

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA Y DEL MEDIO NATURAL



Establecimiento de una estrategia de gestión del piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*. Maskell) en el marco de un protocolo de producción residuo cero en cítricos de la provincia de Valencia.

**TRABAJO DE FIN DE MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA
AGRONÓMICA**

Curso Académico: 2019-2020

ALUMNO/A: Jorge Burguet Zamit

TUTOR UNIVERSITARIO: Rosa Vercher Aznar

VALENCIA, 27 de julio de 2020

Establecimiento de una estrategia de gestión del piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*. Maskell) en el marco de un protocolo de producción residuo cero en cítricos en la provincia de Valencia

Resumen

Aonidiella aurantii (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) es una de las plagas más importantes de los cítricos en la zona Mediterránea debido a los altos niveles de destrucción comercial por la presencia de escudos en la piel. Actualmente su control depende de tratamientos químicos que, o bien dejan residuos en la fruta o generan resistencias debido a su empleo reiterado. Alternativamente se han puesto en marcha otros métodos, como el control biológico o técnicas de confusión sexual. Estos métodos cada vez se utilizan más en nuevos protocolos de producción, como el que se conoce como residuo cero, basado en la obtención de fruta con materias activas por debajo del límite de detección (0,01 ppm). En este trabajo se pone en práctica este modelo en explotaciones comerciales de naranja dulce, clementina y mandarina híbrida. Para ello, primero se realizaron distintos tratamientos teniendo en cuenta las integrales térmicas en primera generación y la valoración de daños de la campaña anterior. Se compara la eficacia de distintas estrategias de gestión. Estos tratamientos se basaron en aceites de parafina a distintas dosis, productos con efectos desecantes y feromonas. Después se determinó el nivel de daños en cosecha mediante muestreos en binocular para evaluar la eficacia de los tratamientos. Finalmente, para verificar el cumplimiento del protocolo de residuo cero, se evaluó la posible presencia o nivel de materias activas en fruta mediante analíticas multiresiduos a todas las variedades del presente trabajo.

Palabras clave: piojo rojo de California, feromonas, residuo cero, gestión de plagas

Establiment d'una estratègia de gestió del poll roig de Califòrnia (*Aonidiella aurantii*. Maskell) en el marc d'un protocol de producció residu zero en cítrics a la província de València

Resum

Aonidiella aurantii (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) és una de les plagues més importants dels cítrics en la zona Mediterrània a causa dels alts nivells de destricó comercial per la presència d'escuts en la pell. Actualment el seu control depén de tractaments químics que, o bé deixen residus en la fruita o generen resistències a causa del seu ús reiterat. Alternativament s'han posat en marxa altres mètodes, com el control biològic o tècniques de confusió sexual. Aquests mètodes cada vegada s'utilitzen més en nous protocols de producció, com el que es coneix com a residu zero, basat en l'obtenció de fruita amb matèries actives per davall del límit de detecció (0,01 ppm). En aquest treball es posa en pràctica aquest model en explotacions comercials de taronja dolça, clementina i mandarina híbrida. Per a això, primer es van realitzar tractaments tenint en compte les integrals tèrmiques en primera generació i la valoració de danys de la campanya anterior. Es compara l'eficàcia de diferents estratègies de gestió. Aquests tractaments es van basar en olis de parafina a diferents dosis, productes amb efectes dessecants i feromones. Després es va determinar el nivell de danys en collita mitjançant mostrejos en binocular per a avaluar l'eficàcia dels tractaments. Finalment, per a verificar el compliment del protocol de residu zero, es va avaluar la possible presència o nivell de matèries actives en fruita mitjançant analítiques multiresidus a totes les varietats del present treball.

Paraules clau: poll roig de Califòrnia, feromones, residu zero, gestió de plagues

Establishment of a management strategy for the California red scale (*Aonidiella aurantii*. Maskell) within the framework of a zero residue production protocol for citrus in the province of Valencia

Abstract

Aonidiella aurantii (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) is one of the most important citrus pests in the Mediterranean area because of the high levels of commercial detriment due to the presence of peel shields. Currently its control depends on chemical treatments that either leave residues in the fruit or generate resistances due to repeated use. Alternatively, other methods, such as biological control or sexual confusion techniques, have been implemented. These methods are increasingly used in new production protocols, such as the one known as zero residue, based on obtaining fruit with active substances below the detection limit (0.01 ppm). This work puts this model into practice in commercial crops of sweet orange, clementine and hybrid tangerine. To do this, treatments were first carried out taking into account the first generation thermal integrals and the damage assessment of the previous campaign. The effectiveness of different management strategies is compared. These treatments were based on petroleum spray oils at different doses, products with desiccant effects and pheromones. Then the level of crop damage was determined by binocular sampling to assess the effectiveness of the treatments. Finally, in order to verify compliance with the zero residue protocol, the possible presence or level of active substances in fruit was evaluated by means of multi-residue analyzes on all varieties of this project.

Keywords: California red scale, pheromones, zero residue, pest management.

INDICE

1.INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Residuo cero. El nuevo paradigma en la gestión de plagas.....	1
1.1.1 Protocolos de producción	1
1.2 El piojo rojo de California (<i>Aonidiella aurantii</i> (Maskell)) como plaga clave en cítricos..	2
1.2.1 Taxonomía.....	2
1.2.2 Origen y distribución geográfica	2
1.2.3 Dinámica estacional	2
1.2.4 Localización, distribución y abundancia en el árbol	3
1.1.4 Ciclo biológico y morfología.	4
1.2.5 Daños e importancia económica.....	6
1.2.6 Métodos de control.....	7
1.2.6.1 Control químico.....	7
1.2.6.2 Control biológico.....	8
1.2.6.3 Semioquímicos	10
1.2.6.3.1 Confusión sexual o interrupción del apareamiento.	10
1.2.6.3.2 Atracción y muerte	11
2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS.....	12
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	13
3.1 Elección y descripción de las parcelas	13
3.2. Estrategias de control	14
3.2.1 Equipos de aplicación.....	14
3.3 Seguimiento del vuelo de machos	15
3.3.1 Dispositivos de confusión sexual	15
3.3.2 Trampas adhesivas con feromonas	15
3.4 Análisis de datos y expresión del índice de capturas	16
3.5 Analítica multirresiduos	16
3.5.1 Toma de muestras.....	16
3.5.2 Boletín analítico	17
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	18
4.1 Valoración de daños de la campaña pasada	18
4.2. Ensayo	19
4.2.1 Momento óptimo de tratamiento	19
4.2.2 Tratamientos.....	21
4.2.3 Eficacia de los tratamientos.....	22
4.3 Seguimiento del vuelo de machos	23
4.4 Análisis multirresiduos.....	27
5. CONCLUSIONES.....	28
6. BIBLIOGRAFÍA	29

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de las fincas	13
Tabla 2. Estrategias de control	14
Tabla 3. Equipos de pulverización	14
Tabla 4. Fechas de reposición de las trampas adhesivas	16
Tabla 5. Valoración de daños por <i>A. aurantii</i> en la campaña 2018-2019	18
Tabla 6. Integral térmica de la estación agroclimática de El Pedregal	19
Tabla 7. Integral térmica de la estación agroclimática de Alzira	19
Tabla 8. Integral térmica de la estación agroclimática de Sumacàrcer	19
Tabla 9. Planificación de tratamientos	20
Tabla 10. Tratamientos para primera generación de <i>A. aurantii</i>. Campaña 2019-2020	21
Tabla 11. Valoración de daños por <i>A. aurantii</i> después de tratamiento	22
Tabla 12. Comparativa de costes por estrategia	27
Tabla 13. Resultados de las analíticas multiresiduos. Campaña 2019-2020	27

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ciclo de vida de <i>Aonidiella aurantii</i>	4
Figura 2. Larvas móviles de <i>A. aurantii</i>	4
Figura 3. Estado de gorrita blanca o “white cap” (izquierda), etapa de pezón o “nipple stage” (derecha)	5
Figura 4. Escudo de <i>A. aurantii</i> macho (izquierda) y hembra (derecha)	5
Figura 5. Estados de prepupa (izquierda), pupa (centro) y adultos (derecha) de machos de <i>A. aurantii</i>	6
Figura 6. Presencia de daños	7
Figura 7. Adulto de <i>A. melinus</i> (izquierda), <i>A. chrysomphali</i> (centro) y hembra de <i>A. hispanicus</i> (derecha)	9
Figura 8. Adulto de <i>C. bifasciata</i> (izquierda) y <i>E. perniciosi</i> (derecha)	9
Figura 9. Adulto recién emergido de <i>C. bipustulatus</i> (izquierda) y larvas de <i>R. lophantae</i> (derecha)	10
Figura 10. Distribución de difusores para marcos de plantación menores a 5x3 (A) y superiores a 6x4 (B)	15
Figura 11. Anverso (izquierda) y reverso (derecha) de la trampa adhesiva	15
Figura 12. Evolución de los estadios de <i>A. aurantii</i> en Carlet. Boletín de seguimiento a 30-05-19	20
Figura 13. Promedio de daños por estrategia realizada	22
Figura 14. Curvas de vuelo Campaña 2018-2019	23
Figura 15. Promedio de las capturas en función de la finca	24
Figura 16. Promedio de las capturas en función de la edad del arbolado	24
Figura 17. Promedio de las capturas en función de la especie de cítrico	25
Figura 18. Promedio de las capturas en función de la variedad	25
Figura 19. Promedio de las capturas en función del tratamiento	26

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Residuo cero. El nuevo paradigma en la gestión de plagas.

Actualmente no existe una definición generalizada del concepto Residuo Cero. Bien es cierto que los distintos protocolos de producción consideran residuo cero a cualquier producto hortofrutícola en el que toda materia activa se encuentre en una determinación analítica por debajo de 0.01 ppm. Esta determinación corresponde al límite de cuantificación (LOQ o LQ) que, según el *Codex Alimentarius*, se define como la concentración más baja del analito que puede ser cuantificada, es decir la concentración mínima del analito en la muestra de ensayo que puede determinarse con precisión y exactitud aceptable bajo las condiciones indicadas del ensayo. En un contexto de producción residuo cero, todas aquellas muestras con resultados por debajo de los LOQ se considerarían libres de residuos de fitosanitarios, ya que, si hay cantidades presentes, estas no pueden ser detectadas.

1.1.1 Protocolos de producción

A día de hoy, existen diferentes normas y certificaciones que apuestan por empleo racional de plaguicidas y prácticas beneficiosas para el medio ambiente y la salud. Algunas de ellas dirigidas desde la administración pública, tanto a nivel nacional, como es la normativa de Producción Integrada, (RD 1201/2002); como a nivel autonómico, como es el caso de la Comunidad Valenciana, (Decreto 121/1995) donde incluyen reglamentos técnicos específicos por cultivo que han ido sufriendo modificaciones a lo largo del tiempo. Independientemente del ámbito y del transcurso del tiempo, en todos ellos, la Producción Integrada ha tenido siempre un marcado carácter de sostenibilidad y se ha antepuesto siempre que fuese posible los métodos biológicos, biotecnológicos a los métodos químicos en la lucha contra plagas y enfermedades.

Otros sistemas de producción como la Agricultura Ecológica (Reglamento CE 889/2008) restringe directamente la utilización de plaguicidas que deriven en la presencia de residuos en los productos agrícolas o que puedan tener efectos perjudiciales sobre el medio ambiente. En ese sentido, en Agricultura Ecológica solo se permite el uso de productos basados en sustancias naturales (vegetal, animal o mineral) o derivados de ellas.

También existen certificaciones de carácter privado, como Global GAP (originariamente EUREP GAP) que han desarrollado estándares donde se definen requisitos para poder garantizar la adopción de Buenas Prácticas Agrícolas. En ella se obliga a que los productores realicen tareas de “prevención, observación y monitoreo” y donde las intervenciones sean preferiblemente de control no químico. Esta certificación se extiende a otros estándares, como es Tesco Nurture, que exige un control más restrictivo en el empleo de fitosanitarios que el establecido por la Unión Europea; o la norma Zerya, donde se implementan sistemas de producción que garantizan que el producto final esté libre de residuos.

En 2017 se puso en marcha el proyecto LIFE Zero Residues (LIFE12/ENV/ES/0902) sobre frutales de hueso. Este proyecto apuesta por una reducción drástica de las dosis de pesticidas con vistas a obtener cosechas sin residuos, una disminución de residuos químicos en el suelo y un aumento del precio y de vida útil del producto final.

1.2 El piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii* (Maskell)) como plaga clave de los cítricos

1.2.1 Taxonomía

Reciben el nombre de cochinillas de los cítricos un grupo de insectos que viven a expensas de estos vegetales, entre ellos se incluyen los diaspinos, clasificados como las formas más evolucionadas de cochinillas (Llorens, 1990). *Aonidiella aurantii* pertenece al orden Hemiptera, superfamilia Coccoidea, familia Diaspididae. La clasificación taxonómica de *A. aurantii* es la siguiente:

Clase: Insecta

Orden: Hemíptera

Suborden: Sternorrhyncha

Superfamilia: Coccoidea

Familia: Diaspididae

Tribu: Aspidiotini

Género: *Aonidiella*

Especie: *Aonidiella aurantii*

1.2.2 Origen y distribución geográfica

Se cree que se trata de una especie originaria del sureste de Asia (Bodenheimer, 1951; Hely, 1982). Fue descubierta por Maskell en 1878 en Nueva Zelanda y descrita bajo el nombre de *Aspidiotus aurantii*. En España, es citada por primera vez por García Mercet (1910) en Valencia y más tarde por Lindinger (1912). Gómez Menor la reporta en Aspe (Alicante) en 1955 en limonero, aunque no es hasta 1985 en que se detectan focos en Alzira (Comunidad Valenciana) y más tarde en Andalucía (Alfaro et al, 1999). Actualmente se distribuye por toda la zona mediterránea y en todas las zonas citrícolas del mundo (Llorens, 1990; García-Marí et al, 2003; Garcerá, 2013).

1.2.3 Dinámica estacional

El número de generaciones y la velocidad de desarrollo de *A. aurantii* depende de las condiciones climáticas (Rodrigo & García-Mari, 1992), siendo mayor a altas temperaturas y bajas humedades relativas. (Bodenheimer, 1951). En años con invierno suaves y en las zonas más cálidas, se observa una salida parcial de larvas móviles a lo largo de los meses de enero y febrero, que puede alcanzar a un 10% del total de las hembras (Llorens, 1990) llegando a primavera con poblaciones elevadas y causando problemas en su control (Alfaro et al, 1999).

En algunas explotaciones citrícolas se han llegado a reportar de cinco a siete generaciones (Smith et al, 1997; Bedford 1998). En la Comunidad Valenciana se distinguen tres, dos completas, una en mayo-junio, otra en agosto-septiembre y una última, a veces incompleta, en otoño (Lassala et al, 2003). Puede existir un cuarto vuelo de machos pero que en general no dará lugar a otra generación dado que es excesivamente tardío (Moltó et al, 2008) aunque el vuelo de esta puede solaparse con el tercero (Campos et al, 2009).

Kenneth & Hoffman (1989) establecen una temperatura crítica de 11,7 °C por debajo de la cual su desarrollo se detiene y una acumulación de 616 °D (grados-día) para completar un ciclo, pero también se le reconoce un umbral máximo de 37,8 °C (Grout & Richards, 1989) En otros trabajos se obtienen acumulaciones de 667 °D (Asplanato & García-Mari, 2001) y 612 °D (Campos et al, 2012) a partir del umbral definido por Kenneth & Hoffman (1985). En cambio, otros autores estiman las constantes térmicas considerando umbrales de 12°C (Atkinson, 1977; Tumminelli et al, 1996) y de 12,3 °C (Bodenheimer, 1951). De cualquier manera, la temperatura se presenta como un factor clave en el desarrollo de esta especie. Temperaturas de entre 25°C y 35 °C repercuten en un aumento de la tasa de fecundidad de las hembras (Willard, 1972) y en un mayor movimiento de las larvas móviles (Bodenheimer, 1951) mientras que, temperaturas extremadamente bajas tienen un impacto en las etapas de pupa y prepupa de los machos (Abdelrahman, 1974). Se ha observado además que la mortalidad se produce con temperaturas máximas de 48°C (Hely et al, 1982) existiendo un mayor índice en las partes elevadas de los árboles (Ebeling, 1933)

1.2.4 Localización, distribución y abundancia en el árbol

Aunque *A. aurantii* se fija en todas las partes del árbol (Ebeling, 1959), dependiendo del sustrato pueden variar muchos factores poblacionales. Carroll & Luck (1984) establecen que la copa exterior del árbol es el sustrato más adecuado para su desarrollo y supervivencia. Llorens (1990) afirma que las densidades altas localizadas en estos sustratos se deben al marcado fototropismo positivo de las larvas móviles. Por el contrario, Habib et al (1972) les atribuye un fototropismo negativo a las larvas encontrando mayores poblaciones en la zona interior de la copa. De cualquier manera, Bodenheimer (1951) indica que, en función de la temperatura de una región, la distribución de la cochinilla será diferente, encontrando mayores poblaciones en la parte interior y sombreada del árbol en aquellas regiones más cálidas y ocurriendo lo contrario en las más frías.

En cuanto al tipo de sustrato, el tamaño de la cochinilla será mayor en frutos (Luck & Podoler, 1995) que en ramas dada su baja calidad nutricional (Hare & Morgan, 2000). Se observa además que, las hembras ubicadas en el fruto son las más prolíficas (Asplanato & García-Mari, 1998; Alfaro et al, 1999) aunque también se han encontrado densidades altas en hojas, localizándose estas en el haz (Rodrigo & García-Mari, 1994). La proporción por sexos es distinta según el sustrato, existiendo mayores proporciones de machos en hojas y de hembras en madera y fruto (Carroll & Luck, 1984).

Por otra parte, la edad de la planta también juega un papel importante. Existe una mayor abundancia en arboles jóvenes con follajes menos densos que en plantas adultas (Smith et al, 1997). Si bien, los troncos de estos presentan menores infestaciones que los jóvenes (Bedford, 1998).

1.1.4 Ciclo biológico y morfología.

Como la mayoría de los diaspinos, *A. aurantii* no presenta partenogénesis reproduciéndose únicamente de forma sexual (Bodenheimer, 1951). Los estadios de desarrollo de *A. aurantii* son diferentes según el sexo, se distinguen tres estadios en hembras (dos estadios ninfales y el adulto) y cinco en machos (dos estadios ninfales, pupa, prepupa y el adulto) (Ebeling, 1959).

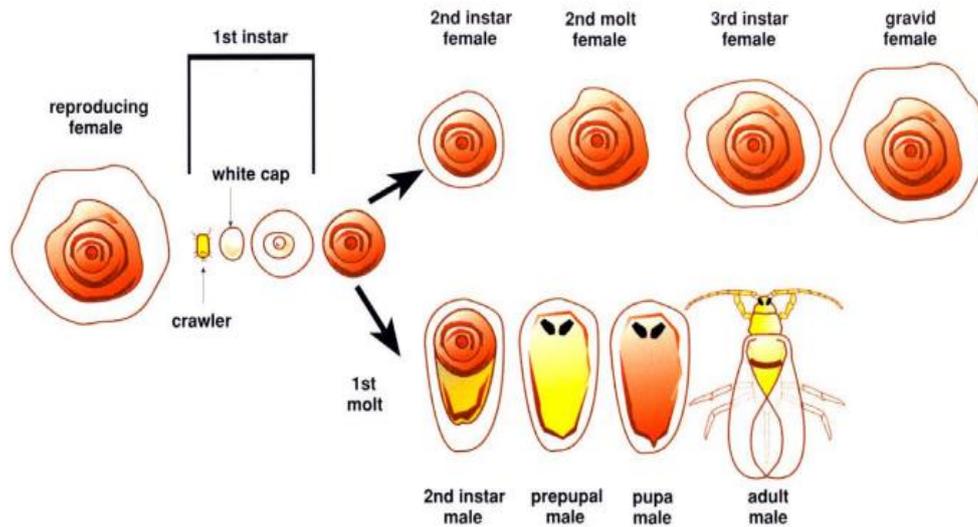


Figura 1. Ciclo de vida de *Aonidiella aurantii*.

Las hembras son vivíparas y los huevos maduran en el interior de su cuerpo. Una hembra completamente desarrollada puede dar a luz entre 100 y 150 larvas (primer estadio) (Llorens, 1990). Dependiendo de las condiciones climáticas, fundamentalmente temperatura y humedad (Willard, 1972) pueden permanecer debajo del escudo de la hembra de unas pocas horas hasta un par de días después de la eclosión (Bodenheimer, 1951). Al nacer, esta larva posee dos ojos, dos antenas y tres pares de patas funcionales (Llorens, 1990). Estas permanecerán móviles solo el tiempo suficiente para encontrar una superficie adecuada en una hoja, fruto o rama donde fijarse y comenzar a alimentarse (Ebeling, 1959; Forster et al, 1995; Alfaro-Lassala et al, 1999).

La larva móvil (Figura 2) puede dispersarse de un árbol a otro arrastrándose, pero depende en gran medida de diversos factores (viento, aves, maquinaria, etc.) para moverse distancias más largas (Willard, 1974; Kerns et al, 2001). Esta etapa junto a la de los machos adultos son los únicos con capacidad de movimiento (Bodenheimer, 1951; Greathead, 1990).

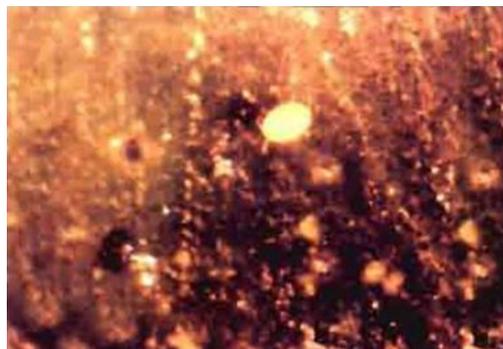


Figura 2. Larvas móviles de *A. aurantii*

Se distinguen dos tipos distintos de etapa inmóvil: un estadio de alimentación y una etapa de muda o latencia. Una vez las larvas se fijan, comienzan a alimentarse y secretar un material blanquecino que forma una cubierta alrededor de su cuerpo, etapa conocida como gorrilla blanca o “white cap” (Figura 3) (Forster et al, 1995). La cubierta consiste en cera secretada por las glándulas de pigidio

y exuvio que se incorporan durante la muda (Dickson, 1951) y es, lo que generalmente se conoce como “escudo” o “armadura” que protege a la cochinilla de agresiones físicas y condiciones climáticas adversas (Ebeling, 1959). A medida que el piojo continúa desarrollándose, la parte superior de la cubierta forma una cresta circular pronunciada correspondiéndose a la etapa del pezón o “*nipple stage*” (Figura 3). Todas estas etapas forman parte del primer estadio que, una vez retiren el estilete y dejen de alimentarse, se producirá la primera muda, que durará aproximadamente cuatro días para pasar después al segundo estadio. (Forster et al, 1995).

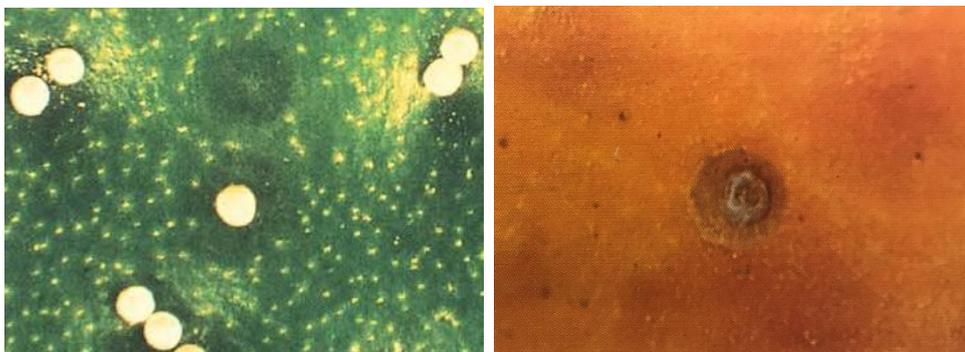


Figura 3. Estado de gorrita blanca o “white cap” (izquierda), etapa de pezón o “nipple stage” (derecha)

A partir de aquí, el desarrollo difiere entre sexos. Los machos desarrollan ojos y se vuelven más alargados mientras que las hembras no lo desarrollan y su escudo adquiere una forma circular (Figura 4) (Tashiro & Beavers, 1986). Los machos mudarán cuatro veces y en él se distinguen las etapas de prepupa, pupa y adulto (Figura 5) mientras que, en hembras le sigue una segunda muda, previa al estado de hembra joven. (Howell & Tippins, 1990; Forster et al, 1995).



Figura 4. Escudo de *A. aurantii* macho (izquierda) y hembra (derecha)

Los machos del segundo estadio se distinguen por la pigmentación marrón. Después de aproximadamente 5 días, comienzan a pupar (prepupa). Esta etapa se caracteriza por la pérdida de la pigmentación marrón y el desarrollo de los genitales. En aproximadamente un día y medio, los machos se transforman en pupas masculinas con los genitales ya formados y 3 días después emergen como adultos (Forster et al, 1995). Este posee un par de alas, es de color amarillo anaranjado y presenta una banda torácica marrón (Figura 5) (Ebeling, 1959). Su etapa como adultos es corta, no llegando a vivir más de un día (Yan e Isman, 1986)



Figura 5. Estados de prepupa (izquierda), pupa (centro) y adultos (derecha) de machos de *A. aurantii*

Mientras que los machos de segundo estadio se convierten en prepupas y pupas, las hembras de segundo estadio mudan por segunda vez e incorporan esta segunda exuvia al escudo. Al igual que con la primera muda, el cuerpo y la cubierta no se pueden separar. Después de la muda, que dura alrededor de 6 días, las hembras reanudan la alimentación (Forster et al, 1995). A partir de aquí, se distingue un tercer estadio y las hembras pasan por distintas etapas: hembra joven, hembra desarrollada virgen, y hembra fecundada o grávida (Ebeling, 1959). El tamaño del cuerpo empieza a cambiar, los lóbulos se desarrollan a cada lado del pigidio dándole al cuerpo una forma más circular que en los segundos estadios. Es durante esta etapa donde la hembra emite feromonas y se produce la copula. Una vez inseminada, el pigidio de la hembra se retrae más allá de los lóbulos del cuerpo, imposibilitando la copula (Tashiro & Moffit, 1968; Forster et al, 1995) En esta etapa, el cuerpo de las hembras maduras está completamente sellado y comenzaran a producir larvas móviles en aproximadamente 12 días (Forster et al, 1995).

1.2.5 Daños e importancia económica

Se trata de una plaga polífaga a la que se reconocen más de cien huéspedes entre los que se incluyen plantas de interés ornamental (acacias, magnolias, adelfas, etc.), forestal (eucaliptos, coníferas, robles, etc.) y agrícolas (cítricos, almendro, viña, aguacate, olivo, peral, etc.) (Zappalá, 2010). De cualquier manera, tiene preferencia por los cítricos y es considerada una de las plagas más importantes de este género en el mundo (McKenzie, 1956, Rosen & DeBach, 1979; Asplanato & García-Marí 1992).

Dentro de todas las especies de cítricos, existen diversos niveles de susceptibilidad, siendo su vulnerabilidad mayor en limoneros (*Citrus limon* (L.) Osbeck), seguido de, pomelo (*C. paradisi* Macf.), naranja (*C. sinensis* (L.) Osbeck) y mandarina (*C. reticulata* Blanco y *C. unshiu* Markovitch) (Habib et al, 1972) pero su agresividad es mayor, sobre todo, en variedades de recolección tardía (Llorens 1990).

Es una especie eurímera que ataca todas las partes del árbol, ramas, tallos, mostrando su preferencia por hojas y frutas (Llorens, 1990) exceptuando las raíces (Beardsley & González, 1975). Tanto las hojas de cítricos, así como hojas de otras plantas huésped, muestran amarilleamientos alrededor de las partes ocupadas por las hembras de piojo al succionar la savia por su estilete. A estos síntomas les siguen, la caída de hojas y posterior defoliación del árbol, la desecación de tallos tiernos e incluso la muerte de las ramas (Llorens, 1990; Washington & Walker, 1990; Agustí, 1999).

En el caso de plantaciones jóvenes, si el tronco está infestado de escudos puede repercutir en un receso del crecimiento e incluso en la muerte del propio árbol. (Bedford, 1998). También pueden provocar la caída de la fruta de temporada y experimentar una reducción en la producción durante uno o más años, incluso después de que se haya controlado la plaga (Ebeling, 1959). Pero sin duda, el daño fundamental es la depreciación de la calidad del fruto, dado que la tolerancia comercial a la presencia de escudos en la piel (Figura 6) es prácticamente nula (Smith et al, 1997;

Walker et al, 1999; Vanaclocha et al., 2009), considerando que el umbral de destrío es de alrededor de 10 formas perceptibles en la fruta (Rubio-Serra et al, 2002).



Figura 6. Presencia de daños en la piel.

1.2.6 Métodos de control

1.2.6.1 Control químico

El control químico ha estado basado en el empleo de productos organofosforados, reguladores de crecimiento, y aceites minerales que actúan principalmente sobre estadios jóvenes (larvas móviles y primer y segundo estadio larvario) y que van perdiendo efectividad conforme se aproximan al estadio de adulto (Pina & Verdú, 2007). Estos tratamientos se efectúan sobre estos estadios dado que se consideran más susceptibles por su menor tamaño y el tamaño del escudo (Canales et al, 2014). Aunque hay que tener en cuenta la dificultad de localizar estos estadios vulnerables (Garcerá et al, 2011) por la asincronía que existe entre las generaciones que se producen en un determinado momento (Juan-Blasco et al, 2008).

Históricamente los productos organofosforados (en proceso actual de supresión) han jugado un papel importante en el control de esta plaga, pero se les han asociado problemas de resistencias en todo el mundo (Grafton-Cardwell & Stuart-Leslie, 1998; Grafton-Cardwell et al, 2001; Grout, 2012) incluyendo la Península Ibérica (Martínez-Hervás et al, 2006), sin olvidar el impacto negativo sobre la fauna útil (Pascual-Ruiz & Urbaneja, 2006; Suma et al, 2009) y la presencia de residuos en fruta (Angioni et al, 2011; Tena et al, 2011, 2013). En el caso de los cítricos, dado el carácter lipófilo de las moléculas que componen muchos de los plaguicidas, la persistencia es mayor. Esto se debe a que, las sustancias penetran en las celdas de los aceites esenciales tapizando la corteza y quedando bloqueadas (Coscollà, 2003).

Actualmente las materias activas autorizadas en España para el control de *A. aurantii* son el piriproxifen, que actúa como análogo de la hormona juvenil; el espirotetramato, inhibidor de la síntesis de lípidos; el acetamiprid, inhibidor de la acetilcolina; y el aceite de parafina, que provoca la asfixia del insecto (MAPAMA, 2020a). En la normativa de Producción Integrada, el piriproxifen sólo se puede emplear en primera generación (mayo-junio, en climas cálidos), con excepciones en variedades que estén pendientes de recolección y si no hay presencia de cochinilla acanalada, *Icerya purchasi* Maskell (Homoptera: Monophlebidae), o cotonet, *Planococcus citri* Risso (Homoptera: Pseudococcidae). El espirotetramato se limita a dos aplicaciones al año con un periodo de 21 días entre ambos tratamientos (DOCV, 2017).

Según la guía GIP de cítricos de la Comunidad Valenciana, los efectos de estos plaguicidas sobre la fauna auxiliar del piojo rojo (*A. melinus* en estadio adulto) se reconocen como inocuos para el caso del spirotetramat, acetamiprid y aceites parafínicos, y ligeramente tóxicos para el piriproxifen, al cual también se le conoce una alta toxicidad sobre coccinélidos depredadores (Grafton-Cardwell & Gu, 2003).

Este último ha sido durante la pasada década el producto más utilizado para controlar el piojo rojo de California (Eliahu et al, 2007). Actúa inhibiendo la producción de huevos y el paso de estadios inmaduros a adultos (Ishaaya et al. 1994) y se le reconoce una gran efectividad. La problemática reside en que su uso puede dar lugar a brotes e infestaciones de *Icerya purchassi* al eliminar su principal enemigo natural, *Rodolia Cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) (Hattingh & Tate, 1995; Kerns et al, 2001; CCQC, 2003); y coccinélidos claves en plagas de cítricos (Smith et al, 1999); y que, a pesar de haber sido utilizado como alternativa a los organofosforados (Grafton-Cardwell et al, 2005), se le han reportado resistencias (Eliahu et al., 2007).

Por otra parte, el aceite parafínico, resulta de gran importancia no solo por su eficacia y su bajo impacto sobre enemigos naturales sino porque no se le han encontrado resistencias debido a su acción física (Rubio-Serra et al, 2002). Si las poblaciones son altas, se actuará al máximo de formas sensibles en las dos primeras generaciones pudiendo llegar a afectar a las hembras jóvenes. Con poblaciones bajas es suficiente un solo tratamiento en primavera o en segunda generación o uno cada dos años en climas más frescos. Bien es cierto, que un tratamiento en primera generación, puede tener efectos negativos sobre la fauna auxiliar (Tena et al, 2011), y un tratamiento tardío, afectar al viraje de color del fruto (Porcuna et al, 2010) o ser fitotóxico si se emplea a altas temperaturas (Tan et al, 2005; Garcerá, 2013). Por ello, también resulta interesante tratar a finales del invierno, en febrero-marzo (Ripolles, 1990a) coincidiendo con la rotura de la latencia y con altos niveles de formas sensibles, sin afectar a la fauna auxiliar (Dominguez, 2003).

El acetamiprid es un insecticida sistémico que resulta menos tóxico para la fauna útil que otros neonicotinoides (Buss & Dale, 1993). No se usa expresamente para el control de *A. aurantii* por su menor eficacia relativa, siendo utilizado para otro tipo de cochinillas y plagas que no son propias de los cítricos. Pero en aquellas zonas donde se utiliza, sí que se genera una externalidad positiva sobre *A. aurantii* reduciendo sus poblaciones (Grogan and Goodhue, 2011). En ensayos realizados con acetamiprid en cítricos, se han demostrado eficacias altas en el control de *A. aurantii* en segunda generación (Guarnone et al, 2018) e incluso eficacias superiores al clorpirifos.

Por último, el espirotetramato, se presenta como una alternativa al control de *A. aurantii*. Su nuevo modo de acción respecto al de otros plaguicidas convencionales, podría entrar en una rotación de materias activas con vistas a evitar resistencias. Debido a su sistemía, tiene efecto en lugares que son de difícil acceso para los insecticidas de contacto (Tena et al, 2013) y resulta un producto particularmente efectivo contra estadios juveniles (Nauen, 2008) obteniendo eficacias mayores o iguales que el piriproxifen (Tena et al, 2011; Tena et al, 2013). Por otra parte, se han encontrado metabolitos de espirotetramato en la piel de cítricos por encima del límite de detección (0,01 mg/kg) después de haber sido empleado a dosis recomendadas (Zhang et al, 2018) por lo que se desconoce su ritmo de degradación en fruta y dificulta su uso en un programa de residuo cero.

1.2.6.2 Control biológico

Tanto parasitoides como depredadores pueden causar una elevada mortalidad y regular las poblaciones de *A. aurantii*. Tradicionalmente, el control biológico de estos cóccidos se ha basado sobre todo en himenópteros parásitos (Troncho et al, 1992). En general, los parasitoides del género *Aphytis* y *Encarsia*, son afelínidos específicos de diaspididos, siendo el primero máximo responsable del control biológico de *A. aurantii* (Canales et al, 2014).

En la Península Ibérica caben destacar, por orden de predominancia, ectoparásitos del género *Aphytis* Howard (Hymenoptera: Aphelinidae) como *Aphytis chrysomphali* (Mercet), autóctono y cuyos máximos de parasitismo se concentran en otoño (Pina & Verdu, 2007) desapareciendo en verano al estar poco adaptado a altas temperaturas. Otros afelínidos con menor dispersión son *A. lingnanensis* (Compere) y *A. hispanicus* (Mercet). (Pina & Verdu, 2007; Campos et al, 2009).

Aphytis chrysomphali parasita los segundos estadios larvarios de macho y de hembra (Pekas et al, 2010). *A. melinus*, prefiere estadios de hembra joven seguido del segundo estadio larvario macho y la prepupa y del segundo estadio larvario de hembra. Estos dos parasitan principalmente las cochinillas situadas en el fruto y en menor medida los que aparecen en hoja y rama (Pina, 2007; Pina & Verdu, 2007). *A. lingnanensis* tiene preferencias parecidas a *A. melinus*, parasitando el estadio de hembra joven y los segundos estadios larvarios para la puesta de los huevos macho (Luck & Podoler, 1985). Por el contrario, *A. hispanicus*, parasitoide común del piojo gris, *Parlatoria pergandii* Comstock (Hemiptera: Diaspididae) (Troncho et al, 1992; Rodrigo, 1993), tiene un hábito similar a *A. chrysomphali*, parasitando machos seguido de hembras jóvenes (Pina & Verdu, 2007)



Figura 7. Adulto de *A. melinus* (izquierda), *A. chrysomphali* (centro) y hembra de *A. hispanicus* (derecha)

Se distingue también la presencia de dos endoparásitos, *Comperiella bifasciata*, Howard (Hymenoptera: Encyrtidae), (Figura) común del piojo amarillo *Aonidiella citrina* (Coquillet), y otras cochinillas, pero con menor eficacia en *A. aurantii* (Pina & Verdu, 2001); y *Encarsia Perniciosi* Tower (Hymenoptera: Aphelinidae), introducido recientemente y con dificultades para su establecimiento (Pina & Verdu, 2007) dada la preferencia por temperaturas más moderadas en detrimento de épocas estivales (DeBach, 1969).

E. Perniciosi prefiere parasitar estadios de muda y hembra grávida (Sorribas, 2011) y *C. bifasciata* se desarrolla en segundos estadios y hembras maduras, estadio no parasitado por *Aphytis* (Luck et al, 1992). Mientras que *E. perniciosi* prefiere aquellas cochinillas que se encuentran en las ramas (Yu et al, 1990; Asplanato & García-Marí, 2002) a *C. bifasciata* se le han reportado porcentajes mayores de parasitismo en fruta y las hojas (Carroll & Luck, 1984b).

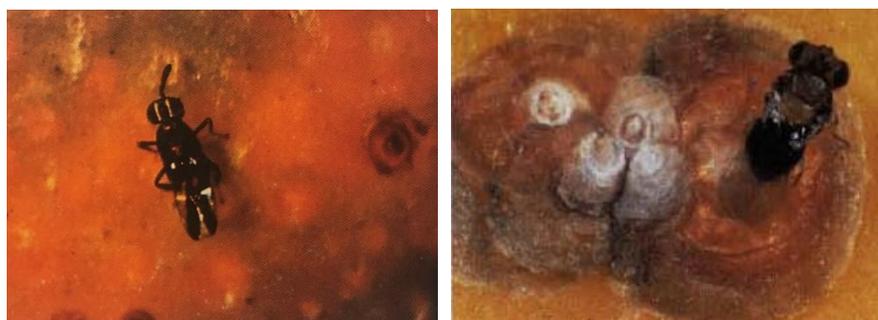


Figura 8. Adulto de *C. bifasciata* (izquierda) y *E. perniciosi* (derecha)

Resulta interesante el efecto que pueden realizar estos últimos en combinación con *Aphytis* dado que parasitan aquellos estadios que los ectoparasitoides no pueden acceder (Forster et al, 1995) y además lo hacen en épocas diferentes (Sorribas & García-Marí, 2010). Un ejemplo podría ser el caso de *C. bifasciata* y *A. melinus* que, al no haber competencia, su acción conjunta podría potenciar el control sobre *A. aurantii*. (Ripolles, 1990b).

En cuanto a depredación, el control se atribuye principalmente a *Rhyzobius (Lindorus) lophanthae* (Blaisdell) (Coleoptera: Coccinellidae) y *Chilocorus bipustulatus* Linnaeus. (Coleoptera: Coccinellidae) (Llorens, 1990; Hattingh & Samways, 1992; Sorribas & García-Marí, 2010) ambos encontrados de forma natural en la Península (Llorens, 1990; Asplanato, 2001) aunque solo son efectivos cuando existen altas densidades de plaga y que, debido a su carácter generalista, no son agentes específicos del huésped (Rosen, 1986).

Tanto las formas adultas como inmaduras de *R. lophanthae* y *C. bipustulatus* se alimentan activamente en casi todos los estadios de la cochinilla (Sorribas, 2011). pero *R. lophanthae* no se alimenta de la hembra madura debido a que su aparato bucal no puede penetrar su escudo (Forster & Luck, 1996). Se ha observado que las larvas de esta especie pueden depredar también las pupas de *Aphytis* (Rubtsov, 1952; Sorribas, 2011)



Figura 9 Adulto recién emergido de *C. bipustulatus* (izquierda) y larvas de *R. lophanthae* (derecha)

En nuestra Península, se ha confirmado además la presencia de otros depredadores como son *Lestodiplosis aonidiellae* Harris, *Chrysoperla carnea* (Stephens), *Semidalis aleyrodiformis* (Stephens) y *Hemisarcoptes coccophagus* Meyer. (Sorribas et al, 2008).

1.2.6.3 Semioquímicos

1.2.6.3.1 Confusión sexual o interrupción del apareamiento.

Esta técnica se basa en bloquear el canal de comunicación entre los insectos macho y hembra inundando el medio con feromonas sexuales. El modo exacto en que se consigue la confusión sexual difiere entre las distintas especies de insectos e influyen diversos factores. Puede tratarse de un enmascaramiento de pistas aéreas por la persistente nube de olor a partir de los difusores que actúan como miméticos; puede ocurrir por elevación del umbral de los quimiorreceptores o por habituación de la respuesta del sistema nervioso central como resultado de una exposición prolongada a la feromona; o bien, por el bloqueo de los receptores antenales a través del uso de feromonas modificadas (Howwse et al, 1998). Es decir, si se liberan suficientes cantidades de feromonas sintéticas, el aire se impregnaría a un nivel suficientemente alto como para que la feromona aportada por las hembras de la especie dada fuese imperceptible para los machos. Así, los machos nunca encontrarían e inseminarían a las hembras (Roelofs et al, 1979; Sanders and Seabrook, 1982).

Teóricamente, esta técnica es aplicable a todas las especies con reproducción sexual, pero su aplicación requiere un conocimiento de la ecología, el comportamiento y la dinámica de la población de las especies elegidas (Yan, 1985). En el caso del piojo rojo se emplea desde hace tiempo la feromona de los machos para la detección de su presencia en las parcelas y evolución de su ciclo (Shaw, 1971; Grout et al, 1989; Hernández et al, 2002). Llorens (1990) ya menciona del uso de feromonas basados en la captura de machos para identificar nuevos focos, determinar con antelación cada generación, así como el momento más adecuado para la suelta de enemigos naturales. Las trampas empleadas, que consisten en una tarjeta adhesiva cebada con feromonas (Giesemann & Rice, 1990), permiten pues, la detección de poblaciones incipientes, así como conocer y prospeccionar la distribución de la plaga en grandes extensiones de una manera más simple y eficaz (Alfaro et al, 1999).

Como método de lucha, se han obtenido eficacias altas en ensayos con reducciones del daño en cosecha del 80% (Vacas, 2011). Otros estudios han demostrado incluso un incremento en la eficacia si se combina con aceites minerales llegando a reducciones del daño superiores al 90% (Navarro et al, 2011).

Según Navarro et al. (2013) los factores que determinan el éxito en este método de control son: la disponibilidad de difusores que emitan la feromona, la dosis, el número de puntos de emisión por unidad de superficie, la fecha de aplicación y la emisión constante de la feromona durante el periodo sensible de cultivo. Ahora bien, la temperatura se ve como un factor limitante, dado que por debajo de 17 °C se ha comprobado una reducción del número de vuelos y de la difusión de la feromona (Rice & Moreno, 1970; Moreno & Kenneth, 1985).

A día de hoy, la única materia activa autorizada para confusión sexual en España es el Rescalure al 4% (acetato de 3-metil-6-isopropenil-9-decenilo), que cumple con los principios de Gestión Integrada de Plagas, es apto para agricultura ecológica y es de bajo impacto sobre la fauna auxiliar y el medioambiente (MAPAMA, 2016).

Unas de las ventajas de esta técnica es que no presenta incompatibilidades con el control biológico. En parcelas comerciales con ambientes saturados de feromona y en ensayos en laboratorio no se han evidenciado efectos perjudiciales sobre enemigos naturales, sino más bien efectos sinérgicos sobre los niveles de parasitismo (Vacas et al 2011; Vanaclocha, 2012). Tampoco se ha evidenciado que la feromona atraiga a parasitoides del genero *Aphytis* dificultando su comportamiento y reproducción (Morgan & Hare, 1998). Quizás, el inconveniente más notable de este método es que se requiera de grandes superficies para que no se produzcan invasiones de hembras procedentes de parcelas colindantes (Porcuna, 2014).

1.2.6.3.2 Atracción y muerte

Esta técnica consiste en que, el insecto una vez es atraído por la feromona, queda expuesto a un cebo tóxico, infeccioso o esterilizante que lo convierte en un vehículo de infección o esterilización intraespecífico o directamente produce su muerte (Vacas, 2011).

Recientemente acaban de autorizar, únicamente en la Comunidad Valenciana, la comercialización de productos basados en este método. Se trata de una combinación de piretrinas y feromonas para el control de *Delottococcus aberiae* (De Lotto) (Hemiptera: Pseudococcidae), *Aonidiella aurantii* y *Planococcus citri* y que cumple con los mismos principios que la feromona empleada para confusión sexual (MAPAMA, 2020b).

2. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

Es bien conocido que *A. aurantii* es una de las plagas más importantes que afectan a la citricultura, problema que se agrava aún más con su control dada la dependencia a insecticidas químicos y su consecuente aumento en los costes de cultivos. Todo ello, sumado a las exigencias de los consumidores en materia de sostenibilidad y seguridad alimentaria ha provocado que los productores estén cada vez más motivados con el desarrollo de sistemas de gestión respetuosos con el medioambiente y apoyados en un empleo racional de fitosanitarios que les permitan elaborar alimentos sin residuos en el producto final.

Para poder obtener cítricos con residuo cero, es necesario llevar a cabo ensayos para ver la eficacia de las distintas alternativas de gestión de esta plaga. Por ello el objetivo general de este proyecto es obtener una estrategia de gestión de esta plaga con residuo cero. y eficaz.

Para ello los objetivos concretos del presente trabajo son:

1. Realizar ensayos de eficacia de distintas estrategias de gestión de *A. aurantii* en varias fincas distribuidas en la provincia de Valencia
2. Comparar la eficacia de las estrategias y elegir la más óptima
3. Obtención de un método de producción de fruta sin residuos (<0,01 ppm).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Elección y descripción de las parcelas

El estudio fue realizado en la campaña 2018-2019. Los datos se han obtenido de 6 fincas en régimen de explotación comercial. Se trata de parcelas con variedades de mandarina híbrida, naranja y clementina situadas en la provincia de Valencia. El sistema de riego es localizado. Las parcelas seleccionadas presentan un historial elevado de piojo rojo de California y se les ha aplicado técnicas de confusión sexual en las últimas tres campañas. Todas ellas siguen un protocolo de producción en Residuo Cero. La variedad, superficie, número de árboles, marco de plantación, edad y patrón se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Características de las fincas

Id.	T.M	Finca	Variedad	Sup. (ha)	Arboles	M.P	Edad	Patrón
1	Torrent	Alberca	Arrufatina	4,47	2272	5 x 3	14-17	Citrange Carrizo
2	Torrent	Alberca	Lane Late	0,64	425	6 x 2,5	6	Citrange Carrizo
3	Antella	Fita	Orri	3,39	2262	6 x 2,5	18	Citrange Carrizo
4	Antella	Fita	Nadorcott	0,59	400	5 x 3	23	Citrange Carrizo
5	Antella	Fita	V.Late Frost	3,53	1828	5 x 4	28	Citrange Carrizo
6	Antella	Font Dolça	Navelina	3,68	2006	6 x 4	7	Citrange Carrizo
7	Antella	Font Dolça	Arrufatina	2,56	1522	6 x 4	8	Citrange Carrizo
8	Antella	Font Dolça	V. Midnight	2,26	1506	6 x 4	5	Citrange Carrizo
9	Corbera	Garrigues	Orri	6,87	3484	5 x 5 (irr)	12-34	Mandarino Cleopatra
10	Corbera	Garrigues	Nadorcott	2,1	1247	5 x 5	24	Citrange Carrizo
11	Corbera	Garrigues	Clemenvilla	1,53	715	5 x 5	27	Citrange Carrizo
12	Picassent	Monredondo	V. Late Frost	3,62	1434	5 x 4,5	33	Mandarino Cleopatra
13	Picassent	Monredondo	Navelina	3,61	1506	5 x 4,5	33	Mandarino Cleopatra
14	Picassent	Monredondo	Lane Late	3,47	1333	5 x 4,5	33	Mandarino Cleopatra
15	Picassent	Monredondo	Powell Summer	4,65	1904	5 x 4,5	33	Mandarino Cleopatra
16	Picassent	Monredondo	Tango	4,2	2746	6 x 2	7	Forner-Alcaide N° 5

T.M: Termino Municipal; M.P: Marco de plantación

3.2. Estrategias de control

Se han planteado cuatro estrategias de control de *A. aurantii* para este estudio (Tabla 2). Se trata de productos con bajo impacto ambiental, inocuos para la fauna auxiliar y libres de residuos:

- Una primera estrategia basada en la confusión sexual sin tratamientos químicos adicionales, con una sola aplicación antes de la emergencia de la primera generación de machos y en aquellas parcelas que menor porcentaje de daño tuvieron en la recolección de la campaña pasada.
- Una segunda estrategia basada en la combinación de confusión sexual y un tratamiento adicional en primera generación con aceite de parafina al 83% a una dosis del 1%, estimando un volumen de caldo teórico de 2000 litros por hectárea, que equivaldría a un gasto 20 litros de aceite por hectárea.
- Una tercera estrategia similar que la anterior, pero aumentando la dosis de aceite de parafina al 1,25% que, estimando un volumen de caldo de 2000 litros por hectárea, equivaldría a un gasto 25 litros de aceite por hectárea.
- La cuarta estrategia se basa en un concentrado líquido de alcoholes y ácidos carboxílicos que actúan como desecante sobre la plaga. Este se aplica a una dosis de 0,25% a un volumen de caldo teórico del orden de los 2500 l/ha, lo que equivaldría a 6,25 litros de gasto de producto por hectárea.
- Por último, se dejarán tres parcelas sin tratar como testigo.

Tabla 2. Estrategias de control

Propuesta	Dosis (%)	Acción	P.S	Vol. caldo (l/ha)
A: C. Sexual	-	-	-	-
B: C. Sexual + Aceite parafina 83%	1,00	Asfixia	N.A	2000
C: C. Sexual + Aceite parafina 83%	1,25	Asfixia	N.A	2000
D: C. Sexual + Alcoholes y ac. carboxílicos	0,25	Desecante	N.A	2500

P.S: Plazo de seguridad.

Para valorar la necesidad de una segunda aplicación, se muestrearon 5 frutos por árbol (4 exteriores y 1 interior). El tamaño de cada muestra fue de 50 frutos por hectárea. Posteriormente se realizaba el conteo de escudos en binocular para cuantificar el daño en cosecha. Para identificar el estadio larvario se levantaba el escudo de cada cochinilla con ayuda de un alfiler entomológico bajo la lupa del binocular. Estos muestreos se realizaron en todas las parcelas entre finales de julio y principios de agosto coincidiendo con la segunda generación de piojo rojo.

3.2.1 Equipos de aplicación

Los equipos con los que se han llevado a cabo los tratamientos fitosanitarios se encuentran detallados en la Tabla 3.

Tabla 3. Equipos de pulverización.

Equipo	Tipo	Marca	Capacidad (l)
Tanque (Manguera)	Arrastrado	Ilemo-Hardi	2000
Tanque (Manguera)	Arrastrado	Gallart-Bosch	1000
Tanque (Manguera)	Arrastrado	Mañez y Lozano	2000

3.3 Seguimiento del vuelo de machos

3.3.1 Dispositivos de confusión sexual

Se emplearon comprimidos de feromona almacenados en blísteres perforados con colgadores para las copas de los árboles. Se colocaban orientadas al norte, en la zona alta de las ramas, protegiendo al dispositivo de la insolación directa e intensa, ayudándose del colgador para asegurarlo en la rama seleccionada.

La dosis recomendada es de un mínimo de un dispositivo por árbol, pudiendo variar en función del marco de plantación (Figura 10), que suele corresponder a una cantidad de 400-600 unidades por hectárea. La dosis empleada en este caso fue de 465 difusores por hectárea.

Se colocaron antes de la emergencia de la primera generación de *A. aurantii* a finales de abril en una sola aplicación. Se trata de difusores de feromona sexual cuya composición es *Rescalure* al 4,0% a una dosis de 70 miligramos de sustancia activa por difusor, diseñados para producir una liberación constante durante al menos 360 días. Este producto no aplica plazo de seguridad puesto que el ingrediente activo no entra en contacto con la fruta.

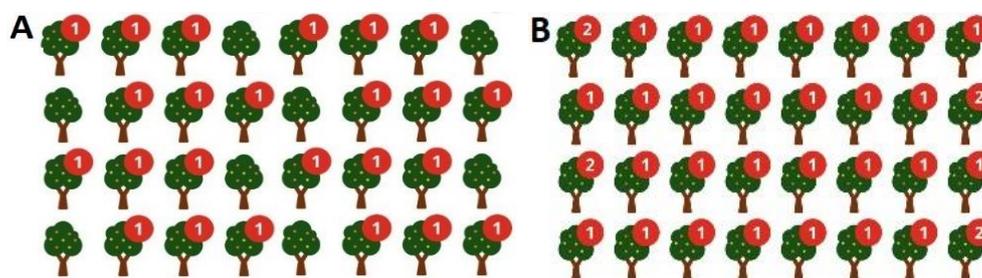


Figura 10. Distribución de difusores para marcos de plantación menores a 5x3 (A) y superiores a 6x4 (B)

3.3.2 Trampas adhesivas con feromonas

Para las capturas de machos se emplearon trampas adhesivas con feromona, son laminas rectangulares de plástico blanco, que se plegan a ambas caras mediante una feromona que sirve de nexo (Figura 11). En ellas los insectos quedan atrapados en el adhesivo de la lámina, de forma que puedan ser fácilmente contados. El tamaño de las trampas era de 10x9 cm, de origen comercial. Estas eran colgadas sobre las ramas centrales de los árboles. La feromona se colocaba en la parte central de la trampa adhesiva y su duración efectiva de atracción era de 45 días. Las trampas se reponían cada 15 días. Para su extracción y se les aplicaba un plástico transparente de medidas 15x15 cm sobre la superficie adhesiva, en la parte trasera se referenciaban indicando fecha de puesta y de recogida, un código para la identificación de las parcelas de muestreo y variedad. La localización de estas siempre fue la misma en todas sus reposiciones, siendo instaladas las trampas a los lindes de las parcelas sobre las primeras filas de árboles.



Figura 11 Anverso (izquierda) y reverso (derecha) de la trampa adhesiva

Los conteos se realizaron desde principios de mayo hasta mediados de noviembre realizándose un total de 11 reposiciones (Tabla 4), con vistas a cubrir el mayor número de generaciones posibles en las fincas. Para la contabilización e identificación de los machos se empleó una lupa binocular.

Tabla 4. Fechas de reposición de las trampas adhesivas.

Reposición	Fecha de puesta	Fecha de recogida	Días
1	23/04/2019	09/05/2019	18
2	09/05/2019	24/05/2019	15
3	24/05/2019	06/06/2019	13
4	06/06/2019	20/06/2019	14
5	20/06/2019	05/07/2019	15
6	05/07/2019	22/07/2019	17
7	22/07/2019	08/08/2019	17
8	08/08/2019	22/08/2019	14
9	22/08/2019	03/09/2019	12
10	19/09/2019	07/10/2019	18
11	07/10/2019	28/10/2019	21
12	28/10/2019	13/11/2019	16

3.4 Análisis de datos y expresión del índice de capturas

Cada trampa se divide en cuadrículas para facilitar su conteo. Cada cara tiene 40 cuadros, de los cuales se contarán 10 cuadros al azar y se multiplicará por 4 para obtener el total de machos por trampa. Para obtener el índice de machos por trampa y día, se sumó el número de machos de cada trampa y se dividió por el número de días respecto a su última reposición. Las capturas de machos en trampas se expresaron como número de capturas por trampa y día (CTD).

Se han realizado análisis de varianza multifactoriales (ANOVA) con el objeto de identificar variaciones significativas a nivel de finca, variedad, fecha y tratamiento. Todos los análisis estadísticos de los datos se han realizado mediante el paquete estadístico STATGRAPHICS versión CENTURION XVI (2010).

3.5 Analítica multirresiduos

3.5.1 Toma de muestras

Se realizó un muestreo por toda la explotación y se recogieron frutas a distintas alturas y partes del árbol que proviniesen de las zonas más desfavorecidas de la parcela, es decir aquellas con más riesgo de acumulación de residuos, como ocurre con las faldas de los árboles (riesgo de contaminación por herbicidas); o en los lindes de la parcela, sobre todo si limitaban con otras explotaciones ajenas.

Los frutos se recogieron en una malla estéril para evitar casos de contaminación cruzada. El peso aproximado de cada muestra es de 2,5 kg, alrededor de 12 piezas para el caso de las naranjas y de 18 a 20 en mandarinas híbridas y clementinas. Las muestras se identifican con el tipo de variedad, la fecha de recogida, el tipo de analítica, ubicación de la parcela y nombre de la finca. Posteriormente se introducen en una bolsa de plástico y son remitidas al laboratorio de inmediato para su análisis.

3.5.2 Boletín analítico

En el boletín analítico aparecen todas las materias activas autorizadas para todos los cultivos en la Unión Europea. En él, se indica el límite máximo de residuos (LMR) y de detección (LQ) así como la cantidad de residuo (medida en partes por millón) en caso de positivo. El laboratorio extrae los valores de LMR de la legislación europea (Reglamento CE nº 396/2005). Estos boletines se mantendrán archivados durante 5 años según legislación vigente.

Posteriormente, los resultados son contrastados con el libro de explotación o el registro de tratamientos para detectar cualquier incumplimiento con el protocolo o anomalía (contaminación cruzada, materias activas no utilizadas o no autorizadas, sobredosificaciones, contaminaciones por deriva, etc.).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1 Valoración de daños de la campaña pasada

Según el Reglamento de Producción Integrada de la Comunitat Valenciana en cítricos (DOGV núm. 2.543, 2020) si se observa un porcentaje igual o superior al 2% de daño en fruta de la cosecha anterior se recomienda un tratamiento en primera generación al máximo de formas sensibles (L₁+L₂). Durante la recolección de la campaña pasada (18/19) se observaron 200 frutos por variedad y finca y se fijó un umbral de daño de 5 escudos por fruto muestreado (Tabla 5), considerando que umbrales por debajo de ese nivel (1-4 escudos) son comercialmente aceptables o con posibilidades de recuperación en poscosecha.

Al final de la recolección se observó un nivel de daños superior al 2% en todas las fincas, salvo la ubicada en Torrent. De cualquier manera, se decidió tratar la totalidad de las parcelas, pero optando por un tratamiento menos agresivo en L'Alberca con vistas a comparar la eficacia de las estrategias planteadas en las fincas.

Tabla 5. Valoración de daños por *A. aurantii* en la campaña 2018-2019.

T.M	Finca	Variedad	Recolección	P. bruto (kg)	P. neto (kg)	Muestra (frutos)	PRC (nº de escudos)			Daños (%)
							0	1-4	≥5	
Torrent	L'Alberca	Arrufatina	15/10/2018	25,56	23,06	201	187	12	2	1,1
Torrent	L'Alberca	Lane Late	01/03/2019	37,91	35,41	200	194	2	4	2,0
Antella	Font Dolça	Navelina	01/12/2018	41,44	38,94	198	179	10	11	5,6
Antella	Font Dolça	Arrufatina	03/10/2018	26,17	23,67	200	169	16	15	7,5
Antella	Font Dolça	V. Midnight	29/04/2019	38,45	35,95	200	189	4	7	3,5
Antella	Fita	V. Late Frost	01/05/2019	35,84	33,34	203	170	22	11	5,4
Antella	Fita	Orrí	03/03/2019	21,26	18,76	200	181	7	12	6,0
Antella	Fita	Nadorcott	12/02/2019	21,76	19,26	200	174	19	7	3,5
Corbera	Garrigues	Orrí	10/03/2019	21,1	18,6	199	160	23	16	8,0
Corbera	Garrigues	Nadorcott	30/01/2019	19,62	17,12	200	178	13	9	4,5
Corbera	Garrigues	Clemenvilla	08/01/2019	23,72	21,22	198	162	31	5	2,5
Corbera	Garrigues	Tang Gold	04/02/2019	20,49	17,99	194	180	11	3	1,5
Picassent	Monredondo	V. Late Frost	15/05/2019	38,3	35,8	200	168	18	14	7,0
Picassent	Monredondo	Powell Summer	20/03/2019	52,5	49,92	200	191	3	6	3,0
Picassent	Monredondo	Navelina	08/11/2018	43,32	40,82	200	177	11	12	6,0
Picassent	Monredondo	Lane Late	20/02/2019	42,5	43,2	200	163	24	13	6,5
Picassent	Monredondo	Tang Gold	11/04/2019	18,87	16,37	196	151	33	12	6,1

4.2. Ensayo

4.2.1 Momento óptimo de tratamiento

El momento máximo de formas sensibles en primera generación es el adecuado para la realización de los tratamientos. Este momento es predecible si atendemos a las integrales térmicas de los municipios más cercanos. La Integral Térmica indica el número de grados acumulados desde el 1 de enero que superen la temperatura umbral de desarrollo (para *Aonidiella aurantii* = 11,7 °C) (Kennett & Hoffman, 1985). Esta se obtiene como la diferencia entre la temperatura media y la temperatura umbral siempre que ésta última se supere y siendo el valor cero cuando la temperatura media sea igual o menor que la temperatura umbral.

Estas integrales se han calculado a partir de las Estaciones Agroclimáticas de AVAMET del Pedregal (Picassent), Alzira y Sumacàrcer (Tablas 6, 7, y 8 respectivamente). Siguiendo las recomendaciones del IVIA, se consideró una acumulación de 500 °D para un máximo de formas sensibles y 550 °D para completar la primera generación

Tabla 6. Integral térmica de la estación agroclimática de El Pedregal

El Pedregal		
Rango de días		°C > 11,7
01/01/2019	31/01/2019	15,8
01/02/2019	29/02/2019	27,05
01/03/2019	31/03/2019	64,4
01/04/2019	30/04/2019	87,8
01/05/2019	31/05/2019	171,35
01/06/2019	17/06/2019	139,45
Total acumulado L₁+L₂ (°D)		505,85
18/06/2019	22/06/2019	+49,1
Total acumulado 1^{era} generación (°D)		554,95

Tabla 7. Integral térmica de la estación agroclimática de Alzira

Alzira		
Rango de días		°C > 11,7
01/01/2019	31/01/2019	31,7
01/02/2019	29/02/2019	40,65
01/03/2019	31/03/2019	89,65
01/04/2019	30/04/2019	117,2
01/05/2019	31/05/2019	224,5
Total acumulado L₁+L₂ (°D)		503,7
01/06/2019	05/06/2019	+52,3
Total acumulado 1^{era} generación (°D)		556

Tabla 8. Integral térmica de la estación agroclimática de Sumacàrcer

Sumacàrcer		
Rango de días		°C > 11,7
01/01/2019	31/01/2019	30
01/02/2019	29/02/2019	36,3
01/03/2019	31/03/2019	114,1
01/04/2019	30/04/2019	131,1
01/05/2019	23/05/2019	192,1
Total acumulado L₁+L₂ (°D)		503,6
24/05/2019	29/05/2019	+53,1
Total acumulado 1^{era} generación (°D)		556,7

También se predijo el momento de aparición de las larvas de la primera generación atendiendo a otro factor, la evolución poblacional de los estadios de piojo rojo de California dentro de una parcela. Teniendo en cuenta los boletines de seguimiento del piojo rojo de la Red de Vigilancia Fitosanitaria de Cítricos de la Generalitat Valenciana y considerando Carlet (Ribera Alta) como zona de referencia para la mayoría de fincas de este estudio, se ha extraído el porcentaje de estadios en primera generación entre finales del mes de abril y principios de junio, observándose un máximo de formas L₁ y L₂ a finales de mayo (Figura 12).

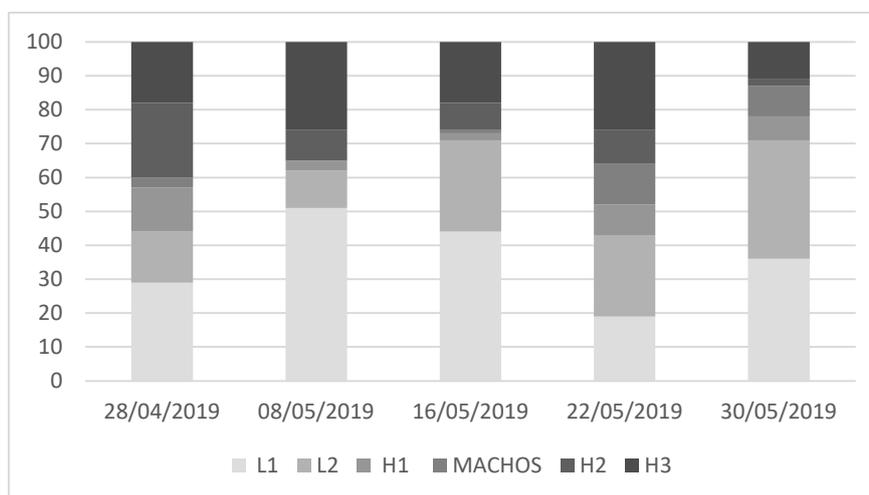


Figura 12. Evolución de los estadios de *A. aurantii* en Carlet. Boletín de seguimiento a 30-05-19

Teniendo en cuenta ambos factores, se observó que había cierta coincidencia entre las integrales térmicas obtenidas y la evolución estacional de los estadios de *A. aurantii* en las fincas de Antella y Corbera. Para la elección del momento óptimo se tomó como criterio más determinante la acumulación grados-días (Tabla 6, 7 y 8) ya que facilitaba una mejor planificación de los tratamientos.

Por ello, las integrales térmicas obtenidas en la estación agroclimática de El Pedregal afectaron a las decisiones tomadas en las fincas de Picassent y Torrent, la de Alzira a las fincas de Corbera y las de Sumacàrcer a las de Antella (Tabla 9).

Tabla 9. Planificación de tratamientos

Municipio	Finca	Fecha de tratamiento
Torrent	Alberca	18/06/19 - 22/06/19
Picassent	Monredondo	18/06/19 - 22/06/19
Antella	Fita	24/05/19 - 29/05/19
Antella	Font Dolça	24/05/19 - 29/05/19
Corbera	Garrigues	01/06/19 - 05/06/19

4.2.2 Tratamientos

Atendiendo a las fechas optimas de tratamiento, se aplicaron las cuatro estrategias propuestas a las parcelas de estudio. Se realizaron distintos tratamientos tanto a nivel de finca como a nivel varietal dentro de las mismas. (Tabla 10).

Tabla 10. Tratamientos para primera generación de *A. aurantii*. Campaña 2019-2020

Fecha tratamiento		Finca	Variedad	Confusión sexual	Tratamiento	Dosis (%)	Vol. caldo real (l)	Maquinaria
Inicio	Fin							
03/06/2019	03/06/2019	Font Dolça	Arrufatina	23/04/2019	Ac. parafina 83%	1,25	3640	Mañez y Lozano
03/06/2019	03/06/2019	Font Dolça	Navelina	23/04/2019	Ac. parafina 83%	1,25	7950	Mañez y Lozano
-	-	Font Dolça	Midknight	Testigo		-	-	-
05/06/2019	06/06/2019	Fita	V. Late	23/04/2019	Ac. parafina 83%	1,25	7200	Mañez y Lozano
06/06/2019	06/06/2019	Fita	Nadorcott	23/04/2019	Ac. parafina 83%	1,00	1200	Mañez y Lozano
06/06/2019	08/06/2019	Fita	Orri	23/04/2019	Ac. carboxílicos	0,25	6760	Mañez y Lozano
03/06/2019	05/06/2019	Garrigues	Orri	23/04/2019	Ac. carboxílicos	0,25	12700	Ilemo-Hardi
08/06/2019	08/06/2019	Garrigues	Nova	23/04/2019	Ac. parafina 83%	1,00	3100	Ilemo-Hardi
05/06/2019	06/06/2019	Garrigues	Nadorcott	23/04/2019	Ac. parafina 83%	1,00	4200	Ilemo-Hardi
-	-	Garrigues	Tango	23/04/2019	Sin trat. adicional	-	-	-
-	-	Alberca	Arrufatina	23/04/2019	Sin trat. adicional	-	-	-
-	-	Alberca	Lane Late	Testigo		-	-	-
-	-	Monredondo	Tango	Testigo		-	-	-
20/06/2019	20/06/2019	Monredondo	V. Late	23/04/2019	Ac. parafina 83%	1,25	7220	Gallart-Bosch GB-20
21/06/2019	21/06/2019	Monredondo	N. Powell	23/04/2019	Ac. parafina 83%	1,25	9480	Gallart-Bosch GB-20
22/06/2019	22/06/2019	Monredondo	Navelina	23/04/2019	Ac. parafina 83%	1,25	7200	Gallart-Bosch GB-20
22/06/2019	22/06/2019	Monredondo	Lane Late	23/04/2019	Ac. parafina 83%	1,25	6920	Gallart-Bosch GB-20

4.2.3 Eficacia de los tratamientos

Se realizó un seguimiento en fruta del mismo año en todas las parcelas de estudio para valorar la eficacia de los tratamientos y la posibilidad de realizar un tratamiento en segunda generación (finales de julio-agosto). Los resultados muestran una evolución favorable de la fruta en el árbol, no habiendo umbrales por encima del 2% en ninguna de las parcelas tratadas, a excepción del testigo.

Tabla 11. Valoración de daños por *A. aurantii* después de tratamiento.

Identificación parcelas			Muestra		Frutos afectados (%)						Estadios									
Fecha	Finca	Variedad	Frutos	PRC	1-5		5-10		>10		L1		L2		H1		H2		H3	
					Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%	Nº	%
10/07/2019	Font Dolça	Arrufatina	93	1,08%	1	1,07	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0
12/07/2019	Font Dolça	Navelina	212	0,47%	1	0,47	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100	0	0	0	0
12/07/2019	Font Dolça	Midknight	70	1,43%	1	1,43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100
23/07/2019	Fita	V. Late Frost	184	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23/07/2019	Fita	Nadorcott	30	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05/08/2019	Fita	Orri	125	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07/08/2019	Garrigues	Orri	335	1,79%	4	1,19	1	0,3	1	0,3	6	26	2	8,7	8	35	0	0	7	30
08/07/2019	Garrigues	Nova	65	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/07/2019	Garrigues	Nadorcott	105	0,95%	1	0,95	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100
11/07/2019	Alberca	Arrufatina	267	0,75%	1	0,37	1	0,4	0	0	1	17	0	0	3	50	1	17	1	17
11/07/2019	Alberca	Lane Late	32	3,13%	0	0	1	0	0	0	3	75	0	0	1	25	0	0	0	0
08/07/2019	Monredondo	Lane Late	114	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06/07/2019	Monredondo	V. Late Frost	77	1,30%	1	1,29	0	0	0	0	0	0	1	50	0	0	0	0	1	50
16/07/2019	Monredondo	N. Powell	149	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/07/2019	Monredondo	Navelina	175	0,00%	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16/07/2019	Monredondo	Tango	60	3,33%	0	0	1	0	1	0	2	12	0	0	7	41	2	12	6	35

Si comparamos el nivel de daños con la estrategia realizada, en orden ascendentes, la primera sería la estrategia B (0,32) seguida de la A (0,47), la D (0,75) y la C (0,9) y la E (2,63) (Figura 13).

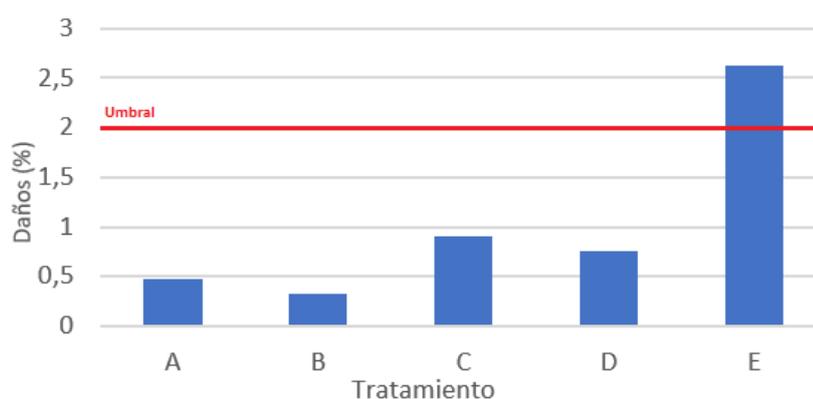


Figura 13. Promedio de daños por estrategia realizada

A: Confusión sexual + Ac parafina 1,0; B: Confusión sexual + Ac. parafina 1,25; C: Confusión sexual + Ac carboxílicos 0,3; D: Confusión sexual; E: Testigo

4.3 Seguimiento del vuelo de machos

Influencia de la fecha.

Si comparamos el índice CTD por fecha, el resultado del ANOVA es ($F= 3,4$; g.l.= 11; $P=0,0002$), de lo que se puede extraer que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de los índices CTD entre las distintas fechas, con un nivel del 5% de significación. Estas diferencias explicarían el número de vuelos y su distribución en los meses de muestreo.

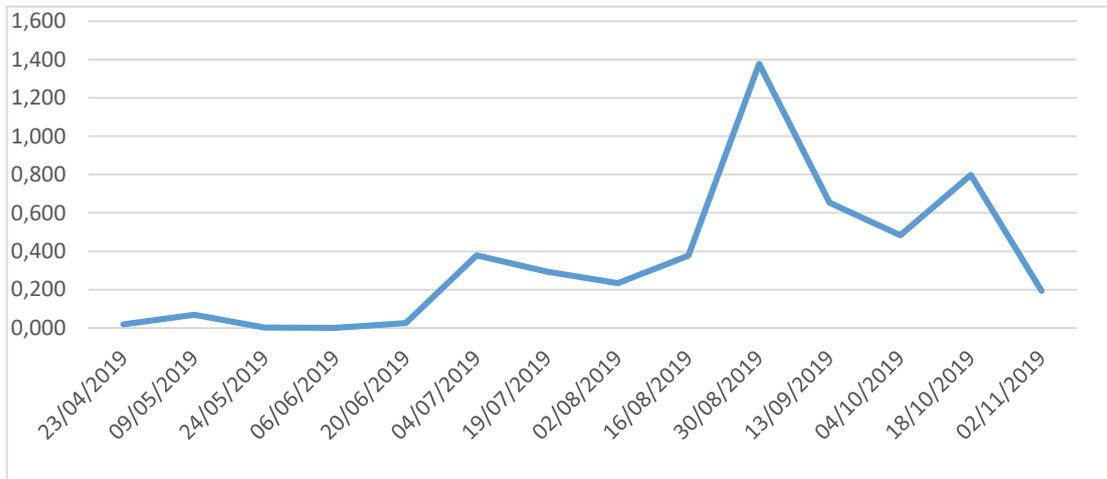


Figura 14. Curvas de vuelo Campaña 2018-2019

De acuerdo con los machos adultos capturados en trampas, se observaron cuatro vuelos entre finales de abril y principios de noviembre. Un primer vuelo, que correspondería a la generación invernante, entre finales de abril y principios de mayo, con capturas apenas perceptibles. Un segundo vuelo, de mayor abundancia, desde finales de junio hasta mediados de julio con un máximo el 4 de julio. Un tercer vuelo, el más abundante y más prolongado entre principios de agosto y finales de septiembre con un máximo el 3 de agosto y finalmente, un cuarto vuelo entre mediados del mes de octubre y principios de noviembre, con un máximo de capturas el 18 de octubre.

Las diferencias en los resultados de los dos primeros vuelos pueden ser debidas a que, los factores biológicos o climáticos durante el invierno afectan a las poblaciones de *A. aurantii* de manera diferente, y no es hasta el segundo vuelo, cuando las capturas se muestran estables (Campos-Rivela et al, 2013). Por lo tanto, la abundancia de machos de cada vuelo está relacionada con el que le precede y el que le sigue, exceptuando el primer vuelo del año.

Es de destacar también que el tercer vuelo es cuantitativamente superior al de segundo. Si tenemos en cuenta otros trabajos, existe coincidencia con estudios realizados en la Comunidad Valenciana (Rodrigo & García-Marí, 1992, Penadés, 2003) y en Tarragona (Campos-Rivela et al, 2013). Además, se observa además que el tercer vuelo se prolonga más en el tiempo que el segundo, esto puede ser debido a que exista un periodo más período amplio de salida de larvas de la segunda generación (Rodrigo & García-Marí, 1992).

Influencia de la finca.

Si comparamos el índice de capturas por trampa y día por finca el resultado del ANOVA ($F= 5,29$; g.l.= 4; $P =0,004$), refleja que existen diferencias estadísticamente significativa entre la media de Ind. CTD entre un nivel de finca y otro, con un nivel del 5% de significación.

Concretamente, se observan grandes diferencias entre las fincas Font Dolça (Antella) y Alberca (Torrent) siendo mayores las capturas en la primera. Estas diferencias pueden ser debidas al resultado de la interacción entre factores climáticos (ubicación) y el manejo cultural de la finca. Se ha comprobado que localmente, el microclima afecta profundamente a la dinámica de poblaciones de *A. aurantii* (McClure, 1990) al igual que otras características concretas como la fertilización (Salama et al, 1972) o el marco de plantación (Moner 2000). Al no poseer datos sobre estos factores concretos de las fincas, no se han podido analizar su interacción.

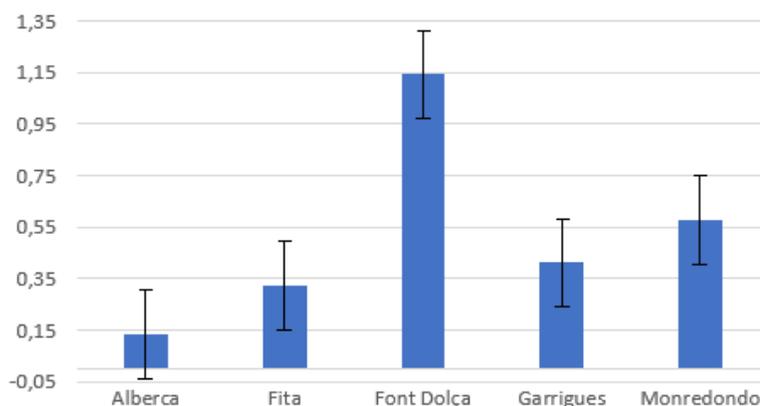


Figura 15. Promedio de las capturas en función de la finca

Influencia de la edad de la plantación.

Se han agrupado todas las variedades de las fincas en dos rangos de edad. Se ha establecido que las plantaciones jóvenes tienen una edad de entre 1 y 6 años y que las plantaciones adultas una edad de 7 o más años. Si comparamos el índice de capturas por trampa y día por la edad de la plantación el resultado del ANOVA ($F= 7,88$; g.l.= 1; $P =0,0053$) refleja que existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Ind. CTD entre una edad de plantación y otra.

En este caso, las capturas fueron mayores en las parcelas con arbolados jóvenes (Figura 16). Se ha comprobado que los árboles jóvenes con menor follaje son más propensos a tener mayores infestaciones que los maduros con follajes más densos (Smith et al, 1997). Además, los troncos de las plantas jóvenes pueden presentar altas densidades poblacionales de *A. aurantii*, lo que es menos frecuente en árboles adultos (Bedford, 1998)

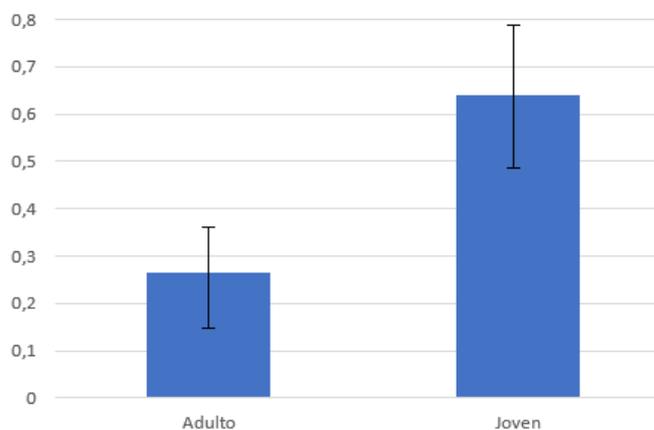


Figura 16. Promedio de las capturas en función de la edad del arbolado.

Influencia de la especie y variedad

Se han agrupado todas las variedades de las fincas en tres especies, naranjo, clementino y mandarino híbrido. Si comparamos el índice de capturas por trampa y día por especie el resultado del ANOVA ($F= 2,08$ g.l.= 2; $P =0,1271$), refleja que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Ind. CTD entre una especie y otra, con un nivel del 5% de significación.

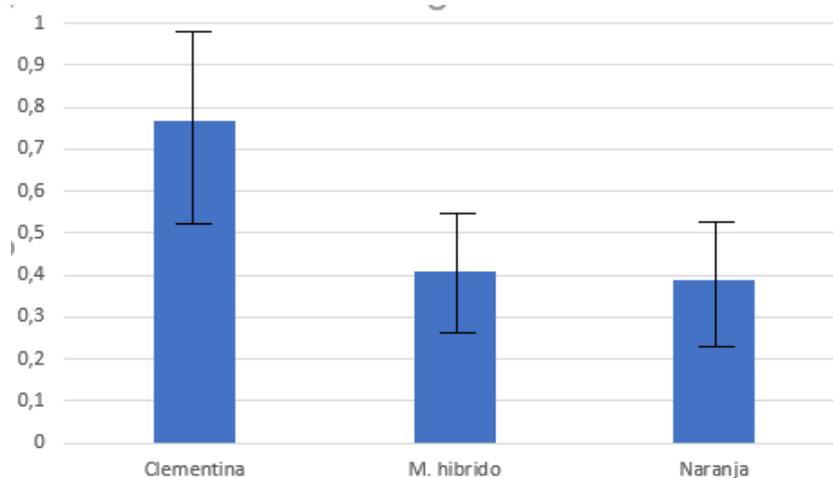


Figura 17. Promedio de las capturas en función de la especie de cítrico.

Se observa que hay un mayor promedio de capturas en las parcelas de clementino, seguido de los mandarinos híbridos y las naranjas. El promedio de la clementina contradice el orden de susceptibilidad a nivel de especie propuesto por Habib et al (1992) donde la especie más susceptible serían los naranjos seguido de las mandarinas.

Se ha comparado también el índice de capturas por trampa y día por variedad. El resultado del ANOVA ($F= 1,41$; g.l.= 9; $P =0,1834$) refleja que no existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Ind. CTD entre una variedad y otra.

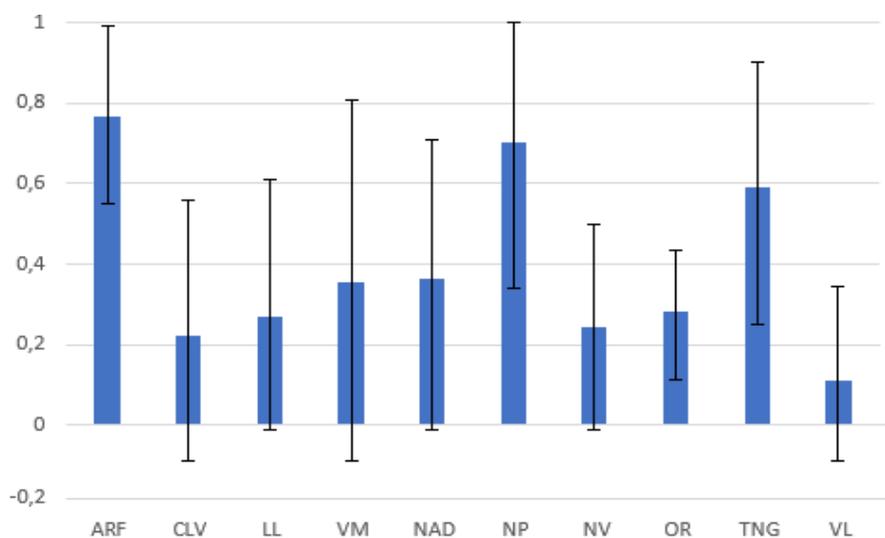


Figura 18. Promedio de las capturas en función de la variedad

ARF: Arrufatina; CLV: Clemenvilla; LL: Lane Late; VM: Valencia Midnight; NAD: Nadorcott; NP: Navel Powell; NV: Navelina; OR: Orri; TNG: Tango; VL: Valencia Late.

Los resultados promedian capturas más altas en Arrufatina, Navel Powell y Tango y a un nivel más bajo en Valencia Late agrupando al resto de variedades. en un nivel intermedio. Las diferencias pueden ser debidas a que los niveles de infestación de cada variedad están relacionados con el número de glándulas de aceite presentes en hojas y frutos (Habib et al, 1972).

Influencia del tratamiento

Si comparamos el índice CTD por tratamiento, el resultado del ANOVA ($F= 2,80$; g.l.=4; $P=0,026$), refleja que existen diferencias estadísticamente significativas entre la media de los índices CTD entre un tratamiento y otro, con un nivel del 5% de significación. Se observa un promedio mayor de capturas en parcelas no tratadas (testigo) respecto a las tratadas.

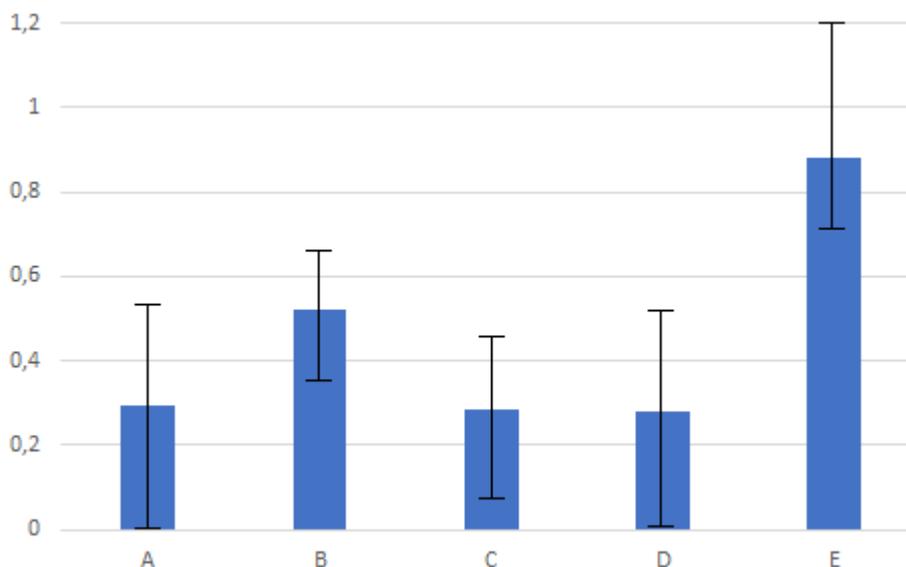


Figura 19. Promedio de las capturas en función del tratamiento.

A: Confusión sexual + Ac parafina 1,0; B: Confusión sexual + Ac. parafina 1,25; C: Confusión sexual + Ac carboxílicos 0,3; D: Confusión sexual; E: Testigo

Si solo tenemos en cuenta las parcelas tratadas y comparamos el índice de capturas por estrategia realizada, el resultado del ANOVA ($F=0,84$; g.I=3; $P=0,47$) refleja que no existen diferencias estadísticamente significativa entre la media de los índices CTD entre una estrategia y otra.

Dado que todas mantienen un nivel similar de capturas, se atenderá a otro tipo de criterios a la hora de establecer qué estrategia resulta más eficaz.

En estudios similares se constata la relación entre el número de capturas y el nivel de daños. Vacas (2011) obtuvo resultados donde la eficacia de la confusión sexual se demostró en una reducción media del 80% en las capturas masculinas de *A. aurantii* y una reducción media del daño de la fruta del 83% en comparación con parcelas control. Es decir, en áreas tratadas con feromonas la cantidad de hembras fertilizadas y la población total de la cochinilla disminuyen.

En otros trabajos (Vacas et al 2010; Navarro et al, 2011) se observó que los tratamientos con aceite y el tratamiento mediante confusión sexual reducían significativamente el nivel de daño tanto en variedades tempranas como en variedades tardías. Ahora bien, en el mismo, se constató también el efecto sinérgico de la combinación de tratamientos con aceite y confusión sexual consiguiendo eficacias superiores.

Definición de la estrategia más adecuada para residuo cero

Tabla 12. Comparativa de costes por estrategia

	Coste producto 1 (€/l)	Coste producto 2 (€/ud)	Coste total productos (€/ha)	Tiempo (h/ha)	Mano de obra y maquinaria (€/ha)	Costes totales (€/ha)
Estrategia A*	1,87	0,76	393,43	8,5	350,2	743,63
Estrategia B*	1,87	0,76	383,14	8,5	350,2	733,34
Estrategia C*	9,34	0,76	392,44	8,5	350,2	742,64
Estrategia D	0,76		362,90	2	18,26	315,26

*Suponiendo tratamientos realizados a manguera

Se ha establecido que la mejor estrategia realizada, según los niveles de plaga estudiados, es aquella que resulta menos costosa económicamente, que en este caso es la confusión sexual. Se ha realizado una propuesta económica para valorar la reducción de costes, no solo en productos sino también en mano de obra, por lo que, la propuesta D supondría un ahorro de entre 418,08€/ha y 428,37€/ha según estrategia comparada.

4.4 Análisis multirresiduos

Se realizaron en total 16 analíticas, una por cada variedad y finca (Tabla 13), con antelación a la recolección. En ninguna de ellas se detectaron, identificaron o cuantificaron materias activas por encima del límite de detección (LQ), por lo que se puede concluir que cualesquiera de las cuatro estrategias planteadas son válidas dentro de un protocolo de residuo cero.

Tabla 13. Resultados de las analíticas multirresiduos. Campaña 2019-2020

Fecha			Finca	Variedad	Resultado analítica multirresiduos
Recogida	Inicio ensayo	Fin ensayo			
10/09/2019	11/09/2019	13/09/2019	Font Dolça	Arrufatina	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
15/10/2019	20/10/2019	20/10/2019	Font Dolça	Navelina	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
06/04/2020	08/04/2020	10/04/2020	Font Dolça	Midknight	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
23/04/2020	24/04/2020	27/04/2020	Fita	V. Late Frost	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
17/02/2020	19/02/2020	20/02/2020	Fita	Nadorcott	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
30/03/2020	01/04/2020	02/04/2020	Fita	Orri	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
30/03/2020	01/04/2020	02/04/2020	Garrigues	Orri	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
20/11/2019	22/11/2019	25/11/2019	Garrigues	Nova	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
10/02/2020	10/02/2020	13/02/2020	Garrigues	Nadorcott	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
01/10/2019	03/10/2019	04/10/2019	Alberca	Arrufatina	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
17/02/2020	19/02/2020	21/02/2020	Alberca	Lane Late	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
14/02/2020	17/02/2020	19/02/2020	Monredondo	Lane Late	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
23/03/2020	24/03/2020	27/03/2020	Monredondo	V. Late Frost	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
28/02/2020	03/03/2020	04/03/2020	Monredondo	N. Powell	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
07/10/2020	10/10/2020	14/10/2020	Monredondo	Navelina	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ
09/03/2020	11/03/2020	13/03/2020	Monredondo	Tango	No se ha detectado, identificado y/o cuantificado > LQ

5. CONCLUSIONES

1. Se han determinado hasta cuatro vuelos entre mediados de junio y principios de noviembre en la pasada campaña.
2. Los resultados sugieren que el manejo de la finca, así como determinadas características intrínsecas de la misma y factores climáticos influyen en la abundancia de las poblaciones de *A. aurantii*.
3. Los árboles jóvenes presentan un promedio de capturas más altos que los árboles adultos.
4. A nivel de especie, los clementinos promedian un nivel de capturas más alto seguido de los mandarinos híbridos y de las naranjas que presentan un nivel similar. A nivel de variedad se promedian capturas más altas en Arrufatina, Navel Powell y Tango y a un nivel más bajo en Valencia Late y en un nivel intermedio, el resto de variedades.
5. Se promedian menores capturas en las parcelas tratadas que en las parcelas testigo.
6. Todas las estrategias aplicadas son una alternativa dentro del marco de producción en residuo cero dado que en ninguno de los ensayos se han detectado materias activas en los frutos.
7. Se ha establecido que la mejor estrategia, según los niveles de plaga estudiados, es aquella que resulta menos costosa económicamente, que en este caso es la confusión sexual.
8. La confusión sexual es de entre un 57 y un 57,61% más económica que la estrategia de combinar esta con el resto de productos y dosis planteadas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Abdelrahman I.** 1974. 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.
- Angioni, A. Dedola, F.; Garau, A.; Sarais, G.; Cabras, P. & Caboni, P.** 2011. Chlorpyrifos residues levels in fruits and vegetables after field treatment, in Journal of environmental science and health. Part. B, Pesticides, food contaminants, and agricultural wastes.
- Alfaro, F.; Cuenca, F.J & Esquiva, M .**1999. Problemática actual del piojo rojo de California en la Comunidad Valenciana. Revista Vida Rural. 15 octubre 1999, 54-60
- Agustí, M.** 1999. Citricultura. Ediciones Mundi Prensa. Madrid, España. 416 pp.
- Asplanato, G. & García Marí, F.** 1998. Distribución del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: *Diaspididae*) en árboles de naranjo. Boletín de sanidad vegetal. Plagas, Vol. 24 N° 3, 637-646.
- Asplanato, G.** 2001. Estudios poblacionales de la cochinilla roja californiana *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae) en cítricos de Uruguay. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia. 175 pp.
- Asplanato, G. & García Marí, F.** 2001. Ciclo estacional de la cochinilla roja californiana *Aonidiella aurantii* Maskell (Homoptera: Diaspididae) en naranjos del sur de Uruguay. Agrociencia. (2001) Vol. V N° 1 pág. 54-67
- Asplanato, G. & García Marí, F.** 2002. Parasitismo de la cochinilla roja californiana *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae) en la zona citrícola sur de Uruguay. Boletín de sanidad vegetal. Plagas, Vol. 28, 5-20.
- 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 and reproduction for life tables. Bull. Ent. Res. 67: 65-87
- Beardsley, J. W. & González, R.** 1975. The biology and ecology of armored scales. Annual Review of Entomology, 20: 49-73.
- Bedford, E.** 1998. Red Scale *Aonidiella aurantii* (Maskell). In: Bedford ECG, Van den Berg MA, De Villiers EA, eds. Citrus pests in the Republic of South Africa. Nelspruit, South Africa: Dynamic Ad., 132-134.
- Benassy, C.** 1977: «Notas sobre parásitos de algunos diaspinos (*Chrysomphalus*, *Lepidosaphes*, *Unas-pis*)», Bol. Serv. Plagas, 3: 55-73
- Bodenheimer, F.S.,** 1951. Citrus Entomology in the Middle East, with Special References to Egypt, Irán, Palestina, Syria, Turkey (ed. by Junk, W.), 663pp. The Hague, The Netherlands.
- Buss. E. A & Dale, A.** 1993. Managing Scale Insects on Ornamental Plants. University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences.
- Campos, J.M.; Martínez, M^a.T. & Fibla, J.M.** 2009. Dossier técnic. Situación actual de los diaspinos Piojo gris (*Parlatoria pergandii* (Comstock), Serpetas (*Lepidosaphes gloverii* (Packard), *L. beckii* (Newman)), y piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii* (Maskell)).

Campos, J.M.; Martínez, M^a. T. & Fibla, J.M. 2012 Population dynamics and seasonal trend of California red scale (*Aonidiella aurantii* Maskell) in citrus in Northern Spain. Spanish Journal of Agricultural Research 2012 10(1): 198-208

Canales, J.; Román A.; Rodrigo, E.; Xamaní, P.; Sánchez-Domingo, A. & Laborda, R. 2014. Estudio del ciclo biológico e integral térmica de *Aonidiella aurantii* sobre evónimo y análisis de la fauna útil presente. VI Jornadas Ibéricas de Horticultura Ornamental, Actas de Horticultura n° 68. Valencia 1-3 octubre 2014

Carroll, D.P. & Luck R.F. 1984a. Bionomics de California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera; Diaspididae), on orange fruits, leaves, and wood in California's San Joaquin Valley. Environ. Entomol. 13: 847- 853

Carroll, D.P. & Luck R.F. 1984b. Within-Tree Distribution of California Red Scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae), and Its Parasitoid *Comperiella bifasciata* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) on Orange Trees in the San Joaquin Valley. Environmental Entomology, Volume 13, Issue 1, 1 February 1984, Pages 179–183,

CCQC (California Citrus Quality Council). 2003. Crop Profile. Pest Management Evaluation. Citrus in California.

Coscollá, R. 2003. Los residuos de plaguicidas en frutos cítricos. Phytoma España, 153, 25-29.

Domínguez, A. 2003. El piojo rojo de California, ejemplo de sanidad en citricultura ecológico. Revista Vida Rural 1 de junio 2003; 34-40

Dickson, R.C., 1951. Construction of the scale covering of *Aonidiella aurantii* (Maskell). Annals of the Entomological Society of America, 44: 596–602.

DeBach, P. 1969. Biological control of diaspine scale insects on citrus in California. First International Citrus Symposium. University of California, Riverside. Vol. 2, 801-815.

DOCV (Diari Oficial de la Comunitat Valenciana). 2017. Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural. Resolución de 12 de marzo de 2017 del director general de Agricultura, Ganadería y Pesca, por la que se establecen las normas para la producción integrada en cítricos, en el ámbito de la Comunitat Valenciana.

DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea). 2008. Reglamento (CE) n° 889/2008 de la Comisión de 5 de septiembre de 2008 por el que se establecen disposiciones de aplicación del Reglamento (CE) n° 834/2007 del Consejo sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos, con respecto a la producción ecológica, su etiquetado y su control. Diari Oficial de la Unión Europea, L 250, pp. 1-84.

Eliahu, M., Blumberg, D.; Horowitz, A. & Ishaaya I. 2007. Effect of pyriproxyfen on developing stage and embryogenesis of California Red Scale (CRS), *Aonidiella aurantii*. Pest Management Science 73:743-746.

Ebeling W. 1933. Variation in the population density of the California red scale, *Aonidiella aurantii* Mask, in a hilly lemon grove. Journal of Economic Entomology 26: 851–854

Ebeling, W. 1959. Subtropical fruit pests. University of California. Division of Agricultural Sciences, Berkeley. 436 pp.

FAO (Food and Agriculture Organization). 2017. Codex Alimentarius. Normas Internacionales de los Alimentos. Directrices sobre criterios de rendimientos para métodos de análisis para la determinación de residuos de plaguicidas en los alimentos y los piensos.

- Forster, L.; 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.
- Forster, L & Luck, R. F.** 1996. The role of natural enemies of California red scale in a IPM program in California Citrus. Proc. Int. Soc. Citriculture 1: 505-507.
- Garcerá, C. M^a.** 2013. Racionalización de las aplicaciones de productos fitosanitarios para el control de *Aonidiella aurantii* Maskell (Hemiptera: Diaspididae) en cítricos. Tesis doctoral Departamento de Ingeniería Rural y agroalimentaria. Unidad de Mecanización y Tecnología Agraria. Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, junio de 2013.
- Garcerá, C. M^a.; Moltó, E. & Chueca, P.** 2011. Effect of spray volume of two organophosphate pesticides on coverage and on mortality of California red scale *Aonidiella aurantii* (Maskell). Crop Protection 30:693–697
- García-Marí, F.; Penadés, P.; Rodríguez, J. M.; Alonso, A.; Rodrigo, E.; Olmeda, T.** 2003. Determinación de un umbral de tratamiento para diaspididos de cítricos basado en la infestación de los frutos en la cosecha. Levante Agrícola, 1er Trimestre, pp: 37-41.
- Gieselmann MJ, Rice R, E.** 1990. Use of pheromone traps, pp. 349–352 In Rosen D [eds], Armored Scale Insects: Their Biology, Natural Enemies and Control. Volume B, Elsevier, New York, USA
- Gómez-Menor, J.** 1957. Cochinillas que atacan a los frutales. Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola, vol. XXII, 48.
- Grafton-Cardwell, E. E. & Stuart-Leslie, J.** 1998. Aphytis release program: pest control advisors look to Aphytis for long-term solution for red scale control. Citrograph 83, 18-19.
- Grafton-Cardwell E. E. Ouyang Y. Striggow R. Vehrs S.** 2001. Armored scale insecticide resistance challenges San Joaquin Valley citrus growers. Calif. Agric.55, pp: 20–25.
- Grafton-Cardwell, E. E. & Gu, P.** 2003 Conserving vedalia beetle, *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae), in citrus: a continuing challenge as new insecticides gain registration. J Econ Entomology 96, pp: 1388–1398
- Grafton-Cardwell, E. Godfrey, L.; Chaney, W. & Bentley, J.** 2005. Various novel insecticides are less toxic to humans, more specific to key pests. California Agriculture, 59 (1).
- Greathead, D.J.** 1990. Crawler behaviour and dispersal. Pag. 305-308. In David Rosen, editor. Armored scale insects. Their biology, natural enemies and control. Vol. A. Elsevier. Oxford, New York, Tokyo.
- Grout T. G & Richards G. I.** 1989. The multiple cohort structure in populations of red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae), on citrus in South Africa. Journal of the Entomological Society of Southern Africa 52: 277–283.
- Grout, T.G.** 2012. Scales: Red Scale. Vol III, Chapter 3. Specific Pests. Citrus Research International. Part 11.4 pp: 1-10
- Guarnone, A.; Guastamacchia, F.; Vitali, D.; Noacco, A.; Bitonte, D & Pasariello, S.** 2018 Evidenze sperimentali ali sull'efficacia di Acetamiprid nel contenimento di cocciniglie su vite, agrumi e olivo. Giornate Fitopatologiche, 2018, 1, pp: 117-124
- Habib, A.; Salama, H.S.; Amin, A.H.** 1972. Population of *Aonidiella aurantii* on citrus varieties in relation to their physical and chemical characteristics. Entomol. Exp. Appl., 15, pp: 324–328.

- Hare, J. D.; & Morgan, D. J. W.** 2000. Chemical conspicuousness of an herbivore to its natural enemy: effect of feeding site selection. *Ecology*, 81: 509-519.
- Hattingh, V. & Samways, M.J.** 1992. Prey choice and substitution in *Chilocorus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae). *Bulletin of Entomological Research*. 82(3), 327-334.
- Hattingh, V., & Tate, B.** (1995). Effects of field-weathered residues of insect growth regulators on some Coccinellidae (Coleoptera) of economic importance as biocontrol agents. *Bulletin of Entomological Research*, 85(4), 489-493
- Hely P, C.; Pasfield, G. & Gellatley J.** 1982. *Insect Pests of Fruit and Vegetable in NSW* Inkata Press: Melbourne.
- Hernández, P.; Rodríguez, J.M. & García-Marí, F.** 2002. Umbrales de tratamiento para cóccidos diaspididos en cítricos. *Boletín Sanidad Vegetal. Plagas*, 28: 469-478, 2002
- Howell, J.O. and H.H. Tippins.** 1990. The immature stages. p. 29-42. In D. Rosen (ed.) *Armored scale insects. their biology, natural enemies and control*, vol A. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Howse, P.; Stevens, I. & Jones, O.** 1998. *Insect Pheromones and their Use in Pest Management*. Ed. Chapman & Hall.
- Ishaaya, I.; De Cock, A. & Degheele, D.** 1994. Pyriproxyfen, a potent suppressor of egg hatch and adult formation of the greenhouse whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *J Econ Entomol* 87:1185-9
- IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias).** 2020. Efectos secundarios sobre fauna útil de cítricos, en *Gestión Integrada de Plagas y Enfermedades en Cítricos* <http://www.gipcitricos.ivia.es/area/plagas-principales/area/efectos-secundarios> (Consulta a 21/01/2020).
- Juan-Blasco, M.; Verdú, M.J. & Urbaneja, A.** (2008) Depredación del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell), por fitoseidos depredadores. *Boletín de sanidad vegetal. Plagas*, Vol. 34, pp: 187-199.
- Porqueres, J.J.** 2019. Ensayos de eficacia de Carnadine® sobre *Aonidiella aurantii* en, 15º Symposium Nacional de Sanidad Vegetal: Sevilla 23, 24 y 25 de enero de 2019. Sevilla. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural, Servicio de Publicaciones y Divulgación.
- Kennett C. E. & Hofmann R.W.,** 1985. Seasonal development of the California red scale (Homoptera: Diaspididae) in San Joaquin Valley citrus based on degree-day accumulation. *Journal of Animal Ecology*, 78: 73-79
- Kerns, D.; Wright, G. & Loghry, L.** 2001. California Red Scale (*Aonidiella aurantii*). In: *Citrus Arthropod Pest Management in Arizona*. The University of Arizona. College of Agriculture
- Lindinger, L.** 1912. Die Schildläuse (Coccidae) Europas, Nordafrikas und Vorder-Asiens, einschliesslich der Azoren, der Kanaren und Madeiras. Eugen Ulmer, Stuttgart, 392 pp.
- Llorens, J.M.** 1990. Homoptera I. Cochinillas de los cítricos y su control biológico. Ed. Pisa
- Luck, R.F. and Podoler, R.** 1985. Competitive exclusion of *Aphytis lingnanensis* by *A. melinus*: Potential role of host size. *Ecology*. 66: 904-913

- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).** 2020a. Registro de productos fitosanitarios. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/sanidad-vegetal/productos-fitosanitarios/fitos.asp> (Consulta a 20/01/2020).
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).** 2020b. Resolución de autorización excepcional para la comercialización de productos fitosanitarios a base de piretrinas y feromonas para el control de *Delottococcus aberiae*, *Aonidiella aurantii* y *Planococcus citri* en los cítricos. Madrid, 27 de febrero de 2020.
- MAGRAMA (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).** 2016. Resolución Excepcional para la Comercialización de Productos Fitosanitarios a base de Rescalure 4 % como insecticida en cítricos. Madrid, 12 de febrero de 2016.
- Martínez-Hervás M.A.; Soto, A. & García-Marí, F.** 2006. Survey of resistance of the citrus red scale *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Coccidae) to chlorpyrifos in spanish citrus orchards. 29, pp: 255-258
- McKenzie, H.** 1956. The armored Scale insects of California. Bulletin of the California insect turkey. Volume 5. State of California Department of Agriculture, Bureau of Entomology.
- Moltó, E.; Garcerá, C & Chueca, P.** 2008. Tratamientos con aceites minerales contra el piojo rojo de California. Ensayos para recomendar el volumen óptimo de caldo en función de la vegetación de la parcela. Revista Vida Rural 15 de abril 2008; 40-44.
- Moner, J.P.** 2000. Consideraciones sobre el control del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell). Agraria, revista de información agraria número 16.
- Moreno, D. S.; Kennett, C. E.,** 1985: Predictive year-end California Red Scale (Homoptera: Diaspididae) orange fruit infestations based on catches of males in the San Joaquin Valley. J. Econ. Entomol., 78: 1-9.
- Morgan, D & Hare J.** 1998. Volatile cues used by the parasitoid, *Aphytis melinus*, for host location: California red scale revisited. Entomol Exp. Appl. 88: 235-245.
- Nauen, R., Reckmann, U., Thomzik, J. & Thielert, W.** 2008. Biological profile of spirotetramat (Movento) a new two-way systemic (ambimobile) insecticide against sucking pest species. Bayer Crop Science Journal, 61:245-278
- Navarro, V.; Vacas, S.; Alfaro, C. & Primo, J.** 2011. Aplicación de la técnica de confusión sexual al control del Piojo Rojo de California, *Aonidiella aurantii* Maskell. Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera, N° 936: 42-46.
- Navarro, V.; Vacas, S.; Alfaro, C. & Primo, J.** 2013. Control de diaspinos (Piojo blanco y Piojo rojo de California) por medio de confusión sexual. Phytoma España, N° 254, 36.
- Navarro, V. & Vacas, S.** 2020. Comunicación personal en el Curso: Aplicación de semioquímicos en agricultura. Centro de Ecología Química Agrícola. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia, 5 de marzo de 2020.
- Pekas, A., Tena, A., Aguilar, A. and García-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* (Hemiptera: Diaspididae). Biological Control, 55: 132-140
- Pina, Mª T.** 2006, Control biológico del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) y estrategias reproductivas de su principal enemigo natural *Aphytis chrysomphali* (Mercet) (Hymenoptera: Aphelinidae). Tesis doctoral. Departamento de Zoología. Universidad de Valencia. Valencia, 4 de abril de 2017

- Pina, M^a. T. & Verdú, J.M.** 2007. El piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell), y sus parasitoides en cítricos de la Comunidad Valenciana. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas, Vol. 33, 59-71.
- Porcuna, J.L.; Gaude, M^a. I.; Castejón, P. & Domínguez, A.** 2010 Guía de agricultura ecológica de cítricos (E-1). Serie: Guías de Agricultura Ecológica del Proyecto Mayas Ed. Federación de Cooperativas Agrarias de la Comunidad Valenciana (FECOAV).
- Porcuna, J.L.** Manejo de plagas y enfermedades en agricultura ecológica. Manuales técnicos. Sociedad Española de Agricultura Ecológica. Junta de Andalucía.
- Rice, R. E.; Moreno, D. S.,** 1970. Flight of male California Red Scale. Ann. Entomol. Soc. Am., 63: 92-96.
- Ripolles, J.L.** 1990a. Las cochinillas de los agrios. II Simposium Nacional de Plaguicidas. Sevilla.
- Ripolles, J.L.** 1990b. Las cochinillas de los agrios. III Curso de Protección Integrada de Cultivos. FECOAV-Generalitat Valenciana.
- Roelofs, W.L.** 1979, Establishing efficacy of sex attractants and disruptants for insect control. Entomol. Soc. Am. 97 pp
- Rosen, D. & DeBach, P.,** 1979. Species of Aphytis of the world (Hymenoptera: Aphelinidae). Israel Universities Press. Jerusalem, Israel.
- Rosen, D.,** 1986. Natural enemies of the Diaspididae and their utilization in biological control. Bolletino del Laboratorio di Entomologia Agraria "Filippo Silvestri" 43, 189–194.
- Rodrigo, E. & García-Mari, F.** 1992. Ciclo biológico de los diaspinos de cítricos *Aonidiella aurantii* (Maskell), *Lepidosaphes beckii* (Newman) y *Parlatoria pergandii* Comstock) en 1990. Boletín de sanidad vegetal. Plagas 18: 31-44.
- Rodrigo, 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 pp
- Rodrigo, E. & García-Mari, F.** 1994. Estudio de la abundancia y distribución de algunos cocidos diaspididos de cítricos. Bol. San. Veg. Plagas 20: 151-164.
- Rubio-Serra, A.; Dominguez, A.; Bono, A. & Laborda, R.** 2002. Control del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* Maskell (Hemiptera: Diaspididae), con aceite parafínico en Navelina ecológica. Phytoma España, N° 140, 28-37.
- Rubtsov, I. A.** 1952. Lindorus, an effective predator or diaspine scales. Russkoe Entomologicheskoe Obozrenie, 32: 96-106.
- Salama, H. S.; A. H. Aamin & M. Hawash.** 1972. Effect of nutrients supplied to Citrus seedlings on their susceptibility to infestation with the scale *Aonidiella aurantii* (Maskell) and *Lepidosaphes beckii* (Newman) (Coccoidea). Z. Ang. Ent. 71: 395-405.
- Sanders, C. J & Seabrook, W.D.** 1982. Disruption of mating in the spruce budworm. In management of insect pest with semiochemicals. Mitchell E.R., Plenum Press, New York.
- Shaw, J.; Moreno D. S. & Fargerlund J.** 1971. Virgin female California red scale used to detect infestations. Journal of Economic Entomology 64: 1305–1306.

Smith, D.; Beattie, G.A.C & Broadley, R. 1997 Citrus pests and their natural enemies. Integrated pest management in Australia. State of Queensland, DPI & HRDC, Brisbane (Australia)

Smith, K & Smith, D. & Lisle, A. 1999. Effect of field-weathered residues of pyriproxyfen on the predatory coccinellids *Chilocorus circumdatus* Gyllenhal and *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant. Australian Journal of Experimental Agriculture 39(8) 995 – 1000.

Sorribas, J.; Rodríguez, R.; Rodrigo, E & García-Marí, F. 2008 Parasitism levels and species of natural enemies in field populations of California red scale *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae) in eastern Spain. Integrated Control in Citrus Fruit Crops OBC/wprs Bulletin Vol. 38, 2008 pp. 26-33

Sorribas, J. & García-Marí, F. 2010. Comparative efficacy of different combinations of natural enemies for the biological control of California red scale in citrus groves. Biological Control. 55(1), 42-48.

Sorribas. 2011. Biological control of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae): spatial and temporal distribution of natural enemies, parasitism levels and climate effects. PhD Thesis. Instituto Agroforestal Mediterráneo, Universitat Politècnica de Valencia. Valencia, 2011

Suma, P., Zappalà, L., Mazzeo, G., Siscaro, G. 2009. Lethal and sub-lethal effects of insecticides on natural enemies of citrus scale pests. BioControl, 54, 651-661.

Tan, B.L., V. Sarafis, G.A.C. Beattie, R. White, E.M. Darley & R. Spooner-Hart. 2005. Localization and movement of mineral oil in plants by fluorescence and confocal microscopy. J. Exp. Bot. 56:2755-2763.

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

Tashiro H, Moffitt C. 1968. Reproduction in the California red scale, *Aonidiella aurantii*. II. Mating behaviour and post insemination female changes. Annals of the Entomological Society of America 61: 1014–1020.

Tena, A.; Catalán, J.; Vanaclocha, P.; Urbaneja, P.; Jacas, J.A. & Urbaneja, A. 2011. Evaluación de distintas estrategias de manejo químico del Piojo Rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell). Levante agrícola, 404:44-48.

Tena, A.; Catalán, J.; Planes, L.; Izquierdo. 2013. Eficacia del spirotetramat sobre los diversos estadios de desarrollo de *Aonidiella aurantii* (Maskell). Levante agrícola, Protección de cultivos 1-5.

Troncho, P.; Rodrigo, E. & García-Mari, F. 1992. Observaciones sobre el parasitismo en los diaspidos *Aonidiella aurantii* (Maskell), *Lepidosaphes beckii* (Newman) y *Parlatoria pergandii* (Comstock) en una parcela de naranjo. Boletín de sanidad vegetal. Plagas, Vol. 18, 11-30.

IVIA (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias). 2020. Gestión integrada de plagas de cítricos. <http://www.gipcitricos.ivia.es>. (Consulta a 22/01/2020).

Vacas, S. 2011. Uso de semioquímicos en el control de plagas. Estudios básicos y de aplicación. Tesis doctoral. Centro de Ecología Química Agrícola. Instituto Agroforestal Mediterráneo. Universitat Politècnica de Valencia. Valencia, septiembre de 2011

Vacas, S.; Vanaclocha, P.; Alfaro, C.; Primo, J.; Verdu, M^a J.; Urbaneja, A. & Navarro, V. 2011. Mating disruption for the control of *Aonidiella aurantii* Maskell (Hemiptera: Diaspididae) may contribute to increased effectiveness of natural enemies. Society of Chemical Industry. Pest Management Sci. 2012: 68: 142-148.

Vanaclocha, P.; Urbaneja, A. & Verdú, 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, Vol. 35, N° 1, 59-71.

Vanaclocha, P. 2009. Gestión integrada del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae): mejora de su control biológico. PhD Thesis.

Walker G.P.; Zareh N & Arpaia M.L. 1999. Effect of pressure and dwell time on efficiency of a high-pressure washer for postharvest removal of California red scale (Homoptera: Diaspididae) from citrus fruit. Journal of Economic Entomology 92, 906-914.

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, Vol 83, N° 5, 939-940.

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

Willard, J.R. 1974. Horizontal and vertical dispersal of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), (Homoptera: Diaspididae) in field. Australian Journal of Zoology 22: 531-548

Zappalà, L. 2010. Citrus Integrated Pest Management in Italy, in *Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases*. Ed. Springer. Ch. 4, 73-79.

Zhang, Q.; Chen, Y.; Wang, S.; Yu, Y.; Lu, P.; Hu, D.; Yang, Z. 2018. Dissipation, residues and risk assessment of spirotetramat and its four metabolites in citrus and soil under field conditions by LC-MS/MS. Biomed. Chromatography. 2018, 32

Yan, J-Y. 1985. Studies on the behaviour of males of California Red Scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell). PhD Thesis. Department of Entomology, Waite Agricultural Research Institute. University of Adelaide. August, 1985.

Yu, D. S., Luck, R. F., Murdoch., W. W., 1990. Competition, resource partitioning and coexistence of an endoparasitoid *Encarsia perniciosi* and ectoparasitoid *Aphytis melinus* of the California red scale. Ecol. Entomol. 15, 469-480.