



Figura 1. Interacción mutualista entre la hormiga de la especie *Tapinoma ibericum* y el pulgón *Aphis gossypii*. Se observa cómo la hormiga toma una gota de melaza ofrecida por el pulgón rica en azúcares, a cambio, el pulgón recibirá defensa de sus depredadores potenciales (Jesús Foronda García).

Manejo integrado de pulgones en cultivos hortícolas protegidos

Hasta ahora, son escasos los estudios que evalúan el efecto de la relación mutualista pulgón-hormiga sobre el control biológico en los cultivos hortícolas protegidos. Nuestro grupo de investigación estudia la acción neta de las hormigas sobre los pulgones, e intenta manipular la relación mutualista utilizando distintas estrategias para favorecer el control biológico. Por otro lado, dentro de la estrategia integrada, y teniendo en cuenta la conservación de la biodiversidad en el paisaje agrícola y el control biológico natural, estudiamos técnicas de marcaje de los enemigos naturales de las plagas, con el objetivo de conocer sus movimientos entre el cultivo y las plantas refugio (Figura 1).

**E. Rodríguez¹,
M.M. Téllez¹, J.
Foronda¹,
M. González²,
C. Robles-Vallet¹,
J.M. Moreno-
Rojas³,
P. Barranco⁴,
F. Ruano⁵.**

¹ IFAPA Centro La
Mojonera, Almería.

² Estación Experimental
Cajamar, El Ejido,
Almería.

³ IFAPA Alameda del
Obispo, Córdoba.

⁴ Departamento de
Biología y Geología.
Universidad de Almería.

⁵ Departamento de
Zoología. Universidad
de Granada.

Antecedentes

La Gestión Integrada de Plagas (GIP) es un enfoque interdisciplinario que promueve sistemas de producción más sostenibles y menos dependientes de productos fitosanitarios para el control de plagas agrícolas. En los Estados miembros de la Unión Europea, la GIP está regulada por la Directiva 2009/128/EC. Dicha directiva entró en vigor el 1 de enero de 2014, y desde entonces el uso de insecticidas se ha restringido considerablemente, lo que, unido a otros factores, ha provocado la emergencia de ciertas plagas secundarias como los pulgones, que se han convertido en un problema mayor en los cultivos hortícolas protegidos de Almería. Este problema se agravó en 2012 con la aparición en pimiento del PeVYV (*Pepper Vein Yellow Virus*), un virus transmitido por pulgones (Villanueva y col., 2013), que aumentó la dependencia de insecticidas. Hay citadas dos especies de pulgones que transmiten el PeVYV: *Aphis gossypii* (Glover) y *Myzus persicae* (Sulzer), pero la última es un vector más eficiente (Yonaha y col. 1995). Además, *A. gossypii* desarrolla fácilmente resistencia a insecticidas (unas 25 materias activas).

Por tanto, el control biológico emerge como pieza fundamental y sostenible a largo plazo dentro de la GIP de ésta y otras especies de pulgones que aparecen en hortícolas. Sin embargo, en ocasiones el control biológico se ve comprometido por la presencia de hormigas que se alimentan de la melaza producida por los pulgones, que, a cambio, reciben protección frente a sus depredadores.

El proyecto RTA2015-0012-C02 financiado por el INIA, busca nuevas herramientas preventivas que favorezcan la lucha biológica en cultivos de invernadero, desarrollando nuevas estrategias dentro de la GIP, mientras continúa la presión para reducir el uso de insecticidas sintéticos.

Dificultad en el control de *Aphis gossypii*

El pulgón del algodón *Aphis gossypii* es una especie cosmopolita (está presente en todo el mundo) y extremadamente polífaga (más de 700 especies de plantas), lo que facilita la colonización temprana de los nue-



Figura 2. Setos de vegetación autóctona en el entorno de los invernaderos y mariquita depredando un pulgón alado en ese seto (Esther Molina).

vos cultivos. En los invernaderos de Almería, *A. gossypii* se reproduce partenogenéticamente; es decir, las hembras no necesitan machos para reproducirse y las crías nacen totalmente desarrolladas. Esto hace que posean una tasa de fecundidad muy alta, elevando sus poblaciones de manera explosiva en determinadas épocas del año, principalmente en primavera y, en menor medida, en otoño (Blackman y Eastop, 2000). Por tanto, la estrategia de control contra los pulgones debe ser necesariamente preventiva, tratando de instalar los enemigos naturales en el cultivo antes de la aparición de los primeros focos. Normalmente, esto se hace mediante la instalación en el invernadero de plantas refugio de cereal inoculadas con un pulgón específico, *Rhopalosiphum padi*, sobre el que se desarrollan avispillas parasitoides de pulgones como *Aphidius colemani* (Hymenoptera, Braconidae).

Una de las características más llamativas de *A. gossypii* es que experimenta gran plasticidad morfológica, mostrando cambios estacionales de color y tamaño (Watt y Hales, 1996). Las poblaciones de primavera son de color verde-oscuro y suelen ser casi dos veces más grandes (1,6 mm) que las poblaciones que se desarrollan con altas temperaturas y baja humedad relativa (0,9 mm). Estos morfotipos más pequeños pueden aparecer a finales de verano, y suelen pasar desapercibidos, refugiándose en las

hojas más internas de las plantas donde hay más humedad, y lo más importante, resultan difíciles de parasitar por *A. colemani*, cuyas poblaciones tampoco se ven favorecidas por las altas temperaturas. Por tanto, el éxito del control biológico está muy condicionado por la diversidad de enemigos naturales disponibles que puedan atacar a *A. gossypii*, así como por las variables ambientales del cultivo en ese momento. El control resultará más complejo de cara a los cultivos de otoño, cuando la estrategia preventiva debe iniciarse a finales de verano y cuando las condiciones ambientales son menos favorables.

Importancia de la biodiversidad, tanto vegetal como de enemigos naturales

Existe una gran abundancia y diversidad de artrópodos que atacan a los pulgones. Entre los más importantes, destacan varias familias de avispillas parasitoides (Hymenoptera) y depredadores como coccinélidos (Coleoptera, Coccinellidae), crisopas (Neuroptera, Chrysopidae), sírfidos, cecidómidos (Diptera) y arañas (Araneae). Afortunadamente, la mayor parte están disponibles comercialmente, y todos ellos suelen aparecer de forma espontánea sobre los focos de pulgón. Por tanto, estrategias que favorezcan su diversidad y su presencia temprana en el cultivo

Principales plagas en la actualidad y soluciones biológicas

mejoran sustancialmente el control biológico de los pulgones.

En numerosas ocasiones, la lucha biológica realizada por los enemigos naturales comerciales se complementa con la realizada por los espontáneos, que son los que terminan por controlar al foco. Una mayor diversidad de enemigos naturales puede favorecer la localización de focos que pueden pasar desapercibidos al agricultor, lo que cobra mucho interés en el caso del *morfotipo* pequeño de *A. gossypii*. También, al mantener la diversidad de enemigos naturales en el cultivo, se aumenta la probabilidad de que alguno de ellos esté mejor adaptado a las condiciones ambientales imperantes en el invernadero en ese momento, lo que resulta en un control más exitoso.

Por ello, cada vez cobra más fuerza el establecimiento de hábitats semi-naturales cerca de los invernaderos que mantengan la abundancia y diversidad de artrópodos afidófagos en el entorno de los cultivos (Figura 2). Igualmente, el establecimiento de *islas de recursos* (plantas refugio) dentro del invernadero ayuda a mantener dicha abundancia y diversidad (Figura 3). Sin embargo, la presencia de estas islas dentro de un invernadero puede no siempre conducir a un mejor control biológico de los pulgones, o puede incluso favorecer la aparición de otros problemas fitosanitarios, o añadir tareas de mantenimiento adicionales. En este sentido, la comprensión del control biológico se ve obstaculizada por la falta de estudios que examinen simultáneamente la importancia y composición de estas *islas de recursos* sobre la abundancia de enemigos naturales y su capacidad para eliminar al pulgón.

Nuestro grupo de trabajo ya ha puesto a punto una técnica de marcaje de artrópodos utilizando isótopos estables que nos permitirá ampliar el conocimiento sobre las redes tróficas que se producen en dichas islas, así como los movimientos de los enemigos naturales y las plagas que se producen entre las islas y el cultivo (Figura 4). Actualmente, sabemos que plantas como la *Lobularia maritima* L. tiene gran utilidad como planta-trampa para plagas muy importantes como el trips de las flores



Figura 3. Islas de biodiversidad dentro de un invernadero para favorecer el control biológico de pulgones, y adultos de crisopas sobre plantas de hinojo en ese invernadero (Esther Molina).



Figura 4. Crisopa adulta alimentándose de una dieta marcada en condiciones controladas de laboratorio. Mediante análisis de isótopos estables se comprobará que ha adquirido el marcaje a través del alimento (Estefanía Rodríguez Navarro).

(*Frankliniella occidentalis*), y es fuente de enemigos naturales en el invernadero, pues su prolongada floración les ofrece de forma constante néctar y polen (Rodríguez y col., 2019).

Conociendo a las hormigas

Aunque observaciones de campo indican que la presencia de hormigas en los invernaderos afecta al control biológico de pulgones, no hay estudios que analicen la complejidad y versatilidad de dicha relación en este sistema productivo. Hasta ahora, hemos podido identificar molecularmente a *Tapinoma ibericum* (Seifert y col., 2017) como la especie de hormiga que establece relación mutualista con *A. gossypii*. Hemos observado que *T. ibericum* permanece

activa en invierno, pero su actividad aumenta de forma significativa en primavera, incrementando hasta en un 400% el área ocupada por cada nido (Foronda y col., 2018).

También, mediante experimentos de exclusión de hormigas en plantas de pimiento inoculadas con pulgón, hemos comprobado que la aparición de momias (pulgones parasitados por *A. colemani*) aumenta casi en un 40% en ausencia de hormigas (Foronda y col., 2019), contrariamente a lo que ocurre en otros sistema pulgón-hormiga (Tegelaar y col., 2012). Además, entre toda la diversidad de enemigos naturales que atacan de forma espontánea a los pulgones, todos evitan la presencia de las hormigas, a excepción del *Aphidoletes*

aphidimyza, que tiene un efecto sinérgico sobre el control de los pulgones al combinarlo con *A. colemani*.

También hemos comprobado que la adición de azúcares artificiales altera la relación mutualista *T. ibericum* -*A. gossypii*, aumentando la depredación de las hormigas sobre el pulgón (Foronda y col., 2019a). Finalmente, estudiamos la comunicación química que rige la relación mutualista *T. ibericum* - *A. gossypii*. Hemos comprobado, en condiciones controladas de laboratorio, que las hormigas respondieron mejor a pulgones artificiales impregnados con sustancias químicas reconocidas por las hormigas como propias de su nido, que a pulgones artificiales impregnados con sustancias procedentes de nidos ajenos (Figura 5) (Ruano y col., 2017).

Implicaciones en la GIP de pulgones

La presencia de *Tapinoma ibericum* reduce el control biológico realizado por *A. colemani* sobre *A. gossypii*, y afecta de forma negativa la presencia del resto de enemigos naturales de los pulgones, a excepción del cecidómido *Aphidoletes aphidimyza*. Por tanto, la estrategia integrada de

Principales plagas en la actualidad y soluciones biológicas



Figura 5. Individuo adulto de la hormiga *Tapinoma ibericum* reconociendo un pulgón artificial impregnado con sustancias químicas de su propio nido (Estefanía Rodríguez Navarro).

control de pulgones debe contemplar necesariamente el manejo de las hormigas y la diversificación de los enemigos naturales contra pulgones. Cualquier manejo de *T. ibericum* debería realizarse en invierno, cuando los nidos se encuentran más reducidos. La adición de sustancias azucaradas y la aplicación de los conocimientos derivados de interacción química entre *T. ibericum* y *A. gossypii* son estrategias que deberían ser integra-

das dentro del protocolo de control contra *A. gossypii* una vez quede bien definida su aplicación.

Agradecimientos

Financiación: proyecto RTA2015-0012-C02; programa contratación doctores INIA-CCAA; Beca FPI BES-2017-079978 del INIA. A Pedro Lorite de la Universidad de Jaén por la identificación molecular de la especie de hormiga.

Bibliografía



- Blackman, R.L., Eastop. V.F. 2000. Aphids on the World's Crops. An Identification and Information Guide. 2nd ed. John Wiley and Sons, Chichester, 414 pp.
- Foronda, J., Rodríguez, E., González, M., Téllez, M.M., Oi, F.S. Ruano, F. 2018. Dinámica de expansión-contracción en nidos de *Tapinoma* del complejo *nigerrimum* (Hymenoptera: Formicidae). Congress of the Spanish Society of Ethology and Evolutionary Ecology. 4-8 September 2018 - Mieres, Asturias, Spain.
- Foronda, J., Rodríguez, E., Téllez, M.M., Robles C., González, M., Barranco P., Pascual, F., Ruano, F. 2019. Aphid -ant mutualism: the influence of *Tapinoma ibericum* on *Aphis gossypii* control by parasitoids 6th IELC, Perugia, Italy, 9-13 September 2019.
- Foronda J., Rodríguez, E., Téllez M.M., Robles-Vallet C., González M., Barranco P., Ruano F. 2019 a. Alteración del mutualismo hormiga -pulgón mediante el aporte extra de azúcares en cultivos hortícolas protegidos. XI Congreso SEEA, Madrid, España, 4-9 noviembre 2019.
- Ruano F., Téllez M.M., Foronda J. González M., Barranco P., Rodríguez E. 2017. Efecto del marcaje con hidrocarburos cuticulares sobre el comportamiento de alimentación en *Tapinoma cf nigerrimum* (Hymenoptera: Formicidae). XXXIII Jornadas AeE. Almería España, 15-18 noviembre 2017. ISBN: 978-84-16642-97-7. D2177-2017. Depósito Legal: AL2177-2017
- Seifert, B., D'Eustacchio, D., Kaufmann, B., Centorame, M., Lorite, P., Modica, M.V. 2017. Four species within the supercolonial ants of the *Tapinoma nigerrimum* complex revealed by integrative taxonomy (Hymenoptera: Formicidae). Myrmecological News 24, 123-144.
- Tegelaar, K., Hagman, M., Glinwood, R., Pettersson, J., Leimar, O. 2012. Ant-aphid mutualism: the influence of ants on the aphid summer cycle. Oikos, 121(1), 61-66.
- Rodríguez E., Robles-Vallet C., Téllez M.M., Foronda J., Ruano F., González M., Moreno-Rojas J.M. 2019. Viabilidad de los isótopos estables como técnica de marcaje de la *Lobularia maritima* (L.) en invernaderos. XI Congreso SEEA, Madrid, España, 4-9 noviembre 2019.
- Villanueva, F., Castillo, P., Font, M.I., Alfaro-Fernández, A., Moriones, E., Navas-Castillo, J. 2013. First Report of Pepper vein yellows virus Infecting Sweet Pepper in Spain. Plant Disease 97(9), 1261. doi: 10.1094/PDIS-04-13-0369-PDN.
- Watt, M., Hales, D.F. 1996. Dwarf phenotype of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). Australian Journal of Entomology 35, 153-159.
- Yonaha, T., Toyosato, T., Kawana, S., Osaki, T. 1995. Pepper vein yellows virus, a novel Luteovirus from bell pepper plants in Japan. The Phytopathological Society of Japan 61, 178-184.