

Gestión integrada de *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Aphididae) en clementino: mejora de su control biológico

F. Gómez-Marco¹,*

(1) Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA), Unidad Asociada de Entomología Agrícola UJI-IVIA, Centro de Protección Vegetal y Biotecnología, Ctra. Moncada – Náquera Km 4.5, E-46113 Moncada, España.

* Autor de correspondencia: F. Gómez-Marco [fmgomez@outlook.es]

> Recibido el 08 de diciembre de 2015 - Aceptado el 12 de abril de 2016

Gómez-Marco, F. 2016. Gestión integrada de *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Aphididae) en clementino: mejora de su control biológico. *Ecosistemas* 25(2):114-118. Doi.: 10.7818/ECOS.2016.25-2.16.

Introducción y antecedentes

La Gestión Integrada de Plagas (GIP) es un enfoque ecosistémico para la producción y protección de cultivos que combina diferentes estrategias para reducir al mínimo el uso de pesticidas sin disminuir la producción (FAO 2015). Las estrategias de GIP se han convertido en una solución para la industria cítrica española, la cual necesita responder a las nuevas legislaciones europeas y a las demandas de un mercado internacional y una sociedad que exigen hábitos alimenticios más sanos y sistemas de producción con menor impacto en el medio ambiente (Urbaneja et al. 2015).

El agroecosistema de cítricos alberga un abundante y diverso complejo de enemigos naturales (EN), muchos de los cuales ejercen un control biológico (CB) eficaz sobre las diversas plagas existentes en este cultivo (Urbaneja et al. 2015). No es el caso para el pulgón *Aphis spiraecola* Patch. (Hemiptera: Aphididae) (Fig. 1A). Este pulgón es plaga clave en el cultivo de clementinos de la cuenca Mediterránea (Tena y García-Marí 2011) donde infesta los brotes tiernos de primavera (Fig. 1B), causando importantes pérdidas económicas todos los años. Actualmente su CB no está desarrollado y el control químico no resulta del todo eficaz (Urbaneja et al. 2015).

Los esfuerzos realizados en el CB de *A. spiraecola* en cítricos se habían centrado en la introducción y/o conservación de parasitoides de pulgones, todos ellos sin éxito. Los parasitoides de pulgones son himenópteros que depositan un huevo dentro del huésped, el cual se convertirá en momia, y de donde emergerá otro parasitoides adulto. Hasta la fecha se desconocían las causas de la baja eficacia de los parasitoides frente a este pulgón. Otro grupo de EN son los depredadores, los cuales pertenecen a grupos tan diversos como los coleópteros, dermápteros, dípteros y neurópteros (Fig. 1C y D). Muchos estudios han abordado el potencial de los depredadores de *A. spiraecola* en laboratorio pero su impacto directo sobre las colonias de *A. spiraecola* en campo no se ha documentado.

En esta tesis se abordaron diferentes objetivos para diseñar una estrategia de control biológico frente a *A. spiraecola* en clementinos: i) identificar las razones por las que se dan bajos niveles de parasitismo ii) determinar cuándo y cómo los depredadores pueden controlar las poblaciones y finalmente iii) determinar si una cubierta de gramíneas puede mejorar el CB de este pulgón en clementinos mediante la mejora en el establecimiento de sus depredadores.

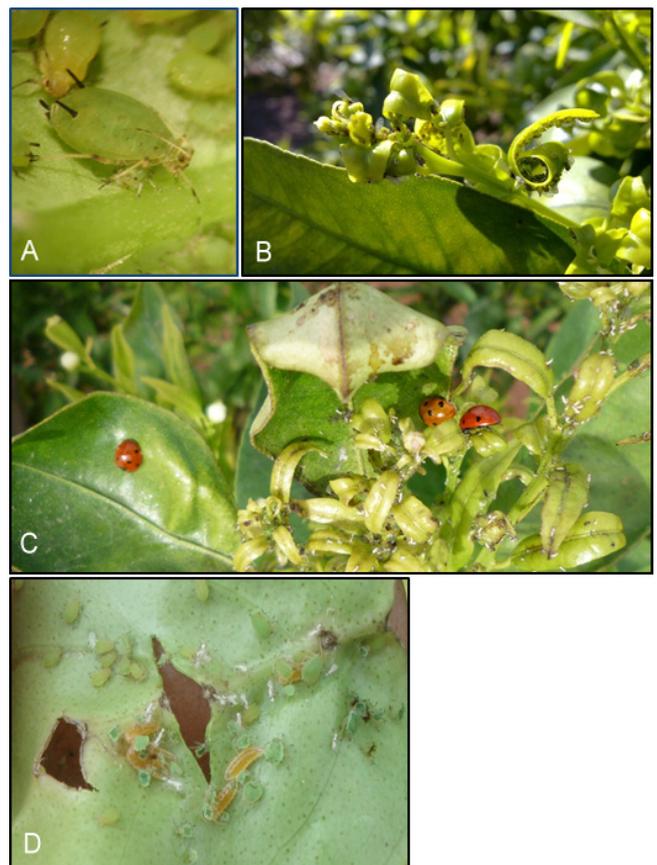


Figura 1. (A) *Aphis spiraecola* Patch (Hemiptera: Aphididae). (B) Brote de clementino dañado por *A. spiraecola* con el típico enrollamiento de las hojas. Ejemplos de depredadores de *A. spiraecola* presentes en cítricos (C) *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). (D) Larvas de *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae).

Figure 1. (A) *Aphis spiraecola* Patch (Hemiptera: Aphididae). (B) Clementine flush damaged by *A. spiraecola* with the typical curling leaves. Some predators of *A. spiraecola* appearing in citrus orchards (C) *Coccinella septempunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). (D) Larvae of *Aphidoletes aphidimyza* Rondani (Diptera: Cecidomyiidae).

Desenredando la red trófica pulgón-parasitoides en cítricos: ¿Pueden los hiperparasitoides afectar al control biológico?

Diversos factores pueden contribuir a la baja abundancia de parasitoides de *A. spiraecola* en cítricos. Uno de ellos puede ser la presencia de hiperparasitoides en este agroecosistema tal y como demostramos en un artículo publicado recientemente (Gómez-Marco et al. 2015), Los hiperparasitoides son himenópteros que depositan los huevos en una momia de pulgón, es decir un pulgón ya parasitado, y dentro de esta, matan a la larva del parasitoide primario, emergiendo de la momia un hiperparasitoide adulto. En este estudio pudimos corroborar que los porcentajes de parasitismo de *A. spiraecola* son bajos (menos del 5%) e identificamos a la especie *Binodoxys angelicae* Haliday (Hymenoptera: Braconidae) como el único parasitoide primario que emergió de las momias de *A. spiraecola*.

Mediante taxonomía morfológica también se identificaron al menos seis especies de hiperparasitoides emergiendo de las

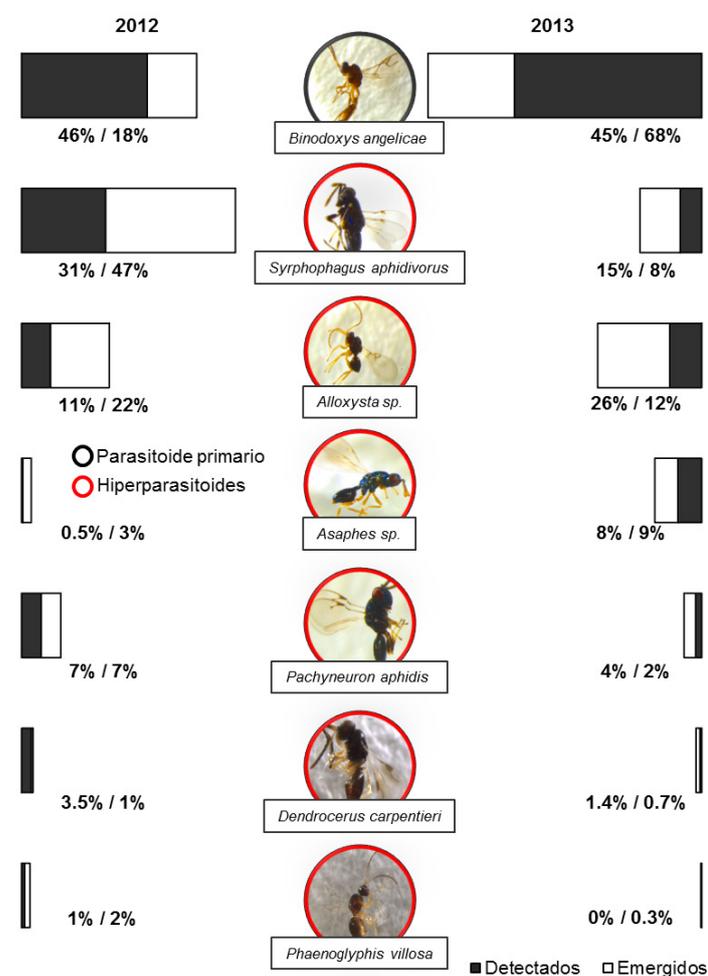


Figura 2. Abundancia relativa de los himenópteros parasitoides de *A. spiraecola* durante la brotación de primavera de 2012 ($n=320$ emergidos / 415 detectados) y 2013 ($n=429$ emergidos / 573 detectados) en parcelas de clementino. Los parasitoides fueron identificados taxonómicamente (emergidos de las momias) y mediante detección de ADN (dentro de las momias).

Figure 2. Relative abundance of the hymenopteran parasitoids of *A. spiraecola* during the spring flushing period of 2012 ($n=320$ emerged / 415 detected) and 2013 ($n=429$ emerged / 573 detected) in clementine orchards. The parasitoids have been identified by taxonomic features (emerged from the mummies) and by DNA detection (inside the mummies).

momias de *A. spiraecola* (Fig. 2). Para identificar las especies dentro de las momias se usaron técnicas moleculares, con las que identificamos las mismas especies de hiperparasitoides, y a su vez, que siempre estaban hiperparasitando a *B. angelicae*. El uso de las técnicas moleculares es irremplazable para estudiar las relaciones tróficas en comunidades donde las larvas de los entomófagos (tanto en el tercer como en el cuarto nivel trófico, parasitoides e hiperparasitoides respectivamente) se desarrollan dentro del huésped, como es el caso de las comunidades pulgón-parasitoide-hiperparasitoide (Garipey et al. 2007).

Los hiperparasitoides fueron muy abundantes desde el inicio de la estación, con unos porcentajes de hiperparasitismo en torno al 40% los dos años de muestreo (ejemplo de 2012 Fig. 3). El hiperparasitismo fue tan alto que aumentó la mortalidad de las momias al final del periodo de muestreo (Fig. 3A), dándose incluso el fenómeno del multi-hiperparasitismo (Fig. 3B). El multi-hiperparasitismo ocurre cuando dos especies de hiperparasitoides hiperparasitan la misma momia.

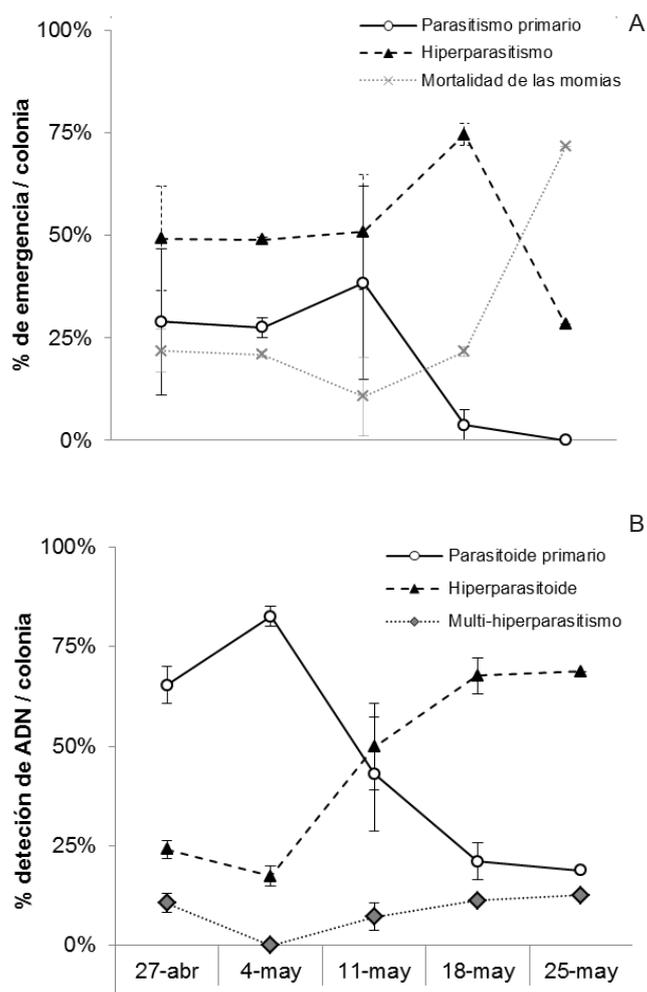


Figura 3. Dinámica estacional del parasitoide primario *B. angelicae* y sus hiperparasitoides emergidos y detectados en las momias de *A. spiraecola* recogidas en parcelas de clementino en 2012. (A) Porcentaje medio (\pm ES) de parasitoide primario e hiperparasitoides emergidos y no emergidos (mortalidad de inmaduros) de las momias mantenidas hasta la emergencia del adulto por parcela. (B) Porcentaje medio (\pm SE) de la detección del ADN del parasitoide primario solo y con una o varias especies de hiperparasitoides dentro de la momias por parcela. Multi-hiperparasitismo es el porcentaje de momias donde se detectaron más de un hiperparasitoide por momia.

Figure 3. Dynamic populations of the primary parasitoid *B. angelicae* and its hyperparasitoids emerged and detected from the mummies of *A. spiraecola* sampled in clementine orchards in 2012. (A) Percentage average (\pm SE) of the primary parasitoid and hyperparasitoids emerged and not emerged (immature mortality) from the mummies kept until adult emergence per orchard. (B) Percentage average (\pm SE) of the DNA detection of the primary parasitoid alone and sharing the mummy with one or more species of hyperparasitoids per orchard. Multi-hyperparasitism is the percentage of the mummies where more than one hyperparasitoid species were detected.

Este alto hiperparasitismo se dio en todas las parcelas estudiadas y en ambos años de estudio (Fig. 2), sugiriendo que este complejo de hiperparasitoides es muy común en nuestro agroecosistema de cítricos. Esto explica, en parte, el bajo impacto que *B. angelicae* tiene sobre las poblaciones de *A. spiraecola*. Ante esta situación se hace inviable diseñar programas de CB basado en parasitoides, y por tanto, los siguientes estudios de la tesis fueron encaminados en la mejora del CB mediante depredadores.

La llegada anticipada de los depredadores controla las colonias de *A. spiraecola* en clementino

La abundancia y diversidad de depredadores no asegura un CB eficiente para *A. spiraecola* en cítricos. La asincronía entre los picos poblacionales de la plaga y el de los depredadores (dinámica presa-depredador) suele ser el factor limitante de la eficacia de estos en todos los agroecosistemas con plagas explosivas como los pulgones (Welch y Harwood 2014).

Por esta razón estudiamos el efecto que tendría una llegada anticipada de depredadores sobre las colonias de *A. spiraecola* en clementino (Gómez-Marco et al. 2016a). Para poder cuantificar estos efectos, elegimos dos parámetros de vida de las colonias; el máximo de pulgones por colonia y la longevidad de las colonias [medida en grados día acumulados (GD)]. Estos parámetros variaron entre las diferentes parcelas los tres años muestreados, sin embargo, los depredadores siempre atacaron un tercio de las colonias observadas y no hubo diferencias entre parcelas ningún año (Fig. 4A). Por tanto, la variabilidad en los parámetros de vida de las colonias de *A. spiraecola* no podía ser explicada por el número de colonias atacadas por depredadores. Esta variabilidad de los parámetros se explicaba mediante una correlación negativa con el momento del primer ataque de un depredador a la colonia (Fig. 4B

y Fig. 5). Destacar además que el daño al cultivo (medido como el porcentaje de brotes ocupados por *A. spiraecola*) permaneció por debajo del umbral de tratamiento (<25 %) cuando las colonias fueron atacadas antes de 200 GD (entre 7 y 10 días de primavera) desde la formación de la colonia. Los datos obtenidos en esta tesis sugieren que si un tercio de las colonias de *A. spiraecola* es atacado por depredadores al principio de la infestación de la plaga, ésta no superara los umbrales de tratamiento y los agricultores podrían descartar el uso de insecticidas bajo esas circunstancias.

Podríamos concluir que: i) la presencia de depredadores al inicio de la temporada de pulgón debe ser considerado para el desarrollo de nuevos umbrales de tratamiento y ii) los programas de control biológico deben promover la presencia anticipada de depredadores en los campos de clementinos.

Una cubierta vegetal de gramíneas sembradas, mejora el CB de pulgones en cítricos

Como tercer objetivo, y teniendo en cuenta los resultados anteriores, se evaluó el manejo de cubiertas vegetales sembradas con gramíneas como estrategia de CB por conservación. Con este manejo se aportarían presas alternativas para los EN de *A. spiraecola* antes de la llegada de este pulgón al cultivo y así promover su presencia anticipada (Gómez-Marco et al. 2016b). Para ello, se compararon cuatro campos de cítricos con cubierta vegetal frente a cuatro con suelo desnudo.

Este estudio difiere de anteriores estudios sobre cubiertas vegetales en que también describe el complejo de plantas silvestres que aparecen de forma espontánea y que podrían afectar al CB de *A. spiraecola*. Se describió la totalidad de las especies de plantas que componían la cubierta vegetal (18 géneros) y las especies de pulgones que las habitaron. Las gramíneas representaron un 66 %

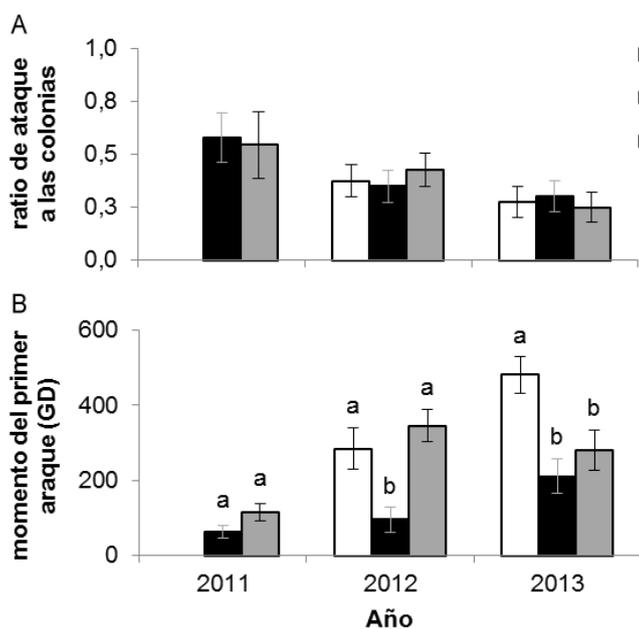


Figura 4. Ataques de los depredadores a las colonias de *A. spiraecola* registrados en tres parcelas (A, B y C) durante la brotación de primavera los años 2011 a 2013. (A) Ratio de ataque a las colonias de *A. spiraecola* (media \pm ES). (B) Momento del primer ataque de un enemigo natural (GD) (media \pm ES) a las colonias de *A. spiraecola* (2011: B = 11 colonias, C = 6; 2012: A = 15, B = 14, C = 17; and 2013: A = 11, B = 12, C = 10). Letras diferentes indican diferencias significativas entre parcelas.

Figure 4. Predators attacks to the *A. spiraecola* colonies registered in three orchards (A, B y C) during the spring flushing period of 2011 to 2013. (A) Attack ratio to the *A. spiraecola* colonies (average \pm SE). (B) Time of first attack to the *A. spiraecola* colony by a predator (GD) (average \pm SE) (2011: B = 11 colonies, C = 6; 2012: A = 15, B = 14, C = 17; and 2013: A = 11, B = 12, C = 10). Different letters shows significant differences among orchards.

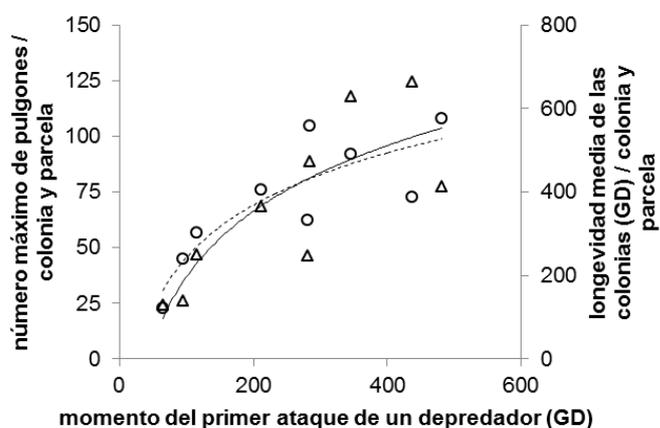


Figura 5. Relación entre los parámetros de vida de las colonias de *A. spiraecola* [Número máximo de pulgones (Δ) y longevidad de las colonias (O) medidas en grados días (GD)] y el momento de primer ataque de un depredador (GD) en parcelas de clementino durante la brotación de primavera de 2011 a 2013. Los puntos representan la media para cada parcela y año. Número máximo de pulgones por colonia = $158,92 + 42,51 * \log$ (media del momento de primer ataque); $R^2 = 0,67$; línea continua. Longevidad de las colonias = $-586,62 + 180,29 * \log$ (media del momento de primer ataque); $R^2 = 0,74$; línea punteada.

Figure 5. Relation between life parameters of the *A. spiraecola* colonies [Maxim number of aphids (Δ) and colony longevity (O) measured in Degree Days (GD)] and time of first attack by a predator (GD) in clementine orchards during the spring flushing period of 2011 to 2013. The points represent the average for each orchard and year. Maxim number of aphids per colony = $158.92 + 42.51 * \log$ (average of the time of first attack); $R^2 = 0.67$; continues line. Colony longevity = $-586.62 + 180.29 * \log$ (average of the time of first attack); $R^2 = 0.74$; dotted line.

de la cubierta vegetal sembrada. En cambio, *Malva* sp. fue el género más abundante entre las plantas silvestres (13%). Las gramíneas albergaron pulgones estenófagos de gramíneas como *Rhopalosiphum padi* L. y *Sitobion fragariae* Walker (Hemiptera; Aphididae). Estas especies de pulgones aparecieron dos meses antes en este ecosistema que los pulgones de cítricos (Fig. 6) y sirvieron como presas alternativas para los depredadores, aumentando su número al inicio de la estación (Fig. 7A). Al contrario, *Malva* sp. albergó especies de pulgón que podrían ser potenciales plagas de cítricos como *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) y otros pulgones que aparecieron en Marzo-Abril, simultáneamente con *A. spiraecola* (Fig. 6). Debemos evitar este último

grupo de pulgones ya que puede atenuar el ataque de los depredadores sobre *A. spiraecola* en la copa de los cítricos, atrayéndolos hacia la cubierta y reteniéndolos allí. Este efecto es conocido como el "efecto embudo". A pesar de esto, el efecto total de la cubierta de gramíneas resultó positivo para el control de *A. spiraecola* ya que los ataques de depredadores a las colonias se produjeron antes del crecimiento exponencial de los pulgones a los cítricos (Fig. 7A). En consecuencia las parcelas de cítricos con cubierta vegetal tendieron a no sobrepasar el umbral de tratamiento (Fig. 7B). Esto podría reducir el uso de insecticidas para el control de *A. spiraecola* y mejorar la sostenibilidad económica y ambiental de la industria cítrica Española.

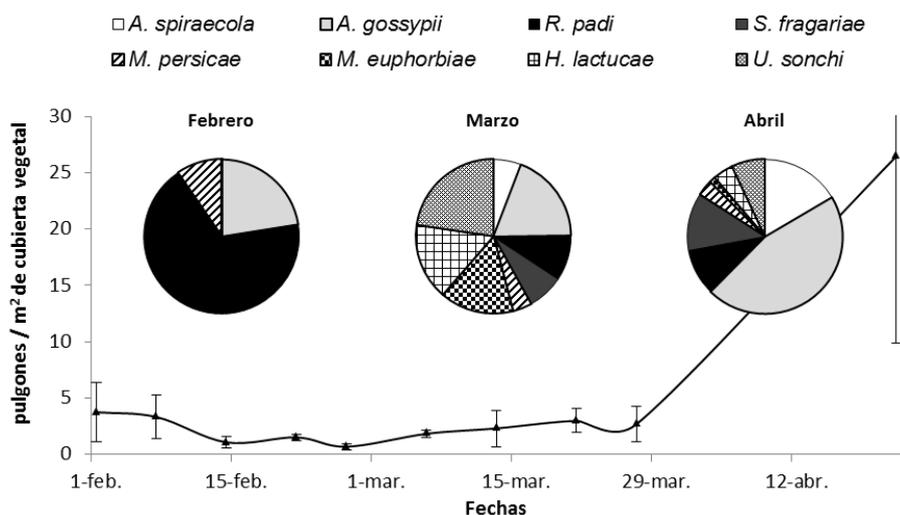


Figura 6. Dinámica estacional de pulgones que habitan la cubierta vegetal en cuatro parcelas comerciales de clementino. Representado como el número medio de pulgones / m² de cubierta vegetal (\pm ES) y su abundancia relativa en Febrero, Marzo y Abril (graficas circulares).

Figure 6. Population dynamic of the ground cover habiting aphids in four commercial clementine orchards. Showed as the average number of aphids / m² of ground cover (\pm SE) and its relative abundance in February, March and April (circle graphs).

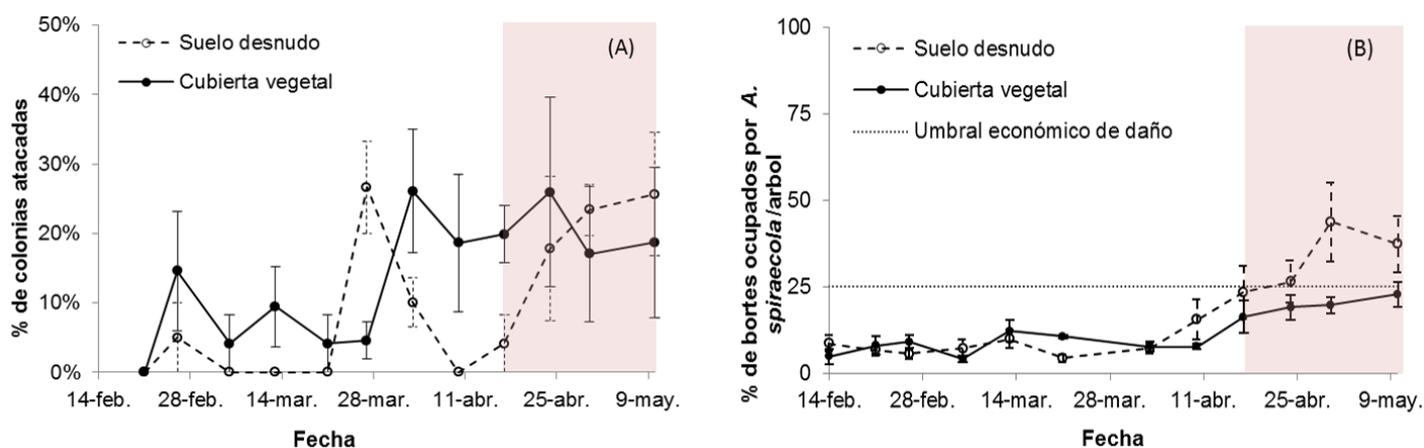


Figura 7. (A) Porcentaje de colonias de *A. spiraecola* atacadas por enemigos naturales (media \pm ES) y (B) Porcentaje de brotes ocupados por *A. spiraecola* por árbol; en cuatro parcelas comerciales con suelo desnudo (línea discontinua) y cuatro parcelas con cubierta vegetal (línea continua) en 2013. Umbral de tratamiento, definido por Hermoso de Mendoza (2006) (25% de brotes ocupados por *A. spiraecola*), representado con línea punteada. La zona roja representa el periodo crítico para el manejo de *A. spiraecola* en 2013 (17 de Abril).

Figure 7. (A) Percentage of *A. spiraecola* colonies attacked by natural enemies (media \pm ES) and (B) percentage of occupied shoots by *A. spiraecola* per tree; in four commercial orchards with bare soil management (discontinuous line) and four commercial orchards with ground cover (continuous line) in 2013. Economic threshold defined by Hermoso de Mendoza (2006) (25% of occupied shoots by *A. spiraecola*), represented with dotted line. Red area represents the critical period for the management of *A. spiraecola* in 2013 (April 17).

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el MCINN y el programa FPI con el proyecto AGL2011-30538-C03 y por la Conselleria d'Agricultura, Pesca i Alimentació de la Generalitat Valenciana.

Referencias

FAO 2015. AGP - Integrated Pest Management. <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/pests/ipm/en/>

Garipey, T.D., Kuhlmann, U., Gillott, C., Erlandson, M. 2007. Parasitoids, predators and PCR: the use of diagnostic molecular markers in biological control of Arthropods. *Journal of Applied Entomology* 131, 225-240.

Hermoso de Mendoza, A., Arouni, R., Belliure, B., Carbonell, E.A., Pérez-Panades, J. 2006. Intervention thresholds for *Aphis spiraecola* (Hemiptera : Aphididae) on Citrus clementina. *Journal of Economical Entomology* 99, 1273-1279.

Gómez-Marco, F., Urbaneja, A., Jaques, J.A., Rugman-Jones, P., Stouthamer, R., Tena, A. 2015. Untangling the aphid-parasitoid food web in citrus: Can hyperparasitoids disrupt biological control?. *Biological Control* 81: 111-121.

Gómez-Marco, F., Tena, A., Jacas, J.A., Urbaneja, A. 2016a. Early arrival of predators control *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Aphididae) colonies in citrus clementine. *Journal of Pest Science* 89: 69-79.

Gómez-Marco, F., Urbaneja, A., Tena, A. 2016b. A sown grass cover enriched with wild forb plants improves the biological control of aphids in citrus. *Basic and Applied Ecology* 17: 210-219.

Tena, A., Garcia-Marí, F. 2011. Current situation of citrus pests and diseases in the Mediterranean basin. *IOBC Bulletin* 62, 365-378.

Urbaneja, A., Catalá, J., Tena, A., Jacas, J.A. 2015. *Citrus Integrated Pest Management*. <http://gipcitricos.ivia.es/>

Welch K.D., Harwood J.D. 2014. Temporal dynamics of natural enemy-pest interactions in a changing environment. *Biological Control* 75, 18-27.

FRANCESC GÓMEZ MARCO

Gestión integrada de *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Aphididae) en clementino: mejora de su control biológico. (Integrated Pest Management of *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Aphididae) in clementines: enhancing its biological control).

Tesis Doctoral

Departamento de Producción Vegetal. Universidad Politécnica de Valencia

Julio 2015

Directores: Alberto Urbaneja García y Alejandro Tena Barreda

Publicaciones resultantes de la tesis

Gómez-Marco, F., Urbaneja, A., Jaques, J.A., Rugman-Jones, P., Stouthamer, R., Tena, A. 2015. Untangling the aphid-parasitoid food web in citrus: Can hyperparasitoids disrupt biological control?. *Biological Control* 81: 111-121.

Gómez-Marco, F., Tena, A., Jacas, J.A., Urbaneja, A. 2016. Early arrival of predators control *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Aphididae) colonies in citrus clementine. *Journal of Pest Science* 89: 69-79.

Gómez-Marco, F., Urbaneja, A., Tena, A. 2016. A sown grass cover enriched with wild forb plants improves the biological control of aphids in citrus. *Basic and Applied Ecology* 17: 210-219.