Acari: Phytoseiidae) (Sánchez y col., 1997), el con-

trol de *B. tabaci* era aún insuficiente. La causa principal era que la estrategia de control de esta plaga consistía en adaptaciones de otras utilizadas en países del norte de Europa con climatología y sistemas productivos diferentes donde, sin embargo, venían aplicándose con éxito durante años. Con el objetivo de adaptar estos programas a las condiciones locales, estudios realizados mostraron que enemigos naturales como el parasitoide de *B. tabaci*, *Eretmocerus mundus* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae), podrían mejorar la eficacia (Stansly y col., 2004, 2005). Sin embargo, mientras la eficacia en ciclos de cultivo invernales era buena, en ciclos estivales no era suficiente,

por lo que los agricultores debían seguir recurriendo con frecuencia a aplicaciones de productos químicos.

El control de *B. tabaci* era un desafío desde inicios de los años 90, cuando se había extendido ya por casi todo el mundo. Esta mosca blanca provoca problemas graves derivados de sus daños directos, pero en especial por su capacidad para la transmisión de diversas virosis (Brown y col., 1995; Gerling y Mayer, 1996; De Barro y col., 2011), lo que, unido a su facilidad para desarrollar resistencias a multitud de plaguicidas, generó una importante problemática. Así pues, se pusieron en marcha diversos proyectos encaminados a la búsqueda de alternativas de control eficaces. Entre ellas, estudios de catalogación y búsqueda realizados en Oriente Medio, seguidos de estudios de laboratorio, demostraron que *A. swirskii* podría ser un buen agente de control biológico de *B. tabaci* (Nomikou y col., 2001, 2002). Además, se demostró que *A. swirskii* podría ejercer un mejor control de trips que *N. cucumeris* (van Houten y col., 2005; Messelink y col., 2006), y por tanto, ofrecer la posibilidad de controlar dos plagas a la vez. Ya en España, la liberación de *A. swirskii* en combinación con *E. mundus* se demostró más eficaz que la introducción del parasitoide únicamente (Calvo y col., 2009a). Además, la introducción de *A. swirskii* permitía reducir de forma significativa las poblaciones de *F. occidentalis*, si bien no de forma suficiente para prevenir totalmente los posibles problemas derivados de la incidencia del TSWV (Belda y Calvo, 2006), por lo que, como en otros lugares (Weintraub y col., 2011), se recomendaba la combinación del ácaro con *O. laevigatus* para lograr evitar la incidencia del virus. Todos estos resultados se confirmaron posteriormente en invernaderos comerciales de pimiento, en los que dicha combinación no solo resultó más eficaz para el control de mosca blanca y trips que las estrategias previas, sino que además más económica y mucho más limpia derivada de la reducción del uso de plaguicidas (Calvo y col., 2012^a; Figura 2).

Pese a ello, inicialmente los agricultores no se sentían muy atraídos

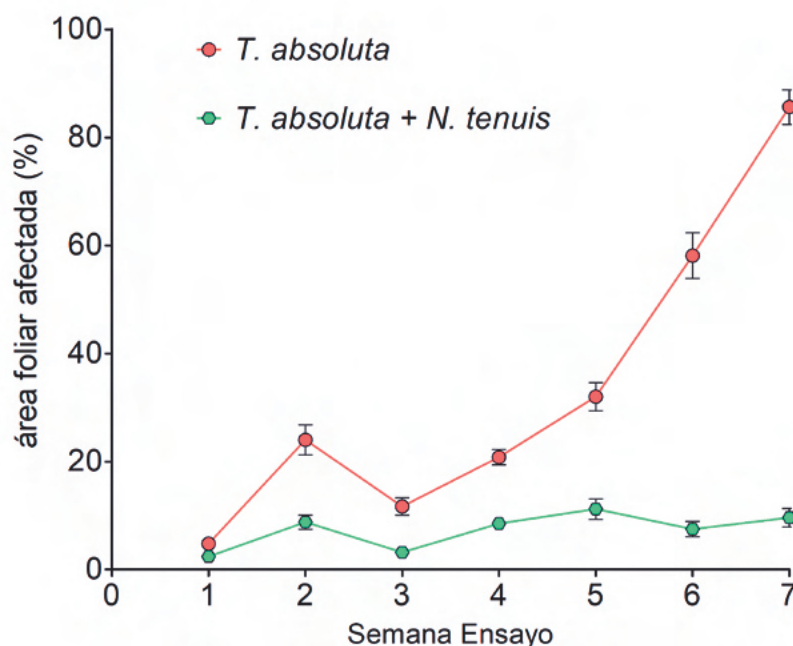


Figura 3. Evolución del área foliar afectada por *Tuta absoluta* en plantas con introducción y sin introducción del depredador *Nesidiocoris tenuis*. (Calvo y col., 2012b).

por la utilización de esta estrategia. Todo cambió a partir de 2006. Ese año, Greenpeace (Krautter, 2007) publicó un informe demoledor que alertaba sobre la presencia, en más de un 60% de los frutos analizados procedentes del sudeste español, de residuos químicos de plaguicidas. Estos residuos, alguno de ellos de plaguicidas no autorizados en el cultivo, excedían los niveles autorizados. Como resultado, los mercados de destino paralizaron las importaciones de frutas y hortalizas procedentes del sudeste español, provocando así una grave crisis en el sector productor. Los agricultores se vieron forzados a modificar de forma drástica su estrategia de control de plagas, lo que supuso una adopción masiva del control biológico. Así, en tan solo tres años, la gran mayoría de los agricultores de pimiento liberaban ya en sus invernaderos agentes de control biológico (van der Blom, 2005, 2008; Merino-Pacheco, 2007). Con esto, los agricultores lograron reducir totalmente la interceptación de muestras con presencia de residuos químicos y evitar así una posible crisis económica de gran impacto en el sector hortofrutícola. El efecto en el cultivo de pimiento tuvo también su eco en el resto de los cultivos hortícolas. Así, el depredador *A. swirskii*,

que resultó ser también eficaz para el control de mosca blanca y trips en cultivos como pepino, calabacín o berenjena (Calvo y col., 2007, 2008, 2011; Messelink y col., 2008), comenzó a liberarse de forma masiva en todos estos cultivos, llegándose a liberar en unas 20.000 ha. hacia el año 2015 (Calvo y col., 2015).

En tomate, *B. tabaci* era la principal plaga en España hasta 2006, año en que se detectó por primera vez *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) (Desneux y col., 2010). Para el control de la mosca blanca se liberaba el parasitoide *E. mundus* y el mírido *Nesidiocoris tenuis* Reuter (Heteroptera: Miridae), que eran capaces de ejercer un buen control de la plaga (Stansly y col., 2004, Calvo y col., 2009b). La llegada de *T. absoluta* supuso un importante reto para el control biológico al tratarse de una plaga invasora, pues *a priori*, podría no tener ningún enemigo natural autóctono. Sin embargo, Urbaneja y col., (2009) pronto observaron que *N. tenuis* era capaz de desarrollarse y reproducirse alimentándose de huevos de *T. absoluta*. Más tarde, Calvo y col., (2012b, 2016) demostraron que la liberación del depredador en tomate era capaz de ejercer un control muy eficaz de *T. absoluta* y *B. tabaci* (Figura 3 y 4).

Además de *N. tenuis*, se han identificado en Europa otros enemigos naturales autóctonos que son capaces de atacar a *T. absoluta*. Entre ellos, cabe destacar el parasitoide *Necremnus tutae* (Walker) (Hymenoptera: Eulophidae), que se encuentra ampliamente distribuido en Europa y aparece frecuentemente en invernaderos comerciales de tomate del sudeste español (Gebiola y col., 2015, Crisol-Martínez y van der Blom, 2018). Sin embargo, sus características biológicas suponen actualmente una barrera para su producción en masa (Calvo y col., 2013), lo que unido a la alta eficacia de *N. tenuis*, lo hacen menos atractivo para utilizarlo dentro de estrategias de control biológico por aumento (Calvo y col., 2016). Pese a ello, un manejo adecuado del cultivo puede favorecer su aparición espontánea, ayudando así al control de la plaga, especialmente en primavera cuando parece ser más abundante. Estos estudios, los primeros resultados exitosos controlando mosca blanca y *T. absoluta* en invernaderos comerciales, junto al eco de las reacciones anteriormente mencionadas a la presencia de residuos químicos en pimiento, propiciaron un importante incremento de la superficie de tomate bajo plástico cultivada con control biológico. De ese modo, de una superficie del 20% en la campaña 2007-08, se llegó a más del 80% en 2014, lo que en números absolutos representaba cerca de 12.000 ha.

Así pues, diversos proyectos de investigación, en los que participaron diferentes entidades públicas y privadas, han ayudado a desarrollar las estrategias de control biológico que permiten dar respuesta en la actualidad a las principales plagas que afectan a los cultivos protegidos del sudeste español. Pese a ello, en un primer momento el incremento en el uso de estrategias de control biológico se debió a factores externos, habiéndose consolidado posteriormente como pilar fundamental del control de plagas y enfermedades gracias a su demostrada eficacia y rentabilidad, al apoyo decidido por parte de asesores técnicos y servicios públicos y por el compromiso de los agricultores para producir de un modo más sostenible y limpio gracias a que cuentan con una herramienta que se lo permite.



Figura 4. Estado de las plantas inoculadas con *Nesidiocoris tenuis* (a) y plantas en las que no se liberó el depredador (b) al final del ensayo que muestran la eficacia del depredador frente a *Tuta absoluta*.

Bibliografía

- ! Brown, J.K., Frohlich, D.R., Rosell, R.C. 1995. The sweetpotato or silverleaf whiteflies: Biotypes of *Bemisia tabaci* or a species complex? Ann. Rev. Entomol. 40: 511–534.
- Calvo, F.J., Belda, J.E. 2007. *Amblyseius swirskii*, un depredador para el control de mosca blanca y trips en cultivos hortícolas. Phytoma España 190:58–62.
- Calvo, F.J., Bolckmans, K., Belda, J.E. 2008 Controlling the tobacco whitefly *Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom.: Aleyrodidae) in horticultural crops with the predatory mite *Amblyseius swirskii* (Athias-Henriot). J. Insect. Sci. 8:4.
- Calvo, F.J., Bolckmans, K., Belda, J.E. 2009a. Development of a biological control-based IPM method for *Bemisia tabaci* for protected sweet pepper crops. Entomol. Exp. Appl. 133:9–18.
- Calvo, J., Bolckmans, K., Stansly, P., Urbaneja, A. 2009b. Predation by *Nesidiocoris tenuis* on *Bemisia tabaci* and injury to tomato. BioControl 54: 237–246.
- Calvo, F.J., Bolckmans, K., Belda, J.E. 2011. Control of *Bemisia tabaci* and *Frankliniella occidentalis* in cucumber by *Amblyseius swirskii*. Biocontrol 56:185–192.
- Calvo, F.J., Bolckmans, K., Belda, J.E. 2012a. Biological control-based IPM in sweet pepper greenhouses using *Amblyseius swirskii* (Acari: Phytoseiidae). Biocontrol Sci. Technol. 22:1398–1416.
- Calvo, F.J., Lorente, M.J., Stansly, P.A., Belda, J.E. 2012b. Preplant release of *Nesidiocoris tenuis* and supplementary tactics for control of *Tuta absoluta* and *Bemisia tabaci* in greenhouse tomato. Entomol. Exp. App. 143: 111–119.
- Calvo, F.J., Soriano, J.D., Bolckmans, K., Belda, J.E. 2013. Host instar suitability and life-history parameters under different temperature regimes of *Necremnus artynes* on *Tuta absoluta*. Biocontrol Sci. Tech. 23(7): 803–815.
- Calvo, F.J., Knapp, M., van Houten, Y.M., Hoogerbrugge, H., Belda, J.E. 2015. *Amblyseius swirskii*: What made this predatory mite such a successful biocontrol agent? Exp. Appl. Acarol. 65:419–433.
- Calvo, F.J., Soriano, J.D., Stansly, P.A., Belda, J.E. 2016 Can the parasitoid *Necremnus tutae* (Hymenoptera: Eulophidae) improve existing biological control of the tomato leafminer *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae)? Bull. Entomol. Res. doi:10.1017/S0007485316000183.
- Crisol-Martínez, E., van der Blom, J. 2018. *Necremnus tutae* (Hymenoptera, Eulophidae) is widespread and efficiently controls *Tuta absoluta* in tomato greenhouses in SE Spain. IOBC-wprs Bull.
- De Barro, P.J., Liu, S.S., Boykin, L.M., Dinsdale, A.B. 2011. *Bemisia tabaci*: a statement of species status. Ann. Rev. Entomol. 56:1–19.
- Desneux, N., Wajnberg, E., Wyckhuys, K.A.G., Burgio, G., Arpaia, S. y col. 2010. Biological invasion of European tomato crops by *Tuta absoluta*: ecology, geographic expansion and prospects for biological control. J. Pest. Sci. 83: 197–215.
- Espinosa, P.J., Bielza, P., Contreras, J., Lacasa, A. 2002. Insecticide resistance in field populations of *Frankliniella occidentalis* (Pergande) in Murcia (south-east Spain). Pest. Manag. Sci. 58:967–971.
- Fernández, E., Gravalos, C., Haro, P.J., Cifuentes, D., Bielza, P. 2009. Insecticide resistance status of *Bemisia tabaci* Q-biotype in south-eastern Spain. Pest. Manag. Sci. 65:885–891.
- Gebiola, M., Bernardo, U., Ribes, A., Gibson, G.A.P. 2015. An integrative study of *Necremnus* Thomson (Hymenoptera: Eulophidae) associated with invasive pests in Europe and North America: taxonomic and ecological implications. Zoological Journal of the Linnean Society 173: 352–423.
- Gerling, D., Mayer, R.T. (eds). 1996. *Bemisia*: 1995. Taxonomy, biology, damage, control and management. Intercept, Andover.
- Merino-Pacheco, M. 2007. Almería finally forced to turn green. Fruit. Veg. Technol. 7(1):23–25.
- Messelink, G.J., van Steenpaal, S.E.F., Ramakers, P.M.J. 2006. Evaluation of phytoseiid predators for control of western flower thrips on greenhouse cucumber. Biocontrol 51:753–768.
- Messelink, G.J., van Maanen, R., van Steenpaal, S.E.F., Janssen, A. 2008. Biological control of thrips and whiteflies by a shared predator: two pests are better than one. Biol Control 44:372–379.
- Krautter, M. 2007. Essen ohne Pestizide. Greenpeace, Hamburg.
- Nomikou, M., Janssen, A., Schraag, R., Sabelis, M.W. 2001. Phytoseiid predators as potential biological control agents for *Bemisia tabaci*. Exp. Appl. Acarol. 25:271–291.
- Nomikou, M., Janssen, A., Schraag, R., Sabelis, M.W. 2002. Phytoseiid predators suppress populations of *Bemisia tabaci* on cucumber plants with alternative food. Exp. Appl. Acarol. 27:57–68.
- Sánchez, J.A., García, G., Lacasa, A., Guitiérrez, L., Oncina, M., Contreras, J., Gómez, J. 1997. Response of the anthocorids *Orius laevigatus* and *Orius albidipennis* and the Phytoseiid *Amblyseius cucumeris* for the control of *Frankliniella occidentalis* in commercial crops of sweet peppers in plastic houses in Murcia (Spain). IOBC-wprs Bull. 20(4): 177–185.
- Stansly, P.A., Sánchez, P.A., Rodríguez, J.M., Cañizares, F., Nieto, A., López, M.J., Fajardo, M., Suárez, V., Urbaneja, A. 2004. Prospects for biological control of *Bemisia tabaci* (Homoptera, Aleyrodidae) in greenhouse tomatoes of Southern Spain. Crop Protect. 23:701–712.
- Stansly, P.A., Calvo, F.J., Urbaneja, A. 2005. Augmentative biological control of *Bemisia tabaci* biotype “Q” in Spanish greenhouse pepper production using *Eretmocerus* spp. Crop. Prot. 24:829–835.
- Urbaneja, A., Montón, H., Mollá, O. 2009. Suitability of the tomato borer *Tuta absoluta* as prey for *Macrolophus caliginosus* and *Nesidiocoris tenuis*. J. App. Entomol. 133: 292–296.
- van der Blom, J. 2005. Control biológico en cultivos hortícolas bajo abrigo. Horticultura 189:10–17.
- van der Blom, J., Robledo, A., Torres, S., Sánchez, J.A. 2008. Control biológico de plagas en Almería: revolución verde después de dos décadas. Phytoma España 198:42–48.
- van Lenteren, J.C. 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. Biocontrol 57:1–20.
- van Lenteren, J.C., Bueno, V.H.P. 2003. Augmentative biological control of arthropods in Latin America. Biocontrol 48:123–139.
- van Houten, Y., Østlie, M.L., Hoogerbrugge, H., Bolckmans, K. 2005. Biological control of western flower thrips on sweet pepper using the predatory mites *Amblyseius cucumeris*, *Iphiseius degenerans*, *A. andersoni* and *A. swirskii*. IOBC WPRS Bull. 28(1):283–286.
- Weintraub, P., Pivonia, S., Steinberg, S. 2011. How many *Orius laevigatus* are needed for effective western flower thrips, *Frankliniella occidentalis*, management in sweet pepper? Crop. Prot. 30:1443–1448.