



Figura 1. Sírvidos depredadores: larva de *Sphaerophoria rueppellii* (Figura: M.A. Marcos) y adulto de *Episyrphus balteatus* (Figura: J.P. Beltrán).

Experiencia de campo e investigación, un binomio clave para el éxito del control de pulgones por sírfidos (Diptera, Syrphidae)

Los pulgones, por tener ciclos vitales rápidos, alternancia de generaciones y facilidad para crear resistencias a biocidas, son plagas de difícil manejo, principalmente en cultivos de invernadero. Su vertiginoso crecimiento poblacional, y capacidad para transmitir virus de efectos devastadores, hace que su control siga siendo un tema prioritario y aún por resolver. En ecosistemas naturales, los áfidos están controlados, entre otros organismos, por los sírfidos depredadores, cuyos adultos además son excelentes polinizadores en los cultivos. Aquí mostramos cómo la experiencia de campo, acompañada de investigación y conocimiento sobre las interacciones entre organismos de distintos niveles tróficos del cultivo, pueden ofrecer soluciones válidas para el control de plagas de pulgón mediante sírfidos en estrategias de Control Biológico e Integrado en cultivos de pimiento.

M^a Ángeles Marcos García

Entomóloga.
Catedrática de la
Universidad de
Alicante. Instituto
Investigación CIBIO.
Universidad de
Alicante.

Principales plagas en la actualidad y soluciones biológicas

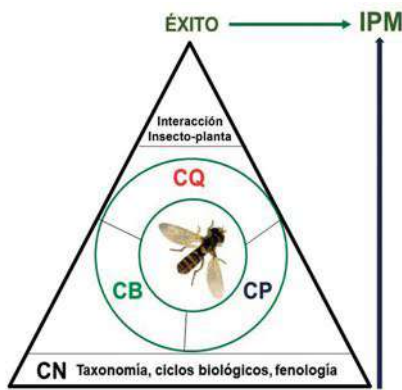


Figura 2. Esquema de las estrategias de control estudiadas en las que han intervenido los sírfidos. CP: Control Parabiológico, CB: Control Biológico, CQ: Control Químico, CN: Control Natural, IPM: Control Integrado.

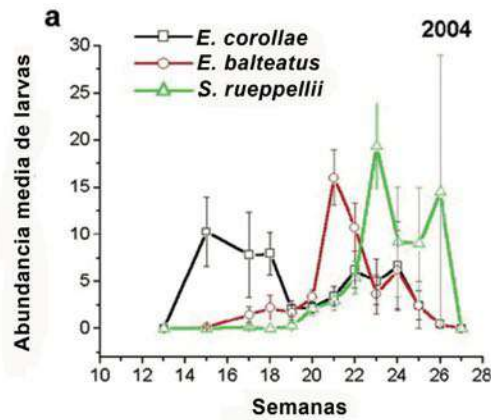


Figura 3. a) Fenología de las tres especies de sírfidos (*S. rueppellii*, *E. corollae* y *E. balteatus*) más abundantes en el interior de invernaderos de pimiento de Pilar de la Horadada, Alicante (Pineda y Marcos-García, 2006). b) Invernadero de pimiento en Almería con flores de *Lobularia* para atraer y retener a los sírfidos (Foto: Esther Molina).



Los sírfidos, conocidos como moscas de las flores (*flowerflies*), realizan en su fase adulta una imprescindible función ecosistémica, la polinización. En contraste con la uniformidad de la alimentación del adulto, las larvas tienen regímenes tróficos variados, siendo depredadoras, micófagas, fitófagas o saprófagas. Se conocen más de 6.000 especies a nivel mundial, y cerca de un tercio tienen larvas que depredan presas diversas, mostrando preferencia por pequeños insectos de cuerpo blando (Rojo y col., 2003), como los pulgones. A pesar de este conocido hábito depredador larvario y de su rápida recolonización de agrosistemas tras los tratamientos fitosanitarios (Daccordi y col., 1988), su uso en el control de pulgones ha sido tardío debido a la poca visibilidad de las larvas y su actividad nocturna. Por ello, hasta los años ochenta no se confirmó su potencial como controlador de plagas de pulgones (Chambers & Adams, 1986), siendo *Episyrphus balteatus* (De Geer, 1776) la primera especie utilizada comercialmente en el control de pulgones en Centroeuropa, introduciéndose en 2014 en el mercado *Sphaerophoria rueppellii* (Wiedemann, 1820) (Figura 1).

¿Por qué los sírfidos?

La eficacia de los sírfidos como depredadores de pulgones se debe principalmente a: 1) oviposición en colonias incipientes y densodependiente, permitiendo tratamientos preventivos y curativos, además de evitar la competencia intraespecífica; 2) larga

permanencia en cultivos por ser polivoltinos; 3) larvas con movimientos cautelosos, no ahuyentando a los áfidos; 4) gran diversidad de presas (psílidos, trips, mosca blanca, cóccidos, etc.), aunque sus preferidas son los áfidos.

Hace aproximadamente 17 años, la eficacia depredadora de los sírfidos fue comprobada de manera natural en un invernadero de pimiento de Pilar de la Horadada, Alicante, cuyo propietario buscó nuestro asesoramiento. Surgió así la oportunidad de estudiar las interacciones biológicas y la comunicación química (VOC) que se establece entre sírfidos y organismos de otros niveles tróficos del sistema (planta-fitófago-enemigo natural y microorganismos del suelo). Se inició el estudio de la eficacia de su acción depredadora sobre pulgones en cultivos de pimiento (*Capsicum annuum* L.) en invernaderos (Figura 2) del sureste ibérico.

En sistemas de producción integrada y ecológica, como es el caso del pimiento, resolver el control de los pulgones es prioritario tras la supresión de algunos biocidas químicos. Algunas especies de pulgones como *Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae* son extremadamente dañinas en los cultivos de pimiento, especialmente por haber desarrollado resistencia a plaguicidas que se aplican habitualmente en programas de Control Integrado.

Especies candidatas

Se seleccionaron tres especies de sírfidos autóctonos que de manera

natural entran en los invernaderos de pimiento, *Episyrphus balteatus*, *Sphaerophoria rueppellii* y *Eupeodes corollae* (Fabricius, 1794), y se hizo el seguimiento de su fenología a lo largo del ciclo del cultivo de pimiento (Pineda y Marcos-García, 2006) (Figura 3). De acuerdo con los resultados obtenidos, centramos nuestros estudios en *S. rueppellii* como el mejor candidato para el control de pulgones, por estar bien adaptada a las condiciones ambientales de los invernaderos y por su elevado tiempo de permanencia en los mismos (Pineda y Marcos García, 2008c; Amorós y col., 2012).

Los sírfidos en el control biológico

Compatibilidad con parasitoides

El control de una plaga no depende generalmente de un único enemigo natural, por lo que se consideró importante conocer el grado de compatibilidad de *S. rueppellii* con los parasitoides que habitualmente se utilizan contra los pulgones en invernaderos de pimiento. Los resultados mostraron una relación intragremial positiva con *Aphidius colemani*, al ser significativamente más frecuente la oviposición de las hembras del sírfido en colonias donde el pulgón no estaba parasitado (Pineda y col., 2007) (Figura 4), complementándose de este modo acción de los parasitoides.

Compatibilidad con plantas reservorio (Banker Plants)

Observamos que, en plantas de ce-

bada utilizadas como reservorio de parasitoides, con frecuencia aparecían huevos de sírfidos, lo que confirmó que estas plantas podían también favorecer la presencia y abundancia de los sírfidos. Evaluamos el efecto de plantas de cebada infestadas con *Rhopalosiphum maidis* (Fitch) en la potenciación de las poblaciones nativas de sírfidos afidófagos en invernaderos de pimiento, así como en el tiempo de permanencia de los sírfidos adultos liberados en su interior. Se contabilizaron adultos y estados inmaduros de sírfidos en plantas de pimiento (Pineda y Marcos García, 2008b) y los resultados mostraron un incremento significativo de sírfidos adultos (Figura 5), así como de larvas de *S. rueppellii* sobre las colonias de áfidos en invernaderos con plantas reservorio infestadas.

Compatibilidad con recursos florales

Los sírfidos adultos son activos voladores en busca de alimento (polen y néctar), pareja y colonias de pulgones donde ovipositar (Rotheray & Gilbert, 2011). Para potenciar su presencia en invernaderos, por vez primera probamos la eficacia de la presencia de flores en su interior. Seleccionamos *Lobularia maritima* L. Desv. y *Coriandrum sativum* L., cuyas flores ofrecen abundante polen y néctar y durante un periodo prolongado de tiempo. Los resultados confirmaron que su presencia incrementa la abundancia de sírfidos, tanto de larvas en colonias de pulgones, como de adultos activos dentro del invernadero (Pineda y Marcos-García, 2008a). Además, el tiempo de permanencia de los sírfidos en el invernadero es mayor al de su maduración sexual, por lo que pueden realizar la oviposición entre las colonias de pulgones del cultivo antes de su posible salida.

Los sírfidos como polinizadores

La condición heliófila de los sírfidos adultos en ecosistemas naturales se ve limitada en el interior de los invernaderos, donde la biodiversidad vegetal y la disponibilidad de flores es escasa. Sin embargo, para asegurar el control de los áfidos en el cultivo, es necesario que los sírfidos adultos

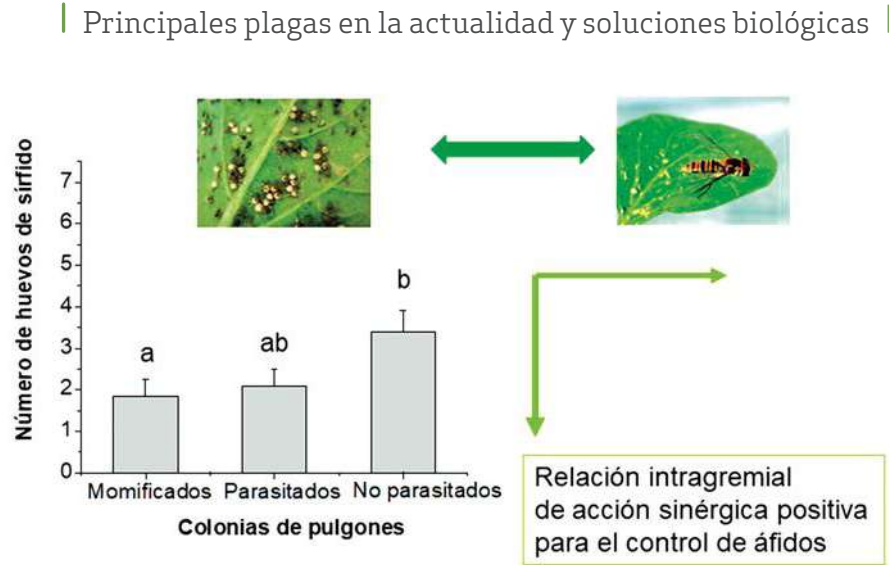


Figura 4. Huevos de *S. rueppellii* contabilizados en plantas de pimiento con: pulgones sanos, pulgones recién parasitados y momias de pulgones parasitados por *Aphidius colemani* (Pineda y col., 2007).

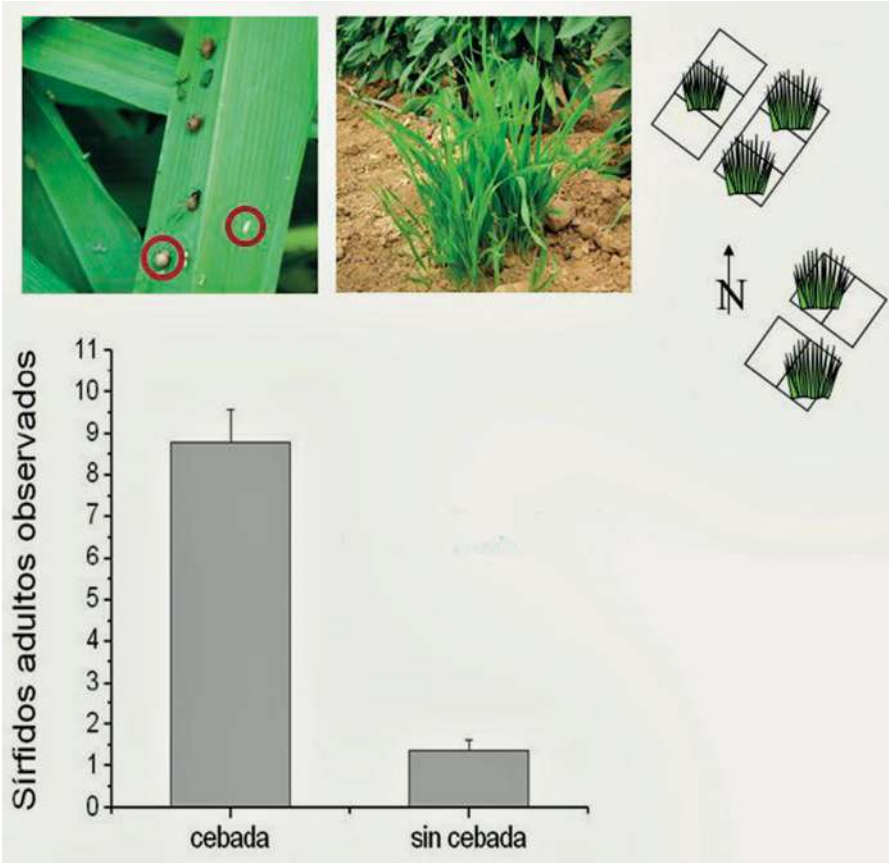


Figura 5. Media del número de ejemplares de sírfidos adultos contabilizados en el interior de invernaderos de pimiento con y sin plantas reservorio (*Hordeum vulgare* L.) (Pineda y Marcos García, 2008b).

permanezcan en su interior el tiempo suficiente para que se alimenten adecuadamente y se produzca su maduración sexual. Para ello, analizamos el polen del estómago de los adultos y quedó probado (Pineda y Marcos García, 2008a) que las tres especies de sírfidos se alimentan del polen de las plantas introducidas en

las estrategias de conservación antes mencionadas, así como del polen de pimiento (Tabla 1). Recientemente, Pekas y col. (2020) han confirmado que *Eupeodes corollae* y *Sphaerophoria rueppellii*, además de controlar al áfido plaga *Myzus persicae* en el pimiento, favorecen la polinización de las plantas de pimiento.

| Principales plagas en la actualidad y soluciones biológicas |

Los sírfidos y estrategias de control parabiológico

Sírfidos y mallas absorbentes de luz ultravioleta

Una vez demostrada la compatibilidad de los sírfidos con otros agentes de control y con las principales estrategias de Control Biológico en invernaderos de pimiento, se estudió el efecto de sus mallas en la movilidad y comportamiento de los sírfidos para comprobar su posible efecto en el control de plagas de áfidos (Amorós Jiménez y col., 2020). Los ensayos se hicieron con mallas fotoselectivas, absorbentes de luz ultravioleta cuya eficacia antiplaga para este tipo de cultivos está suficientemente contrastada. Los resultados fueron favorables ya que se evidenció un efecto positivo en la densidad de inmaduros de *S. rueppellii*, tanto de larvas como de pupas. Además, tanto el comportamiento de búsqueda de áfidos, como la eficacia biológica de los adultos, medida en fertilidad, fecundidad y longevidad, no se vieron negativamente afectados bajo estas cubiertas. Los adultos de *S. rueppellii* son capaces de encontrar de manera eficiente colonias de pulgones al ser atraídos por la mezcla de volátiles emitidos por las plantas y los pulgones, concluyéndose que el uso de mallas fotoselectivas y la liberación de *S. rueppellii* en su interior son estrategias compatibles en programas de Control Integrado contra el pulgón.

Los sírfidos en estrategias de control químico

Efecto de toxicidad, atracción o repelencia de insecticidas botánicos (aceites esenciales) en *S. rueppellii*

Como alternativa al uso de fitosanitarios, se necesitan descubrir nuevos productos extraídos de plantas que sean eficaces en el control de pulgones y a la vez respetuosos con los enemigos naturales utilizados en invernaderos, con el fin de desarrollar estrategias de control integrado diversas, compatibles y adaptadas a cada cultivo.

En bioensayos de laboratorio sobre toxicidad residual, se demostró una

Sexo	Mastuerzo marítimo	Pimiento	Cilantro	Otros
Machos	67,77 ± 11,21	18,36 ± 7,52	1,94 ± 1,94	11,93 ± 4,83
Hembras	53,9 ± 11,91	28,68 ± 9,43	2,71 ± 2,71	14,71 ± 3,86
p	0,46	0,51	0,96	0,47



Tabla 1. Polen analizado del estómago de sírfidos adultos capturados en invernaderos de pimiento con plantas de mastuerzo (*Lobularia maritima* L. Desv.) y cilantro (*Coriandrum sativum* L.). Porcentajes medios y error estándar encontrados en machos y hembras (n=15), incluyendo el p-valor de su contraste (test de U de Mann-Whitney) (Pineda y Marcos García, 2008a).

/ Las estrategias de Control Biológico y por Conservación son las que mas se aproximan a las condiciones naturales de los ecosistemas /

trado que repelentes de áfidos o afidicidas, a dosis de 10 µL, atraen tanto a adultos del parasitoide *Aphidius colemani* como a larvas de *S. rueppellii* (Cantó y col., in press).

Conclusiones

Las plagas son siempre consecuencia de una pérdida de biodiversidad; por eso, las estrategias de Control Biológico y por Conservación con las que se atrae, potencia y retiene a los sírfidos y otros enemigos naturales en el cultivo resultan de gran interés por ser las que mas se aproximan a las condiciones naturales de los ecosistemas, que son las que aportan un mayor grado de resiliencia al cultivo ante las plagas. Conocer estas condiciones naturales depende de la observación y experiencia de campo y se requiere de investigación para saber cómo reproducirlas en nuestros cultivos para conseguir el control de estas plagas.

ligera toxicidad (<20% de mortalidad) en larvas de *S. rueppellii* cuando se exponen a determinados aceites vegetales que reducen significativamente la tasa de crecimiento de *Myzus persicae* y *Macrosiphum euphorbiae*. En ensayos de olfatometría, se ha probado la atracción de *S. rueppellii* a VOC procedentes de aceites esenciales y se ha demos-

The most ingenious manner of destroying the aphids would be affected by the propagation of its greatest enemy, the larva of the aphidovorous hoverflies

(Erasmus Darwin, 1731-1802)

Bibliografía



- Amorós-Jiménez, R. Pineda, A., Fereres, A. & Marcos-García, M.A. 2012. Prey availability and abiotic requirements of immature stages of the aphid predator *Sphaerophoria rueppellii*. *Biological Control*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2012.06.001>
- Amorós-Jiménez, R., Plaza, M., Monserrat, M., Marcos García, M.A., Fereres, A. 2020. Effect of UV-Absorbing Nets on the Performance of the Predator *Sphaerophoria rueppellii* (Diptera: Syrphidae). *Insects*, 11, 166.
- Cantó Tejero, M., Casas, J.L., Marcos García, M.A., Pascual-Villalobos, M.J., Florencio-Ortiz, V., Guirao, P. Essential oils aphid (*Myzus persicae* and *Macrosiphum euphorbiae*) repellents. *Journal of Pest Science*. (Submitted), diciembre 2020.
- Daccordi, M., Mason, F., Pluchino, P. 1988. Ditteri Sirfidi raccolti in due vigneti della provincia di Verona: applicazioni di alcuni algoritmi per l'analisi di comunità (Diptera: Syrphidae). *Atti Mem. Acc. Agric. Sci. Lett. Verona* 27, 33–43.
- Chambers, R.J., Adams, T.H.L. 1986. Quantification of the impact of hoverflies (Diptera, Syrphidae) on cereal aphids in winter wheat: an analysis of field populations. *Journal of Applied Ecology*, 23: 895-904.
- Pekas, A., De Craecker, I., Boonen, S., Wäckers, F.L., Moerkens, R. 2020. One stone; two birds: concurrent pest control and pollination services provided by aphidophagous hoverflies. *Biological Control*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104328>
- Pineda, A., Marcos-García, M^a A. 2006. First data on the population dynamics of aphidophagous syrphids in Mediterranean pepper greenhouses. *Integrated Control in protected Crops, Mediterranean Climate IOBC/wprs*, 29 (4):169-174.
- Pineda, A., Morales, I., Marcos-García, M^a A., Fereres, A. 2007. Oviposition avoidance of parasitized aphids colonies by the syrphid predator *Episyrphus balteatus* mediated by different cues. *Biological Control*, 42:274-280.
- Pineda, A. Marcos-García, M^a A. 2008a. Use of selected flowering plants in greenhouses to enhance aphidophagous hoverfly populations (Diptera: Syrphidae). *Annals de la Société Entomologique de France*, 44 (4): 487-492
- Pineda A., Marcos-García, M^a A. 2008b. Introducing barley as aphid reservoir in sweet-pepper greenhouses: Effect on native and released hoverflies (Diptera, Syrphidae). *European Journal of Entomology*, 105:531-535.
- Pineda A., Marcos-García, M^a A. 2008c. Seasonal abundance of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae) and their population levels in and outside of Mediterranean sweet-pepper greenhouses. *Annals of the Entomological Society of America*, 101 (2):384-391.
- Prieto-Ruiz, I., Garzo, E., Moreno, A., Dader, B., Medina, P., Viñuela, E., Fereres, A. 2019. Supplementary UV radiation on eggplants indirectly deters *Bemisia tabaci* settlement without altering the predatory orientation of their biological control agents *Nesidiocoris tenuis* and *Sphaerophoria rueppellii*. *Journal of Pest Science*, 92:1057–1070.
- Quinto, J., Marcos, M^a A., Pineda, A. 2010. Comunidad de enemigos naturales de plagas de hemípteros en cultivos de pimiento de invernadero del sureste ibérico. *Phytoma*, 224:33-36.
- Rojo, S., Gilbert, F., Marcos-García, M^aA., Nieto, J.M., Mier Durante, M.P. 2003. A world review of predatory hoverflies (Diptera, Syrphidae: Syrphinae) and their prey. *CIBIO* (ed.), Spain, 219 pp.
- Rotheray, G. E., Gilbert, F. 2011. *The Natural History of Hoverflies*. Forrester Text (Ed.), UK. 334 pp.