



Figura 1. Fruto atacado por *A. aurantii*.

## Avances en el control biológico del piojo rojo de California en cítricos por parasitoides del género *Aphytis*

**Ruth Cebolla,  
Alberto Urbaneja,  
Alejandro Tena**

Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA). Centro de Protección Vegetal y Biotecnología, Unidad de Entomología.

El piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii*, se considera una de las plagas de los cítricos más importante a nivel mundial. Los principales enemigos naturales de *A. aurantii* son los parasitoides del género *Aphytis*, los cuáles ejercen un control biológico eficaz de esta plaga en la mayoría de regiones citrícolas. Sin embargo, en los cítricos españoles, las especies presentes del género *Aphytis* no ejercen un control biológico satisfactorio. En este trabajo se ha investigado la ecología del comportamiento de estos parasitoides himenópteros con el fin de mejorar el control biológico de *A. aurantii*. En concreto, se ha analizado cómo afecta el cambio climático y la competencia entre las dos especies de *Aphytis* presentes en la cuenca mediterránea al control biológico.

PALABRAS CLAVE: *Aonidiella aurantii*, parasitoides himenópteros, competencia interespecífica.

El piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae), es una de las plagas de cítricos más importante a nivel mundial (Murdoch, 2005; Jacas y Urbaneja, 2010; Tena y García-Marí, 2011). El principal daño causado por este diaspídido es cosmético ya que su presencia en la superficie del fruto, a pesar de no alterar las cualidades organolépticas del mismo, provoca la reducción de su valor comercial y/o el rechazo de las partidas infestadas (Vacas y col., 2012; Vanaclocha y col., 2012) (Figura 1).

En muchas regiones cítricas del mundo, las poblaciones de *A. aurantii* se encuentran controladas de forma natural por los parasitoides del género *Aphytis* (Hymenoptera: Aphelinidae). Además, en aquellos lugares donde el control no funciona de forma natural, la suelta masiva del parasitoide *A. melinus* DeBach se presenta como una alternativa eficaz al control químico. En los cítricos españoles, las especies presentes del género *Aphytis* ejercen un control biológico sobre *A. aurantii* que varía según parcelas y años, por lo que se requiere la utilización de diferentes estrategias de control, en ocasiones de forma combinada, dentro de las bases de la gestión integrada de plagas (GIP) (Urbaneja y col., 2012). En el presente artículo se resumen las diferentes herramientas disponibles para mejorar la gestión integrada de *A. aurantii* haciendo hincapié en diversos aspectos de la biología y ecología de los parasitoides del género *Aphytis* poco conocidos.

## Gestión integrada de *A. aurantii*

La GIP es una estrategia de control que consiste básicamente en la aplicación racional de una combinación de medidas biológicas, biotecnológicas, químicas, de cultivo o de selección de vegetales, de modo que la utilización de productos fitosanitarios se limite al mínimo necesario (Urbaneja y col., 2012). Estas medidas de control se deben combinar de forma inteligente, con el fin de mantener los niveles poblacionales de los fitófagos plaga por debajo de sus umbrales económicos de daños (UED) (MAGRAMA, 2014).

Gestión integrada de <i>A. aurantii</i>	
Biorracional	Técnica de confusión sexual establecida para <i>A. aurantii</i> (Vacas y col., 2009; 2010).
Cultural	Poda de los árboles con el fin de mejorar la aireación dentro de la copa, incrementándose así la mortalidad de los estadios jóvenes en verano.
Control biológico aumentativo	Sueltas masivas de <i>A. melinus</i> (Urbaneja y col., 2012; Tena y col., 2015).
Control biológico por conservación	Mejora del estado nutricional del parasitoide (Tena y col., 2013, 2015). Conservación de depredadores (Bouvet y col., 2019).
Control químico / CB por conservación	Tratamiento con insecticidas selectivos con un reducido impacto sobre enemigos naturales como son aquellos autorizados en los Programas de Protección integrada: aceite parafínico y spirotetramad (RD 1201/2002; DOCV 8046/23.05/2017; Urbaneja y col., 2012; Vanaclocha y col., 2013).

Tabla 1. Resumen de estrategias recomendadas para la gestión integrada de *A. aurantii*.

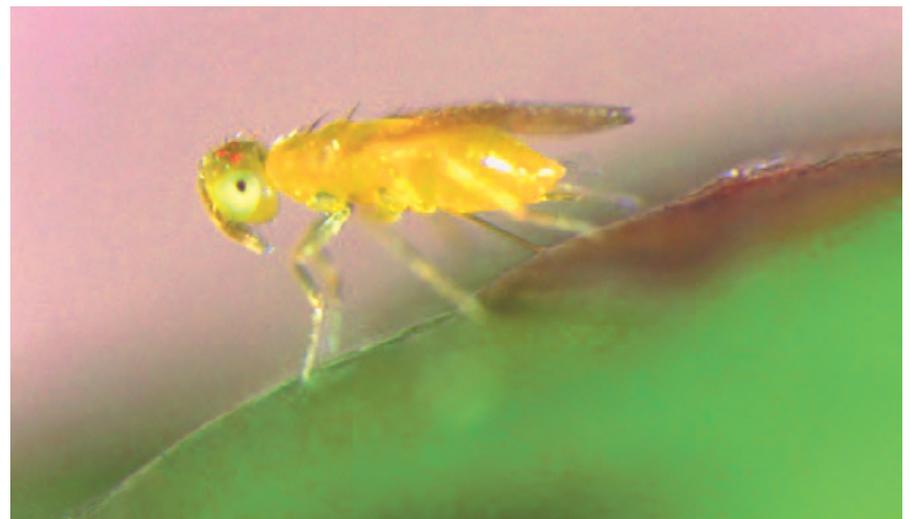


Figura 2. Hembra adulta de *A. melinus* parasitando a *A. aurantii*.

Durante la última década, desde la Administración, empresas privadas y en especial desde centros de investigación, se ha estado realizando un amplio y exhaustivo trabajo con el fin de conseguir una gestión eficaz de *A. aurantii*. Estos estudios han profundizado en varios campos del control de plagas, que abarcan desde la combinación de nuevas materias activas respetuosas con los enemigos naturales (Urbaneja y col., 2012; Vanaclocha y col., 2013), el desarrollo de métodos de control biorracionales como la técnica de confusión sexual

(Vacas y col., 2009; 2010) y la mejora en el control biológico de la plaga (Pina, 2007; Pekas, 2010; Sorribas, 2011; Vanaclocha, 2012; Tena y col., 2015, 2016; Cebolla, 2018).

Actualmente, considerando estos avances, se ha conseguido una gestión integrada eficaz de esta especie en los cítricos españoles en la que el control biológico (CB) ha adquirido una gran importancia (Tabla 1). De hecho, en los cultivos cítricos ecológicos donde no se utilizan insecticidas, los enemigos naturales son capaces de mante-

# transferencia tecnológica

| cítricos |

ner las poblaciones de *A. aurantii* en niveles bajos (Urbaneja y col., 2012) y solo se utilizan los aceites minerales cuando se superan los Umbrales Económicos de Daños (Reglamento (UE) N°354/2014; Urbaneja y col., 2012).

## Control biológico de *A. aurantii*

Tal como se ha mencionado con anterioridad, los parasitoides del género *Aphytis* se encuentran entre los principales enemigos naturales de *A. aurantii*, siendo muy abundantes en la cuenca mediterránea el nativo *Aphytis chrysomphali* (Mercet) y el introducido y naturalizado *A. melinus*. En las zonas del sur de la península ibérica, *A. melinus* ha desplazado completamente al nativo *A. chrysomphali*, mientras que en el noreste ambos parasitoides coexisten (Boyero y col., 2014).

Ambos parasitoides ejercen un CB natural sobre *A. aurantii*. Además, en aquellas parcelas donde se producen desequilibrios en las poblaciones de la plaga y sus enemigos naturales, se puede realizar un CB aumentativo con sueltas masivas de *A. melinus*, que está disponible comercialmente, y un CB por conservación a través de la utilización de productos fitosanitarios respetuosos con los *Aphytis*, así como la mejora de su estado nutricional mediante la incorporación de fuentes de alimentación alternativa.

Trabajos recientes desarrollados en el IVIA (Bouvet y col., 2019) han revalorizado el papel de los depredadores en la regulación de las poblaciones de *A. aurantii*. En estos trabajos se demuestra que muchos depredadores generalistas son capaces de alimentarse de *A. aurantii* y contribuyen de manera muy importante al control de la plaga. Los depredadores más comunes de *A. aurantii* descritos en éste y otros trabajos son *Pilophorus cf. gallicus* Remane (Hemiptera: Miridae), *Rhyzobius lophanthae* Blaisdell (Coleoptera: Coccinellidae), *Semidalis aleyrodi-formis* (Stephens) (Neuroptera: Coniopterygidae), *Scymnus interruptus* Goeze (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae). Algunos de estos depredadores, se alimentan de aquellos estadios no parasitables por *Aphytis* por lo que ejercen un control biológico complementario.



Figura 3. Hembra adulta de *A. melinus* alimentándose de *A. aurantii* tras realizar una picadura alimenticia.

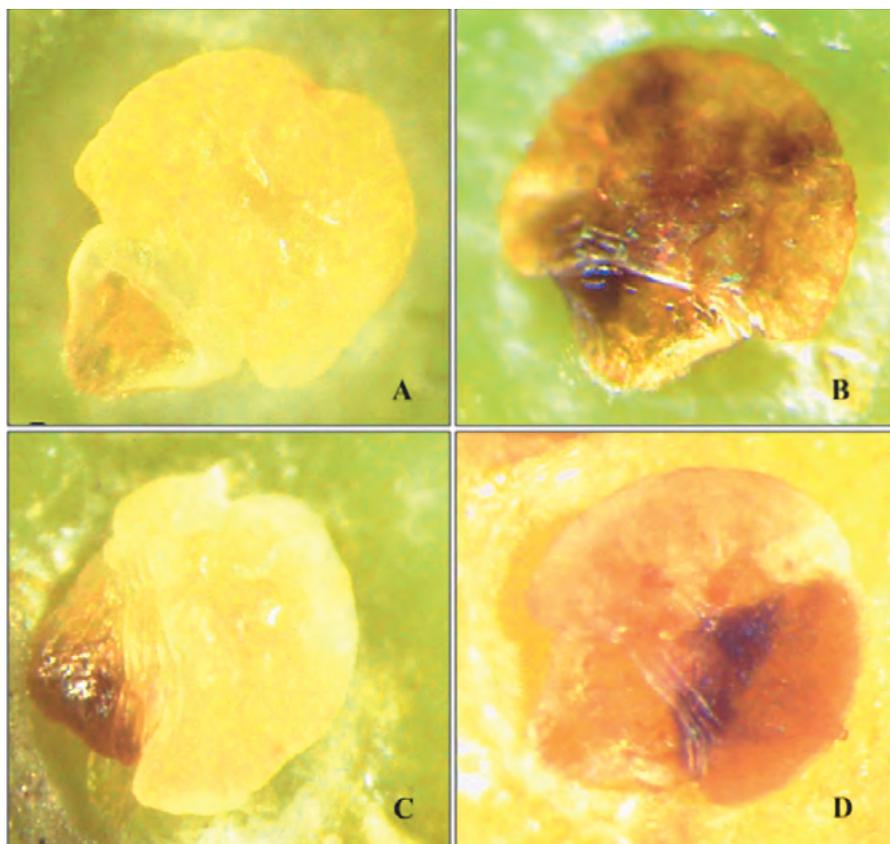


Figura 4. Cuerpo de *Aonidiella aurantii* cuando está: A) viva y sana; B) muerta a causa de picaduras de alimentación; C) viva y D) muerta tres días después de haber sufrido picaduras de prueba por los parasitoides del género *Aphytis*.

## Eficacia de los parasitoides del género *Aphytis* como agentes de control biológico de *A. aurantii*

Hasta la fecha se conocía que la acción beneficiosa de los parasitoides del género *Aphytis* residía en la parasitación (Figura 2) y las picaduras alimenticias (Figura 3) que las hembras

de los parasitoides realizan sobre las ninfas de *A. aurantii* (Luck y col., 1982; Rosenheim y Rosen, 1991; Murdoch y col., 1992; Godfray, 1994). Ambos comportamientos desencadenan la muerte de *A. aurantii*. Recientemente, se ha podido determinar que los parasitoides *A. melinus* y *A. chrysomphali* también matan a las ninfas de *A. aurantii*

Feromona para el control  
mediante confusión sexual  
de Piojo Rojo de California  
*Aonidiella aurantii* (Maskell)

# MASSLURE® AoAu

LA TÉCNICA  
BIORRACIONAL  
QUE EVOLUCIONA  
Eficaz, respetuosa  
con el entorno  
y sin residuos

COMERCIAL QUÍMICA MASSÓ, S.A.  
Viladomat, 321 5° - 08029 Barcelona  
Tel. 93 495 25 00 - Fax 93 495 25 02  
masso@cqm.es  
[www.massogro.com](http://www.massogro.com)



cuando introducen el ovipositor en el huésped y posteriormente lo rechazan sin llegar a parasitarlo o sin realizar picaduras de alimentación (Cebolla y col., 2017c). Este comportamiento se conoce como picaduras de prueba.

En el trabajo se destaca la alta frecuencia de las picaduras de prueba, pues se observó que alrededor de un 30% de las ninfas eran rechazadas tras la picadura. Este comportamiento fue incluso más común que las picaduras de alimentación. La mayoría de las ninfas de segundo estadio (95%) y alrededor del 50% de las ninfas de tercer estadio de *A. aurantii* murieron al ser picadas (Figura 4). Nuestros resultados también mostraron que *A. melinus* fue más agresivo que *A. chrysomphali*, ya que el primero mató más individuos de *A. aurantii* y, además, fue capaz de reducir la descendencia de las hembras que sobrevivieron a las picaduras de prueba (Figura 5). Dicho todo esto, estos resultados recalcan que este comportamiento debería ser considerado al evaluar la eficacia de los parasitoides como agentes de control biológico de *A. aurantii* ya que los efectos letales y sub-letales que ocasionan afectan directamente en la regulación de las poblaciones de *A. aurantii*.

## Efecto de la competencia entre parasitoides y del cambio climático en el control biológico de *A. aurantii*

El calentamiento global puede poner en jaque el equilibrio que algunas especies de enemigos naturales ejercen sobre sus huéspedes plaga. Trabajos recientes desarrollados en el IVIA han analizado cómo la competencia entre los parasitoides *A. chrysomphali* y *A. melinus* y el cambio climático puede afectar al control biológico de *A. aurantii* (Cebolla y col. 2017a,b; Cebolla y col. 2018). La coexistencia de varias especies de parasitoides es, por lo general, beneficiosa y sinérgica para el control biológico cuando las especies atacan a estadios diferentes de la plaga o atacan a la plaga en órganos diferentes de la planta. En nuestros estudios se ha observado que la acción de *A. melinus* y *A. chrysomphali* es sinérgica; es decir, la presencia de

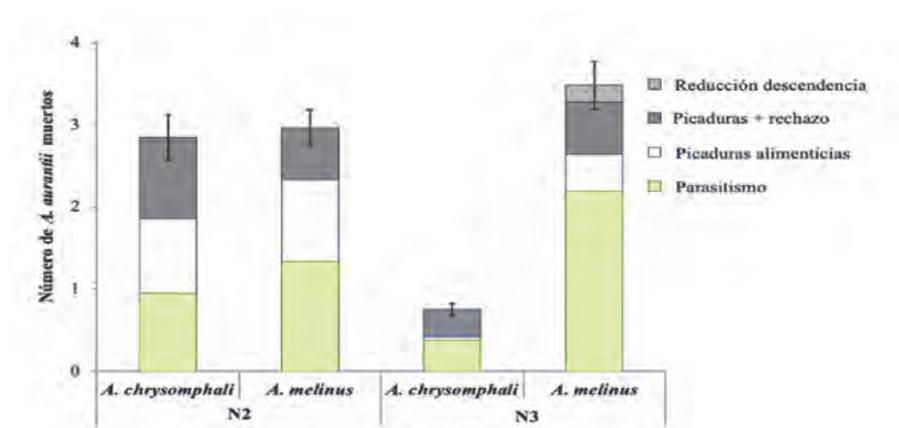


Figura 5. Número medio de ninfas de segundo (N2) y tercer estadio (N3) de *Aonidiella aurantii* muertas ( $\pm$ SE) debido a las picaduras de prueba, picaduras de alimentación y parasitismo de los parasitoides *A. melinus* y *A. chrysomphali* (Adaptado de Cebolla y col., 2017c).

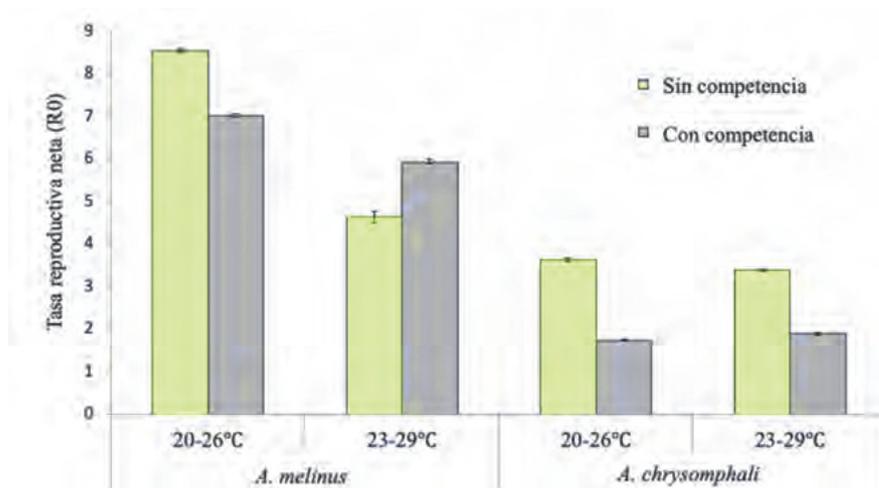


Figura 6. Tasa reproductiva neta (R0) de los parasitoides *Aphytis melinus* y *A. chrysomphali* a la temperatura media actual (20-26°C, noche-día) y a la temperatura estimada por el IPCC (23-29°C, noche-día), con y sin competencia (Adaptado de Cebolla y col., 2018).

ambos puede aumentar el control de plaga, porque actúan sobre estadios diferentes de *A. aurantii*. Estos estudios también han revelado algunos de los mecanismos que explican porque *A. melinus* es un parasitoide más eficaz que *A. chrysomphali*: parasita y realiza más picaduras de alimentación y de prueba que *A. chrysomphali* tanto cuando interactúa con *A. chrysomphali* como cuando lo hace en solitario.

Por otra parte, nuestros resultados muestran que el calentamiento global disminuirá la eficacia de *A. melinus* como agente de control biológico de *A. aurantii*. Cebolla y col. (2018) evaluó la eficacia tanto de *A. melinus* como de *A. chrysomphali* teniendo en cuenta que se espera un aumento de 3°C en la temperatura media de verano para finales del si-

glo XXI debido al calentamiento global (IPCC, 2014) y concluyeron que el aumento de la temperatura en verano disminuirá la tasa reproductiva neta de *A. melinus* a la mitad (Figura 6). Esta reducción se debe principalmente a la disminución de la proporción de hembras en la descendencia de *A. melinus* con el aumento de temperaturas. Por otro lado, cabe recalcar que la competencia, es decir la presencia de *A. chrysomphali*, puede mitigar este efecto negativo de las temperaturas sobre las poblaciones de *A. melinus* porque las hembras de *A. melinus* tienden a poner más hembras cuando compiten con *A. chrysomphali*. En general, nuestros resultados remarcan la importancia de considerar la competencia entre enemigos naturales para predecir las consecuencias del cambio climático en el control biológico de *A. aurantii*.

## Epílogo

El control de *A. aurantii* en España ha cambiado significativamente en la última década. Se ha pasado de un control basado en la utilización de organofosforados y reguladores del crecimiento, en general poco respetuosos con los enemigos naturales,

a una gestión que integra diferentes estrategias entre las que destaca el control biológico. Nuestros últimos resultados muestran i) una nueva causa de mortalidad en las poblaciones de *A. aurantii*, las picaduras de prueba de los parasitoides del género *Aphytis*; ii) el incremento del con-

trol biológico de *A. aurantii* al actuar *A. melinus* y *A. chrysomphali* en sinergia utilizando estadios diferentes de su huésped y, iii) la mitigación del efecto negativo del calentamiento global sobre el control biológico de *A. aurantii* cuando ambas especies de parasitoides compiten.

## Bibliografía

- ! Bouvet, J.P.R., Urbaneja, A., Pérez-Hedo, M. y Monzó, C. (2019). Contribution of predation to the biological control of a key herbivorous pest in citrus agroecosystems. *Journal of Animal Ecology*, En imprenta.
- Boyero, J.R., Vela, J.M., Wong, E., Garcia-Ripoll, C., Verdú, M.J., Urbaneja, A. y Vanaclocha, P. 2014. Displacement of *Aphytis chrysomphali* by *Aphytis melinus*, parasitoids of the Californian red scale, in the Iberian Peninsula. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 12: 244-251.
- Cebolla Sos, R. 2018. Effect of competition between *Aphytis chrysomphali* (Mercet) and *A. melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae), on their coexistence and efficacy as biological control agents of *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae). Tesis doctoral, Universidad Jaume I de Castelló, Spain.
- Cebolla, R., Bru, P., Urbaneja, A. y Tena, A., 2017a. Does host quality dictate the outcome of interference competition between sympatric parasitoids? Effects on their coexistence. *Animal Behaviour*, 127: 75–81.
- Cebolla, R., Bru, P., Urbaneja, A. y Tena, A., 2017b. Effect of host instar on host discrimination of heterospecific-parasitised hosts by sympatric parasitoids. *Ecological Entomology*, 432: 137–145.
- Cebolla, R., Urbaneja, A., van Baaren, J. y Tena, A. 2018. Negative effect of global warming on biological control is mitigated by direct competition between sympatric parasitoids. *Biological Control*, 122, 60–66.
- Cebolla, R., Vanaclocha, P., Urbaneja, A. y Tena, A., 2017c. Overstinging by hymenoptera parasitoids causes mutilation and surplus killing of hosts. *Journal of Pest Science*, 91: 327–339.
- Godfray, H.C.J., 1994. Parasitoids. Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton University Press. Princeton, New Jersey.
- IPCC, 2014. Climate Change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the Fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Core Writing Team, R.K. Pachauri y L.A. Meyer.
- Jacas, J.A. y Urbaneja, A., 2010. Biological control in citrus in Spain: from classical to conservation biological control. *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases* (ed. by Ciancio, A. y Mukerji, K.G), pp 61–72. Springer, The Netherlands.
- Luck, R.F., Podoler, H y Kfir, R. 1982. Host selection and egg allocation behavior by *Aphytis melinus* and *A. lingnanensis*: Comparison of two facultatively gregarious parasitoids. *Ecological Entomology*, 7: 397–408.
- Magrama (2014) Guía de Gestión Integrada para el cultivo de los cítricos. [http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/GUIACITRICOS\\_tcm7-348110.pdf](http://www.mapama.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/GUIACITRICOS_tcm7-348110.pdf). Última visita 2 Feb 2019
- Murdoch, W. W., Briggs, C. J., y Swarbrick, S., 2005. Host suppression and stability in a parasitoid-host system: experimental demonstration. *Science*, 309: 610–613
- Murdoch, W.W., Nisbet, R.M., Luck, R.F., Godfray, H.C.J. y Gurney, W.S.C. 1992. Size-selective sex-allocation and host feeding in a parasitoid-host model. *Journal of Animal Ecology*, 61: 533–541.
- Pekas, A., 2010. Factors affecting the biological control of California red scale *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae) by *Aphytis* (Hymenoptera: Aphelinidae) in eastern Spain citrus: host size, ant activity, and adult parasitoid food sources. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, València, Spain.
- Pina, T., 2007. Control biológico del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) y estrategias reproductivas de su principal enemigo natural *Aphytis chrysomphali* (Mercet) (Hymenoptera : Aphelinidae). Tesis doctoral, Universidad de València, València, Spain.
- Rosenheim, J.A. y Rosen, D., 1991. Foraging and oviposition decisions in the parasitoid *Aphytis lingnanensis*: distinguishing the influences of egg load and experience. *Journal of Animal Ecology*, 60: 873–893.
- Sorribas, J., 2011. Biological control of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae): spatial and temporal distribution of natural enemies, parasitism levels and climate effects. Tesis doctoral, Universitat Politècnica de València, València, Spain.
- Tena, A. y Garcia-Marí, F., 2011. Current situation of citrus pests and diseases in the Mediterranean Basin. *IOBC/WPRS Bulletin*, 62: 365–378

- Tena, A., Llácer, E. y Urbaneja, A., 2013. Biological control of a non-honeydew producer mediated by a distinct hierarchy of honeydew quality. *Biological Control*, 67: 117–122.
- Tena, A., Pekas, A., Cano, D., Wäckers, F.L. y Urbaneja, A., 2015. Sugar provisioning maximizes the biocontrol service of parasitoids. *Journal of Applied Ecology*, 52: 795–804.
- Tena, A., Wäckers, F.L., Heimpel, G.E., Urbaneja, A. y Pekas, A., 2016. Parasitoid nutritional ecology in a community context: the importance of honeydew and implications for biological control. *Current Opinion in Insect Science*, 14: 100–104.
- Urbaneja, A., Catalán, J., Tena, A. y Jacas, J.A., 2012. Gestión Integrada de Plagas de Cítricos. IVIA, <http://gipcitricos.ivia.es>. Última visita 5 Feb 2019.
- Urbaneja, A., Ripollés, J.L., Abad, R., Calvo, J., Vanaclocha, P., Tortosa, D., Jacas, J.A. y Castañera, P. 2005. Importancia de los artrópodos depredadores de insectos y ácaros en España. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 31: 209–223.
- Vacas, S., Alfaro, C., Navarro-Llopis, V. y Primo, J., 2010. Mating disruption of California red scale, *Aonidiella aurantii* Maskell (Homoptera: Diaspididae), using biodegradable mesoporous pheromone dispensers. *Pest Management Science*, 66: 745–751.
- Vacas, S., Alfaro, C., Navarro-Llopis, V. y Primo, J., 2009. The first account of the mating disruption technique for the control of California red scale *Aonidiella aurantii* Maskell (Homoptera: Diaspididae) using new biodegradable dispensers. *Bulletin of Entomological Research*, 99: 415–423.
- Vacas, S., Vanaclocha, P., Alfaro, C., Primo, J., Verdú, M.J., Urbaneja, A. y Navarro-Llopis, V. 2012. Mating disruption for the control of *Aonidiella aurantii* Maskell (Hemiptera: Diaspididae) may contribute to increased effectiveness of natural enemies. *Pest Management Science*, 68:142–148.
- Vanaclocha, P., 2012. Gestión integrada del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae): Mejora de su control biológico. Dissertation, Universitat Jaume I, Castellón.
- Vanaclocha, P., Vacas, S., Alfaro, C., Primo, J., Verdú, M.J., Navarro-Llopis, V. y Urbaneja, A., 2012. Life history parameters and scale-cover surface area of *Aonidiella aurantii* are altered in a mating disruption environment: Implications for biological control. *Pest Management Science*, 68: 1092–1097
- Vanaclocha, P., Vidal-Quist, C., Oheix, S., Montón, H., Planes, L., Catalán, J., Tena, A., Verdú, M.J. y Urbaneja, A. 2013. Acute toxicity in laboratory tests of fresh and aged residues of pesticides used in citrus on the parasitoid *Aphytis melinus*. *Journal of Pest Science*, 86:329–336.