

# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA  
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL



## **Distribución espacio-temporal de *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) y sus parasitoides del género *Aphytis* (Hymenoptera: Aphelinidae) en la copa de los cítricos.**

TESINA FINAL DE MASTER

ALUMNO/A:

D. Pablo Sánchez Gómez

DIRECTOR/A ACADÉMICO/A:

Dr. D. Ferran Garcia Marí

DIRECTOR/A EXPERIMENTAL:

Dr. D. Alejandro Tena Barreda

VALENCIA, diciembre de 2015

## Resumen

El piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae), es la plaga más importante en la mayoría de zonas citrícolas del mundo. Los parasitoides del género *Aphytis* son sus principales enemigos naturales pero en la región mediterránea las poblaciones del parasitoide no consiguen controlar a la plaga de forma natural como ocurre en otras regiones. El presente estudio se ha realizado con el fin de mejorar el conocimiento del comportamiento de los parasitoides del género *Aphytis* en condiciones de campo. En concreto se ha determinado su distribución espacial en la copa y a lo largo del día, así como su hora de emergencia y mortalidad nocturna. Para ello se realizaron muestreos intensivos a lo largo de varios días en una parcela de cítricos localizada en el Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias. Los resultados muestran que mientras *A. aurantii* tiende a aumentar sus poblaciones en las orientaciones más expuestas al sol y por lo tanto las más cálidas y secas; los parasitoides del género *Aphytis* tendieron a situarse en las zonas en contacto entre árboles de una misma fila y que por tanto están más sombreadas. Los muestreos a lo largo del día mostraron que los parasitoides tienden a descansar en el envés de las hojas durante la noche (>95% de los parasitoides se encontraron en las hojas en los muestreos realizados a las 8:00 am). Al avanzar el día, los parasitoides del género *Aphytis* tendieron a desplazarse hacia los troncos y frutos, si bien un gran porcentaje de la población tendió a quedarse en las hojas (~75% de la población permaneció en las hojas). Cabe destacar que las poblaciones de estos parasitoides disminuyeron a lo largo del día, pese a que la emergencia se produce durante las primeras horas de luz, lo que sugiere que bien migran o mueren durante el día. Por el contrario, los

muestreos realizados por la noche, cuando se marcaron hojas con Aphytis, mostraron que la mortalidad sufrida por la noche es muy baja. En conclusión, los resultados obtenidos muestran que para estudios y trabajos donde sea necesario determinar las poblaciones de Aphytis, éstos deberían muestrearse en las hojas, preferiblemente en las caras contiguas de las filas y a primera hora de la mañana. Por otra parte, los factores que están afectando negativamente a las poblaciones de estos parasitoides se dan durante el día y no durante la noche por lo que podrían ser de índole biótico, previsiblemente la depredación.

### **Summary**

The California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae), is one of the most important citrus pest worldwide. Aphytis parasitoids are its main natural enemies. However, in the Mediterranean region, these parasitoids cannot successfully control the scale as in other regions. This study was conducted in order to understand the behavior of Aphytis parasitoids under field conditions. In detail, we determined the spatial distribution in the tree canopy and throughout the day as well as its emergency time and mortality during the night. This research was carried out in a citrus orchard located at the Valencian Institute of Agricultural Research. The results showed that *A. aurantii* tends to settled in the warmer and drier parts (cardinal directions) of the canopy; whereas Aphytis parasitoids tended to be in shaded areas, like those in contact with contiguous trees. Aphytis parasitoids tend to rest on the underside of leaves overnight (> 95% of the parasitoids were found in the leaves on the samples taken at 8:00 am). At midday, they moved to the stems and fruits, although a large percentage of the population remained on the leaves (~ 75% of the population

remained in the leaves). It was noticeable that although *Aphytis* emerged during the early hours of light, parasitoid populations decreased throughout the day, suggesting that either migrate or die during the daytime. By contrast, our sampling of marked leaves, showed that *Aphytis* do not die during the night. In conclusion, the results show that for further studies looking for *Aphytis*, these should be sampled in the leaves, likely in the adjacent faces of the rows and during the morning.

## **Resum**

El poll roig de Califòrnia, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae), és la plaga més important en la majoria de zones cítriques del món. Els parasitoids del gènere *Aphytis* són els seus principals enemics natural però a la regió mediterrània les poblacions del parasitoid no aconsegueixen controlar la plaga de forma natural com passa en altres regions. Aquest estudi s'ha realitzat amb la finalitat de millorar el coneixement del comportament dels parasitoids del gènere *Aphytis* en condicions de camp. En concret s'ha determinat la distribució espacial a la copa i al llarg del dia, així com la seva hora d'emergència i mortalitat nocturna. Es van realitzar mostrejos intensius al llarg de diversos dies en una parcel·la de cítrics localitzada a l'Institut Valencià d'Investigacions Agràries. Els resultats mostren que mentre *A. aurantii* tendeix a augmentar les seves poblacions en les orientacions més exposades al sol i per tant les més càlides i seques; els parasitoids del gènere *Aphytis* van tendir a situar-se en les zones en contacte entre arbres d'una mateixa fila i que per tant estan més ombrejades. Els mostrejos al llarg del dia van mostrar que els parasitoids tendeixen a descansar al revers de les fulles durant la nit (> 95% dels parasitoids es van trobar en les fulles en els mostrejos realitzats a les 8:00 am). En avançar el dia, els parasitoids del gènere *Aphytis* van tendir a desplaçar-se cap a les branques i fruits, si bé un gran

percentatge de la població va tendir a quedar-se a les fulles (~ 75% de la població va romandre en els fulls). En finalitzar el dia els parasitoids van tornar a les fulles. Cal destacar que les poblacions d'aquests parasitoids van disminuir al llarg del dia, tot i que l'emergència es produeix durant les primeres hores de llum, el que suggereix que bé migren o moren durant el dia. Per contra, els mostrejos realitzats a la nit, quan es van marcar fulles amb *Aphytis*, mostren que la mortalitat soferta a la nit és molt baixa. En conclusió, els resultats obtinguts mostren que per a estudis i treballs on sigui necessari determinar les poblacions de *Aphytis*, aquestes haurien de mostrejar en les fulles, preferiblement en les cares contigües de les files i a primera hora del matí. D'altra banda, els factors que estan afectant negativament a les poblacions d'aquests parasitoides es donen durant el dia i no durant la nit pel que podrien ser d'índole biòtic, previsiblement la depredació.

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>1.1. El piojo rojo de California <i>Aonidiella aurantii</i>(Maskell).....</b>	<b>10</b>
1.1.1. Posición taxonómica.....	11
1.1.2. Origen antecedentes y distribución.....	11
1.1.3. Plantas hospedadoras.....	12
1.1.4. Importancia económica de <i>Aonidiella aurantii</i> .....	12
- Daños	
1.1.5. Morfología y desarrollo.....	13
1.1.6. Biología y ecología.....	17
1.1.7. Métodos de control.....	19
1.1.7.1. Control químico.....	19
1.1.7.2. Control biológico.....	20
<b>1.2. Ectoparasitoides: género <i>Aphytis</i> Howard.....</b>	<b>21</b>
1.2.1. Posición taxonómica.....	21
1.2.2. Antecedentes históricos: origen y distribución.....	23
1.2.3. Morfología y desarrollo.....	23
1.2.4. Biología y ecología.....	25
<b>2. JUSTIFICACIÓN DE OBJETIVOS.....</b>	<b>28</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>29</b>

3.1. Descripción parcela de ensayo.....	29
3.2. Distribución de <i>Aonidiella aurantii</i> y sus parasitoides en la copa de los cítricos.....	29
3.3. Hora de emergencia de <i>Aphytis ssp</i> .....	30
3.4. Mortalidad nocturna de <i>Aphytis</i> .....	30
3.5. Análisis de datos .....	31
4. RESUSTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
4.1. Distribución de <i>Aonidiella aurantii</i> y sus parasitoides <i>Aphytis</i> en la copa de los cítricos.....	32
4.2. Distribución de <i>Aphytis</i> a lo largo del día.. ..	34
4.3. Hora de emergencia de <i>Aphytis</i> .....	37
4.4. Mortalidad nocturna de <i>Aphytis</i> .....	39
5. CONCLUSIONES.....	41
6. BIBLIOGRAFÍA.....	43

## Índice de figuras:

**Figuras 1.1.** Presencia de *A. aurantii* en rama y fruto de cítricos (Pina 2007).

**Figura 1.2.** Dimorfismo sexual presente en el escudo de los diaspididos. A la izquierda escudo de la hembra y a la derecha, escudos de varios machos de *A.aurantii*.

**Figura 1.3.** Ciclo completo de desarrollo de *A. aurantii*(Pina, 2007).

**Figura 1.4.** Hembra joven de *A. aurantii*. A la izquierda, vista dorsal del escudo y a la derecha, aspecto del cuerpo de la hembra joven. (Pina 2007).

**Figura 1.5.** Estados de desarrollo de *Aphytis* **a)** huevos, **b)** larva, **c)** prepupas con meconios, **d)** pupa con restos de meconios, **e)** exuvia, **f)** adulto ( Vanaclocha, 2012).

**Figura 1.6.** Pupas de los ectoparasitoides *A. chrysomphali* (a), *A. melinus* (b) y *A. lingnanensis* (c) (Vanaclocha, 2012).

**Figura 1.7.** Adulto de *A. chrysomphali* ( Pina 2007).

## Índice de gráficas:

**Gráfica. 4.1.** Distribución de escudos de *Aonidiella aurantii* en los cuatro puntos cardinales del árbol (media de escudos por orientación  $\pm$  EE). Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre orientación.

**Gráfica. 4.2.** Distribución de parasitoides del género *Aphytis* en los cuatro puntos cardinales del árbol (media de escudos por orientación  $\pm$  EE). Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre orientación.



**Gráfica. 4.3.** Número medio de *Aphytis* por árbol ( $\pm$  EE) una parcela de cítricos a lo largo del día: 8:00, 12:00 y 17:00. Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre horas de muestreo.

**Gráfica. 4.4.** Número medio de *Aphytis* en 80 hojas ( $\pm$  EE) una parcela de cítricos a lo largo del día: 8:00, 12:00 y 17:00. Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre horas de muestreo.

**Gráfica. 4.5.** Número medio de *Aphytis* en 40 frutos ( $\pm$  EE) una parcela de cítricos a lo largo del día: 8:00, 12:00 y 17:00. Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre horas de muestreo.

**Gráfica. 4.6.** Número medio de *Aphytis* en 16 ramas ( $\pm$  EE) una parcela de cítricos a lo largo del día: 8:00, 12:00 y 17:00. Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre horas de muestreo.

**Gráfica. 4.7.** Hora de emergencia de los parasitoides del género *Aphytis* en campo representada como el porcentaje acumulado de *Aphytis* ssp. emergidos.

**Gráfica. 4.8.** Mortalidad nocturna de *Aphytis* en hojas (medida en campo, en el medio natural del depredador) y en el laboratorio.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. El piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell)

### 1.1.1. Posición taxonómica

El piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell, 1878), pertenece a la familia Diaspididae, superfamilia Coccoidea, suborden Sternorrhyncha y orden Hemiptera. La situación taxonómica de *A. aurantii* sería, por tanto, la siguiente:

**Clase** Insecta

**Orden** Hemiptera Linnaceus, 1758

**Suborden** Stenorrhynche

**Superfamilia** Coccoidea Fallén, 1814

**Familia** Diaspidinae

**Subfamilia** Diaspididae Targioni-Tozzetti, 1868

**Tribu** Aspidiotini Atkinson, 1886

**Subtribu** Aspidiotina Atkinson, 1886

**Género** *Aonidiella* Berlese & Leonardi, (1896)

**Especie** *Aurantii* (Maskell, (1879))

El nombre vulgar de los diaspídidos generalmente se refiere al aspecto externo de las hembras. *Aonidiella aurantii* recibe el nombre de “piojo rojo de California” en castellano, “poll roig de California” en valenciano, “California red scale” en países de habla angloamericana (GómezMenor, 1937 y 1955-56; De Andrés-Cantero, 1975;

Llorens-Climent, 1990). En el caso de *A. aurantii* o piojo rojo de California, el apelativo rojo se debe a que por transparencia se observa el color rojizo anaranjado del cuerpo.

### 1.1.2. Origen, antecedentes y distribución

El género *Aonidiella* presenta una distribución cosmopolita, su centro de origen se hallaría en Asia (DeBach, 1962). *A. aurantii* fue citada por primera vez en la Península Ibérica, en Valencia, en el año 1910 por García Mercet. Su presencia en España tuvo probablemente su origen en la importación de alguna variedad de cítrico infestada con el diaspídido. A pesar de su presencia en España a lo largo de todo el siglo, no fue hasta 1985 cuando se detectaron focos de gran virulencia que alcanzaron el carácter de plaga en la comarca de la Ribera (Rodrigo y García-Marí, 1990 y 1992; Alfaro *et al.*, 1993 y 1999). A partir de este momento, su presencia se fue extendiendo por las comarcas citrícolas del norte de Alicante (Marina Baixa y Alta), de Valencia (fundamentalmente en su mitad sur y por el norte hasta Puçol). En la actualidad, *A. aurantii* se encuentra por todas las regiones citrícolas de España.

### 1.1.3. Plantas hospedadoras

*Aonidiella aurantii* es una especie polífaga (Beardsley y González, 1975), que ataca preferentemente a los cítricos y, en particular, a las plantas jóvenes (hasta 10-12 años), constituyendo los viveros una de las principales vías de dispersión (Crouzel *et al.*, 1973).

El limonero es la variedad de cítrico más susceptible de ser atacada, seguida del naranjo amargo, pomelo, el grupo de las Valencia, de las Navel y, por último, las mandarinas (Quayle, 1932; Koronéos, 1934; Cameron *et al.*, 1969; Habib *et al.*, 1972; Cameron *et al.*, 1975; VVAA, 1991). En España se ha localizado en prácticamente todas las especies de cítricos (Blay Goicoechea, 1993).

#### 1.1.4. Importancia económica de *Aonidiella aurantii*

*Aonidiella aurantii* ha sido considerada como una de las plagas más importantes en la mayor parte de los países del mundo donde se comercializan los cítricos (Quayle, 1911 y 1932; Watson y Berger, 1932; Bodenheimer, 1951; Ebeling, 1959; Compere, 1961; Tashiro y Beavers, 1968; Praloran, 1971; Delucchi, 1975; Talhouk, 1975; Bedford, 1998. Garcia Marí 2012). Por lo general, sus poblaciones superan todos los años el umbral económico de daño y es necesario realizar tratamientos (Ripollés *et al.*, 1995; Vanaclocha *et al.*, 2009).

En España es junto a la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) la principal plaga de los cítricos y es necesario realizar entre uno y tres tratamientos al año dependiendo de las parcelas. Además se encuentra en las principales zonas productoras del país desde Andalucía hasta Cataluña pasando por Murcia y la Comunidad Valenciana (Garcia Marí 2012).

#### **Daños**

*Aonidiella aurantii* provoca dos tipos de daños: un daño directo causado por la succión de la savia del vegetal y, otro indirecto debido al perjuicio estético que supone su presencia en el fruto y que implica destríos importantes por pérdida de calidad

comercial (figura. 1.1). Por lo general, los daños estéticos son los más comunes e importantes puesto que impiden la comercialización de los frutos para el consumo en fresco (García Marí 2012).



**Figura 1.1.** Presencia de *A. aurantii* en rama y fruto de cítricos (Pina 2007).

En casos de fuerte infestación se producen secas de ramas debido por un lado a la extracción de la savia de la planta (que implica la destrucción de células corticales) (Washington y Walker, 1990).

#### 1.1.5. Morfología y desarrollo

##### **Morfología**

Los adultos de los diaspididos presentan un marcado dimorfismo sexual, con el macho alado y móvil, y la hembra áptera tras fijarse al sustrato sésil (Gullan y Kosztarab, 1997).

La característica más notable de los diaspididos es la presencia de escudo, que tiene la función de proteger al insecto frente a las agresiones físicas y químicas del medio ambiente (González-Regueral, 1932; Watson y Berger, 1932; Foldi, 1990). El escudo muestra un claro dimorfismo sexual, el escudo del macho es más pequeño que el de la

hembra y normalmente tiene una forma oval alargada, un poco convexa; mientras que la hembra es circular o casi circular (Leonardi,1920) (figura. 1.2).



**Figura 1.2.** Dimorfismo sexual presente en el escudo de los diaspididos. A la izquierda escudo de la hembra y a la derecha, escudos de varios machos de *A.aurantii* (Pina 2007).

## Desarrollo

En la hembra se pueden reconocer dos estadios ninfales y un estadio adulto, mientras que en el macho se reconocen dos estadios ninfales, dos estadios pupales (prepupa y pupa) y un adulto.

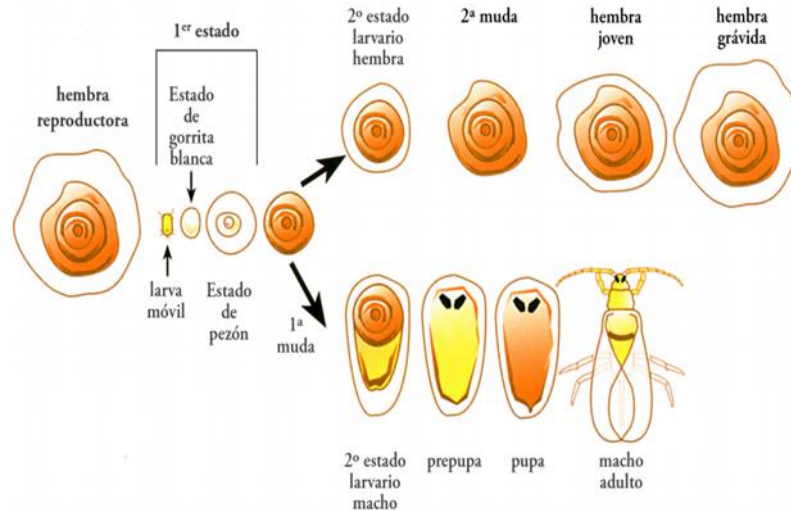


Figura 1.3. Ciclo completo de desarrollo de *A. aurantii* (Pina, 2007).

### Primer estado ninfal (N1)

Se inicia con la “ninfa móvil”, que junto con el macho adulto, constituyen los dos únicos estados móviles. La ninfa, de color amarillo-limón claro tiene ojos, cuando abandona el escudo de la madre inicia la búsqueda de un lugar adecuado para fijarse y alimentarse (Dickson, 1951). A las 24 horas adquiere un aspecto de una caperuzita blanca algodonosa que da nombre al estado de “gorrilla blanca” (Dickson, 1951; Tashiro y Beavers, 1968). Después de 4 a 6 días, se denomina estado de “pezón”.

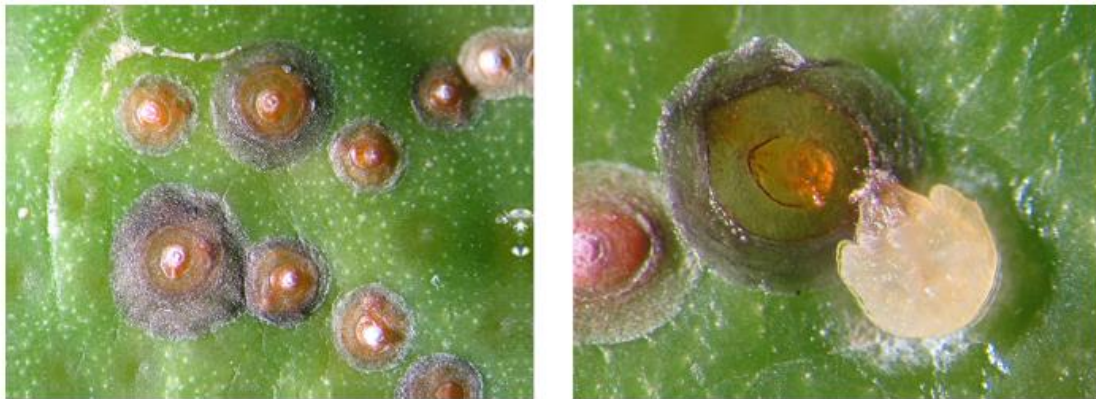
### Segundo estado ninfal (N2)

Tras la muda, la cochinilla continúa alimentándose y creciendo a medida que va aumentando el escudo. Al final del segundo estado ninfal es posible diferenciar los dos sexos. El macho desarrolla ojos, su escudo al principio es circular después se va alargando alcanzando su forma definitiva en este segundo estado. A diferencia del

macho, el segundo estado ninfal hembra no desarrollará ojos, el cuerpo presentará un aspecto periforme y el escudo será más redondeado. Para la hembra ésta será la última metamorfosis y muda, el macho aún atravesará dos mudas más (Koteja, 1990).

### Tercer estadio ninfal (N3) o hembra joven

Después de la segunda muda, la hembra joven, ya adulta, continúa alimentándose. El escudo y el cuerpo se extienden de nuevo, esta vez para adquirir su tamaño definitivo. La hembra desde el momento en que se inicia la formación del margen gris, se encuentra receptiva a los machos. Esta hembra aún sin fecundar se denomina “*hembra joven o hembra virgen*”(figura. 1.4).



**Figura 1.4.** Hembra joven de *A. aurantii*. A la izquierda, vista dorsal del escudo y a la derecha, aspecto del cuerpo de la hembra joven. (Pina 2007).

### Estado de hembra grávida

Después de la inseminación la fracción del escudo que enfrenta al pigidio queda suelta del sustrato vegetal para permitir la salida de las ninfas móviles (Foldi, 1990a). Esta hembra ya fecundada se denomina “*hembra grávida*”



### **Estado de hembra reproductora o de hembra con ninfas**

Cuando comienza la producción de ninfas, las nuevas ninfas móviles pueden permanecer hasta un día o dos debajo de la cubierta de la hembra antes de iniciar la migración (Tashiro y Moffitt, 1968). Esta hembra con la presencia de ninfas bajo el escudo se denomina “hembra reproductora o hembra con ninfas”

### **Desarrollo del macho**

Al final del segundo estado larvario, se inicia la formación de los esbozos de las antenas, de las patas, de las alas y de la cubierta peneal, mientras que las piezas bucales y las glándulas del tegumento se reducen (Koteja, 1990). Las transformaciones morfológicas continúan en el tercer estado denominado “Prepupa” y en el cuarto estado denominado “Pupa”.

Tras la cuarta muda, el “macho adulto” color anaranjado emerge con un cuerpo endeble, falto de piezas bucales pero con las patas, alas y antenas bien desarrolladas (Leonardi, 1920; Koteja, 1990).

#### **1.1.6. Biología y ecología**

La reproducción de *A. aurantii* es sexual (Tashiro y Beavers, 1968) y las hembras son ovovivíparas. Los huevos, prácticamente desarrollados, eclosionan en su interior, emergiendo las ninfas móviles (Tashiro y Moffitt, 1968). Las poblaciones de *A. aurantii* pueden verse afectadas por factores abióticos (principalmente temperatura y

humedad) y bióticos (tejido vegetal sobre el cual se desarrollan o variedad de planta hospedadora).

### **Factores abióticos**

La temperatura y la humedad se consideran los principales factores reguladores del número de generaciones del diaspídido que se dan por año, variando substancialmente entre las diferentes regiones, pero oscilando por lo general entre dos y seis (Beardsley y González, 1975).

En la Comunidad Valenciana se observan tres generaciones, con un máximo de inmaduros a finales de mayo, otro a finales de agosto y un tercero, menor y parcial, en noviembre o diciembre, en función de las condiciones climáticas (Ripollés, 1990; Rodrigo y García-Marí, 1990 y 1992; Rodrigo, 1993; Rodrigo y Garcia-Marí, 1994; Garcia Marí 2012).

### **Factores bióticos**

Los factores bióticos que afectan principalmente a las cochinillas son el tejido vegetal sobre el cual se desarrollan y la especie y variedad de la planta hospedadora. Los individuos desarrollados sobre fruto tienen una mayor supervivencia y un desarrollo más rápido que los criados sobre ramas verdes u hojas (Quayle, 1932; Bodenheimer, 1951; Willard, 1972; Atkinson, 1977; Carroll y Luck, 1984a; Hare *et al.*, 1990; Hare y Luck, 1991). Dentro del grupo de los cítricos, el limón es la variedad más susceptible de ser atacada, seguida del naranjo amargo, pomelo, el grupo de las Valencia, de las Navel y, por último, las mandarinas (Quayle, 1932; Cameron *et al.*, 1969; Habib *et al.*, 1972; Cameron *et al.*, 1975; Yu, 1986; VVAA, 1991).

### **Distribución en el árbol**

Asplanato y García-Marí (1998) observaron que las hojas y los frutos son los substratos más favorables para *A. aurantii* mientras que la madera (sobre todo el tronco y las ramas principales) es el menos adecuado por la alta mortalidad que se observa en este sustrato. Sin embargo, se desconoce si la orientación preferida por *A. arurantii* viene condicionada por la presencia de sus enemigos naturales.

### **1.1.7. Métodos de control**

Actualmente en España se utilizan varios métodos para controlar las poblaciones de *A. 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**

Las formas sensibles de *A. aurantii* a los tratamientos químicos están constituidas por los individuos inmaduros de N1 y N2. Tradicionalmente, las aplicaciones con

insecticidas 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 insuficiente, también contra las de la segunda generación (desde finales de julio a principios de agosto) (Urbaneja *et al.*, 2014). Actualmente hay cinco materias activas autorizadas con *A. aurantii* en cítricos. Sin embargo, el bajo número de materias activas y su uso repetitivo han favorecido la aparición de resistencias (Hervás-Martínez *et al.*, 2004). Además los tratamientos contra la segunda generación en variedades tempranas pueden dar lugar a la aparición de residuos en fruta. Todos estos problemas, unidos a los efectos secundarios que estos tratamientos tienen sobre los enemigos naturales, han favorecido que actualmente se apueste por otros métodos de control más respetuosos (Vanaclocha, 2012). Por otra parte, conocer la distribución de *A. aurantii* podría ayudar a disminuir el número de tratamiento o la cantidad utilizada, especialmente para aquellos insecticidas que actúan por contacto, porque éstos se podría focalizar en las zonas donde tiende a asentarse el diaspídido.

#### **1.1.7.2. Control biológico**

DeBach (1974) indicó que el control biológico mediante enemigos naturales era el método más económico y permanente para regular las poblaciones de diaspídeos en cítricos. Dentro de los enemigos naturales, los ectoparasitoides son los más eficaces y en concreto los pertenecientes al género *Aphytis* Howard (DeBach, 1974; Rosen y DeBach, 1979 y 1990; Rosen, 1994). Otros enemigos naturales son los endoparasitoides *Comperiella bifasciata* Howard y *Encarsia perniciosi* Tower u otros *coccinélidos* depredadores generalistas.

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) (Pina *et al.*, 2003; Pina y Verdú, 2007; Rodrigo y García-Marí, 1990; Sorribas *et al.* 2008; Vanaclocha *et al.* 2009). *Aphytis chrysomphali* es 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, 2007).

En los últimos años se han llevado a cabo varios esfuerzos tanto por empresas privadas como por organismos públicos para desarrollar un método de control biológico aumentativo basado en las sueltas de masivas de *A. melinus* (Tena *et al.*, 2015). Por lo tanto, es esencial conocer el comportamiento de estos parasitoides en campo para poder mejorar su potencial como agentes de control biológico.

## 1.2. Ectoparasitoides del género *Aphytis*

### 1.2.1. Posición taxonómica

El género *Aphytis* pertenece a la familia Aphelinidae, dentro de la superfamilia Chalcidoidea. Es un grupo cosmopolita y muy amplio de pequeños himenópteros de color amarillento o grisáceo, que rara vez exceden el milímetro de longitud y que se desarrollan exclusivamente como ectoparasitoides primarios de diaspídidos (Flanders, 1953; Rosen y DeBach, 1979).

### 1.2.2. Antecedentes históricos: origen y distribución

Todos los países que presentan en sus cultivos *A. aurantii*, cuentan con una historia más o menos larga de introducciones de enemigos naturales, destacando sobre todo los pertenecientes al género *Aphytis*. De todas las especies introducidas hasta el momento, las que parecen jugar un mayor papel en el control de las poblaciones de *A. aurantii* son *Aphytis melinus* DeBach y *Aphytis lingnanensis* Compere; no obstante, no hay que olvidar el papel ejercido por *Aphytis chrysomphali* (Mercet), endémico de la región mediterránea

En España, las primeras sueltas del género *Aphytis* datan de 1976, con la introducción de *A. melinus* (originario de la India) desde el insectario de “La Station de Zoologie et de LutteBiologique” de Antibes (Francia) y, posteriormente, en 1996, desde el insectario de la Universidad de Riverside (California). En 1999, se liberó *A. lingnanensis* (Verdú y Pina, 2002) pero su establecimiento no ha sido satisfactorio. En diferentes

estudios realizados en la Comunidad Valenciana, se ha observado la presencia de *A. melinus* y *A. chrysomphali*. Ambos parasitoides son capaces de compartir el mismo hábitat y a su vez competir por el mismo recurso (Pina, 2007; Sorribas *et al.*, 2008; Pekas *et al.*, 2010).

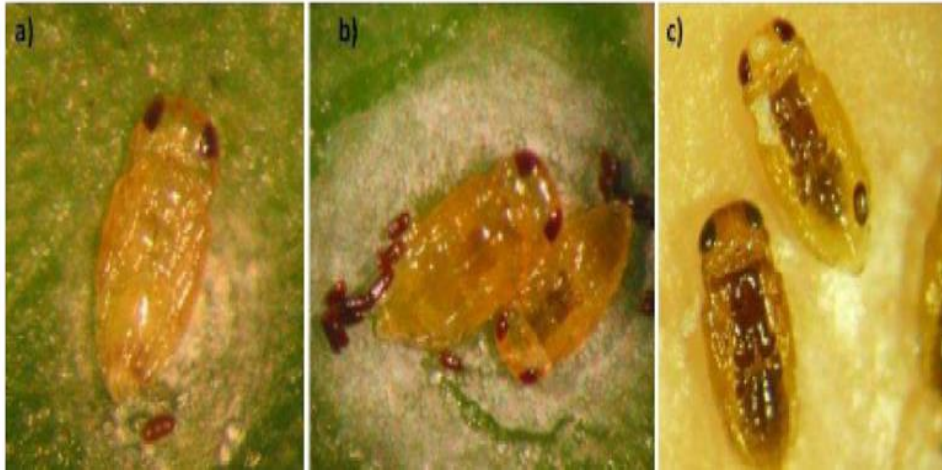
### 1.2.3. Morfología y desarrollo

La hembra del género *Aphytis* perfora con su ovopositor la cubierta del diaspídido y deposita uno o varios huevos encima o debajo, pero nunca dentro del cuerpo del diaspídido. La larva, protegida por la cubierta, y succionando los fluidos corporales desde el exterior, atraviesa tres estados larvarios que pueden ser reconocidos por su distinto tamaño (figura. 1.5 b)).



**Figura 1.5.** Estados de desarrollo de *Aphytis* a) huevos, b) larva, c) prepupas con meconios, d) pupa con restos de meconios, e) exuvia, f) adulto ( Vanaclocha, 2012).

La pupa está claramente aplanada dorsoventralmente, siendo considerablemente más ancha que gruesa (figura 1.5 d)). El adulto emerge practicando con sus mandíbulas un orificio de salida ovalado, o bien simplemente empujando hacia arriba el escudo cuando no se encuentra firmemente sujeto al sustrato (figura. 1.5 f) y 1.6).



**Figura 1.6.** Pupas de los ectoparasitoides *A. chrysomphali* (a), *A. melinus* (b) y *A. lingnanensis* (c) (Vanaclocha, 2012).

Tras la emergencia, el adulto deja tras de sí la exuvia de la pupa, los meconios, el resto del cuerpo de la cochinilla y a menudo el orificio de salida en el escudo, que es la indicación inequívoca de que esa cochinilla ha sido parasitada por *Aphytis* (Rosen y DeBach, 1979).





**Figura 1.7.** Adulto de *A. chrysomphali* ( Pina 2007).

El dimorfismo sexual en los adultos está poco desarrollado siendo el cuerpo en ambos casos amarillo.

#### 1.2.4. Biología y ecología

La duración del ciclo está asociada a factores climáticos (temperatura y humedad, principalmente), siendo muy variable en función de la especie (Viggiani, 1984). La mayoría de *Aphytis* se desarrollan de forma continua a lo largo del año y presentando de dos a tres generaciones por cada una del hospedador.

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). La hembra de *Aphytis* es esencialmente monógama. Sólo se apareja una vez, normalmente al poco tiempo de emerger, y el esperma se almacena en la

espermateca. En cambio, el macho es polígamo y puede fecundar a varias hembras (Rosen y DeBach, 1979).

### **Factores abióticos o físicos**

Las temperaturas extremas son el factor de mortalidad más importante en las especies de *Aphytis* (Rosen y DeBach, 1979). La humedad y la luz parecen tener una menor importancia que la temperatura.

Los plaguicidas de amplio espectro utilizados para el control de los diaspídeos y otras plagas como la mosca del mediterráneo, *C. capitata*, son el factor abiótico que más negativamente afecta a los enemigos naturales, y en concreto a las especies de *Aphytis*.

### **Factores bióticos**

La depredación intragremial puede disminuir las poblaciones de *Aphytis* campo. En cambio el hiperparasitismo, al menos en nuestros cítricos no se considera importante a pesar que se han citado varias especies de hiperparasitoides. La competición entre especies del género *Aphytis*, sin embargo, sí que ha causado el desplazamiento de unas especies por otras (Sorribas *et al.*, 2010).

### **Comportamiento en campo.**

A pesar de los numerosos estudios que se han realizado sobre los parasitoides del género *Aphytis* la mayoría de ellos están basados en datos de parasitoides inmaduros (parasitismo) o de comportamiento de los adultos en laboratorio, pero son pocos los estudios que han analizado su comportamiento en campo y sobre todos las causas de

su muerte en campo. Estos estudios pueden ayudar a mejorar las sueltas masivas de estos parasitoides así como el diseño de programas de control biológico por conservación. En concreto se desconoce todo lo relacionado con su distribución en el árbol: orientación y órgano preferido para descansar y buscar, si éstas cambian en función de la hora del día. Igualmente, se desconoce la hora del día a la que emergen o si tienden a morir durante la noche por causas fisiológicas o de depredación.

## 2. JUSTIFICACIÓN DE OBJETIVOS

*A. aurantii* se encuentra en estos momentos entre las plagas más importantes de los cultivos cítricos españoles. A pesar de que existen diferentes métodos de control alternativo, el control de esta plaga todavía se basa en el control químico con aplicaciones recurrentes e insostenibles. En los últimos años se ha intentado mejorar el control biológico de *A. aurantii* mediante la introducción de parasitoides (control biológico clásico) y, más recientemente, mediante sueltas masivas (control biológico aumentativo) del parasitoide *A. melinus*.

Con el objetivo final de mejorar el control biológico de *Aonidiella aurantii*, se ha estudiado el comportamiento de los parasitoides del género *Aphytis* en condiciones de campo con los siguientes sub-objetivos:

- 1.- Conocer la distribución de *Aonidiella aurantii* y sus parasitoides *Aphytis* en la copa de los cítricos.
- 2.- Conocer la distribución de los adultos del género *Aphytis* a lo largo del día en los principales órganos en los que se fija *Aonidiella aurantii*.
- 3.- Determinar la hora de emergencia de *Aphytis* en campo.
- 4.- Determinar la mortalidad nocturna de *Aphytis* en condiciones de campo, diferenciando entre causas fisiológicas y de depredación.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1.- Descripción parcela de ensayo.

El estudio fue realizado en Septiembre de 2013 en una parcela experimental de cítricos del Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias (IVIA) situado en el término municipal de Moncada provincia de Valencia. La parcela era de la variedad clemenules (*Citrus sinensis* var. 'Clemenules') de 15 años de edad y bajo producción comercial. El sistema de riego era localizado. Respecto a las prácticas culturales el terreno presentó el suelo desnudo, y no se habían realizado tratamientos con plaguicidas desde el año 2011. La parcela presentó un total de 110 árboles de los cuales se seleccionaron 30 no adyacentes.

#### 3.2.- Distribución de *Aonidiella aurantii* y sus parasitoides *Aphytis* en la copa de los cítricos.

Para determinar la distribución de *A. aurantii* y sus parasitoides del género *Aphytis* en la copa del árbol se contabilizó el número de individuos en 80 hojas maduras (20 hojas por orientación), la superficie de 40 frutas (10 por orientación) y la superficie de 20 cm de 16 ramas (cuatro por orientación) de un diámetro aproximado de 4 cm. El número de órganos muestreados por árbol se ha estimado para que la superficie muestreada sea similar en ramas, hojas y frutos. Para determinar si la distribución de *Aphytis* varía a lo largo del día se repitieron los muestreos en tres horarios: de 7:00h a 9:00h

(mañana), de 12:00h a 14:00h (medio día) y de 17:00h a 19:00h (tarde). En total fueron muestreados diez árboles diferentes el 23, 25 y 27 de septiembre, 30 árboles en total.

### **3.3.- Hora de la emergencia de *Aphytis*.**

Para evaluar la hora de emergencia del parasitoide se recolectaron 25 frutos (cinco por árbol) infestados por *A. aurantii* y se depositaron en cinco botes de cristal de 10 cm de diámetro y 30 cm de altura (cada bote correspondía a un árbol). Los botes se cubrieron con una malla para facilitar la aireación y evitar que escaparan los adultos emergidos. Este ensayo se realizó los días 12, 18 y 23 de septiembre utilizando árboles diferentes cada día. Los frutos fueron recolectados a las 20h y trasladados a una zona sombreada de la parcela que simulaba las condiciones climáticas del árbol. Durante los días posteriores, se realizaron cuatro observaciones de los botes (8:00h, 11:00h, 14:00, y 17:00h, en las que se contó el número de *Aphytis* emergidos de los escudos de los frutos. Tras el conteo se eliminaron los individuos mediante un aspirador manual.

### **3.4.-Mortalidad nocturna de *Aphytis*.**

Los ensayos anteriores mostraron que las poblaciones de *Aphytis* en las copas descienden durante el día pero no durante la noche. Para corroborar la baja mortalidad de los *Aphytis* durante la noche se realizó el siguiente ensayo. A las 20:00h se marcaron un total de 40 hojas maduras que contenían al menos un *Aphytis* y al día siguiente se comprobó si los *Aphytis* continuaba en la hoja a las 7:00h. El ensayo se realizó el 23 y 25 de septiembre marcando cinco hojas por árbol en cuatro árboles diferentes, un total de 320 hojas por día. Para marcar las hojas, se marcó la rama que contenía la hoja con

una banda de plástico y la hoja con un anillo de plástico de diámetro 1 cm (Gómez-Marco *et al.*, 2015).

Para determinar si la mortalidad observada se debía a razones fisiológicas y climáticas o a la depredación, se capturaron en los mismos árboles y a la misma hora de la tarde-noche un total de 45 *Aphitys* mediante aspiración. Los parasitoides fueron aislados en tubos de cristal tapados por un tapón de algodón. Los tubos de 3 cm de alto por 0,7 cm de diámetro se dejaron durante la noche en ramas cercanas a donde se habían realizado las capturas para simular las condiciones de campo. Al día siguiente se comprobó la mortalidad de los parasitoides.

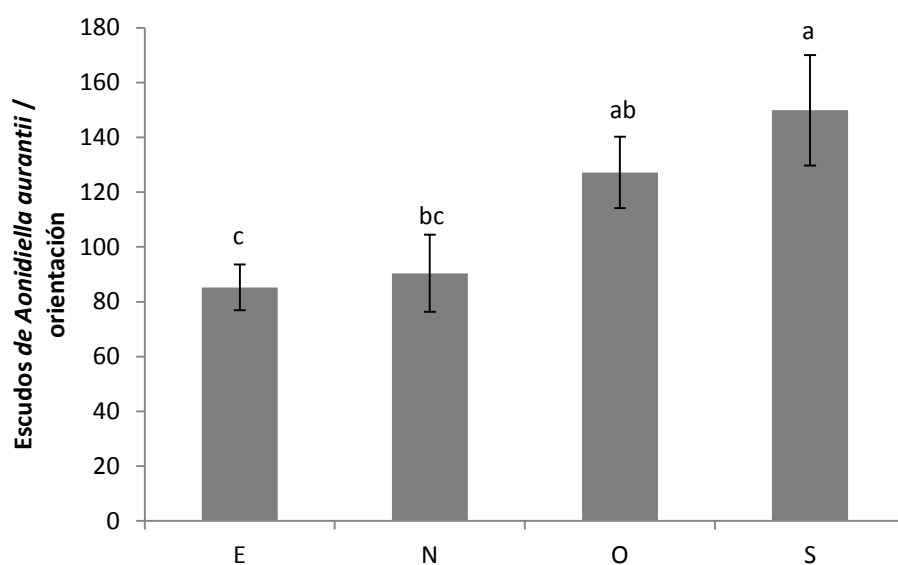
### **3.5.- Análisis de datos**

Todas las comparaciones se realizaron mediante un análisis de la varianza (ANOVA), cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una separación de las medias de los tratamientos utilizando un test LSD con un nivel de significación del 5%. Antes de realizar los análisis de la varianza (ANOVA) se constató el cumplimiento para cada caso de la homocedasticidad (homogeneidad de las varianzas) mediante un test de Levene y la normalidad de los valores mediante la representación en gráficas de probabilidad. Los análisis fueron realizados con el programa Statgraphics plus versión 5.1 para Windows (Statgraphics 2000).

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1.- Distribución de *Aonidiella aurantii* y sus parasitoides *Aphytis* en la copa de los cítricos.

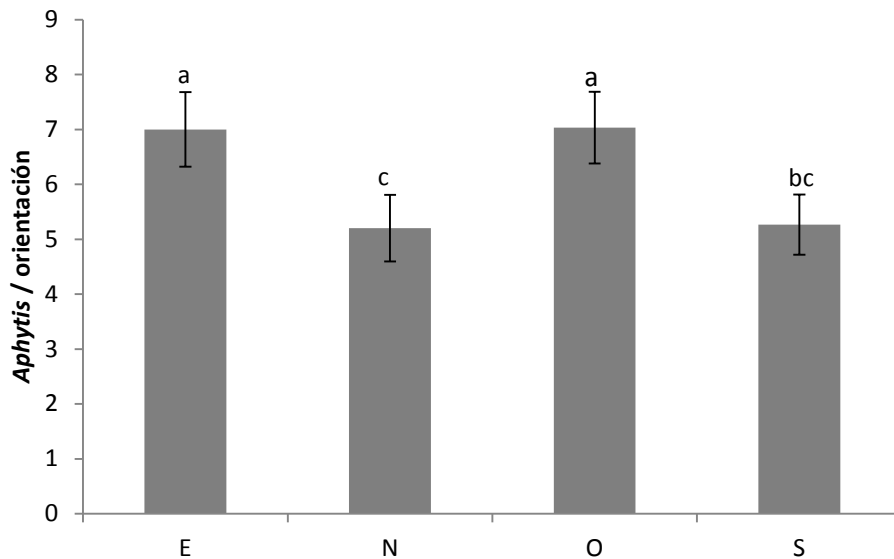
Tanto la distribución de *A. aurantii* como las de sus parasitoides del género *Aphytis* varió en función de la orientación. El número de escudos de *A. aurantii* mostró un gradiente decreciente de sur a este pasado por el oeste y el norte ( $F_{3, 119} = 4,5$ ;  $P < 0,001$ ) (Gráfica. 4.1).



**Gráfica. 4.1.** Distribución de escudos de *Aonidiella aurantii* en los cuatro puntos cardinales del árbol (media de escudos por orientación  $\pm$  EE). Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre orientación.



En el caso de los parasitoides se observó un gradiente decreciente pero en este caso de oeste a norte pasando por este y el sur ( $F_{3, 119} = 2,74$ ;  $P = 0,04$ ) (Gráfica. 4.2).



**Gráfica. 4.2.** Distribución de parasitoides del género *Aphytis* en los cuatro puntos cardinales del árbol (media de escudos por orientación  $\pm$  EE). Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre orientación.

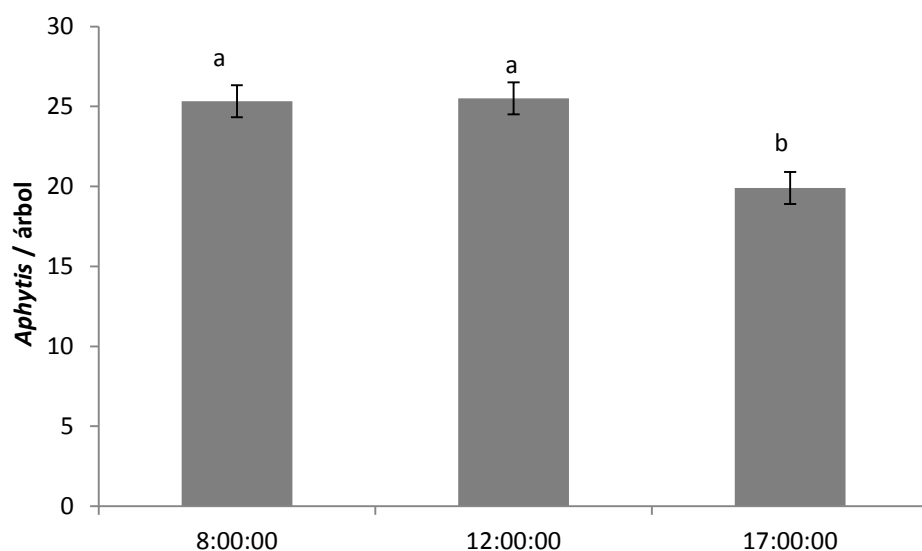
Las poblaciones de *A. aurantii* tendieron a situarse en la cara sur, siendo las poblaciones aproximadamente un 80% superiores en esta orientación que en el este y el norte. Teniendo en cuenta la orientación de las filas de la parcela (este-oeste), nuestros resultados muestran que *A. aurantii* tiende a aumentar sus poblaciones en las caras más expuestas al sol, y por lo tanto, las más iluminadas, cálidas y secas. En este mismo sentido, también se detectó un gran número de escudos en la cara oeste que es la opuesta a los vientos húmedos de Levante que predominan en la Comunidad Valenciana. Por lo tanto, parece que *A. aurantii* se asienta en las zonas secas y cálidas de las copa. Si este resultado se confirma en más parcelas, se debería recomendar

realizar los muestreos y tratamientos contra *A. aurantii* en las caras sur y oeste de los árboles de la Comunidad Valenciana para ahorrar tiempo y ganar precisión en el caso de los muestreos y aumentar la eficacia en el caso de los tratamientos.

Al contrario que su hospedante, los parasitoides del género *Aphytis* tendieron a situarse en las caras más resguardadas de los árboles, aquellas que se juntaban con los árboles contiguos de la misma fila (este y oeste). Por lo tanto, parece que los parasitoides tienden a evitar las temperaturas extremas que se pueden dar en las caras sur (cálidas) y norte (frías) tal y como ya demostraron Rosen y DeBach (1979). Si se tienen en cuenta los resultados de distribución del hospedador y el parasitoide, las bajas poblaciones del primero en la cara este podría deberse a la acción del parasitoide.

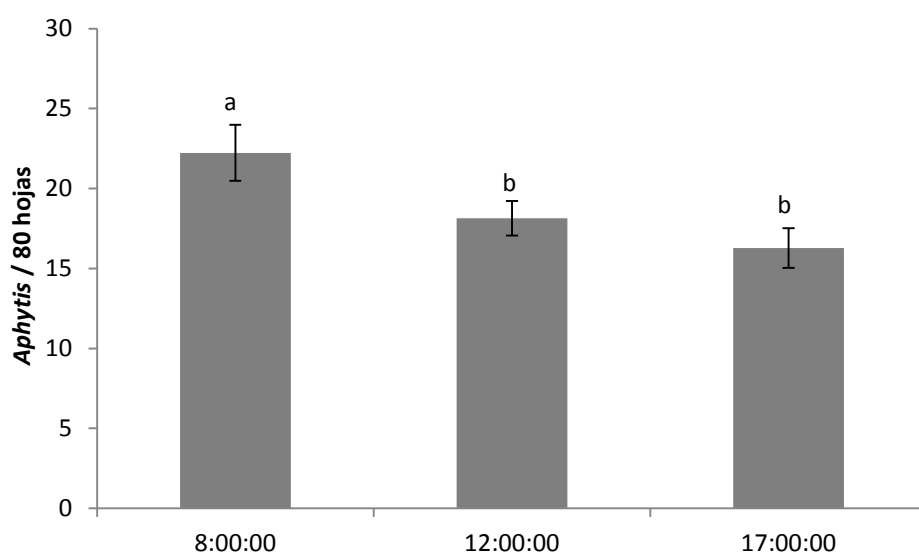
#### **4.2.- Distribución de *Aphytis* a lo largo del día.**

El número medio de *Aphytis* a lo largo del día disminuyó cuando se contabilizaron en los tres órganos conjuntamente (hojas, ramas y frutos) ( $F_{2, 85} = 4,38; P = 0,01$ ), siendo similar entre las 8:00 y las 12:00 (Gráfica. 4.3). Este patrón varió en función del órgano que se muestreó.



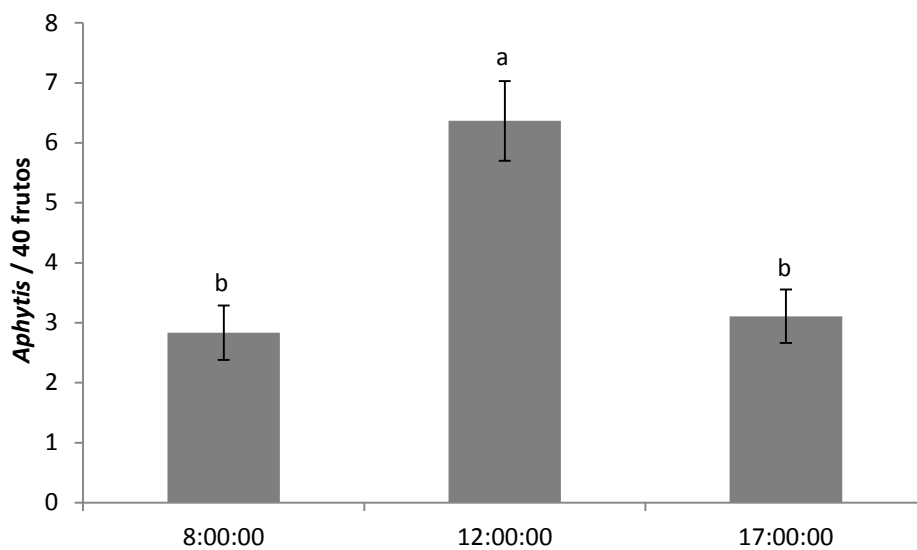
**Gráfica. 4.3.** Número medio de *Aphytis* por árbol ( $\pm$  EE) una parcela de cítricos a lo largo del día: 8:00, 12:00 y 17:00. Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre horas de muestreo.

Así, el número medio de *Aphytis* en hojas, con una muestra de 80 hojas por árbol, fue significativamente superior a las 8:00 que a las 12 y las 17:00 ( $F_{2, 85} = 4,76$ ;  $P = 0,01$ ) (Gráfica. 4.4).

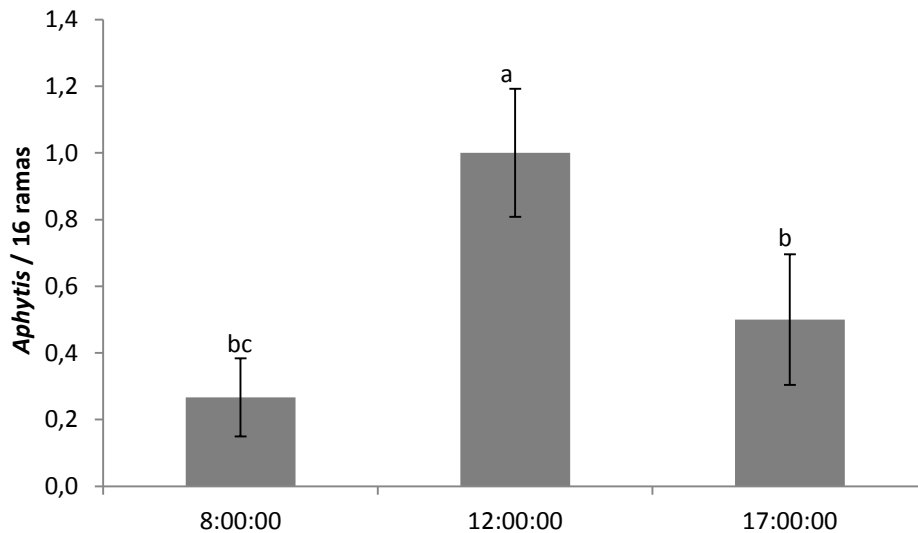


**Gráfica. 4.4.** Número medio de *Aphytis* en 80 hojas ( $\pm$  EE) una parcela de cítricos a lo largo del día: 8:00, 12:00 y 17:00. Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre horas de muestreo.

En el caso de los frutos y las ramas, el patrón fue diferente y el número medio de *Aphytis*, medido sobre 40 frutos y 20 cm de 16 ramas por árbol respectivamente, fue significativamente mayor a las 12:00 que a las 8:00 y las 17:00 para ambos órganos (frutos:  $F_{2,85} = 13,64$ ;  $P < 0,0001$ ) (ramas:  $F_{2,85} = 4,9$ ;  $P < 0,0001$ ) (Gráfica. 4.5 y 4.6).



**Gráfica. 4.5.** Número medio de *Aphytis* en 40 frutos ( $\pm$  EE) una parcela de cítricos a lo largo del día: 8:00, 12:00 y 17:00. Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre horas de muestreo.



**Gráfica. 4.6.** Número medio de *Aphytis* en 16 ramas ( $\pm$  EE) una parcela de cítricos a lo largo del día: 8:00, 12:00 y 17:00. Letras diferentes sobre las columnas denotan diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre horas de muestreo.

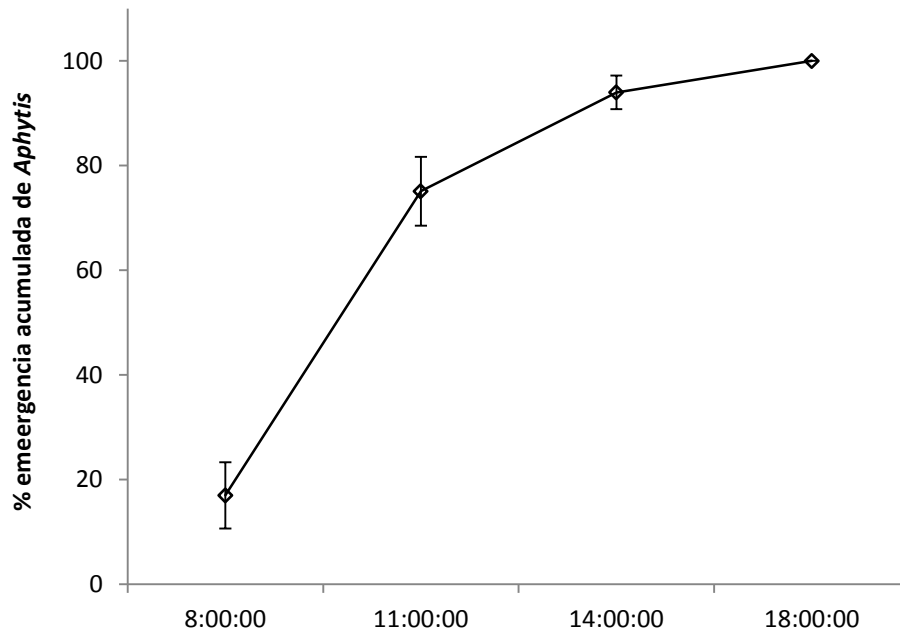
Los resultados muestran el patrón de actividad de los parasitoides del género *Aphytis*. Éstos tendieron a moverse de las hojas, donde descansan por la noche, a las ramas y frutos durante el día. La mayoría de los escudos parasitables para *Aphytis* se encuentran en los frutos (Pekas *et al.*, 2010) y para llegar a estos tuvieron que pasar por las ramas, de ahí el aumento de las poblaciones que se produjo en las ramas.

Estos resultados pueden ayudar en futuros muestreos de parasitoides del género *Aphytis*. Así, se recomendaría muestrear el envés de las hojas a primera hora o en el caso de querer muestrear *Aphytis* en plena actividad de búsqueda se debería hacer en los frutos a partir del mediodía.

### 4.3.- Hora de emergencia de *Aphytis*

En la gráfica 4.7 se ha representado el porcentaje acumulado de *Aphytis* emergidos a lo largo del día. Se observó que alrededor del 75% de los parasitoides emergían antes de mediodía (11:00am) (Gráfica. 4.7). Hasta la fecha no se había estudiado la hora de emergencia de los parasitoides del género *Aphytis* y parece que siguen el mismo patrón que otros parasitoides de actividad diurna que también tienden a emerger por la mañana (Godfray, 1994). Se ha sugerido que los parasitoides emergen temprano para aprovechar las horas de luz y así poder buscar hospedadores y alimento.

Por otra parte, el hecho que emerjan por la mañana pero sus poblaciones no aumenten entre las 8:00 y las 12:00 (Gráfica 4.3) sugiere que, o bien la metodología que se utilizó no fue lo suficientemente robusta para detectar este aumento, o los *Aphytis* tienden a morir por la mañana, ya sea los que acaban de emerger o los que venían de días anteriores. En otras palabras, los *Aphytis* emergidos por la mañana compensan a los que mueren en el total de la población.

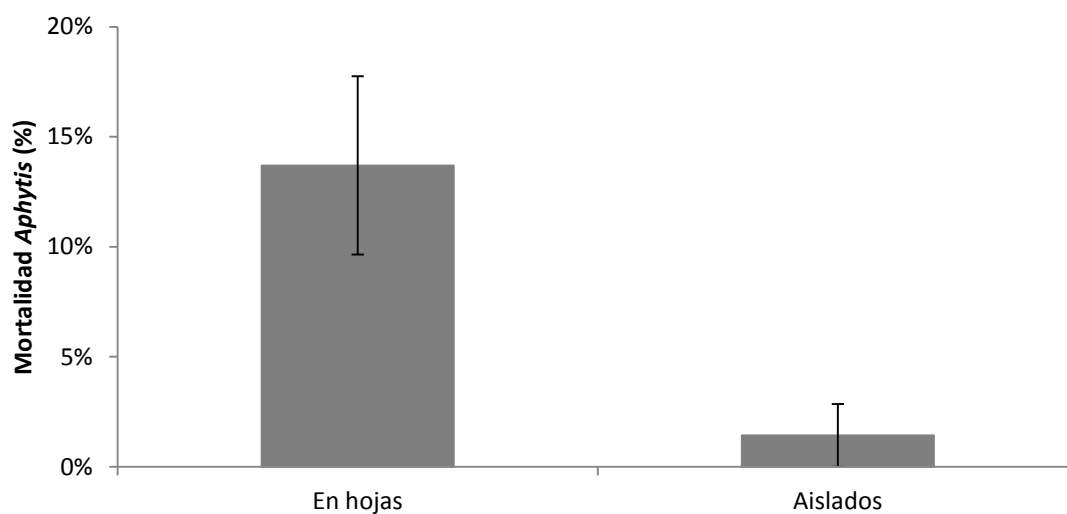


**Gráfica 4.7.** Hora de emergencia de los parasitoides del género *Aphytis* en campo representada como el porcentaje acumulado de *Aphytis* emergidos.

#### 4.4.- Mortalidad nocturna de *Aphytis*

Cuando se estudió la mortalidad nocturna de *Aphytis*, se observó que estos no morían por causas fisiológicas ni climáticas durante la noche puesto que sólo un individuo de los capturados e individualizados por la noche murió (Gráfica. 4.8). De forma similar, la mortalidad de los *Aphytis* que supuestamente murieron en campo en las hojas marcadas fue muy baja. Se recuperaron aproximadamente el 87% de los parasitoides de las hojas marcadas. Es posible que una parte del 13% de *Aphytis* “desaparecidos” durante la noche migrara a otras hojas tras el marcaje de las hojas y que por tanto no murieran durante la noche. Se debería tener en cuenta que los *Aphytis* todavía estaban muy activos cuando se marcaron las hojas.

**Gráfica 4.8.** Mortalidad nocturna de *Aphytis* en hojas (medida en campo, en el medio natural del depredador)



y en el laboratorio.

En cualquier caso cabe destacar que la mortalidad por causas fisiológicas (principalmente desnutrición) o climáticas (frío) fue nula y por depredación parece ser muy limitada por la noche. Por lo tanto, es posible que los *Aphytis* seleccionen las hojas para descansar, en lugar de los frutos donde sus hospedantes son más abundantes y de mayor calidad, precisamente para evitar la depredación.

Teniendo en cuenta todos los resultados, cabe destacar que los factores que están afectando negativamente a las poblaciones de estos parasitoides se dan durante el día y no durante la noche por lo que podrían ser de índole biótico y previsiblemente sea la depredación diurna, si bien otro trabajo final de carrera llevado en paralelo muestra que las poblaciones de *Aphytis* no aumentan significativamente cuando se excluyen a los depredadores generalistas de los árboles.



## 5. CONCLUSIONES

1.- *Aonidiella aurantii* tendió a fijarse en las zonas secas y cálidas de las copa (sur y oeste). Si este resultado se confirma en más parcelas, se debería recomendar realizar los muestreos y tratamientos contra *A. aurantii* en las caras sur y oeste de los árboles de la Comunidad Valenciana para ahorrar tiempo y ganar precisión en el caso de los muestreos y aumentar la eficacia en el caso de los tratamientos.

2- El género *Aphytis* tendió a situarse en las caras más resguardadas de los árboles, aquellas que se juntaban con los árboles contiguos de la misma fila (este y oeste). Además tiende a situarse en el envés de las hojas a primera hora de la mañana cuando las poblaciones son mayores. Por lo tanto, si en un futuro se quieren realizar muestreos de este género de parasitoides, estos deberían realizarse en zonas resguardadas, en el envés de las hojas y a primera hora de la mañana.

3.- La emergencia de los *Aphytis* se produce mayoritariamente en el intervalo de 8:00h a 11:00h (alrededor del 75% del total), este resultado sugiere que las sueltas aumentativas de *Aphytis* en campo deberían hacerse también a primera hora de la mañana y en zonas resguardadas, siguiendo el mismo patrón que tienen de forma natural.

4.- Las poblaciones de *Aphytis* tienden a disminuir a lo largo de todo el día. Por la mañana esta disminución se ve compensada por la emergencia, pero por la tarde al no haber emergencia las poblaciones descienden.

5.- Al contrario, la mortalidad de *Aphytis* nocturna por causas fisiológicas (principalmente desnutrición) o climáticas (frío) fue nula y por depredación parece ser muy limitada por la noche.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alfaro, F; F. Cuenca; M. Esquivá.** 1999. Problemática actual del piojo rojo de California en la Comunidad Valenciana. Comunidad Valenciana Agraria, 13: 21-28.
- Asplanato, G; F García-Marí.** 1998. Distribución del piojorojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera:Diaspididae) en árboles de naranjo. Boletín de sanidad vegetal.Plagas,24:637-646
- Atkinson, P. R.** 1977. Preliminary analysis of a field population of citrus red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), and the measurement and expression of stage duration and reproduction for life tables. Bulletin of Entomological Research, 67: 65-87.
- Beardsley, J. W; R. H González.** 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.
- Blay Goicoechea, M. A.** 1993. La familia Diaspididae Targioni-Tozzetti, 1868 de España peninsular y Baleares (Insecta: Hemiptera: Coccoidea). PhD, Universidad Complutense de Madrid. Madrid. 736.
- Bodenheimer, F. S.** 1951. Citrus entomology in the Middle East with special references to Egypt, Iran, Irak, Palestine, Syria, Turkey. Dr. W. Junk, The Hague, Netherlands. 633.
- Cameron, J. W.; G. E. Carman; R. K. Soost.** 1969. Differential resistance of Citrus species hybrids to infestation by the California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.). Journal of American Society of Horticultural Sciences, 94(6): 694-696.
- Cameron, J. W.; G. E. Carman; R. K. Soost ; J. L. Pappas.** 1975. Continued differential resistance among Citrus genotypes to California red scale. HortScience, 10(5): 515.
- Carroll, D. P. ; Luck, R.F.** 1984a. 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.
- Compere, H.** 1961. The red scale, *Aonidiella aurantii*(Mask.) and its insect enemies. Hilgardia, 31: 173-278.
- Crouzel, I. S.; H. G. Bimbonim; M. Zanelli ; E. N. Botto.** 1973. Lucha biológica contra la cochinilla roja australiana *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hom. Diaspididae) en cítricos. Revista de Investigaciones Agropecuarias, INTA, Buenos Aires, Rep. Argentina Serie 5,

Patología Vegetal, 10(6): 251-318.

**De Andrés-Cantero, F.** 1975. Catálogo de parásitos del olivo. Boletín del Servicio de Plagas, 2: 1-189.

**DeBach, P.** 1962. Biological control of the California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.), on citrus around the world. XI. Internationaler kongress für entomologie wien 1960, pp. 749-753. Viena, Austria.

**DeBach, P.** 1974. Biological control by natural enemies. Cambridge University Press, London and New York. 323.

**Delucchi, V. L.** 1975. Las plagas más importantes de los cítricos. In: Los cítricos, Ciba-Geigy ed., pp. 24-27. Basilea, Suiza.

**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.

**García-Marí, F.** 2012. Plagas de los cítricos. Gestión integrada en países de clima mediterráneo. Plagas de los cítricos. Phytoma. España. 263-556.

**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.

**Gómez-Menor, J.** 1937. Cócidos de España. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Estación de Fitopatología Agrícola de Almería, Madrid. 432.

**Gómez-Menor, J.** 1955-56. Cochinillas que atacan a los frutales (Homoptera, Coccoidea: I, Familia Diaspididae). Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola, 22: 1-105.

**González-Regueral, F.** 1932. Las cochinillas de los agríos y su tratamiento. Estación de Fitopatología Agrícola de Levante, Burjassot (Valencia). 44 pp.

**Gullan, P. J.; M. Kosztarab.** 1997. Adaptations in scale insects. Annual Review of Entomology, 42: 23-50.

**Habib, A.; H. S. Salama; A. H. Amin.** 1972. Population of *Aonidiella aurantiion* citrus varieties in relation to their physical and chemical characteristics. Entomologia Experimentalis et Applicata, 15: 324-328.

**Hare, J. D.; D. S. Yu; R. F. Luck.** 1990. Variations in life history parameters of California red scale on different citrus cultivars. *Ecology*, 71(4): 1451-1460.

**Hare, J. D.; R. F. Luck.** 1991. Indirect effects of citrus cultivars on life history parameters of parasitic wasp. *Ecology*, 72(5): 1576-1585.

**Koronéos, J.** 1934. Les coccidae de la Grèce surtout du Pélion (Thessalie). I: Diaspinae. Athènes (Grecia). 77.

**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

**Leonardi, G.** 1920. Monografia delle cocciniglie italiane. Opera Postuma. ed. Ernesto della Torre, Portici. 555.

**Llorens-Climent, J. M.** 1990. Homoptera I. Cochinillas de los cítricos y su control biológico. ed. Pisa Ediciones, Alicante. 260 pp.

**Pina, T., B. Martínez,; M.J. Verdú.** 2003. Field parasitoids of *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae) in Valencia (Spain). IOBC/wprs Bulletin, 26: 109-115.

**Pina, T.** 2007. Control biológico del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae) y estrategias reproductivas de su principal enemigo natural *Aphytis chrysomphali* Mercet (Hymenoptera: Aphelinidae). PhD Thesis. Departament de Zoologia. Universitat de València. 404.

**Pina, T.; M.J. Verdú,** 2007a. 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.

**Pekas, A., A. Tena, A. Aguilar,; F. García-Marí,** 2011. The impact of canopy foraging ants on California red scale *Aonidiella aurantii* in a Mediterranean citrus orchard. IOBC/WPRS Bulletin, 62: 113-117.

**Praloran, J. C.** 1971. Les agrumes. G. P. Maisonneuve & Larose, París. 565.

**Quayle, H. J.** 1911. The red or orange scale. University of California Publications. Bulletin nº 222: 99-150.

**Quayle, H. J.** 1932. Biology and control of citrus insects and mites, Bulletin nº 542, pp 87. Berkeley, California.

**Ripollés, J. L.; M. Marsá; M. Martínez.** 1995. Desarrollo de un programa de control integrado de las plagas de los cítricos en las comarcas del Baix Ebre-Montsià. Levante Agrícola, 3er trimestre: 232- 248.

**Rodrigo, E.; F. García-Marí.** 1990. Comparación del ciclo biológico de los diaspinos *Parlatoria pergandii*, *Aonidiella aurantii* y *Lepidosaphes beckii* (Homoptera, diaspididae)

en cítricos. Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas, 16: 25-35.

**Rodrigo, E.; F. García-Marí.** 1992. Ciclo biológico de los diaspididos de cítricos *Aonidiella aurantii* (Mask.), *Lepidosaphes beckii* (Newm.) y *Parlatoria pergandei* (Comst.) en 1990. Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas, 18: 31-44.

**Rodrigo, M. E.** 1993. Ciclo biológico comparado de *Aonidiella aurantii* (Mask.), *Lepidosaphes beckii* (Newm.) y *Parlatoria pergandii* Comst. (Homoptera: Diaspididae) y sus parasitoides. PhD, Universitat Politècnica de València. Valencia. 290.

**Rodrigo, E.; F. García-Marí.** 1994. Estudio de la abundancia y distribución de algunos coccidos diaspididos de cítricos. Boletín de Sanidad Vegetal de Plagas, 20: 151-164.

**Rosen, D. ; DeBach, P.** 1979. Species of Aphytis of the world (Hymenoptera: Aphelinidae). Israel Universities Press, Jerusalem and W. Junk, The Hague. 801.

**Rosen, D.; P. DeBach.** 1979. Species of Aphytis of the world (Hymenoptera: Aphelinidae). Israel Universities Press, Jerusalem and W. Junk, The Hague. 801.

**Rosen, D.** 1994. Fifteen years of Aphytisresearch - an update. In: Advances in the Study of Aphytis, Rosen, D. ed., pp. 3-9. Intercept Ltd, Andover.

**Sorribas, J., R. Rodríguez, E. Rodrigo,; 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.

**Talhouk, A. S.** 1975. Las plagas de los cítricos en todo el mundo. In: Los cítricos, Ciba-Geigy ed.,. 21-27. Basilea, Suiza.

**Tashiro, H.; J. B. Beavers.** 1968. Growth and development of the California red scale, *Aonidiella aurantii*. Annals of the Entomological Society of America, 61(4): 1009-1014.

**Tashiro, H.; C. Moffitt.** 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.

**Tena, A., A. Pekeas, C. Dalmert, F. Wackers,; A. Urbaneja.** 2012. Sugar provisioning mawimizes the biocontrol service of a parasitoid. Journald of Applied Ecology, doi 10.1111/1365-2664.1246

**Urbaneja, A., J. Catalán, A. Tena,; J.A. Jacas.** 2014. Gestión integrada de plagas de cítricos. <http://www.gipcitricos.ivia.es>. Acceso 11de Agosto de 2014

- Vanaclocha, P., S. Vacas, C. Alfaro, J. Primo, M.J. Verdú, V. Navarro-Llopis,; A. Urbaneja.** 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.
- Verdú, M. J.; T. Pina.** 2002. Control biológico del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Mask.). *Phytoma España*, 140 (junio-julio): 18-26.
- Viggiani, G.** 1984. Bionomics of the Aphelinidae. *Annual Review of Entomology*, 29: 257-276.
- VVAA.** 1991. Integrated pest management for citrus. University of California. Publication 3303. 144.
- Washington, J. R.; G. P. Walker.** 1990. Histological studies of California red scale (Homoptera: Diaspididae) feeding on citrus. *Annals of the Entomological Society of America*, 83(5): 939-948.
- Watson, J. R.; E. W. Berger.** 1932. Citrus insects and their control. Florida Agricultural Experiment Station Bulletin, 67: 1-140.
- Willard, J. R.** 1972. Studies on rates of development and reproduction of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (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 (USA). 105 pp.

