



La gestión de plagas y la importancia de las nuevas aproximaciones biológicas y tecnológicas

*Alberto Urbaneja, Meritxell Pérez Hedro, Francisco Beitia,
César Monzó, Josep A. Jaques y Alejandro Tena*
Unidad Asociada de Entomología Agrícola (UJI-IVIA)

Vicente Navarro-Llopis
Ecología Química Agrícola-Instituto Agroforestal del Mediterráneo (UPV)

1. Análisis de la situación actual

La citricultura española está orientada principalmente al consumo en fresco y a la exportación. Este tipo de producción requiere unos estándares de calidad muy altos, tanto organolépticos como estéticos. La exigencia de calidad estética modula y dificulta la gestión de plagas que afectan a los cítricos españoles (Jacas y Urbaneja, 2010). Sin embargo, el factor más importante y positivo en la gestión de plagas de nuestros cítricos es la ausencia de las graves enfermedades que limitan la producción de cítricos en otros países como son: el *huanglongbing* o *greening* (HLB), la clorosis variegada de los cítricos (CVC) o el chancro de los cítricos (*citrus canker* CBC).

Esta ausencia de enfermedades graves se debe tanto a la calidad del material vegetal inicial, que se conserva mediante el programa de certificación, como a los controles del movimiento interior de las plantas y de los frutos, y en las fronteras de la Unión Europea. Gracias a ello, en España y en Europa se controlan las plagas de cítricos con un menor uso de tratamientos, en comparación con las áreas productivas en las que estas enfermedades están presentes.

Paralelamente, la presión social ha influido en la reducción de materias activas y el desarrollo de programas de gestión de plagas basados en la conservación de enemigos naturales (MAGRAMA, 2014).



Como en muchas otras zonas cítricas, el mayor riesgo para los cítricos en España es la introducción de plagas exóticas (Jacas y Urbaneja, 2010). Desgraciadamente, este proceso se intensifica con el cambio climático y el aumento del comercio internacional. Más de 80 especies de artrópodos se introdujeron y establecieron en España entre 1965 y 2010 (Peña, 2013). Nuestra citricultura no es una excepción a esta amenaza. En los últimos doce años se ha aclimatado una nueva plaga exótica o emergente cada 2-3 años.

Desde principios del siglo XX, la respuesta a estas introducciones ha sido generalmente la importación y adaptación de agentes de control biológico desde el lugar de origen de la plaga, que han resultado ser clave en su regulación (Tabla 1) (Jacas *et al.*, 2006). Las importaciones de *Rodolia cardinalis*, *Cales noacki*, *Encarsia herndoni* o *Citrostichus phyllocnistoides* son ejemplos de la alta eficacia alcanzada con estos programas (Figura 1).

Muchos de los enemigos naturales se han establecido en nuestras condiciones agroecológicas y actualmente son esenciales en el control de las poblaciones plaga. A consecuencia de ello se ha producido una situación de cierto equilibrio, que permite que la citricultura española goce de una mayor sanidad que la de cualquier otra área productora.

Se han citado más de 100 fitófagos en la citricultura española, de los cuales hoy en día tan solo unos 20 pueden alcanzar la categoría de plaga (Tena y Garcia-Marí, 2011; Urbaneja *et al.*, 2009 y 2015) (Tabla 2). De estos últimos, la mayoría se encuentran bajo un control biológico natural excelente, raramente sobrepasan el umbral de tratamiento y se consideran plagas ocasionales o secundarias. Por otra parte, existe un grupo de plagas que sobrepasan su umbral económico de daños (UED) todas las campañas. La gestión de las mismas en la citricultura actual consiste en mantener estas especies, consideradas como plagas clave, por debajo de sus respectivos UED sin que los métodos de control utilizados afecten a los enemigos naturales que regulan las poblaciones de las ocasionales o secundarias.

Hasta hace pocos años, el método de control más utilizado frente a las plagas clave ha sido el uso de insecticidas químicos de síntesis. Para conseguir una buena eficacia y selectividad en el control con estos productos es muy importante ajustar el momento de tratamiento y la elección del formulado adecuado y, al mismo tiempo, evitar así posibles desequilibrios en el control biológico (Urbaneja *et al.*, 2019). La mayor parte de plaguicidas autorizados en cítricos poseen un buen perfil de selectividad frente a fauna útil (p. ej.: *Bacillus thuringiensis*, spirotetramat, spirodiclofen, hexitiazox, aceite mineral o spinosad) o una residualidad baja (aceite mineral, abamectina). Sin embargo, para ocasiones excepcionales, está permitido el uso de algún producto no selectivo (Tabla 3). La importancia que el control biológico tiene en nuestros cítricos hace que a día de hoy no sea factible la inclusión de plaguicidas de amplio espectro.



Tabla 1.
 Programas de control biológico clásico desarrollados en los cítricos españoles

Plaga	Año	Enemigo natural	Establecimiento	Éxito
<i>Diaspididae</i>	1908	<i>Rhyzobius lophantae</i>	Sí	P
<i>Chrysomphalus dictyospermi</i>	1936	<i>Comperiella bifasciata</i>	No	-
<i>Icerya purchasi</i>	1922	<i>Rodolia cardinalis</i>	Sí	C
	1987	<i>Cryptochaetum iceryae</i>	No	-
	< 1921	<i>Microterys nietneri</i>	No	-
<i>Saissetia oleae</i>	< 1971	<i>Metaphycus helvolus</i>	Sí	P
	< 1978	<i>Metaphycus lounsburyi</i>	Sí	P
<i>Planococcus citri</i>	1927	<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	Sí	P
	1977	<i>Leptomastix dactylopii</i>	Sí	P
<i>Ceratitis capitata</i>	1931	<i>Diachasma fullawayi</i>	No	-
		<i>Diachasmimorpha tryoni</i>	No	-
		<i>Psytalia incisi</i>	No	-
	1960	<i>Tetrastichus giffardianus</i>	Sí ^a	No
	2015	<i>Diachasmimorpha longicaudata</i>	No ^b	-
<i>Cornuaspis beckii</i>	1970	<i>Aphytis lepidosaphes</i>	Sí	P
<i>Aleurothrixus floccosus</i>	1970	<i>Cales noacki</i>	Sí	S
		<i>Amitus spiniferus</i>	Sí	P
	1971	<i>Amitus spiniferus</i>	Sí	P
<i>Aonidiella aurantii</i>	1971	<i>Encarsia perniciosi</i>	Sí	P
	1976	<i>Aphytis lingnanensis</i>	Sí	P
		<i>Aphytis melinus</i>	Sí	P
	2000	<i>Comperiella bifasciata</i>	No	-
	<i>Aphis gossypii</i>	1976	<i>Lysiphlebus testaceipes</i>	Sí
<i>Insulaspis gloverii</i>	1979	<i>Encarsia herndoni</i>	Sí	C
<i>Parabemisia myricae</i>	1982	<i>Eretmocerus debachi</i>	Sí	S
<i>Tetranychus urticae</i>	1985	<i>Galendromus occidentalis</i>	No	-
<i>Dialeurodes citri</i>	1992	<i>Encarsia lahorensis</i>	No	-
<i>Aleyrodidae</i>	< 2001	<i>Encarsia strenua</i>	Sí	P
		<i>Ageniaspis citricola</i>	Sí ^a	C
	1995	<i>Cirrospilus ingenuus</i>	No	-
		<i>Semialacher petiolatus</i>	Sí	P
		<i>Quadrastichus citrella</i>	No	-
1997	<i>Galeopsomyia fausta</i>	No	-	
1999	<i>Citrostichus phyllocnistoides</i>	Yes	S	
<i>Trioza erytrae</i>	2019	<i>Tamarixia dryi</i>	Sí ^{a,b}	S ^a
<i>Delotococcus aberiae</i>	2019	<i>Anagyrus aberiae</i>	No ^b	-

P: parcial; S: sustancial; C: completo.

^a Programa en ejecución en las Islas Canarias.

^b Programa en ejecución en la península ibérica.



Figura 1. Adulto de *Citrostichus phyllocnistoides* parasitando una larva de tercer estadio del minador de las hojas de los cítricos *Phyllocnistis citrella*



Fuente: IMA.

Tabla 2. Principales plagas de cítricos en España, en orden de importancia económica decreciente*

Plagas clave	Plagas ocasionales	Plagas secundarias
<i>Ceratitis capitata</i>	<i>Aspidiotus nerii</i> ^(c)	<i>Saissetia oleae</i>
<i>Aonidiella aurantii</i>	<i>Aphis gossypii</i> ^(b)	<i>Toxoptera aurantii</i>
<i>Chaetanaphothrips orchidii</i> ^(a)	<i>Planococcus citri</i>	<i>Chrysomphalus dyctiospermi</i>
<i>Delotococcus aberiae</i> ^(a)	<i>Phyllocnistis citrella</i>	<i>Ectomyelois ceratoniae</i> ^(d)
<i>Aphis spiraecola</i> ^(b)	<i>Aceria sheldoni</i> ^(c)	<i>Cacoecimorpha pronubana</i>
<i>Tetranychus urticae</i> ^(b)	<i>Paraleyrodes minei</i>	<i>Icerya purchasi</i>
<i>Pezothrips kellyanus</i>	<i>Lepidosaphes beckii</i>	
<i>Prays citri</i> ^(c)	<i>Parlatoria pergandei</i>	
	<i>Aleurothrix floccosus</i>	
	<i>Ceroplastes sinensis</i>	
	<i>Coccus hesperidum</i>	
	<i>Panonychus citri</i>	
	<i>Eutetranychus banksii</i>	
	<i>Eutetranychus orientalis</i>	

* Plagas clave: sus poblaciones exceden cada campaña el nivel económico de daño (UED); Plagas ocasionales: el UED se supera cada 2-4 años; Plagas secundarias: el UED rara vez se supera. Dentro de cada grupo, las plagas están ordenadas por importancia (de arriba a abajo).

^a Solo presente en el levante español.

^b Principalmente en mandarinas.

^c Principalmente en limones.

^d Principalmente en naranjas 'Navel'.



Tabla 3.
Plaguicidas más comunes utilizados en cítricos en España y su toxicidad en depredadores, parasitoides y ácaros fitoseidos

Materia activa	Depredadores	Parasitoides	Fitoseidos
Abamectina	Moderado	Moderado	Moderado
Aceite parafínico	Bajo	Bajo-Moderado	Bajo
Acetamiprid	Moderado-Alto	Moderado-Alto	Moderado-Alto
Acquinocil	Bajo	Bajo	Bajo
Azadiractin	Bajo	Bajo-Moderado	Bajo
Bacillus	Bajo	Bajo	Bajo
Clofentezin	Bajo	Bajo	Bajo
Clorantraniliprol	Bajo	Bajo	Bajo
Deltametrin	Moderado-Alto	Alto	Alto
Etofenprox	Alto	Alto	Alto
Etoxazol	Bajo	Bajo	Moderado
Fenpiroximato	Bajo	Alto	Alto
Flonicamid	Bajo	Bajo	Bajo
Fosmet	Alto	Alto	Bajo-Moderado
Hexitiazox	Bajo	Bajo	Bajo
Lambda cihalotrin	Bajo	Alto	Alto
Lufenuron (trampas)	Moderado	Bajo	Bajo
Metilclorpirifos	Bajo	Moderado	Moderado
Pimetrozina	Bajo-Moderado	Bajo	Bajo
Piridaben	Moderado	Moderado	Alto
Pirimicarb	Bajo-Moderado	Bajo	Bajo
Piriproxifen	Alto	Bajo	Bajo
Spinosad (cebo)	Bajo	Moderado-Alto	Bajo
Spirodiclofen	Bajo-Moderado	Bajo	Bajo
Spirotetramat	Bajo-Moderado	Bajo	Bajo-Moderado
Sulfoxaflor	Bajo-Moderado	Bajo-Moderado	Moderado
Tau-fluvalinato	Moderado-Alto	Moderado	Alto
Tebufenpirad	Bajo	Moderado	Moderado
Tiametoxam	Alto	Moderado	Alto

Por todo ello, en los últimos años se están incorporando nuevos métodos de control alternativos a los plaguicidas y que, sin lugar a duda, serán una pieza clave en la gestión de plagas de cítricos en el futuro.



2. Escenarios futuros

2.1. El auge del control biológico

El control biológico es el pilar en que se basa la gestión de plagas de cítricos y, sin lugar a duda, va a continuar siendo la principal estrategia de gestión tanto por el bajo coste que tiene para el productor como por los grandes beneficios que conlleva. A continuación, se describen las tres estrategias que actualmente se emplean:

- El *control biológico clásico* consiste en la introducción intencionada de un enemigo natural exótico (generalmente desde la zona de origen de la plaga) para su establecimiento y control de la plaga a largo plazo. En la actualidad, esta estrategia vuelve a tomar protagonismo en la citricultura española, tras comprobar la ineficacia de los enemigos naturales autóctonos sobre dos de las últimas plagas exóticas que han colonizado los cítricos españoles, el psílido *Trioza erytraeae* y el cotonet *Delottococcus aberiae* (Figura 2 y 3) (Tena *et al.*, 2017 y Pérez-Rodríguez *et al.*, 2019). A día de hoy existen dos proyectos de control biológico clásico que se espera den sus frutos en los próximos años.

Figura 2.

Daños característicos en hojas causado por la infestación de ninfas de *Trioza erytraeae*



Figura 3.

Fruto infestado por ninfas del cotonet *Delottococcus aberiae*



Fuente: IVA.

- El *control biológico por conservación* se refiere a la gestión del agroecosistema mediante prácticas culturales, con el fin de proteger y aumentar las poblaciones y la funcionalidad de los enemigos naturales u otros organismos existentes para reducir el efecto de las plagas. El agroecosistema de cítricos posee un rico complejo de agentes de control biológico al cual tradicionalmente se le atribuía una función reguladora de las poblaciones de numerosas especies de fitófagos asociadas al cultivo (tanto plagas secundarias como ocasionales) (Urbaneja *et al.*, 2015). Sin embargo, hasta

la fecha, la importancia de este complejo apenas se había estudiado y su contribución al control biológico de las denominadas plagas clave era considerada marginal. En los últimos años, se ha demostrado cómo la acción del complejo de depredadores polípagos asociados a cítricos es uno de los principales factores de mortalidad de plagas clave en el piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* o los pulgones *Aphis gossypii* y *Aphis spiraecola*. La utilización de marcadores moleculares ha permitido demostrar el control que ejercen los depredadores generalistas sobre las plagas clave de cítricos. Un ejemplo claro de esto es la reciente revalorización del mirido autóctono *Pilophorus cf. gallicus* como agente de control biológico de pulgones y piojo rojo (Figura 4). Además, se ha observado que las relaciones tróficas entre enemigos naturales y plagas clave de cítricos son altamente complejas, de manera que el grado de control biológico sobre una de ellas repercute directamente en el que se da en las otras. Por ello, la conservación y gestión de estos complejos entramados tróficos del agroecosistema de cítricos va a ser uno de los pilares de las futuras estrategias de gestión de las plagas de este cultivo.

Figura 4.

Adulto de *Pilophorus cf. gallicus*



Fuente: IVIA.

- El *control biológico aumentativo* consiste en liberaciones intencionadas de enemigos naturales que, en el caso del inoculativo, tiene como objetivo que se multiplique y controle la plaga durante un periodo de tiempo determinado, pero no permanente (a diferencia del control biológico clásico) y, en el caso del inundativo, que controlen la plaga por ellos mismos sin llegar a multiplicarse. La experiencia adquirida en la última década con liberaciones inoculativas ha demostrado que este tipo de control biológico funciona bien cuando las densidades poblacionales de las plagas diana son bajas e incluso en actuaciones preventivas. Pero cuando dichas densidades son elevadas se recomienda realizar un tratamiento específico sobre la plaga diana y posteriormente la suelta de los enemigos naturales. En la Tabla 4 se muestran las especies más utilizados en la actualidad. Es previsible que el uso del control biológico aumentativo crezca en los próximos años y, sobre todo, con el uso de microorganismos entomopatógenos.



Tabla 4.
Agentes de control biológico utilizados en estrategias inoculativas en campos y viveros cítricos

Enemigo natural	Plaga diana	Estrategia
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	<i>Planococcus citri</i>	Recomendado para el control de focos que suelen aparecer a partir de agosto a una dosis de unos 20-50 individuos/árbol.
<i>Anagyrus pseudococci</i>	<i>Planococcus citri</i>	La dosis de suelta oscila entre 2.000-4.000 individuos/ha, dependiendo del nivel de infestación ^a : <ul style="list-style-type: none"> • Abril-mayo: liberaciones de 500-1.000 individuos/ha, según histórico de plagas. • Junio-julio: liberaciones entre 1.000-2.000 individuos/ha. • Agosto-septiembre: evaluar los posibles repuntes de plaga y, en caso de ser necesario, reforzar con otros 500-1.000 individuos/ha.
<i>Aphytis melinus</i>	<i>Aonidiella aurantii</i>	Las dosis usadas comercialmente están entre 150.000-250.000 desde abril hasta octubre-noviembre. En las épocas de más temperatura se intenta reducir dosis o distanciar las sueltas ^b . Muy importante mantener la madera sin presencia de escudos.
<i>Neoseiulus californicus</i>	<i>Panonychus citri</i>	En viveros, liberación en focos a razón de 2 a 5 individuos por plantón infestado ^b .
<i>Phytoseiulus persimilis</i>	<i>Tetranychus urticae</i>	En vivero, liberación desde la aparición de los primeros focos, de 2-5 <i>P. persimilis</i> /m ² de vivero. Se repiten las sueltas cada 2 semanas hasta control o reintroducción de nuevo material vegetal.
<i>Neoseiulus californicus</i>	<i>Tetranychus urticae</i>	En vivero también se pueden soltar de forma preventiva <i>N. californicus</i> a razón de 1 sobre/5 m ² , sobre todo si hay presencia de <i>P. citri</i> . En campo se recomienda liberar entre 50.000 y 75.000 individuos de <i>N. californicus</i> . Se realizan 2-3 sueltas con esta dosis repartidas entre marzo y junio (buscando humedades altas) y entre septiembre y octubre ^b . La suelta se realiza en sobres. Muy importante vigilar la presencia de araña en fruta, ya que realiza daños muy rápido y puede ser necesario aplicar un acaricida en ese momento.

^a Dosis de suelta diseñadas para niveles de plaga alta, aunque cada día se están ajustando más.

^b Las sueltas en pleno verano deberán considerarse debido a las altas temperaturas y a la baja humedad relativa, ya que son condiciones desfavorables para *A. melinus*.

^c Frente *P. citri*, solamente recomendado en viveros o cítricos ornamentales cuando *Euseius stipulatus* no esté presente.

2.2. Infraestructuras ecológicas

La citricultura de nuestro país se ha caracterizado por mantener el suelo libre de vegetación mediante el uso de herbicidas o medios mecánicos. Este tipo de gestión, aunque evita la competencia por el agua entre la flora espontánea y el cultivo, disminuye la calidad y riqueza de los suelos, incrementa el riesgo de erosión y aumenta el contenido de residuos químicos en el ambiente. Numerosos estudios de las dos últimas décadas demuestran que la utilización de cubiertas vegetales acrecienta la complejidad de las relaciones tróficas en el agroecosistema y esto tiene un efecto directo sobre la abundancia y la dinámica de los enemigos naturales y, por tanto, sobre su eficacia como agentes de control. El carácter perenne del agroecosistema de cítricos permite crear infraestructuras más o menos estables, destinadas a favorecer y preservar las poblaciones de enemigos naturales, que ofrezcan determinados servicios ecológicos, tales como refugio o recurso alimenticio alternativo, lo que potencia la estrategia de control biológico de conservación. Por tanto, para esta estrategia, la gestión de cubiertas vegetales se presenta como una herramienta de gran utilidad de cara al futuro.



Los suelos de cítricos pueden albergar ricos y abundantes complejos de depredadores capaces de utilizar como alimento aquellas plagas clave del cultivo que desarrollan parte de su ciclo en el suelo. Ejemplos de estas podrían ser la mosca mediterránea de la fruta, *Ceratitis capitata*, el pezotrips, *Pethotrips kellyanus* o el cotonet de Sudáfrica *Delottococcus aberiae*. Además, las cubiertas de gramíneas que se adaptan bien al clima mediterráneo, como es el caso de la *Festuca arundinacea*, pueden albergar razas especializadas de la araña roja *Tetranychus urticae* que no afectan a los cítricos y sirven de fuente de alimento a los fitoseidos como *Phytoseiulus persimilis*, ácaros depredadores de tetraníquidos, ayudando así a controlar a *T. urticae* y a al ácaro pardo, *Panonychus citri*. También, ayudan a mantener un complejo abundante de depredadores de pulgones a la salida del invierno, ya que sobre sus brotes se desarrollan colonias de pulgones que servirán como primer recurso alimenticio después del invierno. Estos depredadores posteriormente servirán para controlar las poblaciones de *Aphis gossypii* y *A. spiraecola* durante la brotación de primavera de los cítricos.

Por otra parte, las cubiertas vegetales también pueden aumentar la longevidad de los agentes de control biológico. La gran mayoría de los depredadores y parasitoides necesitan alimentarse de néctar, polen y melaza durante su estado adulto para poder sobrevivir (Tena *et al.*, 2016). Aunque en nuestros cítricos la presencia de melaza está garantizada en muchas épocas del año por la presencia de fitófagos hemípteros que la excretan, en veranos cálidos y en otoño su presencia puede ser escasa. En estas épocas la presencia de flores con néctar puede beneficiar a los agentes de control biológico. Actualmente se están llevando a cabo diversos estudios para evaluar cómo la siembra escalonada entre líneas de especies que ofrecen néctar floral y extrafloral puede ayudar al crecimiento de las poblaciones de enemigos naturales (Mockford *et al.*, 2019).

La creación de hábitats periféricos, generalmente setos, también está siendo investigada. Especies de depredadores con una alta capacidad de vuelo, como las crisopas, utilizan este medio para pasar el invierno. Asimismo, este refugio reduce el riesgo de exposición a posibles tratamientos con plaguicidas.

2.3. Semioquímicos

La utilización de feromonas, kairomonas y atrayentes es habitual hoy en día en el cultivo de cítricos y es de prever que aumente en los próximos años (Tabla 5). Su principal uso es la detección de plagas, su seguimiento estacional y su control directo.

La detección de determinadas plagas se realiza con trampas cebadas con feromonas. Su elevada sensibilidad y especificidad las hace muy eficaces y sencillas de usar incluso por personal sin cualificar. Cuando no se dispone de feromonas específicas, se utilizan atrayentes alimenticios de menor especificidad y eficacia. El seguimiento de poblaciones sirve para informar sobre la densidad de plaga que se puede esperar y su evolución, lo que permite ajustar los tratamientos al momento más adecuado y, por lo tanto, aumentar su eficacia.

Las feromonas y atrayentes alimenticios también se utilizan en sistemas de atracción y muerte, en trampas en las que el insecto queda retenido o entra en contacto con tóxicos cebados con atrayentes (Navarro-Llopis *et al.*, 2013). Son la base de los sistemas de trampeo masivo, en los que el número de dispositivos y su colocación depende del tipo de atrayente y de la biología del insecto. En general, si



se dispone de atrayentes de hembras, el número de trampas es menor ya que se actúa directamente sobre la producción de descendencia.

Tabla 5.
Lista de los atrayentes y sistemas utilizados en el control de las principales plagas y posibles amenazas del cultivo de cítricos

Plaga	Sistema de lucha	Atrayente	Dispositivos/ha
<i>Ceratitis capitata</i>	Atracción y muerte	Trimetilamina + ac. amónico	40-60
		Proteicos	50-120
	Seguimiento	Trimedlure	1-3
	Detección	Trimedlure	0,05
<i>Bactocera dorsalis</i>	Atracción y muerte	Proteicos	50-120
	Seguimiento	Metil eugenol	1-3
	Detección	Metil eugenol	0,05
<i>Anastrepha</i> spp.	Atracción y muerte	Ac. amónico + putrescina o proteico	50-60
	Seguimiento	Proteico (AA + P)	1-3
	Detección	Proteico (AA + P)	0,05
<i>Aonidiella aurantii</i>	Confusión sexual	Feromona natural	400-500
	Seguimiento	Feromona natural	2-5
<i>Aspidiotus nerii</i>	Seguimiento	Feromona natural	2-5
<i>Delottococcus aberiae</i>	Seguimiento	Feromona natural	2-5
	Detección	Feromona natural	0,01
<i>Phyllocnistis citrella</i>	Seguimiento	Feromona natural	1-3
	Atracción y muerte	Feromona natural	50
<i>Prays citri</i>	Atracción y muerte	Feromona natural	120
	Confusión sexual	Feromona natural	340
<i>Planococcus citri</i>	Seguimiento	Feromona natural	1-3
	Atracción y muerte	Feromona natural	350-500

La confusión sexual se basa en emitir una feromona o su análogo en una concentración suficiente para que los machos de la especie no sean capaces de encontrar a las hembras (Vacas *et al.*, 2009). Este método de control se desarrolló inicialmente para el control de polillas, pero en la actualidad se utiliza en otros órdenes de insectos. La feromona se distribuye con difusores pasivos o a través de nebulizadores o *puffers* en los que esta se encuentra en un recipiente a presión que se abre de manera programada.



2.4. Inducción de defensas

El fitoseido más abundante en el agroecosistema de los cítricos es *Euseius stipulatus*, depredador omnívoro que se alimenta de artrópodos y de los cítricos sin causarles daños. Al alimentarse de los cítricos activa la vía de defensa del ácido jasmónico, que se ha demostrado que es clave en la respuesta defensiva de los cítricos frente a la araña roja *Tetranychus urticae* (Agut *et al.*, 2014), una de las plagas clave de los mandarinos clementinos. Esta activación de las defensas lleva asociada la producción de volátiles que podrían utilizarse como semioquímicos para manipular las poblaciones tanto de las plagas como de sus enemigos naturales.

2.5. RNAi

El mecanismo de silenciamiento génico postranscripcional RNA de interferencia (RNAi) es la herramienta biotecnológica con mayor potencial para la protección de cultivos (Christiaens y Smagghe, 2014). Con ella se puede silenciar y bloquear la expresión de determinados genes, al destruir eficazmente su correspondiente RNA mensajero (mRNA). Se trata de un novedoso método de control, altamente específico y no transgénico. En la actualidad, se está trabajando en el silenciamiento de genes vitales de *Trioza erytraeae*, vector del HLB, y es de prever que este tipo de estudios aumente en los próximos años con otras especies clave como la mosca de la fruta *Ceratitis capitata*.

3. Recomendaciones a corto y medio plazo

El estado actual de la sanidad vegetal de la citricultura española es excelente en comparación con otras zonas productoras gracias a la ausencia de enfermedades como el HLB, el sistema de certificación de material vegetal, la inspección de los productos importados y el desarrollo del control biológico de plagas, que minimiza el uso de plaguicidas. Sin embargo, se espera que continúe la entrada y dispersión de nuevas plagas. La primera herramienta frente a estas será el control químico racional basado en la utilización de umbrales de tratamiento e insecticidas con un perfil toxicológico bajo que no afecten a los agentes de control biológico. En paralelo, se deberán desarrollar métodos de control biológico basados en la utilización de semiquímicos y otros biotecnológicos, que cada vez están más cerca de ser una realidad.

Las últimas plagas que han llegado a nuestros cítricos son *Delottococcus aberiae* y el trips de las orquídeas *Chaetanaphothrips orchidii* (Figura 5). Para el control de *D. aberiae* ya se ha desarrollado un programa de muestreo e intervención química, que recomienda intervenir entre la caída de pétalos y julio, cuando el porcentaje de frutos ocupados supera el 10 % (Pérez-Rodríguez *et al.*, 2017). Además, se está desarrollando un programa de control biológico clásico mediante el cual se pretende liberar el parasitoide *Anagyrus aberiae*, el cual controla el pseudocóccido en Sudáfrica, su lugar de origen (Beltrà *et al.*, 2015). Por último, se ha identificado la feromona que ayudará a detectar la invasión de nuevas zonas, a muestrear sus poblaciones y a desarrollar nuevos métodos de control (Navarro-Llopis *et al.*, 2019).

**Figura 5.**

Daño en la zona de contacto de dos naranjas causado por el trips de las orquídeas *Chaetanaphothrips orchidii*



Fuente: IVIA.

La gestión del trips parece más compleja porque estos no tienen agentes de control biológico específicos que puedan importarse. El control alternativo se basará probablemente en el biológico por conservación de depredadores generalistas del suelo como ha ocurrido con *Pezothrips kellyanus*.

A medio plazo, la mayor amenaza a la que se enfrenta la citricultura española es la llegada del HLB, de acuerdo con la detección y dispersión del vector *Trioza erytreae* por Galicia y Portugal. En otras zonas cítricas del planeta, la llegada de los psílidos transmisores del HLB ha ido acompañada del HLB entre 5 y 10 años después de la detección de los psílidos. La enfermedad puede poner en jaque a la citricultura española y transformar en su totalidad la actual gestión de plagas. Los productores de otras áreas afectadas por graves enfermedades conviven con ellas y con los vectores, realizando gran cantidad de tratamientos con plaguicidas, lo que no sería posible en nuestras condiciones de cultivo orientado al consumo en fresco y libre de residuos. La prevención es la mejor arma disponible para poder continuar disfrutando de la buena sanidad que poseen los cítricos españoles. Las áreas aún libres de vectores necesitan intensificar la vigilancia para evitar o retrasar la entrada de cualquiera de ellos el mayor tiempo posible. En este sentido, se espera que la introducción y liberación del parasitoide *Tamarixia dryi* pueda frenar la dispersión del psílido y retrasar su llegada a las zonas cítricas mientras se desarrollan métodos biotecnológicos que puedan controlar al psílido o a la bacteria (Figura 6).



Figura 6.
Hembra de *Tamarixia dryi* parasitando una ninfa de *Trioza erytreae*



Fuente: IVA.

Referencias bibliográficas

AGUT, B.; GAMIR, J.; JACAS, J. A.; HURTADO, M. y FLORS, V. (2014): «Different metabolic and genetic responses in citrus may explain relative susceptibility to *Tetranychus urticae*»; *Pest Management Science* 70(11); pp. 1728-1741.

BELTRÀ, A.; ADDISON, P.; AVALOS, J. A.; CROCHARD, D.; GARCÍA-MARÍ, F.; GUERRIERI, E.; GILIOME, J. H.; MALAUSA, T.; NAVARRO-CAMPOS, C.; PALERO, F. y SOTO, A. (2015): «Guiding classical biological control of an invasive mealybug using integrative taxonomy»; *PLoS one* 10(6); pp. e0128685.

CHRISTIAENS, O. y SMAGGHE, G. (2014): «The challenge of RNAi-mediated control of hemipterans»; *Current Opinion in Insect Science* 6; pp. 15-21.

JACAS, J. A.; URBANEJA, A. y VIÑUELA, E. (2006): «History and future of introduction of exotic arthropod biological control agents in Spain: a dilemma?»; *BioControl* 51(1); pp. 1-30.

JACAS, J. A. y URBANEJA, A. (2010): «Biological control in citrus in Spain: from classical to conservation biological control»; In *Integrated management of arthropod pests and insect borne diseases*. Dordrecht; pp. 61-72.

MAGRAMA (2014): *Guía de Gestión Integrada de Plagas para el cultivo de cítricos*. España, Madrid. Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente.



MOCKFORD, A.; TENA, A.; ASHBROOK, K.; URBANEJA, A. y WESTBURY, D. B. (2019): «Aumento de la abundancia y diversidad de enemigos naturales en cítricos mediante el manejo de cubiertas vegetales»; *Phytoma España* 310; pp. 102-105.

NAVARRO-LLOPIS, V.; PRIMO, J. y VACAS, S. (2013): «Efficacy of attract and kill devices for the control of *Ceratitis capitata*»; *Pest Management Science* 69(4); pp. 478-482.

NAVARRO-LLOPIS, V.; PRIMO, J.; NAVARRO, I. y VACAS, S. (2019): «Seguimiento y distribución del cotonet de Sudáfrica *Delotococcus aberiae* Delotto (Hemiptera: Pseudococcidae) en la Comunidad Valenciana mediante trampas cebadas con su feromona sexual»; *Phytoma* 311; pp. 56-61.

PEÑA, J. E., ed. (2013): *Potential invasive pests of agricultural crops* 3. CABI.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, J.; MARTÍNEZ-BLAY, V.; SOTO, A.; SELFA, J.; MONZÓ, C.; URBANEJA, A. y TENA, A. (2017): «Aggregation patterns, sampling plan, and economic injury levels for the new citrus pest *Delotococcus aberiae* (Hemiptera: Pseudococcidae)»; *Journal of Economic Entomology* 110(6); pp. 2.699-2.706.

PÉREZ-RODRÍGUEZ, J.; KRÜGER, K.; PÉREZ-HEDO, M.; RUÍZ-RIVERO, O.; URBANEJA, A. y TENA, A. (2019): «Classical biological control of the African citrus psyllid *Trioza erythrae*, a major threat to the European citrus industry»; *Scientific Reports* 9(1); pp. 9440.

TENA, A. y GARCÍA-MARÍ, F. (2011): «Current situation of citrus pests and diseases in the Mediterranean basin»; *IOBC Bull* 62; pp. 365-368.

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; pp. 100-104.

URBANEJA, A.; JACAS, J. A. y GARCÍA MARÍ, F. (2009): «Control biológico de cítricos»; en JACAS, J. A. y Urbaneja, A., eds.: *Control biológico de plagas hortícolas*. Phytoma-España SL. España, Valencia; pp. 335-348.

URBANEJA, A.; CATALÁN, J.; TENA, A. y JAQUES, J. A. (2019): *Gestión Integrada de Plagas de Cítricos*. Disponible en: <http://gipcitricos.ivia.es/>.

URBANEJA, A.; TENA, A.; JACAS, J. A., y MONZO, C. (2015): «IPM in Spanish citrus: Current status of biological control»; *Acta Horticulturae* 1065; pp. 1.075-1.082.

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(4); pp. 415-423.