

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL
MASTER EN PRODUCCIÓN VEGETAL Y ECOSISTEMAS AGROFORESTALES



Efecto de hormigas y arañas en la actividad de *Aphytis* spp. (Hymenoptera: Aphelinidae), parasitoides del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) en cítricos

Curso académico 2015/2016

ALUMNO/A:

D. Salvador Suay Sánchez

DIRECTOR/A ACADÉMICO/A:

Ferrán García Marí

DIRECTOR/A EXPERIMENTAL:

Dr. D. Alejandro Tena Barreda

VALENCIA, Enero 2016

Resumen

Aonidiella aurantii (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) es una de las plagas más importante de los cítricos del área Mediterránea. Los parasitoides del género *Aphytis* (Hymenoptera: Aphelinidae) son sus principales parasitoides y controlan a esta plaga en diversos países citrícolas pero no en España. Con el fin de mejorar el control biológico de *A. aurantii* se ha estudiado el efecto que hormigas y arañas pueden tener sobre estos parasitoides (nivel poblacional, parasitismo y emigración) mediante ensayos de exclusión a corto plazo en una parcela experimental de cítricos. Estos dos grupos de enemigos naturales se han citado como depredadores de adultos de parasitoides del género *Aphytis*. En el presente estudio se identificaron y excluyeron dos especies de hormigas y al menos 19 especies de arañas. Las especies más abundantes de depredadores potenciales fueron las hormigas *Lasius grandis* Forel y *Pheidole palidulla* (Nylander) (Hymenoptera: Formicidae) y las arañas *Cheiracanthium mildei* (Koch) (Araneae: clubionidae), *Icius hamatus* (Koch) (Araneae: Salticidae), *Ballus chalybeus* (Simon) (Araneae: Salticidae) y *Philodromus rufus* (Walck) (Araneae: Phylodromidae). Aunque las poblaciones de *Aphytis* tendieron a aumentar en los árboles donde se realizó la exclusión estas diferencias no fueron significativas. Este ligero aumento pudo deberse en parte a la tendencia a no emigrar de los machos de *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) en los árboles donde se realizó la exclusión. Ninguno de los parámetros que se utilizaron para medir la actividad parasitaria de los *Aphytis* mostró que la exclusión de los depredadores potenciales fuera beneficiosa para estos parasitoides. Por lo tanto, se puede concluir que ninguno de estos dos grupos de depredadores tiene un efecto negativo a corto plazo sobre *Aphytis*.

Abstract

Aonidiella aurantii (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) is one of the most important citrus pest in the Mediterranean area. Parasitoids of genus *Aphytis* (Hymenoptera: Aphelinidae) are its main natural enemies and control this pest in several citrus areas but not in Spain. In order to improve the biological control of *A. aurantii*, the effect that ants and spiders may have on these parasitoids (population levels, parasitism and emigration) has been studied in an exclusion assay in a citrus orchard. Ants and spiders have been documented as predators of *Aphytis* in the literature. Two species of ants *Lasius grandis* Forel and *Pheidole palidulla* (Nylander) (Hymenoptera: Formicidae) and 19 species of spiders were identified as potential predators of *Aphytis* and excluded from half the sampled trees. The most abundant species of spiders were *Cheiracanthium mildei* (Koch) (Araneae: clubionidae), *Icius hamatus* (Koch) (Araneae: Salticidae), *Ballus chalybeus* (Simon) (Araneae: Salticidae) y *Philodromus rufus* (Walck) (Araneae: Phylodromidae). Although *Aphytis* populations tended to increase in exclusion trees there were not significant differences with control trees. This increase could be explained by the lower emigration rates, although neither significant, of *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) males in exclusion trees. Parasitism rates were similar in both treatments. Therefore, any of these two groups of predators affected negatively the activity of *Aphytis* parasitoids at least at the short period of this study.

Índice de contenido

1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. El piojo rojo de California <i>Aonidiella aurantii</i> (Maskell)	
(Hemiptera: Diaspididae).....	1
1.1.1. Clasificación taxonómica.....	1
1.1.2. Importancia agronómica y daños.....	1
1.1.3. Origen y distribución geográfica.....	2
1.1.4. Descripción morfológica.....	2
1.1.5. Biología y ecología.....	3
1.1.6. Síntomas.....	9
1.1.7. Métodos de control.....	10
1.1.7.1. Químico.....	10
1.1.7.1. Biológico.....	11
1.2. Biología y ecología del género <i>Aphytis</i>	12
1.3. Efecto de depredadores y hormigas sobre parasitoides..	14
2.- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	17
3.- MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
3.1. Parcela.....	18
3.2. Tratamientos de exclusión e identificación de arañas potenciales depredadoras de <i>Aphytis</i>	18
3.3. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas depredadoras potenciales de <i>Aphytis</i> en su actividad	20
3.4. Análisis estadístico.....	23

4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	24
4.1. Exclusión e identificación de hormigas y arañas.....	24
4.2. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas depredadoras potenciales de <i>Aphytis</i> en la actividad del parasitoide.....	27
4.2.1. Densidad de <i>Aphytis</i>	27
4.2.2. Número de <i>Aonidiella aurantii</i> vivos.....	28
4.2.3. Porcentaje de parasitismo.....	29
4.2.4. Número de <i>Aonidiella aurantii</i> parasitados.....	30
4.3. Efecto de la exclusión de depredadoras potenciales de <i>Aphytis</i> en la emigración.....	31
5.- CONCLUSIONES.....	33
6.- BIBLIOGRAFÍA.....	34

Índice de figuras

Figura 1. Velo ventral característico de una hembra grávida de <i>A. aurantii</i> formado por las secreciones ceras y por los fragmentos de la exuvia ventral..3	3
Figura 2. Ciclo biológico de <i>A. aurantii</i> y duración de cada uno de los estadios de desarrollo bajo unas condiciones controladas de temperatura (25°C), humedad relativa (65%) y fotoperiodo [16:8 (L:O)] (Vanaclocha <i>et al.</i> 2012).....4	4
Figura 3. Primer estadio ninfal de desarrollo de <i>A. aurantii</i> (N ₁): ninfa móvil, gorrita blanca y estado de pezón.....5	5
Figura 4. Segundo estadio ninfal (N ₂) de <i>A. aurantii</i> . Diferenciación sexual: a) hembra y b) macho. (Foto de Vanaclocha, 2012).....5	5
Figura 5. Diferentes estadios de desarrollo del macho de <i>A. aurantii</i> : a) prepupa, b) pupa y c) adulto recién emergido. (Foto de Vanaclocha, 2012).....6	6
Figura 6. Tercer estadio de desarrollo de la hembra de <i>A. aurantii</i> : a) hembra joven, b) hembra virgen y c) hembra grávida. (Foto de Vanaclocha, 2012).....7	7
Figura 7. Hembras vírgenes receptivas a los machos: a) hembra virgen con el pigidio extendido al borde del escudo, b) adulto recién emergido rastrea la feromona emitida por las hembras para realizar la cópula. (Foto de Vanaclocha, 2012).....8	8
Figura 8. Formación de huevos de las hembras fecundadas (a) y producción de ninfas móviles (b). (Foto de Vanaclocha, 2012).....8	8
Figura 9. Presencia de <i>A. aurantii</i> en hoja, fruto y rama.....9	9
Figura 10. Pupas de los ectoparasitoides <i>A. chrysomphali</i> (a), <i>A. melinus</i> (b) y <i>A. lingnanensis</i> (c). (Foto de Vanaclocha, 2012).....12	12
Figura 11. Hormigas de la especie <i>Lasius grandis</i> sobre escudos de <i>Aonidiella aurantii</i> (Foto de Tena, 2011).....15	15

Figura 12. <i>Icius hamatus</i> y <i>Theridion pinastri</i>	16
Figura 13. Trampa pegajosa en la base del tronco de cítricos.....	19
Figura 14. Colonia de <i>Pheidole pallidula</i> (Foto de Tena en “ http://gipcitricos.ivia.es ”, 2010).....	19
Figura 15. Material utilizado para aislar arañas.....	20
Figura 17. <i>Aphytis</i> en hoja de cítricos observados durante el ensayo.....	21
Figura 18. Muestreo de <i>Aphytis</i> en frutos durante el ensayo.....	21
Figura 19. Frutos infestados de <i>Aonidiella aurantii</i> en el campo de muestreo.	21
Figura 20. Trampa pegajosa en campo de muestreo.....	22
Figura 21. Trampa pegajosa en laboratorio.....	22
Figura 22. De izquierda a derecha <i>Aphytis melinus</i> hembra, macho y <i>Aphytis</i> <i>Chrysomphali</i>	22

Índice de gráficas

Gráfica 1. Evolución de las poblaciones de los parasitoides del género <i>Aphytis</i> en árboles donde se excluyeron sus principales depredadores (hormigas y arañas).....	28
Gráfica 2. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas en el número medio de <i>Aonidiella aurantii</i> vivos por fruto (media \pm EE) en un campo de clementinos en el otoño de 2013.....	29
Gráfica 3. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas en el porcentaje de parasitismo de <i>Aphytis</i> sobre <i>A. aurantii</i> (media \pm EE) en el campo de ensayos.....	29
Gráfica 4. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas en el número medio de <i>A. aurantii</i> parasitados por fruto (media \pm EE) en el campo de ensayos.....	30

Gráfica 5. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas en el número medio de *Aphytis* (*Aphytis melinus* hembra y macho, y *Aphytis chrysomphali*) que emigran (media \pm EE) en los árboles de ensayo.....32

Índice de tablas

Tabla 1. Materias activas recomendadas para aplicaciones contra *A. aurantii*.11

Tabla 2. Familias de arañas y número de especies por familia identificados en cultivos de cítricos de las Comarcas Centrales Valencianas de Julio a diciembre de 1999. Fuentes Tesis Doctoral Lupita Alvis (UPV, 2003).....16

Tabla 3. Número medio de hormigas (\pm EE) observadas ascendiendo y descendiendo durante dos minutos a la copa de 20 árboles de cítricos en otoño de 2013.....25

Tabla 4. Número medio de arañas (\pm EE) capturadas por árbol mediante golpeo en ramas de 20 árboles de cítricos en otoño de 2013.....26

1.- INTRODUCCIÓN

1.1. El piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae)

El piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) es una especie polífaga que ataca especialmente a los cítricos, que son sus huéspedes cultivados más destacados por su importancia económica (Ebeling, 1959; Beardsley y Gonzalez, 1975, Garcia-Marí, 2012).

1.1.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica es la siguiente:

- Clase: Insecta
- Orden: Hemíptera
- Suborden: Sternorrhyncha
- Familia: Diaspididae
- Tribu: Aspidiotini
- Género: *Aonidiella*
- Especie: *Aurantii* (Maskell, 1879)
- Nombre científico: *Aonidiella aurantii* (Maskell, 1879)

1.1.2. Importancia agronómica

Aonidiella aurantii es una de las plagas más importantes en la mayor parte de las zonas citrícolas de todo el mundo (García-Marí, 2012; Smith *et al.*, 1997; University of California (UC), 1991; Urbaneja *et al.*, 2013). En la citricultura española se considera una de las plagas más importantes debido a la depreciación comercial que provoca su presencia en los frutos (Beardsley y

González, 1975). La importancia económica de esta especie en nuestro país radica en el enorme peso de la producción de los cítricos en el sector agrario español, y por la tolerancia cero en el mercado a la presencia de diaspídeos en la fruta destinada al consumo en fresco (Pina, 2007).

1.1.3. Origen y distribución geográfica

Originaria del sudeste asiático, *A. aurantii* fue citada por primera vez en Nueva Zelanda en frutos que provenían de Australia y fue descrito por W.M. Maskell en 1878 como *Crysomphalus aurantii* (Quayle, 1911). A partir de esa primera cita, el piojo rojo de California se ha distribuido geográficamente y ha sido citado en todas las regiones cítricas del planeta (García-Marí, 2012; Smith *et al.*, 1997; University of California (UC), 1991; Urbaneja *et al.*, 2013).

En España, el piojo rojo de California se citó por primera vez a inicios del siglo XX (Quayle, 1911). En el año 1955, Gómez-Menor confirmó la presencia de esta plaga. En 1985 se localizaron los primeros focos importantes del piojo rojo de California en la Comunidad Valenciana (Alfaro Lassala *et al.*, 1993). Desde entonces se ha extendido a lo largo de todas las áreas cítricas importantes del país (García-Marí *et al.*, 2003).

1.1.4. Descripción morfológica

A excepción de los machos, que son alados, y las ninfas recién emergidas, que son móviles, el resto de estadios de *A. aurantii* permanecen fijos al sustrato de la planta. Este diaspídeo posee un aparato bucal picador-chupador. Para alimentarse inserta el estilete dentro de las células del sustrato vegetal. *A. aurantii* muestra preferencia por los frutos, seguido por las hojas y por último por las ramas (Carroll y Luck, 1984; Hare *et al.*, 1990; Rodrigo *et al.*, 2004).

El piojo rojo de California desarrolla sobre su cuerpo un escudo muy elaborado, duro e impermeable, que actúa como protección efectiva contra las agresiones físicas y químicas ambientales. De hecho si ésta cubierta no existiese, el diaspídido moriría por deshidratación (Foldi, 1990a). Su formación se debe al material secretado por las glándulas del pigidio, y a la incorporación de las exuvias de las sucesivas mudas. El escudo constituye una barrera natural para los insecticidas de contacto lo que dificulta enormemente su control por medios químicos (Dickson, 1951; Foldi, 1990a). A diferencia de otras especies de diaspídidos, *A. aurantii* presenta un velo ventral fino formado por las secreciones cerasas ventrales y por la incorporación de fragmentos de la exuvia ventral (Figura 1) (Foldi, 1990b).



Figura 1. Velo ventral característico de una hembra grávida de *A. aurantii* formado por las secreciones cerasas y por los fragmentos de la exuvia ventral.

1.1.5. Biología y ecología

Aonidiella aurantii presenta reproducción sexual. Las hembras son ovovivíparas; los huevos permanecen y eclosionan en el interior de su cuerpo, del cual emergen las ninfas móviles (Tashiro y Chambers, 1967; Tashiro y Beavers, 1968; Tashiro y Moffitt, 1968; Willard, 1972). El ciclo biológico

completo de esta especie consta de tres estadios en el caso de las hembras y cinco estadios en el caso de los machos. Cada estadio está separado por una muda. A partir del segundo estadio ninfal de desarrollo la hembra y el macho presentan un dimorfismo sexual muy marcado (Foldi, 1990b; Koteja, 1990). El tiempo que tardan en completarlo varía según las condiciones climáticas (Figura 2).

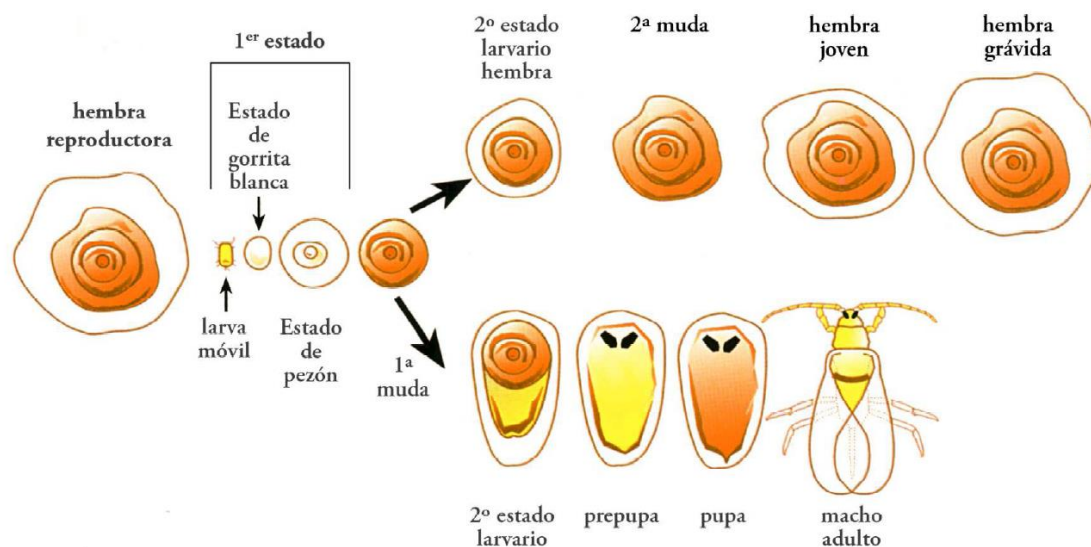


Figura 2. Ciclo biológico de *A. aurantii* y duración de cada uno de los estadios de desarrollo bajo unas condiciones controladas de temperatura (25°C), humedad relativa (65%) y fotoperiodo [16:8 (L:O)] (Vanaclocha *et al.* 2012).

Las ninfas móviles “crawlers”, recién emergidas permanecen debajo del escudo de la hembra durante un corto periodo de tiempo. Una vez emergidas buscan un lugar idóneo donde fijarse y alimentarse en la superficie del sustrato vegetal (Willard, 1972), que sólo dejan de alimentarse durante las mudas.

Tras el primer estadio ninfal (N_1) se produce la primera muda de *A. aurantii* (Figura 3). La ninfa deja de alimentarse, se desprende del estilete y queda unida firmemente al escudo protector. En el estado de muda la cochinilla es menos susceptible a los insecticidas sistémicos, ya que no se alimenta (Foldi, 1990b).



Figura 3. Primer estadio ninfal de desarrollo de *A. aurantii* (N_1): ninfa móvil, gorrita blanca y estado de pezón.

En el segundo estadio ninfal (N_2) ya es posible observar la diferenciación sexual (Figura 4). El escudo del macho deja de crecer y adquiere la forma más alargada y tamaño definitivo. Antes de llegar a adulto el macho pasa por el estadio de prepupa y el de pupa o cuarto estadio ninfal.

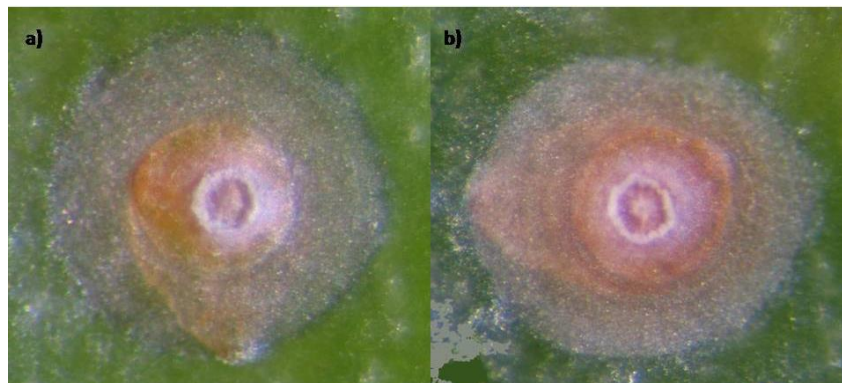


Figura 4. Segundo estadio ninfal (N_2) de *A. aurantii*. Diferenciación sexual: **a)** hembra y **b)** macho. (Foto de Vanaclocha, 2012).

El adulto (Figura 5) vive aproximadamente de uno a tres días. Éste posee un par de alas funcionales (el segundo par transformado en halterios), ojos, antenas y patas bien desarrollados (Beardsley y Gonzalez, 1975; Koteja, 1990). Las hembras son ápteras y ápodas en los siguientes estadios.

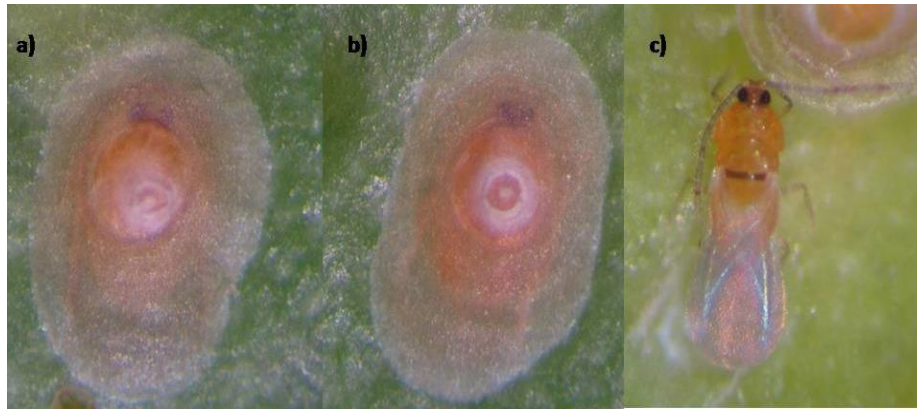


Figura 5. Diferentes estadios de desarrollo del macho de *A. aurantii*: **a)** prepupa, **b)** pupa y **c)** adulto recién emergido. (Foto de Vanaclocha, 2012).

En el tercer estadio la cochinilla pasa por distintas fases diferenciadas morfológicamente, en las que el cuerpo y el escudo de la cochinilla crecen considerablemente. Éstas son las siguientes etapas:

- **hembra joven**, donde el escudo no ha alcanzado su tamaño definitivo, continúa alimentándose y secretando filamentos por las glándulas pigidiales para la construcción del escudo (Figura 6a).
- **hembra virgen**, donde la cochinilla ya está totalmente desarrollada (Figura 6b).
- **hembra grávida** (Figura 6c).

El borde del escudo es de color grisáceo al igual que en el segundo estadio ninfal, y se conoce como anillo gris “grey skirt”. Este anillo rodea la primera y segunda muda que permanece constante en tamaño (Forster *et al.*, 1995). El tórax de la cochinilla se expande hacia atrás formando un lóbulo redondeado a cada lado del pigidio.



Figura 6. Tercer estadio de desarrollo de la hembra de *A. aurantii*: **a)** hembra joven, **b)** hembra virgen y **c)** hembra grávida. (Foto de Vanaclocha, 2012).

Desde la formación del anillo las hembras permanecen receptivas a los machos. Este momento coincide con la emisión de la feromona sexual, lo que indica que son sexualmente maduras (Tashiro y Chambers, 1967; Rice y Moreno, 1969; Tashiro *et al.*, 1969; Moreno, 1972). La emergencia del macho adulto coincide con el máximo de emisión de la feromona sexual (Hare *et al.*, 1990). El macho adulto rastrea la feromona emitida por las hembras y cuando las encuentra, realiza la cópula (Figura 7). La hembra grávida retrae su abdomen y ensancha los lóbulos laterales de su cuerpo tras 24 horas de la inseminación. Estos cambios tardan en completarse tres días tras los cuales se inicia la formación de huevos (Figura 8) (Tashiro y Beavers, 1968; Tashiro y Moffitt, 1968). Transcurrido un periodo de tiempo se iniciará la producción de ninfas móviles (Figura 8).

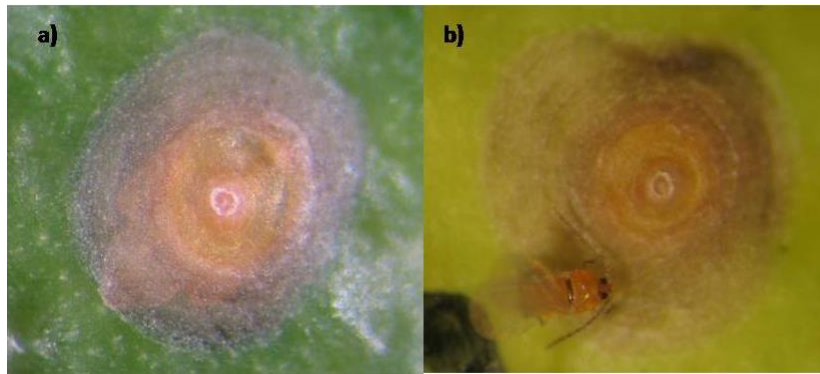


Figura 7. Hembras vírgenes receptivas a los machos: **a)** hembra virgen con el pigidio extendido al borde del escudo, **b)** adulto recién emergido rastrea la feromona emitida por las hembras para realizar la cópula. (Foto de Vanaclocha, 2012).

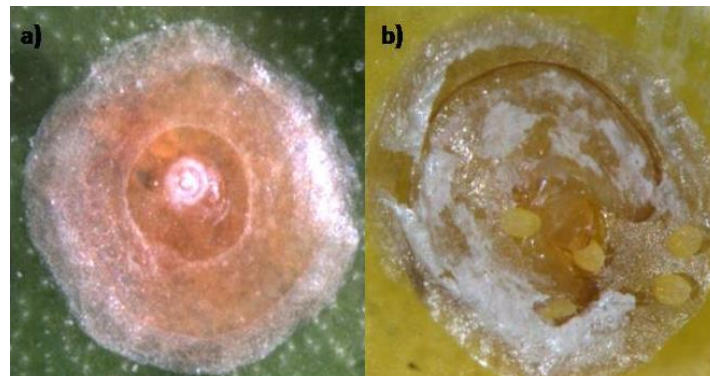


Figura 8. Formación de huevos de las hembras fecundadas (**a)** y producción de ninfas móviles (**b**). (Foto de Vanaclocha, 2012).

El número de generaciones de *A. aurantii* oscila dependiendo de la zona geográfica y de las condiciones climáticas en las que se desarrolle, siendo la temperatura y la humedad son los factores abióticos más influyentes en el número de generaciones anuales. En la Comunidad Valenciana se suelen dar tres generaciones de piojo rojo de California al año (Llorens, 1990; Ripollés, 1990; Rodrigo y García-Marí, 1990). En años con otoños especialmente cálidos puede aparecer una cuarta generación.

1.1.6. Síntomas y daños

Aonidiella aurantii se alimenta fundamentalmente del tejido parenquimático del vegetal, el mesófilo en las hojas, el flavedo de los frutos y las células corticales de las ramas jóvenes (Figura 9). El daño que produce se debe a la succión de la savia (Washington y Walker, 1990) y a la posible inyección de sustancias tóxicas en la planta durante el proceso de la alimentación a través de la saliva (Ebeling, 1959). Los lugares de los que se alimenta esta cochinilla están asociados a depresiones, decoloraciones y otras distorsiones en los tejidos vegetales, como puede ser el arrugamiento foliar, la rotura de la corteza y la defoliación. Densidades muy elevadas de esta cochinilla pueden incluso provocar la muerte del árbol (Beardsley y González, 1975; Bedford, 1998; McClure, 1990).

El principal daño económico que provoca el piojo rojo de California es debido a su presencia en fruta dirigida al mercado de consumo en fresco, ya que reduce considerablemente la calidad de ésta y consecuentemente disminuye su valor en la comercialización convirtiendo a *A. aurantii* en una plaga clave en el cultivo de los cítricos (Tashiro y Beavers, 1968; Hare *et al.*, 1990; Forster *et al.*, 1995).



Figura 9. Presencia de *A. aurantii* en hoja, fruto y rama.

1.1.7. Métodos de control

Actualmente en España se utilizan varios métodos para controlar las poblaciones de *Aonidiella aurantii* como los biotecnológicos que incluyen la confusión sexual; los culturales como la poda, los químicos y los biológicos. Este último se basa en la utilización de depredadores, entomopatógenos y, especialmente, parasitoides, que son los enemigos naturales más efectivos para el control de *A. aurantii*, y no tienen efecto negativo en el medioambiente (Rosen, 1994). Sin embargo, el control químico continúa siendo el método más utilizado para el control de *A. aurantii* en los cultivos cítricos españoles a pesar de que interfiere habitualmente de una forma negativa en la efectividad del control biológico.

1.1.7.1. Control químico

Los estadios más sensibles del piojo rojo de California a los tratamientos químicos son el primer y segundo estadio ninfal. Tradicionalmente, las aplicaciones químicas se realizan contra las formas sensibles de la primera generación de *A. aurantii* (desde finales de mayo a principios de junio) y, si este tratamiento resulta no ser suficiente, también contra las de la segunda generación (desde finales de julio a principios de agosto) (Urbaneja *et al.*, 2014). En algunas ocasiones se realiza un tercer tratamiento a principios de septiembre si se observan escudos en fruta. Actualmente hay autorizados cinco materias activas con cuatro modos de acción diferente contra *A. aurantii* en nuestros cítricos (Tabla 1) (Urbaneja *et al.*, 2015). El bajo número de materias activas y su uso repetitivo contra la plaga han favorecido la aparición de resistencias (Hervás-Martínez *et al.*, 2004). Además los tratamientos contra la segunda generación y en septiembre pueden dar lugar a residuos en fruta en

variedades tempranas (Urbaneja *et al.*, 2015). Todos estos problemas, unidos al efecto sobre los enemigos naturales de algunas materias activas, han favorecido que actualmente se apueste por otros métodos de control más respetuosos.

Tabla 1. Materias activas recomendadas para el control de *Aonidiella aurantii*

Modo de acción	Materia activa	Plazo seguridad (días)
Físico, asfixia.	Aceite de parafínico	0
Miméticos de la hormona juvenil	Piriproxifem	30
Inhibidor de la acetilcolinesterasa	Clorpirifos	21
	Metil-clorpirifos	15
Inhibidor síntesis lípidos	Spirotetramat	14

1.1.7.1. Control biológico

DeBach (1974) indicó que el control biológico mediante enemigos naturales era el método más económico y permanente para regular las poblaciones de diaspíridos en cítricos. Dentro de los enemigos naturales, los ectoparasitoides eran los más eficaces y en concreto los pertenecientes al género *Aphytis* Howard (DeBach, 1974; Rosen y DeBach, 1979; Rosen, 1994).

En España, y en concreto en la Comunidad Valenciana los parasitoides más abundantes y eficaces son *Aphytis melinus* DeBach y *A. chrysomphali* (Mercet) (Hymenoptera: Aphelinidae) (figura 10) (Pina *et al.*, 2003; Pina y Verdú, 2007b; Rodrigo y García-Marí, 1990; Sorribas *et al.* 2008; Vanaclocha *et al.* 2009). *Aphytis chrysomphali* está considerada una especie nativa de la cuenca Mediterránea que se encontraba originalmente parasitando a *Chrysomphalus dictyospermi* (Morgan) (Hemiptera: Diaspididae), y que posteriormente comenzó a utilizar como hospedero a *A. aurantii* cuando apareció en esta zona

(Rosen y DeBach, 1979). *Aphytis melinus* se ha establecido perfectamente desde que se introdujo en la Comunidad Valenciana para el control de *C. dictyospermi* como parte de un programa de control biológico clásico (Pina, 2007; Pina y Verdú, 2007c). En diferentes estudios realizados en la Comunidad Valenciana, se ha observado la presencia de *A. melinus* y *A. chrysomphali* en las mismas parcelas de estudio. Ambos parasitoides son capaces de compartir el mismo hábitat y a su vez competir por el mismo recurso (Pina, 2007a; Sorribas *et al.*, 2008; Pekas *et al.*, 2010).



Figura 10. Pupas de los ectoparasitoides *A. chrysomphali* (a) y *A. melinus* (b). (Foto de Vanaclocha, 2012)

1.2. Biología y ecología del género *Aphytis*

Sin duda, el carácter más remarcable del género *Aphytis* es que se desarrolla exclusivamente como ectoparasitoide primario de diaspíridos (Rosen y DeBach, 1979). La hembra adulta perfora con su ovopositor la cubierta de la cochinilla y deposita de uno a varios huevos encima o debajo, pero nunca dentro del cuerpo de la cochinilla. Para lograrlo requiere que el cuerpo de la cochinilla se encuentre libre debajo de la cubierta. Esto le condiciona a utilizar determinados estados del hospedador, decantándose por hembras jóvenes y segundos estados larvarios (Quednau, 1964; Forster *et al.*, 1995). La mayoría de *Aphytis* son multivoltinos, desarrollándose de forma continua a lo largo del

año y presentando de dos a tres generaciones por cada una del hospedador. Yu (1986) observó que por cada generación de *A. aurantii* se producían 3,4 de *A. melinus*, por lo que para que *A. melinus* persista es necesario que se solapen varias generaciones de la cochinilla.

Un gran número de *Aphytis* son biparentales y se reproducen sexualmente. Estas especies exhiben una reproducción arrenotoca, donde los huevos sin fertilizar dan lugar a machos y los huevos fertilizados a hembras (Doutt, 1959; Rosen y DeBach, 1979). Las hembras son sinovigénicas, es decir emergen con un número reducido de huevos e irán madurando nuevos huevos a lo largo de su vida (Viggiani, 1984). La longevidad de la hembra dependerá de varios factores ecológicos, siendo los más importantes la alimentación y la temperatura.

En cuanto a los factores abióticos o físicos las temperaturas extremas son el factor de mortalidad más importante en las especies de *Aphytis* (Rosen y DeBach, 1979). Abdelrahman (1974b) observó que todos los estados de *A. chrysomphali* eran más tolerantes al frío extremo y menos al calor extremo que los estados de *A. melinus*, al someter a los parasitoides a unas temperaturas mínimas de $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ y máximas de $38,7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Los plaguicidas de amplio espectro utilizados para el control de los diaspíridos son el factor abiótico que más negativamente afecta a los enemigos naturales, y en concreto a las especies de *Aphytis*. El clorpirifos, plaguicida empleado habitualmente para el control del piojo rojo, se ha observado que puede modificar el sexo de los himenópteros parasitoides, y entre ellos el de *A. melinus*, disminuyendo el número de hembras en la descendencia (Desneaux *et al.*, 2007).

En cuanto a los factores bióticos la cochinilla, la alimentación del adulto y la depredación son dos aspectos clave para su supervivencia. El adulto necesita un aporte de hidratos de carbono, que los consigue del néctar, melaza u otras sustancias azucaradas, y una fuente proteica, que la obtiene a través de las picaduras alimenticias realizadas sobre el hospedador (Viggiani, 1984; Jervis y Kidd, 1986; Heimpel y Collier, 1996; Heimpel *et al.*, 1997). Respecto a los depredadores, Traboulsi (1968) enumeró una serie de enemigos naturales, depredadores y parasitoides, que podían afectar a las poblaciones de *Aphytis* pero el efecto que pueden tener es poco conocido.

1.3. Efecto de depredadores generalistas sobre *Aphytis*.

La depredación intragremial puede condicionar el éxito de los programas de control biológico (Snyder y Ives, 2008). Por lo general, los estudios de depredación intragremial de parasitoides por depredadores han analizado el efecto de la depredación de los parasitoides inmaduros (Snyder y Ives, 2008). Sin embargo, en uno de los pocos trabajos de campo donde se ha evaluado la depredación de parasitoides por depredadores se demostró que más de una tercera parte de la población de parasitoides adultos era depredada por hormigas y arañas (Heimpel *et al.*, 1997).

Si bien Rosen y DeBach (1979) indicaron que los enemigos naturales de *Aphytis* eran de escaso impacto sobre sus poblaciones, Traboulsi (1968) considera que las hormigas pueden ser depredadoras activas de los adultos de *Aphytis* e inferir en el parasitismo, como se demostró posteriormente en laboratorio (Martinez-Ferrer *et al.*, 2003). De hecho la especie *Linepithema humile* (Mayr) parece ser una de las principales responsables del ineficiente

control de los parasitoides (DeBach *et al.*, 1949). Entre las hormigas encontradas en España asociadas a hemípteros en cítricos figuran, aparte de *L. humile*, *Camponotus sylvaticus* (Olivier), *Tapinoma erraticum* (Latreille), *Lasius grandis* Forel, *Formica rufibarbis* (Fabricius), *Pheidole pallidula* (Nylander) y *Plagiolepis pygmaea* (Latreille) (Vanaclocha *et al.*, 2005; Pekas *et al.*, 2011). De estas especies, *L. grandis* y *P. pallidula* son las especies más abundantes en nuestros cítricos (Figura 11) (Alvis, 2003; Vanaclocha *et al.*, 2005; Cerdá *et al.*, 2009). Estas especies están activas en la parte aérea del árbol donde interaccionan con el resto de insectos, tanto plagas como enemigos naturales (Pekas *et al.*, 2011; Calabuig *et al.*, 2015). Se sabe que también afectan negativamente en el control biológico de *A. aurantii* (Pekas *et al.*, 2011) pero se desconoce si actúan como depredadores.



Figura 11. Hormigas de la especie *Lasius grandis* sobre escudos de *Aonidiella aurantii* (Foto de Tena, 2011).

Igualmente, Alvis (2003) enumeró un listado de arañas donde se identificaron 55 especies de arañas distribuidas en 17 familias en cultivos de cítricos de la Comunidad Valenciana (Tabla 2). Las especies más abundantes identificadas fueron *Icius hamatus* y *Theridion pinastri* (Figura 12). Algunas de estas familias

fueron citadas por Heimpel *et al.* (1997) como depredadoras de parasitoides adultos en almendros de California.

Tabla 2: Familias de arañas y número de especies por familia identificados en cultivos de cítricos de las Comarcas Centrales Valencianas de Julio a diciembre de 1999. Fuentes Tesis Doctoral Lupita Alvis (UPV, 2003).

Nº ORDEN	FAMILIA	Nº ESPECIES
1	THERIDIIDAE	12
2	ARANEIDAE	8
3	ERIGONIDAE	6
4	SALTICIDAE	5
5	THOMISIDAE	5
6	CLUBIONIDAE	3
7	OXYOPIDAE	3
8	GNAPHOSIDAE	2
9	PHILODROMIDAE	2
10	LINYPHIIDAE	2
11	AGELENIDAE	1
12	HETEROPODIDAE	1
13	LYCOSIDAE	1
14	MIMETIDAE	1
15	PISAUROIDAE	1
16	ULOBORIDAE	1
17	ZODARIDAE	1
TOTAL		55



Figura 12. *Icius hamatus* y *Theridion pinastris*

En el caso de los cítricos se desconoce el papel que están jugando y algunas especies podrían estar actuando como depredadoras de parasitoides adultos y por lo tanto dificultando el control biológico que estos ejercen.

2.- JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Como se ha expuesto anteriormente, *A. aurantii* es una de las principales plagas de cítricos en la Comunidad Valenciana. Actualmente, el control químico es la principal herramienta de control contra esta plaga. Sin embargo, en algunos países el control biológico resulta exitoso. Por ello el principal objetivo de este trabajo es elucidar el papel que los depredadores generalistas, en concreto hormigas y arañas, pueden tener sobre la actividad de los principales parasitoides. Ambos grupos son muy abundantes en nuestra citricultura pero se desconoce el papel que pueden ejercer sobre los parasitoides.

Para ello, los objetivos concretos de este trabajo son:

- Identificar las principales especies de hormigas y arañas que están presentes en los cítricos y pueden actuar como depredadores de parasitoides adultos.
- Evaluar el efecto que tiene la exclusión de estos dos grupos de potenciales depredadores en:
 - la densidad poblacional del parasitoide *Aphytis*.
 - la actividad parasitaria de *Aphytis*.
 - la migración de *Aphytis* de los árboles

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. Parcela

El estudio se realizó en una parcela de cítricos experimental de 15 años (Clementina (*Citrus sinensis*, variedad 'Clemenules')) en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) en septiembre y octubre de 2013. La parcela se regaba por goteo y tenía suelo desnudo. Los árboles estaban en plena producción durante el ensayo y no se habían aplicado insecticidas desde el año 2011. Para el experimento se utilizaron 20 árboles no adyacentes.

3.2. Tratamientos de exclusión e identificación de hormigas y arañas

En 10 de los árboles se excluyeron las hormigas y arañas. Las hormigas se excluyeron de la parte aérea mediante trampas pegajosas en la base del tronco, a unos 20 centímetros del suelo. Las trampas consistieron de cinta enrollada con cola pegajosa (Figura 10). Para verificar la metodología, se observaron y contabilizaron las hormigas que cruzaron una línea horizontal imaginaria en el tronco de árbol durante 2 minutos a las 10 horas de la mañana, tres días antes del comienzo del ensayo y durante los cinco días posteriores a la puesta de las trampas tanto en los 10 árboles con trampas como en los árboles sin trampas. Durante las observaciones también se capturaron hormigas con un aspirador manual para posteriormente identificarlas en el laboratorio utilizando la lupa binocular y la bibliografía disponible.



Figura 13. Trampa pegajosa en la base del tronco de cítricos.



Figura 14. Colonia de *Pheidole pallidula* (Foto de Tena en “<http://gipcitricos.ivia.es>”, 2010).

Para la exclusión de las arañas se utilizó el método de golpeo que consistió en nueve golpes de ramas a distintas alturas (tres a 180 cm de alto, tres a 140 cm y tres a 100 cm) por árbol y orientación de la copa (un total de 36 por árbol) con un tubo de PVC de 40 cm de longitud y 2 cm de diámetro. Se recogieron las arañas que caían en una bandeja blanca de 40 x 80 cm colocada debajo de las ramas. Las arañas que cayeron sobre la bandeja fueron recolectadas con un aspirador con etanol al 70% y el resto de artrópodos fue devuelto al árbol. Además se retiraron la telarañas de los árboles de exclusión. Una vez en el

laboratorio, se contaron e identificaron con la lupa binocular y la bibliografía disponible.



Figura 15. Material utilizado para aislar arañas

3.3. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas depredadoras potenciales de *Aphytis* en la actividad del parasitoide

Los parasitoides del género *Aphytis* fueron monitoreados contando el número de adultos en el haz y el envés de 80 hojas maduras (20 hojas por orientación), 40 frutos (10 por orientación) y en 20 cm de superficie de 16 ramas (cuatro por orientación) por árbol. Los árboles fueron muestreados alrededor de las 8:00 de la mañana.

La población de *A. aurantii* y el efecto de *Aphytis* sobre su población se monitoreó recogiendo ocho frutos de cada árbol (10 árboles control y 10 árboles exclusión) el primer y el quinto día de ensayo. En el laboratorio se muestrearon los frutos y se realizó el conteo de *A. aurantii* vivos, muertos y parasitados.



Figura 17. *Aphytis* en hoja de cítricos observados durante el ensayo



Figura 18. Muestreo de *Aphytis* en frutos durante el ensayo



Figura 19. Frutos infestados con *Aonidiella aurantii* en el campo de muestreo

Para determinar si la exclusión de hormigas y arañas disminuía la emigración de *Aphytis* se colocaron dos trampas pegajosas y transparente de 20 x 20 cm en cada árbol, a una distancia de 30 cm del árbol y a dos alturas 1,5 y 2,5 metros. Las trampas se apoyaron sobre una caña de 2,5 metros.



Figura 20. Trampa pegajosa en campo de ensayos.

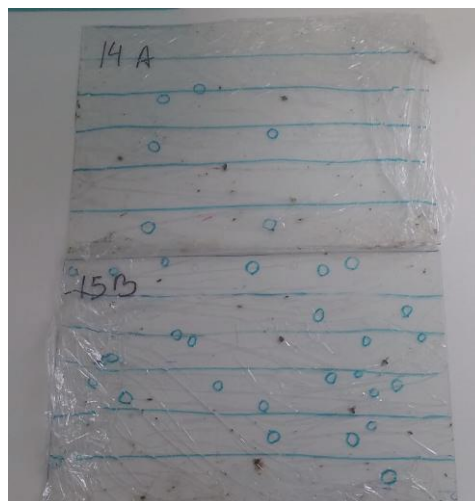


Figura 21. Trampa pegajosa en laboratorio.



Figura 22. De izquierda a derecha *Aphytis melinus* hembra, macho y *Aphytis Chrysomphali*.

3.4. Análisis estadístico

Para determinar el efecto de la exclusión de hormigas y arañas sobre las poblaciones de *Aphytis* a lo largo del ensayo se realizó un ANOVA con medidas repetidas. Para determinar el efecto de la exclusión de hormigas y arañas sobre la actividad (parasitismo, número de parasitados, número de huéspedes vivos) y emigración de *Aphytis* se realizó un ANOVA. El porcentaje de parasitismo fue transformado ($z = \arcseno(x^{0.5})$) previo al análisis. Los análisis fueron realizados con el programa Statgraphics para Windows.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Exclusión e identificación de hormigas y arañas

Se identificaron dos especies de hormigas *Lasius grandis* (Hymenoptera: Formicidae) y *Pheidole pallidula* (Hymenoptera: Formicidae), siendo la primera la más abundante (Tabla 3). El número medio de hormigas que ascendieron y descendieron los troncos de los árboles muestreados fue similar en los dos tratamientos antes de realizar la exclusión ($F_{1, 19} = 1,02$; $P = 0,33$). Tras la exclusión, no se observaron hormigas en los árboles de los tratamientos de exclusión mientras continuaron subiendo y bajando en el tratamiento control (día 3 = $39 \pm 5,67$ hormigas / 2 min; día 4 = $32,8 \pm 6,47$; día 5 = $30,3 \pm 6,90$).

Las dos especies de hormigas identificadas en este trabajo son también las más abundantes en otros trabajos realizados en cítricos de la Comunidad Valenciana (Alvis 2003; Pekas *et al.*, 2011; Calabuig *et al.*, 2015). Por lo tanto, el estudio puede considerarse representativo de lo que ocurre en los cítricos valencianos. Por lo general, se ha demostrado que estas especies tienen un efecto negativo sobre el control biológico de *A. aurantii* (Pekas *et al.*, 2011) y más recientemente se ha demostrado que pueden afectar al estado nutricional de los parasitoides del género *Aphytis* (Calabuig *et al.*, 2015) pero raramente se han observado depredando parasitoides en los trabajos anteriores.

En los árboles de exclusión se excluyeron e identificaron un total 20 morfoespecies de arañas mediante el golpeo de las ramas. Las cuatro especies más abundantes fueron: *Cheiracanthium mildei* (Koch) (Araneae: clubionidae), *Icius hamatus* (Koch) (Araneae: Salticidae), *Ballus chalybeus* (Simon) (Araneae: Salticidae) y *Philodromus rufus* (Walck) (Araneae: Phylodromidae) (Tabla 4). Alvis (2003) también observó que estas especies eran muy

abundantes en su trabajo realizado a lo largo de la Comunidad Valenciana, si bien el grado de abundancia varía en su trabajo en función de la parcela. En el trabajo de Heimpel *et al.* (1997) las arañas identificadas como depredadoras pertenecieron a la familia de los saltícidos. En nuestros cítricos, como ocurre en nuestro estudio, la araña saltícida *Icius hamatus* es una de las más abundantes y en un trabajo paralelo de laboratorio llevado a cabo en el departamento de Entomología del IVIA se acaba de demostrar que esta araña tiene facilidad para atrapar y alimentarse de los *Aphytis* en comparación con otras especies de arañas (Bouvet *et al.*, en preparación). Por lo tanto, podría esperarse que la presencia de esta especie fuera negativa en el control de *A. aurantii* si se confirma en campo que afecta a las poblaciones de *Aphytis*.

Tabla 3. Número medio de hormigas (\pm EE) observadas ascendiendo y descendiendo durante dos minutos a la copa de 20 árboles de cítricos en otoño de 2013.

Especies de hormigas	Control	Exclusión
<i>Lasius grandis</i>	32,8 \pm 8,9	22,5 \pm 6,1
<i>Pheidole pallidula</i>	2,9 \pm 2,9	3,4 \pm 2,5
Total	35,7 \pm 8,2	25,9 \pm 5,2

Tabla 4. Número medio de arañas (\pm EE) capturadas por árbol mediante golpeo en ramas de 20 árboles de cítricos en otoño de 2013.

Especies y morfoespecies de arañas	Control
<i>Cheiracanthium mildei</i> (Koch)	16,2 \pm 1,9
<i>Icius hamatus</i> (Koch)	9,4 \pm 1,3
<i>Ballus chalybeus</i> (Simon)	7,4 \pm 1,6
<i>Philodromus rufus</i> (Walck)	6,6 \pm 1,2
<i>Philodromus cespitum</i> (Walck)	4,5 \pm 1,1
<i>Kochiura áulica</i> (Koch)	4,2 \pm 0,9
<i>Dipoena melanogaster</i> (Koch)	3,6 \pm 0,9
<i>Oxyopes lineatus</i> (Latreille)	2,2 \pm 0,4
<i>Clubiona leucaspis</i> (Simon)	2,1 \pm 0,5
<i>Neoscona subfusca</i> (Koch)	1,8 \pm 0,5
<i>Olios argelasius</i> (Walck)	0,7 \pm 0,4
<i>Synema globosum</i> (Fabricius)	0,5 \pm 0,2
<i>Ero aphana</i> (Walck)	0,3 \pm 0,2
<i>Paidiscura pallens</i> (Blackwall)	0,3 \pm 0,2
<i>Anelosimus pulchellus</i> (Walck)	0,2 \pm 0,1
<i>Meioneta rurestris</i> (Koch)	0,1 \pm 0,1
<i>Uloborus walckenaerius</i> (Latreille)	0,1 \pm 0,1
<i>Aphantaulax trifasciata</i> (Cambridge)	0,1 \pm 0,1
<i>Cyrtophora citrícola</i> (Forskal)	0,1 \pm 0,1
<i>Textrix denticulata</i> (Olivier)	0,1 \pm 0,1
Total	68,2 \pm 5,1

4.2. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas depredadoras potenciales de *Aphytis* en la actividad del parasitoide

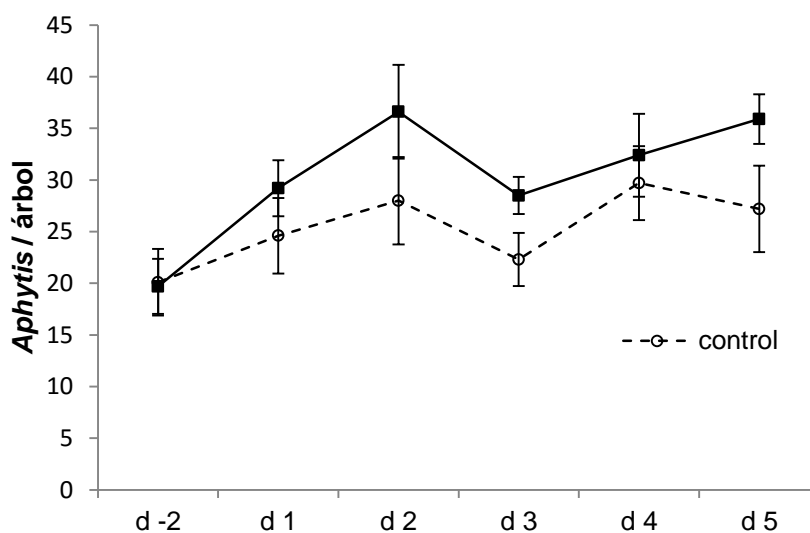
4.2.1. Densidad de *Aphytis*

El número medio de *Aphytis* por árbol fue similar en los dos tratamientos dos días antes de realizar la exclusión ($F_{1, 19} = 1,01$; $P = 0,93$) (Gráfica 1). Tras la exclusión, el número de *Aphytis* varió en función del día ($F_{4, 99} = 3,63$; $P = 0,01$) pero no del tratamiento (control y exclusión) ($F_{1, 99} = 2,80$; $P = 0,11$). Además no se observó una interacción entre ambos factores en el ANOVA de medidas repetidas ($F_{4, 99} = 0,64$; $P = 0,64$).

Anteriores trabajos han demostrado que hormigas y arañas depredan parasitoides del género *Aphytis* en almendros de California (Heimpel *et al.*, 1997). Por lo tanto, se esperaba que las poblaciones de *Aphytis* aumentaran significativamente en aquellos árboles en los que se realizó la exclusión de estos dos grupos de depredadores generalistas. Los resultados obtenidos muestran una tendencia en ese mismo sentido; sin embargo no se llegaron a encontrar diferencias significativas entre los tratamientos.

Teniendo en cuenta tanto el número de hormigas como de arañas, no parece que se pueda concluir que esta falta de diferencias se deba al bajo número de depredadores potenciales puesto que ambos grupos fueron abundantes y en el caso de las arañas, este fue muy diverso. Tampoco parece que la falta de diferencias se pueda achacar a la metodología utilizado puesto que recientemente Tena *et al.* (2015) han utilizado esta misma metodología para evaluar el efecto de los azúcares sobre las poblaciones de *Aphytis*, encontrando en este caso un efecto significativo.

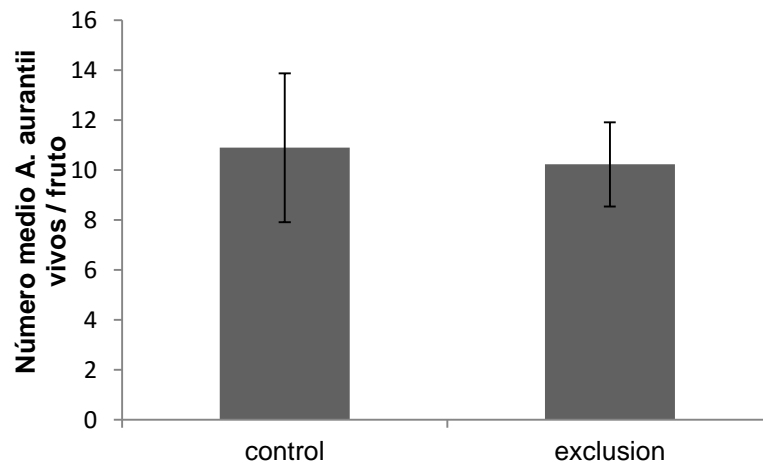
Respecto al papel que puedan jugar las arañas como depredadoras tal vez cabría realizar ensayos más específicos, centrados en alguna especie en concreto como podría ser el saltícido *I. hamatus* que como se ha comentado anteriormente se mostró muy voraz en el laboratorio (Bouvet *et al.* en preparación). Un método eficaz pero costoso por el tiempo y personal necesario sería capturar las arañas y analizar las presas de la que se han alimentado utilizando métodos moleculares.



Gráfica 1. Evolución de las poblaciones de los parasitoides del género *Aphytis* en árboles donde se excluyeron sus principales depredadores (hormigas y arañas).

4.2.2. Número de *Aonidiella aurantii* vivos

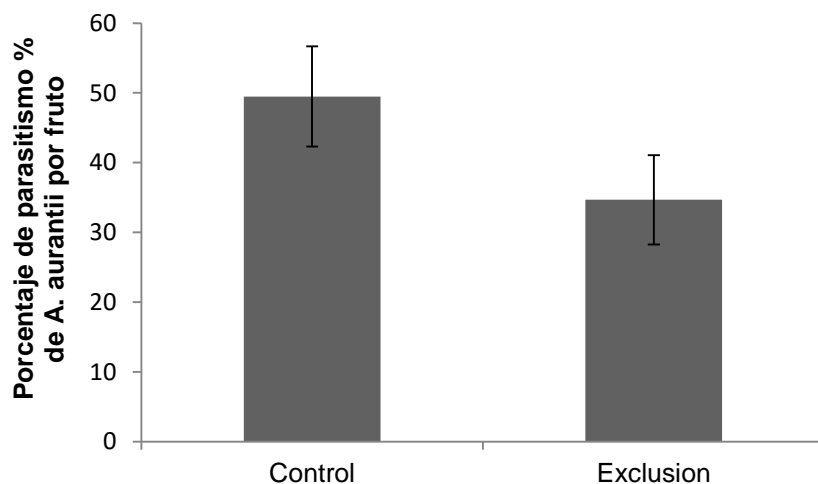
El número de *A. aurantii* vivos por fruto fue similar ($F_{1, 17} = 0,04$; $P = 0,85$) en los árboles control y en los que se realizó exclusión de hormigas y arañas (Gráfica 2).



Gráfica 2. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas en el número medio de *Aonidiella aurantii* vivos por fruto (media \pm EE) en un campo de clementinos en el otoño de 2013.

4.2.3. Porcentaje de parasitismo

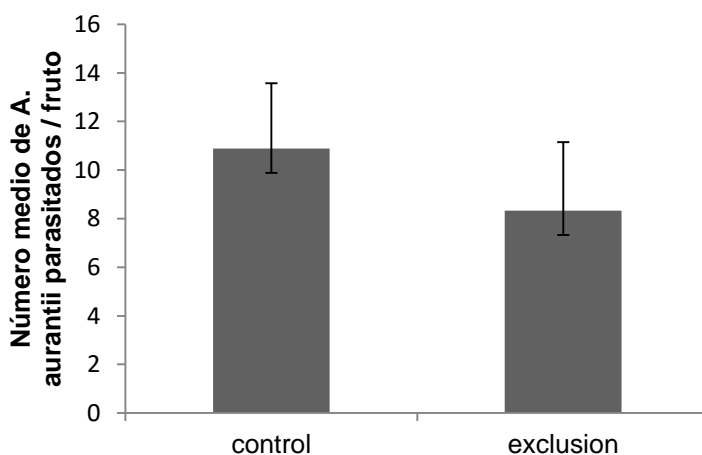
Tras la exclusión, el porcentaje parasitismo de *A. aurantii* por fruto fue similar en los árboles control y en los que se realizó exclusión de hormigas y arañas ($F_{1, 17} = 2,43$; $P = 0,14$) (Gráfica 3).



Gráfica 3. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas en el porcentaje de parasitismo de *Aphytis* sobre *A. aurantii* (media \pm EE) en el campo de ensayos.

4.2.4. Número de *Aonidiella aurantii* parasitados

Cuando se analizó el número medio de *A. aurantii* parasitados por fruto no se encontraron diferencias significativas en los árboles control y en los que se realizó exclusión de hormigas y arañas ($F_{1,17} = 0,43$; $P = 0,52$) (Gráfica 4).



Gráfica 4. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas en el número medio de *A. aurantii* parasitados *por fruto* (media ± EE) en el campo de ensayos.

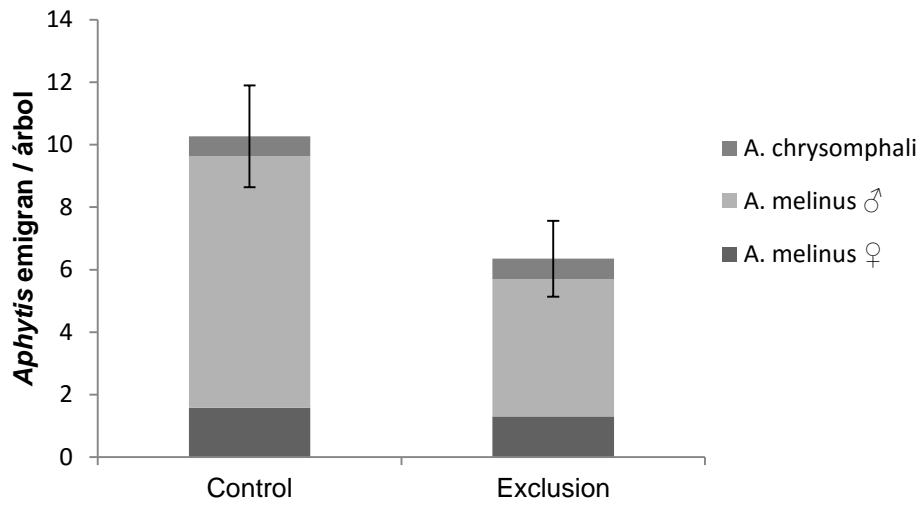
Ninguno de los parámetros utilizados para medir la actividad de *Aphytis* muestra que la exclusión de sus potenciales depredadores tuviera efecto sobre ésta. Aunque los datos de abundancia parecían mostrar que la exclusión pudiera tener un cierto efecto positivo sobre *Aphytis*, no parece que ésta se haya traducido en una mayor actividad parasitaria de *Aphytis*. Trabajos anteriores han demostrado que la exclusión de hormigas durante un año, es decir a largo plazo, disminuye la presencia de *A. aurantii* sin que ello se traduzca en un aumento del parasitismo (Pekas *et al.* 2010). Por lo tanto, es posible que para ver el efecto sobre la plaga nuestro ensayo no haya sido lo suficientemente robusto, si bien Tena *et al.* (2015) han utilizado exitosamente

una metodología similar para determinar el efecto de la adición de azúcar en la actividad de *Aphytis* a corto plazo.

4.3. Efecto de la exclusión de depredadores potenciales de *Aphytis* en la emigración

Tras la exclusión, el número de *Aphytis* (*Aphytis melinus* hembra y macho, y *Aphytis chrysomphali*) que emigraron por árbol fue similar en los árboles control y en los que se realizó exclusión de hormigas y arañas ($F_{1, 17} = 2,89$; $P = 0,11$) (Gráfica 5). Esta es la primera vez que se mide el efecto que la exclusión de depredadores puede tener la emigración de los parasitoides en un ensayo de campo. Aunque los resultados no fueron significativos, se observó una tendencia de los machos a emigrar en los árboles con depredadores. Estos datos sugieren que el mayor número de *Aphytis* que se observó en los árboles con exclusión podría deberse en parte a la menor emigración de los machos en estos árboles; y, obviamente, esto no se tradujo en un aumento de los parámetros de actividad de los parasitoides porque se midió la actividad de las hembras (parasitismo).

En resumen, la exclusión de los depredadores potenciales pudo tener un efecto marginal al disminuir la emigración de machos de *Aphytis*, que al no ser los responsables de la actividad parasitaria, no se tradujo en una mejora del control biológico del piojo rojo de California, *A. aurantii*.



Gráfica 5. Efecto de la exclusión de hormigas y arañas en el número medio de *Aphytis* (*Aphytis melinus* hembra y macho, y *Aphytis chrysomphali*) que emigran (media \pm EE) en los árboles de ensayo.

5.- CONCLUSIONES

- En este trabajo se han identificado las principales especies de hormigas, *Lasius grandis* y *Pheidole pallidula*, y arañas, *Cheiracanthium mildei*, *Icius hamatus*, *Ballus chalybeus* y *Philodromus rufus*, potenciales depredadoras de los parasitoides del género *Aphytis*.
- La exclusión de estas especies de hormigas y arañas no tuvieron un efecto significativo ni en la densidad poblacional ni en la actividad, ni en la emigración de los parasitoides del género *Aphytis* a lo largo de los días del ensayo.
- La única tendencia que se observó fue la disminución de la emigración de los machos del género *Aphytis* en los árboles con depredadores que se pudo traducir en un aumento de las poblaciones de *Aphytis*. Sin embargo, este resultado no debería tener grandes implicaciones en el control biológico de *A. aurantii* puesto que son las hembras las que realizan su control.
- Por lo tanto, según estos resultados no sería necesario realizar una exclusión de estos grupos de depredadores generalistas para mejorar el control biológico de *A. aurantii* en nuestros cítricos. Sin embargo, esta afirmación debería tomarse con cautela porque este ensayo estaba enfocado a conocer el efecto sobre la actividad de los parasitoides más que sobre la plaga; ensayos de varios años han demostrado que, si bien la exclusión de estos depredadores no tiene efecto sobre la actividad de los parasitoides, sí la tiene sobre la plaga.

6.- BIBLIOGRAFÍA

- **ABDELRAHMAN, I.** 1974b. The effect of extreme temperatures on California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Hemiptera: Diaspididae), and its natural enemies. *Australian Journal of Zoology*, 22: 203-212.
- **ALFARO LASSALA, F.; CUENCA MONTAGUT, F. J.; FERRER GARCÍA C.** 1993. Piojo rojo de California. *Levante Agrícola*, 2º trimestre: 101-108.
- **ALVIS, L.; RAIMUNDO, A.; VILLALBA, M.; GARCÍA-MARÍ, F.** 2003. Identificación y abundancia de coleópteros coccinélidos en los cultivos cítricos valencianos. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 28: 479-491.
- **BEARDSLEY, J. W.; GONZÁLEZ, R. H.** 1975. The biology and ecology of armored scales. *Annual Review of Entomology*, 20: 49-73.
- **BEDFORD, E. C. G.** 1998. Red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell). In: *Citrus pest in the Republic of South Africa.*, Bedford, E. C. G., et al. ed., pp. 132-144. Institute for Tropical and Subtropical Crops, Nelspruit.
- **CALABUIG, A.; TENA, A.; WÄCKERS, F.; FERNÁNDEZ-ARROJO, L.; PLOU, F. J.; GARCIA-MARÍ, F.; PEKAS, A.** 2015. Ants impact the energy reserves of natural enemies through the shared honeydew exploitation. *Ecological Entomology*, 40: 687–695.
- **CARROLL, D. P.; LUCK, R. F.** 1984. Bionomics of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae) on orange fruits, leaves and wood in California's San Joaquin Valley. *Environmental Entomology*, 13(3): 847-853.

- **DEBACH, P.; DIETRICK, E. J.; FLESCNER, C. A.** 1949. A new technique for evaluating the efficiency of entomophagous insects in the field. *Journal of Economic Entomology*, 42(3): 546-547.
- **DEBACH, P.** 1974. *Biological control by natural enemies*. Cambridge University Press, London and New York. 323 pp.
- **DEBACH, P.; ROSE, M.; ROSEN, D.** 1978. Biological and systematic studies of developmental stages in *Aphytis* (Homoptera: Aphelinidae). III. Meconia as a possible systematic tool in *Aphytis*. *Hilgardia*, 46: 110-112.
- **DESNEAUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. M.** 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annual Review of Entomology*, 52: 81-106.
- **DICKSON, R. C.** 1951. Construction of the scale covering of *Aonidiella aurantii* (Mask.). *Annals of the Entomological Society of America*, 44(4): 596-602.
- **DOUTT, R. L.** 1959. The biology of parasitic hymenoptera. *Annual Review of Entomology*, 4: 161-182.
- **EBELING, W.** 1959. *Subtropical fruit pests*. University of California. Division of Agricultural Sciences, Berkeley. 436 pp.
- **FOLDI, I.** 1990a. The scale cover. In: *Armored Scale Insects. Their biology, natural enemies and control*, Rosen, D. ed., pp. 43-54. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokio.
- **FOLDI, I.** 1990b. Moulting and scale-cover formation. In: *Armored Scale Insects. Their biology, natural enemies and control*, Rosen, D. ed., pp. 257-265. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokio.

- **FORSTER, L. D.; LUCK, R. F.; GRAFTON-CARDWELL, E. E.** 1995. Life stages of California red scale and its parasitoids. University of California. *Division of Agriculture and Natural Resources*, 21529: 12 pp.
- **GARCÍA-MARÍ, F.; HERNÁNDEZ PENADÉS, P.; RODRÍGUEZ REINA, J. M.; ALONSO, A.; RODRIGO, E.; OLMEDA, T.** 2003. Determinación de un umbral de tratamiento para diaspídeos de cítricos basado en la infestación de los frutos en la cosecha. *Levante Agrícola*, 1er Trimestre: 37-41.
- **GARCÍA-MARÍ,** 2012. Plagas de los cítricos. Gestión integrada en países de clima mediterráneo. Ed. Phytoma. Valencia. 556 pp.
- **HARE, J. D.; YU, D. S.; LUCK, R. F.** 1990. Variations in life history parameters of California red scale on different citrus cultivars. *Ecology*, 71(4): 1451-1460.
- **HEIMPEL, G. E.; COLLIER T. R.** 1996. The evolution of host-feeding behaviour in insect parasitoids. *Biological Review*, 71: 373-400.
- **HEIMPEL, G. E.; ROSENHEIM J. A.; KATTARI D.** 1997. Adult feeding and lifetime reproductive success in the parasitoid *Aphytis melinus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 83: 305-315.
- **HEIMPEL, G. E.; ROSENHEIM, J. A.; MANGEL, M.** 1997. Predation on adult *Aphytis* parasitoids in the field. *Oecologia*: 110: 346-352.
- **JERVIS, M. A.; KIDD N. A. C.** 1986. Host-feeding strategies in hymenopteran parasitoids. *Biological Review*, 61: 395-434.
- **KOTEJA, J.** 1990. Life history. In: *Armored Scale Insects. Their biology, natural enemies and control*, Rosen, D. ed., pp. 243-254. Elsevier, Amsterdam, Oxford, New York, Tokio.

- **LLORENS-CLIMENT, J. M.** 1990. *Homoptera I. Cochinillas de los cítricos y su control biológico*. ed. Pisa Ediciones, Alicante. 260 pp.
- **MARTINEZ HERVÁS, M. A.; SOTO, A.; GARCÍA-MARÍ, F.** 2005. Prospección de la eficacia de Clorpirifos en poblaciones del cóccido *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae) en parcelas de cítricos de la Comunidad Valenciana. *Levante Agrícola*, 375: 176-182.
- **MARTÍNEZ-FERRER, M. T.; GRAFTON-CARDWELL, E.; SHOREY, H.** 2003. Disruption of parasitism of the California red scale (Homoptera: Diaspididae) by three ant species (Hymenoptera: Formicidae). *Biological Control* 26:279-286.
- **McCLURE, M.** 1990. Patterns of temporal and spatial distribution. Pag. 309-314. In David Rosen, editor. *Armored scale insects. Their biology, natural enemies and control*. Vol. A. Elsevier. Oxford, New York, Tokyo.
- **MORENO, D. S.** 1972. Location of the site of production of the sex pheromone in the yellow scale and the California red scale. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 65: 1283-1286.
- **PEKAS, A.; AGUILAR, A.; TENA, A.; GARCIA-MARÍ, F.** 2010. Influence of host size on parasitism by *Aphytis chrysomphali* and *A. melinus* (Hymenoptera: Aphelinidae) in Mediterranean populations of California red scale *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae). *Biological Control*, 55: 132-140.
- **PEKAS, A.** 2011. Factors affecting the biological control of California red scale *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae) by *Aphytis* (Hymenoptera: Aphelinidae) in Eastern Spain citrus: host size, ant activity, and adult parasitoid food sources. PhD Thesis. Departamento de

- Ecosistemas Agroforestales. Universidad Politecnica de Valencia. 187 pp.
- **PEKAS, A.; TENA, A.; AGUILAR, A.; GARCIA-MARÍ, F.** 2011. The impact of canopy foraging ants on California red scale *Aonidiella aurantii* in a Mediterranean citrus orchard. *IOBC/WPRS Bulletin*, 62: 113-117.
 - **PINA, T.; MARTÍNEZ B.; VERDÚ M. J.** 2003. Field parasitoids of *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae) in Valencia (Spain). *IOBC wprs Bulletin*, 26(6): 109-115. Quayle, H. J. 1911. The red or orange scale. *University of California Publications. Bulletin*, 222: 99-150.
 - **PINA, T.** 2007a. 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). PhD Thesis. Departament de Zoologia. Universitat de Valencia. 404 pp.
 - **PINA, T.; VERDÚ, M. J.** 2007b. El piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell), y sus parasitoides en cítricos de la Comunidad Valenciana. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 33: 357-368.
 - **PINA, T.; VERDÚ, M. J.** 2007c. Establecimiento y dispersión de *Aphytis melinus* y *A. lingnanensis* (Hym.: Aphelinidae), dos parasitoides introducidos para el control de *Chrysomphalus dictyospermi* Morgan y *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hem.: Diaspididae) en cítricos de la Comunidad Valenciana. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 33: 311-320.
 - **QUAYLE, H. J.** 1911. The red or orange scale. *University of California Publications. Bulletin* nº 222: 99-150.

- **QUEDNAU, F. W.** 1964. A contribution on the genus *Aphytis* Howard in South Africa (Hymenoptera: Aphelinidae). *Journal of Entomological Society of South Africa*, 27(1): 86-106.
- **RICE, R. E.; MORENO, D. S.** 1969. Marking and recapture of California red scale for field studies. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 62: 558-560.
- **RIPOLLÉS, J. L.** 1990. Las cochinillas de los agrios. 4º Symposium Nacional de Agroquímicos. Sevilla 1990. *Levante Agrícola*, 1^{er} trimestre: 37-45.
- **RODRIGO, E.; GARCÍA-MARÍ F.** 1990. Comparación del ciclo biológico de los diaspididos *Parlatoria pergandii*, *Aonidiella aurantii* y *Lepidosaphes beckii* (Homoptera, diaspididae) en cítricos. *Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas*, 16: 25-35.
- **RODRIGO, E.; GARCÍA-MARÍ F.; RODRÍGUEZ REINA J. M.; OLMEDA T.** 2004. Colonization of growing fruit by the armored scales *Lepidosaphes beckii*, *Parlatoria pergandii* and *Aonidiella aurantii* (Hom.: Diaspididae). *Journal of Applied Entomology*, 128: 569-575.
- **ROSEN, D.; DEBACH P.** 1978. Diaspididae. In: *Introduced parasites and predators of arthropod pests and weeds: a world review*, Clausen, C. P. ed., pp. 78-129. U. S. Dept. Agr. Handbook N°. 480, Washington D.C.
- **ROSEN, D.; DEBACH P.** 1979. *Species of Aphytis of the world (Hymenoptera: Aphelinidae)*. Israel Universities Press, Jerusalem and W. Junk, The Hague. 801 pp.
- **ROSEN, D.** 1994. Fifteen years of *Aphytis* research - an update. In: *Advances in the Study of Aphytis*, Rosen, D. ed., pp. 3-9. Intercept Ltd, Andover. 3-9 pp.

- **SMITH, D.; BEATTIE, G. A. C.; BROADLEY, R.** 1997. *Citrus pests and their natural enemies*. Dept. of Primary Industries, Queensland (Australia). 282 pp.
- **SNYDER, W. E; IVES A. R.** 2008. Behavior influences whether intra-guild predation disrupts herbivore suppression by parasitoids. In: *Behavioral Ecology of Insect Parasitoids* (Eds. E Wajnberg, C Bernstein & J van Alphen). *Blackwell Press*, Oxford, UK, pp. 71-91.
- **SORRIBAS, J.; RODRÍGUEZ, R.; RODRIGO, E.; GARCIA-MARÍ, F.** 2008. Niveles de parasitismo y especies de parasitoides del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae) en cítricos de la Comunidad Valenciana. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 34: 201-210.
- **TASHIRO, H.; CHAMBERS, D. L.** 1967. Reproduction in the California red scale, *Aonidiella aurantii* (Homoptera: diaspididae). I. Discovery and extraction of a female sex pheromone. *Annals of the Entomological Society of America*. 60: 1166-1170.
- **TASHIRO, H.; BEAVERS, J. B.** 1968. Growth and development of the California red scale, *Aonidiella aurantii*. *Annals of the Entomological Society of America*, 61(4): 1009-1014.
- **TASHIRO, H.; MOFFITT, C.** 1968. Reproduction in the California red scale, *Aonidiella aurantii*. II. Mating behaviour and postinsemination female changes. *Annals of the Entomological Society of America*, 61(4): 1014-1020.

- **TASHIRO, H.; CHAMBERS, D. L.; MORENO, D.; BEAVERS, J. B.** 1969. Reproduction in the california red scale, *Aonidiella aurantii*. III. Development of an olfactometer for bioassay of the female sex pheromone. *Annals of the Entomological Society of America*. 62: 935-940, illus.
- **TENA, A.** 2010. "Plagas secundarias". En "Gestión Integrada de Plagas de Cítricos", Ed. por Urbaneja A., Catalán J., Tena A., Jacas, J., <http://gipcitricos.ivia.es>, 2010.
- **TENA, A.; PEKAS, A; DALMERT, C; WÄCKERS, F.; URBANEJA, A.** 2015. Sugar provisioning maximizes the biocontrol service of a parasitoid. *Journal of Applied Ecology*, doi: 10.1111/1365-2664.12426
- **TRABOULSI, R.** 1968. Prédateurs et parasites d'*Aphytis*. *Entomophaga*, 13(4): 345-355.
- **URBANEJA A.; VANACLOCHA, P.; VIDAL-QUIST, C.; OHEIX, S.; MONTÓN, H.; PLANES, L.; CATALÁN, J.; TENA, A.; VERDÚ, M. J.** 2013. Acute toxicity in laboratory tests of fresh and aged residues of pesticides used in citrus on the parasitoid *Aphytis melinus*. *J. Pest Science* 86: 329–336.
- **URBANEJA, A.; CATALÁN, J.; TENA, A.; JACAS, J. A.** 2014. Gestión integrada de plagas de cítricos. <http://www.gipcitricos.ivia.es>. Acceso 11 de Agosto de 2014.
- **URBANEJA, A.; TENA, A; CATALÁN, J.; VANACLOCHA, P.; URBANEJA, P.; JACAS J. A.** 2015. Evaluación de distintas estrategias de manejo químico del Piojo Rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell). *Levante agrícola* 404.

- **VANACLOCHA, P.; MONZÓ, C.; GÓMEZ, K.; TORTOSA, D.; PINA, T.; CASTAÑERA, P.; URBANEJA, A.** 2005. Hormigas (Hymenoptera: Formicidae) presentes en el suelo de los cítricos de la provincia de Valencia. *Phytoma España*, 170(agosto/septiembre): 14-24.
- **VANACLOCHA, P.; URBANEJA, A.; VERDÚ, M. J.** 2009. Mortalidad natural del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii*, en cítricos de la Comunidad Valenciana y sus parasitoides asociados. *Boletín de Sanidad Vegetal Plagas*, 35: 59-71.
- **VANACLOCHA, P.** 2012. Gestión integrada del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae): Mejora de su control biológico. Departament de Ciències Agràries i del Medi Natural. Universitat Jaume I. 202 pp.
- **VANACLOCHA, P.; VACAS, S.; ALFARO, C.; PRIMO, J.; VERDÚ, M. J.; NAVARRO-LLOPIS, V.; 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.
- **VIGGIANI, G.** 1984. Bionomics of the Aphelinidae. *Annual Review of Entomology*, 29: 257-276.
- **WASHINGTON, J. R.; WALKER, G. P.** 1990. Histological studies of California red scale (Homoptera: Diaspididae) feeding on citrus. *Annals of the Entomological Society of America*, 83(5): 939-948.

- **WILLARD, J. R.** 1972. Studies on rates of development and reproduction of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae) on citrus. *Australian Journal of Zoology*, 20: 37-47.
- **YU, D. S.** 1986. *The interaction between California red scale, Aonidiella aurantii (Maskell), and its parasitoids in citrus groves of inland southern California*. PhD, University of California, Riverside. California. 105 pp.