

CICLO ESTACIONAL DE LA COCHINILLA ROJA CALIFORNIANA, *Aonidiella aurantii* (MASKELL) (HOMOPTERA: DIASPIDIDAE) EN NARANJOS DEL SUR DE URUGUAY

Asplanato, G.¹ y García-Marí, F.²

Recibido: 16/04/01 Aceptado: 02/08/01

RESUMEN

Se han realizado estudios en dos montes de naranjos Navel ubicados en la zona citrícola sur de Uruguay durante dos temporadas 95/96 y 96/97 de manera de conocer el ciclo estacional de *Aonidiella aurantii* (Mask.), el número de generaciones, los momentos en que se producen los máximos de inmaduros y la constante térmica generacional. La cochinilla presentó en nuestras condiciones tres generaciones completas con máximos de larvas de primer estadio (L1) al final de la primavera (noviembre - diciembre), en verano (enero - febrero) y en otoño (abril), éste último menos marcado. Puede existir una cuarta generación parcial. En el invierno predominaron los estadios inmaduros (L1 y L2), aunque casi todos los estados de desarrollo estuvieron presentes. No se ha detectado reproducción durante este período. Se observaron anualmente tres o cuatro vuelos de machos. El primero de primavera (octubre) fue numéricamente muy pequeño y el segundo que se produce en verano (enero) fue el más abundante. La constante térmica generacional obtenida de datos de campo, considerando una temperatura umbral de 11,7°C, se estimó en 667±15 grados-días (°D). La acumulación de grados-días desde el 1 de julio hasta el primer vuelo de machos estuvo entre 300 y 400°D. El segundo vuelo se observó entre los 900 y 1000°D. Aproximadamente a los 250°D de los picos de capturas de machos se producen los máximos de larvas de primer estadio (L1).

PALABRAS CLAVE: *Aonidiella aurantii*, cochinilla roja californiana, ciclo estacional, grados-días, naranjos Navel.

SUMMARY

SEASONAL HISTORY OF THE CALIFORNIA RED SCALE, *Aonidiella aurantii* (MASKELL) (HOMOPTERA: DIASPIDIDAE) ON ORANGE TREES OF SOUTHERN URUGUAY

Studies were carried out in two Navel orange groves in the southern citrus production area of Uruguay during two seasons: 95/96 and 96/97, in order to study the seasonal history of *Aonidiella aurantii* (Mask.), the number of generations, the occurrence of immature stage peaks and the generational thermal constant. In our conditions, the scale showed three complete generations with peaks of first-stadium (L1) at the end of spring (November-December), in summer (January-February) and in fall (April), this one was less marked. There could be a fourth partial generation. In winter, the immature stages (L1 and L2) predominated, although almost all developmental stages occurred. During this period, reproduction was not detected. Three or four flight peaks were observed per year. The first flight of spring (October) was numerically very small and the second of summer (January) was the most abundant. The thermal constant was estimated at 667±15 degree-days (°D) from field data, considering a developmental threshold of 11.7°C. The degree-day accumulation from 1 July to the first male flight was from 300 to 400°D. The second flight was observed between 900 and 1000°D. Approximately 250°D elapsed between male catch peaks and first-stadium peaks.

KEY WORDS: *Aonidiella aurantii*, California red scale, seasonal history, degree-days, Navel oranges.

1 Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Agronomía, Montevideo, Uruguay.

2 Departamento de Ecosistemas Agroforestales, Universidad Politécnica de Valencia, España.

INTRODUCCIÓN

La cochinilla roja californiana *Aonidiella aurantii* (Maskell) es considerada una de las principales plagas de los cítricos en el mundo (Ebeling, 1959; Miller y Davidson, 1990). En Uruguay está ampliamente distribuida y es una de las principales plagas de la citricultura.

Infestaciones severas pueden producir clorosis, caída de hojas, muerte de ramas, caída de frutas, disminución de los rendimientos y hasta la muerte del árbol especialmente si es joven (Ebeling, 1959; University of California, 1991; Smith *et al.*, 1997; Bedford, 1998). Estos daños son directos y ocasionados por la alimentación de la cochinilla y por la posible inyección de sustancias tóxicas mediante la saliva (Ebeling, 1959). Aún con infestaciones menos intensas, el daño surge de manera indirecta por la propia presencia de la cochinilla sobre los frutos a los cuales desvaloriza comercialmente (University of California, 1991; Smith *et al.*, 1997; Bedford, 1998).

El ciclo biológico es el típico de la familia Diaspididae, presentando las hembras tres y el macho cinco estadios de desarrollo. Los únicos estadios con capacidad de trasladarse son la larva migratoria, responsable de la dispersión de la especie y los machos adultos los cuales no son capaces de comenzar una infestación por sí mismos (Bodenheimer, 1951; Ebeling, 1959).

La constante térmica generacional ha sido reportada por varios autores en condiciones de laboratorio (Atkinson, 1977; Yu y Luck, 1988) y de campo (Kennett y Hoffman, 1985; Grout y Richards, 1989; Grout *et al.*, 1989; Rodrigo, 1993; Tumminelli *et al.*, 1996). Dependiendo de las condiciones locales, el número de generaciones anuales pueden ser de dos a siete (University of California, 1991; Smith *et al.*, 1997; Bedford, 1998). En Uruguay, se citan tres generaciones (Piñeiro, 1977; Carbonell y Briozzo, 1984).

En este trabajo se pretende estudiar el ciclo estacional de *A. aurantii* en las condiciones de la zona citrícola sur de Uruguay, de forma de conocer el número de generaciones, los momentos de máximos de larvas (estadios más sensibles al control químico) y la integral térmica generacional como una forma de predicción de los momentos oportunos de control.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los estudios se realizaron en dos parcelas de naranjo dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) variedad Washington Navel pertenecientes a predios comerciales ubicados en las localidades de Kiyú (Departamento de San José) y Pajas Blancas (Departamento de Montevideo). Las parcelas

se seleccionaron por presentar alta infestación de cochinilla roja. No recibieron tratamientos insecticidas durante el período de estudio. La última aplicación realizada en Kiyú se efectuó en diciembre de 1994 con aceite mineral y en Pajas Blancas en marzo de 1995 con el organofosforado metidation. Las plantas no fueron podadas durante el período de estudio. La parcela de Kiyú presenta riego y la de Pajas Blancas se mantuvo en seco. Al comienzo del trabajo las plantas de la parcela de Pajas Blancas tenían 12 años de implantadas. En esta parcela se seleccionó una fila de la cual se utilizaron los 25 árboles centrales para los estudios. En la parcela ubicada en la zona de Kiyú las plantas tenían 9 años. En este caso se tomaron 4 filas de 20 árboles y se muestrearon las plantas de las dos filas centrales.

El estudio abarcó dos periodos vegetativos completos, 95/96 y 96/97. La frecuencia de muestreos fue semanal entre los meses de noviembre a marzo y quincenal entre los meses de abril y octubre de cada año. En cada fecha se tomaron hojas con presencia de cochinillas de seis árboles seleccionados al azar. En laboratorio, mediante disección bajo microscopio estereoscópico, se contabilizaron 150 individuos vivos. Se registraron por separado los distintos estadios de desarrollo de la cochinilla: L1 (larva del primer estadio), L2 (larva del segundo estadio), H1 (hembra joven), H2 (hembra totalmente desarrollada no fecundada), H3 (hembra en etapa reproductiva) separándolas por presencia o no de larvas móviles debajo del escudo, y los estados prepupa y pupa de los machos.

En las mismas fechas del muestreo en hojas se registraron los vuelos de machos mediante capturas en trampas de feromonas sintéticas y trampas de pegamento amarillas. Las trampas de feromonas consistieron de cartón blanco con pegamento Tanglefoot (Tanglefoot Company, Michigan, USA) de forma de tienda con una dimensión de 28 x 9 cm. Las cápsulas del atrayente sexual fueron de la marca comercial "Aralure" de Aragonese Agro S.A. Se colocó una trampa en cada parcela en un árbol ubicado en el centro de la misma. Las trampas se colgaron en el árbol a una altura entre 1.5 y 2 m. Las cápsulas de feromonas se cambiaron mensualmente. Las trampas de pegamento amarillas se construyeron de cartón de forma rectangular y se recubrieron de polietileno amarillo. Las dimensiones de las trampas fueron de 20 x 10 cm, con una superficie engomada de 12 x 8 cm. El pegamento utilizado fue el Tanglefoot. Se colocaron tres trampas por parcela separadas aproximadamente 20 m una de otra y a una altura entre 1.5 y 2 m. Se contabilizaron todos los individuos presentes en la superficie engomada de las trampas.

Para el cálculo de la integral térmica de la cochinilla se tomaron los registros de temperatura de la estación meteo-

rológica más cercana a las parcelas de estudio. La acumulación de grados-días se realizó con las temperaturas máximas y mínimas diarias de cada parcela utilizándose la función seno. Este método permite un cálculo más exacto cuando la temperatura mínima diaria está por debajo del umbral de desarrollo, tendiendo a describir más seguramente el desarrollo en la primavera (Pruess, 1983). Se utilizó el programa Basic escrito por González y Hernández (1990). Se utilizó un umbral de desarrollo inferior de 11.7°C (Kennett y Hoffmann, 1985; Grout y Richards, 1989; Grout *et al.*, 1989).

RESULTADOS

Estadios de desarrollo de *A. aurantii*

Al evaluar globalmente la estructura de edades de la población se observa en los dos años y en las dos parcelas una mayor abundancia relativa de las formas inmaduras sobre los adultos (Figura 1). Más de 70% de las formas encontradas son L1 y L2.

La proporción de sexos es a favor de las hembras. Aproximadamente el 25% del total de individuos contados

fueron hembras, mientras que prepupas y pupas de machos constituyen apenas el 5% del total de la población. De las tres fases de las hembras, las que hemos considerado H3 (hembras grávidas y con larvas) son las más abundantes.

Fluctuación estacional de los estadios de desarrollo

La Figura 2 representa los datos del seguimiento de los estadios de desarrollo a lo largo del año. La pauta obtenida es similar en las dos parcelas de estudio. Se destaca la elevada proporción de inmaduros a lo largo de todo el año. En los máximos aproximadamente el 90% de la población está constituido por estados L1 y L2.

Durante el invierno se encuentran representados casi todos los estados de desarrollo manteniéndose una estructura de edades bastante estable. Alrededor del 80% de la población invernante está constituido por inmaduros correspondiendo un 40% a L1 y otro 40% a L2. Aunque se encontraron en baja proporción hembras grávidas y con larvas (aproximadamente un 10%), no se observaron gorri-

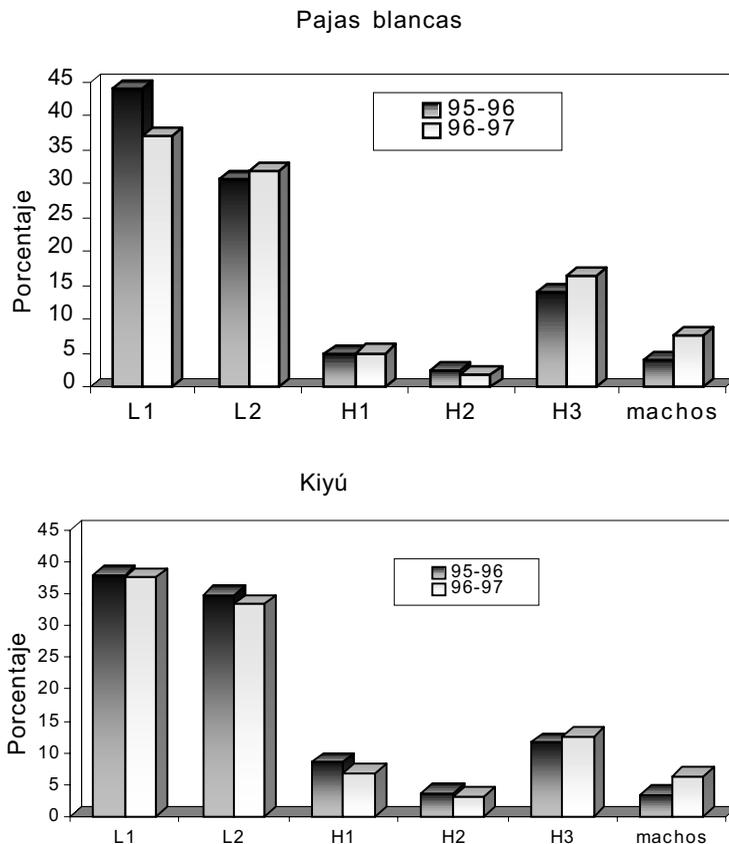


Figura 1. Proporción media anual de cada estadio de desarrollo de *A. aurantii* en dos parcelas de naranjos Navel durante dos temporadas. L1: larvas de primer estadio incluyendo a la primera muda. L2: larvas de segundo estadio incluyendo la segunda muda. H1+H2: hembras jóvenes y no fertilizadas. H3: hembras grávidas y parturientas. Machos: estados de prepupa y pupa.

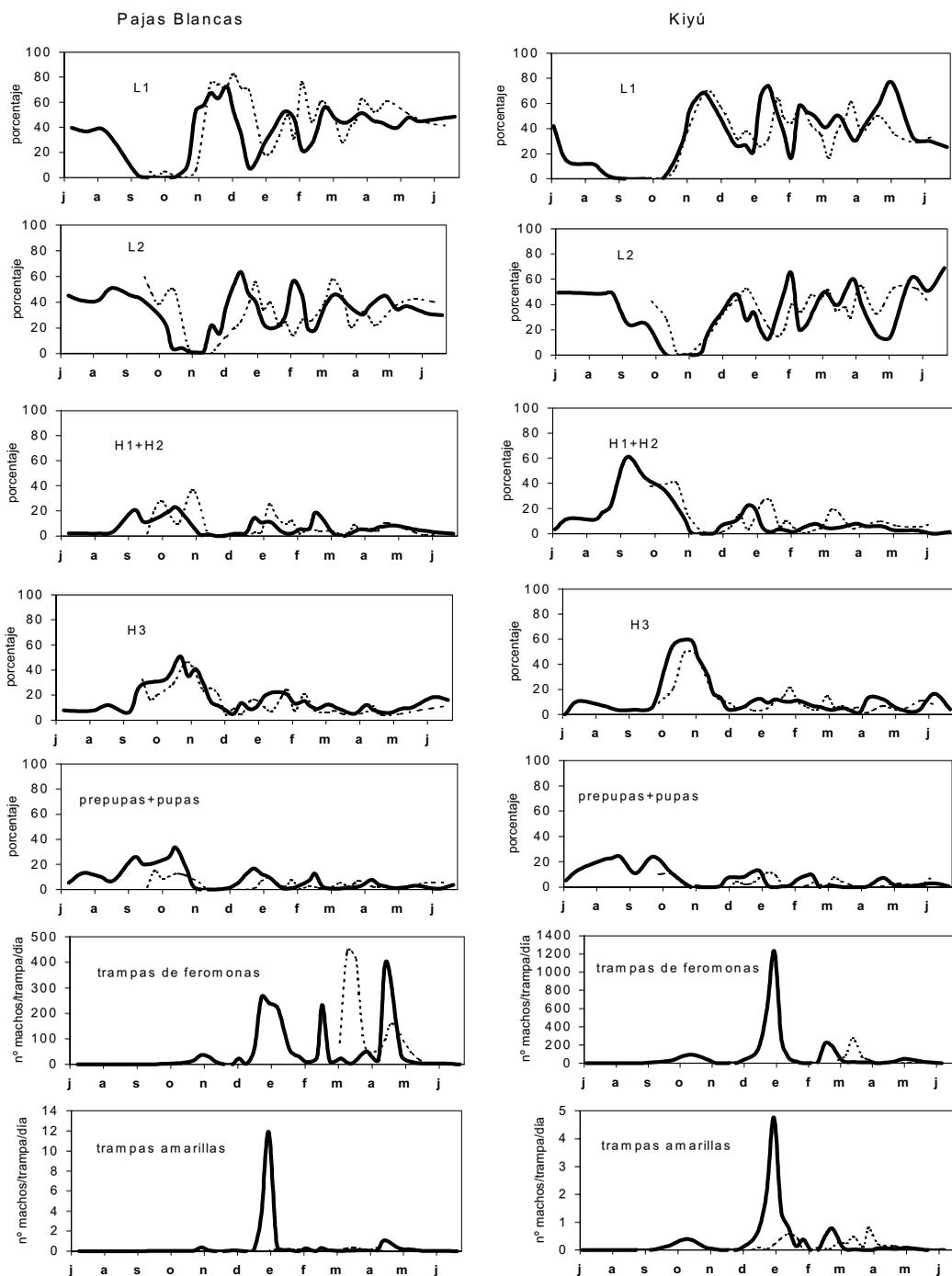


Figura 2. Fluctuación estacional de los estadios de desarrollo de *A. aurantii* en dos parcelas de naranjos Navel durante dos temporadas. L1: larvas de primer estadio incluyendo a la primera muda. L2: larvas de segundo estadio incluyendo la segunda muda. H1+H2: hembras jóvenes y no fertilizadas. H3: hembras grávidas y parturientas. Machos: estados de prepupa y pupa. Temporada 95-96----- Temporada 96-97 —

tas blancas (primeras larvas recién fijadas), lo que indicaría ausencia casi total de reproducción en este período y/o mortalidad de las larvas móviles por las bajas temperaturas. La proporción de hembras con larvas en relación con el total de hembras en ese período es muy baja, menos del 10%.

Al final del invierno se da una rápida evolución de los individuos inmaduros hacia hembras y machos lo que se muestra por el aumento de la proporción de estos estados en ese momento. Hay un solo período en el año donde apenas hay larvas de primer estadio, al principio de la primavera (setiembre-octubre). Este mínimo de L1 se corresponde con el único momento del año en que la proporción de adultos supera a la de inmaduros.

El primer máximo de L1 se produce al final de la primavera (fines del mes de noviembre - principios de diciembre). Posteriormente se sucede un segundo máximo de inmaduros en verano (fines de enero - principios de febrero) y un tercero, menos marcado, en otoño. En el primer período vegetativo (95-96) se observan con nitidez tres incrementos en la proporción de L1 en las dos parcelas de estudio, manifestándose el máximo de otoño a fines de marzo - principios de abril. Sin embargo, en el segundo período (96-97) el tercer máximo es más difícil de definir.

La evolución de los sucesivos estadios de desarrollo que se observa en el ciclo resulta perfectamente coherente. Los incrementos de L1 son seguidos por incrementos de L2 y posteriormente de hembras jóvenes. Los máximos que se observan en la proporción de prepupas y pupas de machos coinciden con la mayor abundancia relativa de las hembras jóvenes (H1 y H2) y a su vez son anteriores a los momentos en que aumenta la proporción de hembras adultas grávidas y con larvas migratorias (H3).

Vuelos de machos de *A. aurantii* en trampas

En el primer período vegetativo de estudio, 95-96, las trampas de feromonas se instalaron en febrero, por lo que no se pudo registrar la evolución de los vuelos de machos durante toda la temporada. Se observa (Figura 2) un máximo de capturas en la mitad de marzo en las dos parcelas. En la parcela de Pajas Blancas se registra otro pico menor en la mitad de abril. Estos vuelos se encuentran desfasados con respecto a los registrados en el año 96-97.

Los vuelos de machos registrados en trampas de feromonas para el período 96-97 muestran el mismo patrón en las dos parcelas de estudio. Se detecta un primer pico pequeño en primavera (mediados - fines de octubre). Los machos de este primer vuelo proceden de los inmaduros invernantes que han evolucionado, y tras fecundar a las hembras surgirá la primera generación de L1 del año. El máximo de L1 de la generación de primavera se observa

aproximadamente un mes después del vuelo de machos. El segundo vuelo de machos es el más importante numéricamente de todo el período vegetativo y se produce a principios del verano (enero). Entre 15 y 20 días después de este segundo vuelo se produce el máximo de L1 de la segunda generación de verano. Posteriormente se presentan uno o dos vuelos más de diferente magnitud según la parcela. El tercer máximo se observa a finales del verano (febrero-marzo) y el cuarto en otoño (abril-mayo).

Las capturas en trampas amarillas muestran el mismo patrón que en trampas de feromonas, aunque el número registrado es mucho menor. Pueden ser consideradas una herramienta complementaria, pero posiblemente sólo en condiciones de alta infestación.

Generaciones anuales

El número de generaciones representadas por los incrementos en la proporción de las larvas de primera edad (L1), es de tres completas, la primera al final de la primavera, la segunda en verano y la tercera, no bien definida, en otoño. Estas generaciones se hallan bien marcadas en el primer año de estudio (95-96). La duración de las mismas (Figura 2) fue de tres meses (octubre, noviembre, diciembre) para la primera generación de primavera, dos meses para la segunda de verano (enero, febrero) y la tercera ocupa el resto de los meses.

En el período vegetativo 96-97, la tercera generación se presenta muy poco definida y podría haberse dado una cuarta generación parcial. Por otro lado, en ese año se observó un cuarto vuelo de machos en otoño, a fines de abril-principios de mayo.

Grados-días

Para el cálculo de la acumulación de grados-días se ha utilizado un umbral mínimo de desarrollo de 11.7°C sin umbral superior. Grout y Richards (1989) y Grout et al. (1989) utilizaron un umbral superior de 37.8°C. En nuestro trabajo este umbral no se empleó ya que las temperaturas máximas de la zona de estudio raramente lo superan. Yu y Luck (1988), encontraron que por encima de 30°C, la duración del desarrollo se incrementó para la mayoría de los estadios, excepto para primer estadio y segundo estadio. Esta temperatura se probó como umbral superior y no se encontraron diferencias (similares coeficientes de variación) con respecto al cálculo de grados-días sin umbral superior, por lo que se optó por este último método.

En la Figura 3 se observa la evolución de los distintos estadios de desarrollo sobre la base de la acumulación de grados-días a partir del 1 de julio. Las temperaturas mínimas y máximas registradas y los grados-días acumulados para cada parcela se presentan en la Figura 4A.

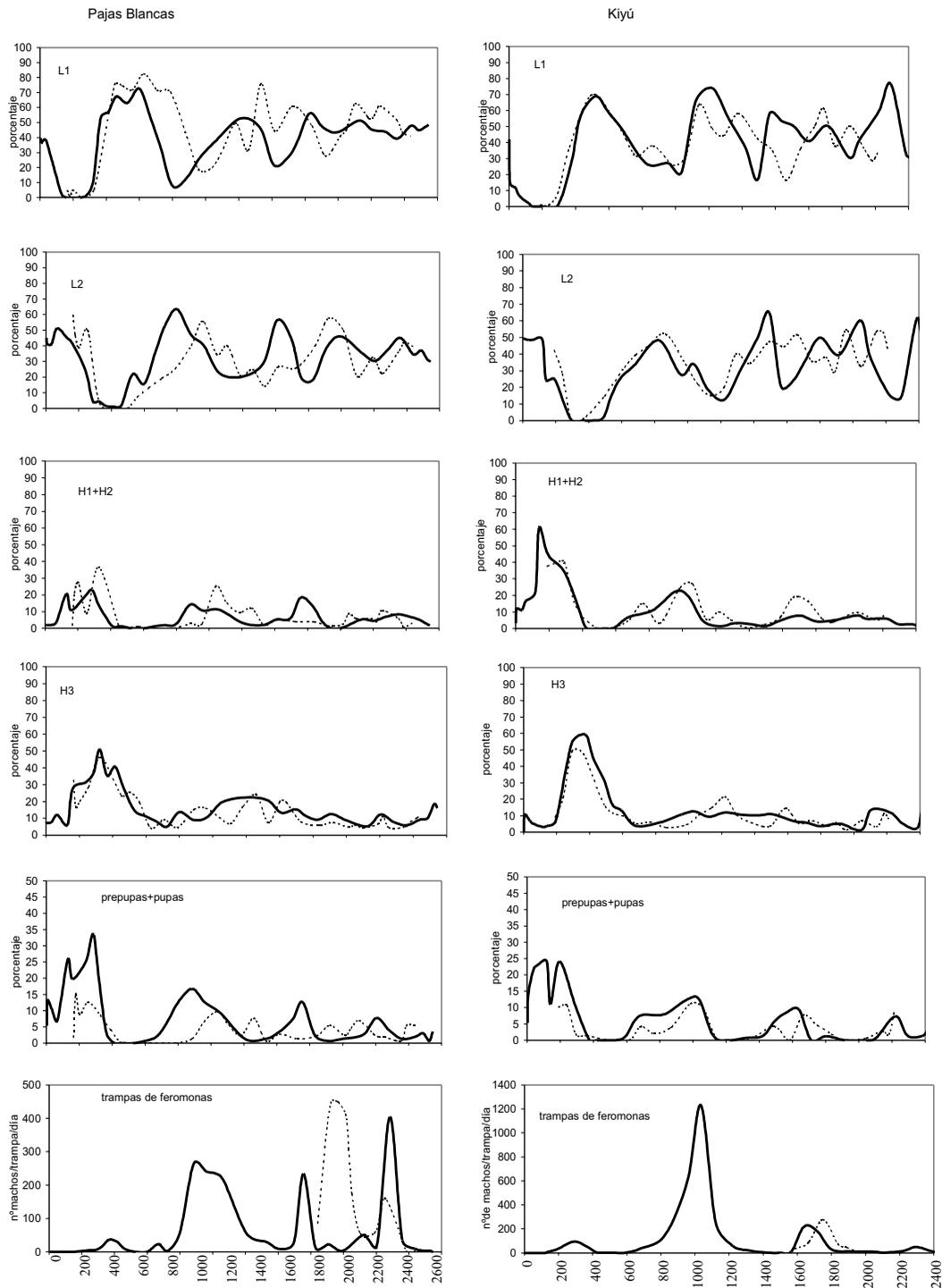


Figura 3. Fluctuación de los estadios de desarrollo de *A. aurantii* en función de los grados-días acumulados por encima de 11.7°C, a partir del 1 de julio de cada año. L1: larvas de primer estadio y primera muda; L2: larvas de segundo estadio y segunda muda; H1+H2: hembras jóvenes y no fertilizadas; H3: hembras grávidas y parturientas. Temporada 95-96 -----Temporada 96-97 —————

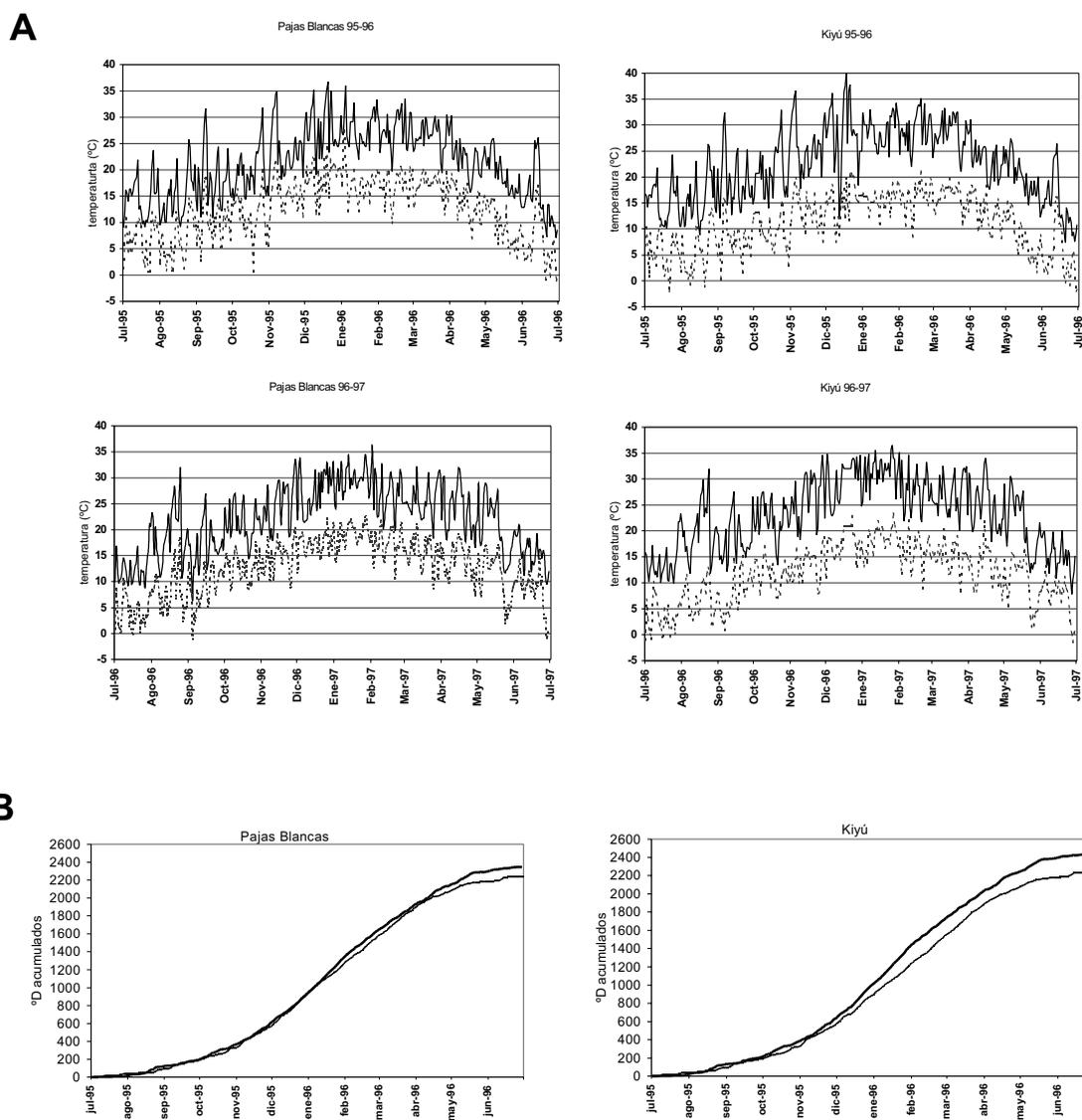


Figura 4. A) Temperaturas máximas y mínimas en las parcelas de Pajas Blancas y Kiyú durante las temporadas 95-96 y 96-97. B) Grados-días acumulados a partir del 1 de julio en las dos parcelas durante las temporadas 95-96 (—) y 96-97 (—).

El primer máximo de L1 de primavera se observa entre los 500 y los 600°D y es bastante coincidente en las dos parcelas y en los dos años. El segundo máximo, correspondiente a la generación de verano, se registra entre los 1100 y 1300°D. Aunque es bastante difícil definir la tercera generación, en el año 95-96 el tercer máximo de L1 se da aproximadamente a los 1900°D. Los máximos del segundo estadio (L2) se dan entre 200 y 300 °D después de los

máximos de L1. Entre los 200 y 300°D acumulados a partir del 1 de julio se presenta el primer máximo de hembras jóvenes y el de machos en estados de prepupa y pupa, los cuales generarán la primera generación de larvas de la temporada. El segundo máximo se manifiesta entre los 900 y 1100°D, el cual producirá la segunda generación del verano. Aproximadamente a los 300°D de éstos, se observan los máximos de larvas de primer estadio. El primer vuelo

de machos adultos se produce entre los 300 y 400°D, coincidiendo con el máximo de hembras grávidas y con larvas (H3). El segundo vuelo, entre los 900 y 1000°D, es coincidente con el máximo de hembras jóvenes. Entre 200 y 300°D después se producen los máximos de L1 de las dos primeras generaciones. Posteriormente se evidencian dos vuelos más, el tercero entre los 1600 y 1800°D y el cuarto entre 2100 y 2300°D.

En el cuadro 1, se presentan las fechas de cada máximo, los grados-días acumulados a partir del 1 de julio y entre máximos. Se excluyeron los picos no bien definidos, utilizándose las fechas presentadas en la tabla. Se manifiesta bastante sincronía entre los momentos de los máximos en los dos años de estudio, si bien existen diferencias que son más notorias a partir de la segunda generación y más marcadas en la parcela de Pajas Blancas. También se observan pequeñas diferencias al comparar las dos parcelas. La media general de los 39 valores calculados de constante térmica, para todos los estadios en las dos parcelas y en los dos años, es de 667°D±15. El rango de variación de estos valores es bastante amplio, con valores extremos de 512-821°D. Cuando se promedian las acumulaciones entre varios máximos de los distintos estadios, el rango va de 620°D para vuelos de machos en trampas de feromonas a 745°D para machos en estados preimaginales. La media para la primera fase larvaria L1 es la que muestra la menor variabilidad entre las acumulaciones de los distintos máximos y la menor diferencia con la media general.

Los dos años de estudio presentaron condiciones climáticas diferentes. La acumulación total de grados-días por encima del umbral considerado en este estudio para *A. aurantii* (11.7°C) fue de aproximadamente 2200°D en el año 95-96 y de 2400°D en el año 96-97 (Figura 4B). Considerando un tiempo generacional de 667°D, daría un número de generaciones de 3.3 para el primer año y 3.6 para el segundo.

Desde el punto de vista práctico tiene gran importancia poder predecir el momento en que tendrá lugar la salida de larvas de L1 del final de la primavera y del verano, para determinar con anticipación los momentos apropiados para el control químico. Una forma de predecir las dos primeras generaciones de L1 es mediante la acumulación de grados-días a partir de determinada fecha (cuadro 2). La generación de primavera se da a los 565°D a partir del 1 de julio (rango 495 - 628). La generación de verano se produce a los 1226°D (rango 1141-1334). La diferencia aproximada de 100°D entre los máximos de L1 de la generación de primavera implicaría una diferencia de dos semanas con temperaturas medias de 20°C. Esa misma diferencia se da entre las fechas en que se registraron los máximos, por lo que la sumatoria de grados-días no presentó una mejora en cuan-

to al valor predictivo. Los máximos de L1 de la generación de verano presentan diferencias de 200°D y con temperaturas medias de 25°C también implicaría dos semanas de error. En esta generación la diferencia observada entre las fechas de máximos es superior.

Otra forma de predecir los picos de larvas es tomar como punto de partida no una fecha arbitraria, sino un momento en la fenología de la plaga. En este sentido, las trampas de feromonas son una herramienta potencialmente importante que permitiría el monitoreo de los vuelos de machos y poder anticipar los momentos de tratamientos. Los picos de L1 (cuadro 3) se dan a los 247°D de los picos de machos. En la primera generación la diferencia observada entre parcelas es insignificante (10°D) lo que se corresponde con temperaturas medias de 20°C a un día de diferencia. La mayor variación se observa en la segunda generación (aproximadamente 140°D), lo que implicaría con temperaturas medias de 25°C una diferencia de 11 días.

DISCUSIÓN

La estructura de edades que presenta la población de *Aonidiella aurantii* en las dos parcelas es típica de especies con gran fecundidad donde la gran mayoría de los inmaduros no llegan al estado adulto. Esta estructura de edades es similar a la hallada por Rodrigo y García-Marí (1990, 1992). La duración del desarrollo del macho es aproximadamente el 60% de la duración del ciclo de la hembra hasta el comienzo de la reproducción (Tashiro y Beavers, 1968; Willard, 1972a; Yu y Luck, 1988) lo que explicaría la menor proporción de machos en la población. Yu y Luck (1988) encontraron que aproximadamente el 30% del total del ciclo corresponde a la hembra madura. Una vez que comienza la reproducción, la hembra permanece en esta fase por un período de tiempo largo. Tashiro y Beavers (1968) hallaron que la fase reproductiva varía entre 10 a 25 semanas. Willard (1972a) encontró una duración del período reproductivo de 106 días a 30°C y 153 a 20°C. Esto estaría explicando la mayor proporción de hembras grávidas dentro de las hembras hallada en nuestro trabajo.

La estructura de edades en los meses de invierno se muestra bastante estable y similar a la alcanzada en el otoño cuando comienza a disminuir la temperatura. La población invernante está constituida fundamentalmente por estados inmaduros, de acuerdo con lo hallado por Orphanides (1982) y Rodrigo y García-Marí (1990, 1992). Carbonell y Briozzo (1984) encontraron una estructura de edades similar trabajando en la zona sur del Uruguay. Otros autores han reportado que los estados predominantes en el invierno son las hembras jóvenes y las grávidas (McLaren, 1971; Abdelrahman, 1974; Battaglia y Viggiani,

Cuadro 2. Fechas y grados-días acumulados a partir del 1 de julio para los máximos de L1 (larvas de primer estadio + primeras mudas) de las dos primeras generaciones de *A. aurantii* en dos parcelas de naranjos Navel del Uruguay.

	Generación de primavera		Generación de verano		Diferencia entre máximos	
	°D ¹	fecha	°D	fecha	°D	días
Pajas Blancas						
95-96	628	5/12	1334	6/2	706	63
96-97	600	29/11	1207	21/1	607	53
Kiyú						
95-96	495	20/11	1141	24/1	646	65
96-97	536	19/11	1222	16/1	686	58
Media	565		1226		661	60

¹ °D = Grados días.

Cuadro 3. Grados-días acumulados entre vuelos de machos en trampas de feromonas y máximos de L1 de *A. aurantii* en dos parcelas de naranjos Navel del Uruguay, temporada 96-97.

	vuelos de machos	máximos L1 ¹	°D ² entre máximos de vuelos de machos y de L1
Pajas Blancas			
generación primavera	366	600	234
generación verano	884	1207	323
Kiyú			
generación primavera	292	536	244
generación verano	1036	1222	186
Media			247

¹ L1 = larvas de primer estadio + primeras mudas.

² °D = Grados días.

1982). Alexandrakis (1983) encuentra una mayor proporción de hembras grávidas, seguidas por las larvas de segundo estadio. Por otro lado, Kennett y Hoffmann (1985) indican que la mayoría de los estados de desarrollo están bien representados en el invierno, con excepción de gorritas blancas y pupas de machos. Resultados similares fueron obtenidos por Piñeiro (1977) para la zona norte del Uruguay. De esta manera la composición de edades en el invierno dependería de las condiciones climáticas de las diferentes zonas, pudiendo haber variaciones entre años.

Las temperaturas invernales pueden, además de entelecer el desarrollo de los individuos, provocar mortalidad selectiva a algunos estados de desarrollo. Abdelrahman (1974) califica a los estados de crecimiento y el estado de maduración de huevos como los más tolerantes a bajas temperaturas, pudiendo sobrevivir a tempera-

turas de -5°C. La etapa de muda (primera y segunda muda) es considerada como estado sensible y con una DL50 de 6°C. Sin embargo, en nuestro estudio se observaron durante el invierno primeras y segundas mudas casi en la misma proporción que las larvas de primer y segundo estadio. También estados de desarrollo considerados altamente sensibles a bajas temperaturas, como prepupa y pupa de machos con DL50 de 10°C (Abdelrahman, 1974), estuvieron presentes durante los meses de invierno, aunque en baja proporción.

No se observaron en el período invernal gorritas blancas (larvas recién fijadas) lo que podría indicar ausencia de reproducción en ese período o mortalidad de las larvas móviles. Las temperaturas invernales influyen en las poblaciones de la cochinilla disminuyendo la natalidad y provocando mortalidad de las larvas móviles bajo el escudo

de la hembra (Orphanides, 1982). Según Willard (1972a) la fecundidad de *A. aurantii* es máxima en el rango de temperaturas comprendido entre 25-35°C. La menor producción de larvas se obtuvo a las temperaturas de 10 y 40°C y propone a estas temperaturas como umbral inferior y superior respectivamente. Por otro lado, Willard (1972b) encontró que la emergencia de las larvas se produce si se supera un umbral de 12°C. En nuestro trabajo encontramos en una baja proporción hembras con larvas bajo el escudo, pero al no observarse gorritas blancas suponemos que no emergen por no alcanzar el umbral o mueren antes de fijarse en el sustrato.

En invierno, la estructura de edades es fundamentalmente la misma que la observada al final del otoño cuando comienzan las bajas temperaturas y por lo tanto se detiene el desarrollo. Pensamos que en las condiciones del estudio no se dieron ni una natalidad sustancial, ni mortalidad diferencial tal que provoquen modificaciones en las proporciones de los diferentes estados de desarrollo. El invierno fue relativamente benigno, con pocos días donde la temperatura mínima estuvo por debajo de 0°C y con una media de 11°C (desde junio a setiembre). La menor temperatura registrada fue de -2°C en la parcela de Kiyú (Figura 4A).

No se registraron vuelos de machos durante los meses de invierno. Las bajas temperaturas dificultan el vuelo y posiblemente la difusión de la feromona. Yan e Isman (1986) encontraron que la emergencia de machos disminuye de forma importante cuando la temperatura es de 15°C y de 40°C; a esas temperaturas extremas los machos fueron inactivos. Por otro lado, Rice y Moreno (1970) encontraron que los vuelos disminuyen notoriamente por debajo de temperaturas de 17°C.

La evolución de los estados inmaduros a hembras y machos se da en primavera al elevarse las temperaturas. Estos producen el primer vuelo de machos del año que fecundarán a las hembras jóvenes que se desarrollaron simultáneamente y las que proceden de la población invernante. La alta longevidad de las hembras vírgenes les permite pasar el invierno en ese estado y ser fecundadas por los machos del primer vuelo del año. Según Willard (1972a) las hembras vírgenes pueden permanecer vivas y ser fertilizadas hasta 16 semanas después de la segunda muda. Las hembras copuladas en este momento y las grávidas que pasaron el invierno en una baja proporción producen la primera generación de larvas del año en la primavera. El bajo número de machos capturado en el primer vuelo de primavera puede deberse a las bajas temperaturas y/o estar reflejando bajas densidades poblacionales de la cochinilla a la salida del invierno.

Las generaciones de primavera y de verano se muestran relativamente discretas, con picos progresivos y bas-

tante definidos en la densidad relativa de los distintos estados. La tercera generación, sin embargo, se encuentra muy poco definida especialmente en el segundo año de estudio. La salida de las larvas de esta generación se da de forma más irregular y más prolongada en el tiempo, lo que dificulta la definición de máximos claros. Esto es debido al desfase que han sufrido los individuos a lo largo del año, lo cual provoca una mayor heterogeneidad de la población al llegar el otoño. El largo período reproductivo de las hembras produciría un solapamiento de estados y generaciones que se hace más evidente a medida que avanza en la estación. Alexandrakis (1983) encuentra que la cochinilla evoluciona en generaciones superpuestas. Atkinson (1977) halla generaciones que son más o menos discretas en primavera pero que la superposición se incrementa a medida que se avanza en la estación. Grout *et al.*, (1989) encontraron que los vuelos de machos en algunas zonas de Sudáfrica se presentan bien definidos en las épocas más frías del año y que durante el verano la superposición de generaciones impide la definición de picos. Los autores afirman que la causa de este comportamiento fueron las densidades extremadamente altas de cochinilla presentes en los huertos. Al avanzar la temporada se produce un aumento en las poblaciones lo cual, unido al desfase en el desarrollo de los individuos, explicaría que en nuestro estudio la tercera generación esté poco definida.

Durante el verano se dan las condiciones de temperaturas óptimas para la producción de larvas. El umbral superior de 40°C (Willard, 1972a) es difícilmente superado en las condiciones del sur del país y en el período de estudio solamente hubo un día con una temperatura máxima que lo superó. La temperatura influye también sobre el patrón de producción de larvas durante la vida reproductiva de la hembra. Atkinson (1977) encontró que en verano hay un pico inicial que rápidamente declina y en invierno se da una producción a una menor tasa pero durante un mayor período. La disminución de la temperatura en otoño podría estar influyendo en la curva de producción de larvas y unido al solapamiento de estados y generaciones, provocaría la falta de definición de los máximos en ese período. Un factor adicional que influye en la forma de la curva de producción de larvas es el efecto de cópula retrasada (McLaren, 1971; Boujirate y Bonafonte, 1982). En invierno no se observan vuelos de machos, sin embargo, hay una población de hembras vírgenes que copularán con los machos que emergen en la primavera. Esta cópula retrasada podría provocar una rápida producción de larvas al causar una natalidad inicial alta, y de esta manera producir los máximos bien marcados que se observan en la primera generación.

Grout *et al.*, (1989) y Grout y Richards (1989) sugieren que el parasitismo por *Aphytis* spp. puede afectar la salida de larvas, provocando una estructura de la población de cohortes triple cuando la densidad de la población de la cochinilla es baja. Kennett y Hoffmann (1985) atribuyen la formación de estructuras de cohortes dobles a las temperaturas invernales que tenderían a que sobrevivieran solamente hembras grávidas, hembras vírgenes y segundo estadio. Sin embargo, Grout y Richards (1989) afirman que este tipo de estructura doble no está inducida climáticamente, sino que se da cuando las densidades de cochinilla son altas, excediendo los 1000 machos capturados por trampa por semana y donde los parasitoides ejercen poco efecto en las poblaciones. La forma por la cual la densidad poblacional influye sobre la hembra produciendo las larvas en dos picos o en tres no está bien comprendida. En el primer período de estudio, 95-96, parecería que mientras la parcela de Kiyú presenta una estructura de cohortes doble, en la parcela de Pajas Blancas sería triple. Sin embargo, en el segundo período de estudio, 96-97, en la parcela de Kiyú se capturó en el segundo vuelo un número de machos muy elevado, superior a los 1000 por semana y no se pudo detectar una estructura de cohortes doble. En Pajas Blancas, donde el número de machos capturados es mucho menor, tampoco es posible definir una estructura triple en ese período.

El año 96-97 fue un año más cálido y las temperaturas más elevadas registradas podrían influir en la fenología de la plaga aumentando el número de generaciones o produciendo una mayor superposición de estados de desarrollo y generaciones, por lo que se dificulta la separación de las mismas. La acumulación total de grados-días por encima un umbral de 11.7°C fue de aproximadamente 2200°D en el año 95-96 y de 2400°D en el año 96-97 (Figura 4B). De esta manera en el segundo período de estudio hay una mayor posibilidad de manifestación de una cuarta generación parcial. El inicio de una cuarta generación se manifiesta más claramente en el cuarto vuelo que se observa en otoño a los 2100-2300°D. Estos machos pueden copular a las hembras jóvenes, pero la disminución de las temperaturas en esa época harán que se detenga el desarrollo por lo que no se completará la generación. Por otro lado, la tasa de desarrollo es diferente según el sustrato alimenticio, siendo más alta en fruto que en hojas y madera (Atkinson, 1977; Carroll y Luck, 1984). Las trampas de feromonas o las amarillas capturan machos provenientes de todos los estratos, mientras que los otros estados de desarrollo están muestreados sobre hojas. El desarrollo más rápido sobre frutos puede determinar un número de generaciones mayor en este sustrato (Carroll y Luck, 1984).

La constante térmica generacional calculada de 667°D es mayor a la reportada por algunos autores. Kennett y Hoffman (1985) hallaron una acumulación de grados-días media de 615°D entre máximos con un umbral de desarrollo de 11.7°C. Grout *et al.*, (1989) encontraron una acumulación de 577°D, para vuelos de machos en naranjos, (to=11.7°C). También entre picos de vuelos de machos, Tumminelli *et al.*, (1996) hallaron una constante térmica media de 603°D con un umbral de 12°C, para diferentes cultivares (naranjos y pomelos). Atkinson (1977) encontró una constante 603°D en hojas de naranjo, (to=12°C). Tashiro y Beavers (1968), en frutos de limón encuentran una constante de 616°D, (to=11.6°C) (calculada por Kennett y Hoffmann, 1985). Por otro lado, es similar a los 640°D hallados por Yu y Luck (1988), en frutos de limón (to=11.5°C), y a los 673°D calculados por Kennett y Hoffmann (1985) en base a los datos de Bimboni (1970), en pomelo y con un umbral de desarrollo de 11.6°C. Por otra parte, es inferior a los 753°D, calculados por Rodrigo (1993), sobre naranjos (to=11.6°C).

El tiempo de desarrollo de la cochinilla puede variar con la especie de cítrico (Grout *et al.*, 1989) o con la parte de la planta en la cual se alimenta (Atkinson, 1977; Carroll y Luck, 1984), y por lo tanto diferir la constante térmica. Por otro lado, la constante térmica en condiciones de campo puede ser diferente a la hallada en laboratorio a temperaturas constantes. Según algunos trabajos la duración del desarrollo es menor bajo un régimen de temperaturas fluctuantes (Atkinson, 1977; Yu y Luck, 1988). Sin embargo, Kennett y Hoffman (1985) trabajaron en naranjos Navel en condiciones de campo y la constante calculada es aproximadamente 50°D menor que la hallada en nuestro trabajo. Otro factor que puede influir en las diferencias obtenidas con los reportes de bibliografía, y también en la propia variabilidad encontrada en nuestro trabajo en el cálculo de los grados-días acumulados entre máximos, es el método de muestreo. Puede suceder que la frecuencia de muestreo empleada no permitiera el definir los momentos de máximo con mayor exactitud. Además, los registros de temperaturas son obtenidos de estaciones meteorológicas cercanas y las parcelas de estudio pueden presentar condiciones microclimáticas diferentes.

De cualquier manera, desde un punto de vista práctico la utilización de la constante térmica, aunque aproximada, nos da un error menor en la predicción con respecto a la fecha calendario, ventaja que se acentúa en la segunda generación. La primera generación, indicada por los máximos de larvas de primer estadio, aparece bastante definida a los 570°D y la segunda a los 1220°D acumulados a partir del 1 de julio. Estos valores son similares a los hallados

por Kennett y Hoffmann (1985) y Rodrigo (1993) a partir de datos de campo.

El uso de trampas de feromonas aparece como una herramienta potencialmente útil para la predicción de los máximos de las larvas de la primera y segunda generación, importantes desde el punto de vista de la infestación de la fruta. Los máximos de L1 se observaron aproximadamente a los 250°D de los vuelos de machos. Este resultado está de acuerdo con lo hallado por Kennett y Hoffmann (1985). El seguimiento de la evolución de los vuelos de machos se realizó solamente en un año completo, por lo que los resultados son parciales, necesitando testarlos en otros años y en un número mayor de parcelas.

BIBLIOGRAFÍA

- ABDELRAHMAN, I. 1974. The effect of extreme temperatures on California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera: Diaspididae) and its natural enemies. *Australian J. Zool.* 22: 203-212.
- ALEXANDRAKIS, V. 1983. Donnés biologiques sur *Aonidiella aurantii* Mask. (Hom. Diaspididae) sur agrumes en Crète. *Fruits* 38: 831-838.
- ATKINSON, P.R. 1977. Preliminary analysis of a field population of citrus red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), and the measurement and expression of stage duration and reproduction for life tables. *Bull. Ent. Res.* 67: 65-87.
- BATTAGLIA, D. e G. VIGGIANI. 1982. Osservazioni sulla distribuzione e sulla fenologia dell' *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera: Diaspididae) e dei suoi nemici naturali in Campania. *Annali della Facoltà de Scienze Agrari della Università degli studi di Napoli*, Portici. 16:125-132.
- BEDFORD, E.C.G. 1998. Red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell). Pag. 132-144. In E.C.G. Bedford, M. A. Van Den Berg y E.A. De Villiers, edit. *Citrus pest in the Republic of South Africa*. Institute for Tropical and Subtropical Crops, Nelspruit.
- BODENHEIMER, F.S. 1951. *Citrus Entomology*. Ed. Dr. W. Junk. The Hague, The Netherlands.
- BOURIJATE, M. et P. BONAFONTE. 1982. Influence de l' accouplement différé sur la fécondité, le sex-ratio. L'oviposition, la formation du bouclier et le comportement chez quatre espèces de cochenilles diaspines (Hom., Diaspididae). *Ann. Soc. Ent. Fr.* 18: 303-315.
- CARBONELL, J. y J.BRIOZZO. 1984. Fenología comparada de poblaciones de Hom: Diaspididae de importancia económica. *Quadraspidotus perniciosus* (Comst.), *Aonidiella aurantii* (Mask.) y *Unaspis citri* (Comst.). *Investigaciones Agronómicas N° 5*: 9-14.
- CARROLL, D.P. and R.F. LUCK. 1984. Bionomics de California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae), on orange fruits, leaves, and wood in California's San Joaquin Valley. *Environ.*
- EBELING, W. 1959. *Subtropical fruit pests*. University of California, Division of Agricultural Science, Berkeley, California, USA.
- GONZÁLEZ, J.L. y J.M. HERNÁNDEZ. 1990. Programa en BASIC para el cálculo de grados días. *Bol. San. Veg. Plagas.* 16:159-164.
- GROUT, T.G.; W.J. DU TOIT; J.H. HOFMEYR and G.I. RICHARDS. 1989. California red scale (Homoptera: Diaspididae) phenology on citrus in South Africa. *J. Econ. Entomol.* 82: 793-798.
- GROUT, T.G. and G.I. RICHARDS. 1989. The multiple cohort structure in populations of red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae), on citrus in South Africa. *J. Ent. Soc. Sth. Afr.* 52: 277-283.
- KENNETT, C.E. and R.W. HOFFMANN. 1985. Seasonal development of the California red scale (Homoptera: Diaspididae) in San Joaquin valley citrus based on degree-day accumulation. *J. Econ. Entomol.* 78: 73-79.
- McLAREN, I.W. 1971. A comparison of the population growth potential in California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell), and yellow scale, *A. Citrina* (Coquillet), on citrus. *Aust. J. Zool.* 19:189-204.
- MILLER, D.R. and J.A. DAVIDSON. 1990. A list of the armored scale insect pests. Pag. 299-306. In David Rosen, editor. *Armored scale insects. Their biology, natural enemies and control*. Vol. 4B. Elsevier. Oxford, New York, Tokyo.
- ORPHANIDES, G.M. 1982. Biology of the California red scale, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Homoptera: Diaspididae), and its seasonal availability for parasitization by *Aphytis* spp. in Cyprus. *Boll. Lab. Ent. agr. Filippo Silvestri* 39: 203-212.
- PIÑEIRO, C. 1977. Control sanitario en citrus. Centro de Investigaciones Agrícolas "Alberto Boerger". Estación Experimental Litoral Norte. Uruguay. *Panorama* 1: 22-25.
- PRUESS, K.P. 1983. Day-degree methods for pest management. *Environ. Entomol.* 12: 613-619.
- RICE, R.E. and D.S. MORENO. 1970. Flight of male California red scale. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 63: 91-96.
- RODRIGO, E. 1993. Ciclo biológico comparado de *Aonidiella aurantii* (Mask.), *Lepidosaphes beckii* (New.) y *Parlatoria pergandii* Comst. (Homoptera: Diaspididae) y sus parasitoides. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. España.

- RODRIGO, E. y F. GARCÍA-MARÍ. 1990. Comparación del ciclo biológico de los diaspinos *Parlatoria pergandii*, *Aonidiella aurantii* y *Lepidosaphes beckii* (Homoptera, Diaspididae) en cítricos. *Bol. San. Veg. Plagas* 16: 25-35.
- RODRIGO, E. y F. GARCÍA-MARÍ. 1992. Ciclo biológico de los diaspinos de cítricos *Aonidiella aurantii* (Mask.), *Lepidosaphes beckii* (Newm.) y *Parlatoria pergandei* (Comst.) en 1990. *Bol. San. Veg. Plagas* 18: 31-44.
- SMITH, D.; G.A.C. BEATTIE and R. BROADLEY. 1997. Citrus pests and their natural enemies. Integrated pest management in Australia. Dept of Primary Industries. Queensland, Australia.
- TASHIRO, H. and J.B. BEAVERS. 1968. Growth and development of the California red scale, *Aonidiella aurantii*. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 61:1009-1014.
- TUMMINELLI, R.; F. CONTI; F. SARRACENO; E. RACITI and E. SCHILIRÒ. 1996. Seasonal development of California red scale (Homoptera: Diaspididae) and *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae) on citrus in Eastern Sicily. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 2: 493-498.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA, 1991: Div. Agriculture and Natural Resources. *Integrated pest management for citrus*. 2nd ed.(Publication N° 3303).
- WILLARD, J.R. 1972a. Studies on the rates of development and reproduction of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.) (Homoptera:Diaspididae) on citrus. *Aust. J. Zool.* 20:37-47.
- WILLARD, J.R. 1972b. The rhythm of emergence of crawlers of California red scale, *Aonidiella aurantii* (Mask.), (Homoptera:Diaspididae). *Aust. J. Zool.* 20:49-65.
- YAN, J-Y. and M.B. ISMAN. 1986. Environmental factors limiting emergence and longevity of male California red scale (Homoptera: Diaspididae). *Environ. Entomol.* 15: 971-975.
- YU, D.S.and R.F. LUCK. 1988. Temperature-dependent size and development of California red scale (Homoptera: Diaspididae) and its effect on host availability for the ectoparasitoid, *Aphytis melinus* DeBach (Hymenoptera: Aphelinidae). *Environ. Entomol.* 17: 154-161.