

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE
INGENIEROS AGRÓNOMOS

Departamento de Ecosistemas Agroforestales



Biología y control del cotonet
Planococcus citri
(Homoptera: Pseudococcidae)
en huertos de cítricos

TESIS DOCTORAL

Presentada por María Teresa Martínez Ferrer
Dirigida por el Dr. Ferran García Marí

Valencia

2003



A mis padres

Agradecimientos

Quiero expresar mi gratitud en primer lugar a Ferran García Marí por todo el tiempo dedicado a la elaboración de esta tesis, por la paciencia demostrada y por sus sabios consejos y acertados puntos de vista.

También quiero agradecer muy especialmente a José Luis Ripollés Molés la aportación a esta tesis de su gran experiencia en el conocimiento de las plagas de los cítricos a pie de campo y, sobre todo, la ilusión con que acomete todos los trabajos y que tanto contagia a los que trabajamos a su alrededor.

Agradezco también a la Dirección del IRTA todas las facilidades que me ha dado, sin las cuales no hubiera sido posible la realización de esta tesis, y a todo el personal de la Estación Experimental de l'Ebre por sus aportaciones.

Gracias a los agricultores y cooperativas que han cedido sus parcelas para que este trabajo se pudiera llevar a cabo, en especial a José Miguel Fibla, Xemi.

Finalmente quiero agradecer a mis padres, a Gloria y a Ángel el estar siempre ahí.

Muchas gracias a todos.

ÍNDICE

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	17
1. POSICIÓN SISTEMÁTICA	19
2. <i>Planococcus citri</i> COMO FITÓFAGO	19
3. <i>Planococcus citri</i> EN CÍTRICOS	20
4. OTROS PSEUDOCOCCIDOS EN CÍTRICOS	21
5. MORFOLOGÍA	22
5.1. Macho	22
5.2. Hembra adulta	23
5.3. Huevo	24
5.4. Larvas	24
6. BIOLOGÍA	25
6.1. Ciclo biológico	25
6.2. Generaciones anuales	26
6.3. Reproducción	26
6.4. Fecundidad y Fertilidad	28
6.5. Respuesta a estímulos externos	29
6.6. Dinámica poblacional	31

6.7. Distribución y muestreo	32
7. DAÑOS	33
8. CONTROL BIOLÓGICO	35
<u>II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS</u>	41
<u>III. MATERIALES Y MÉTODOS</u>	45
1. PARCELAS	47
2. MUESTREOS	48
2.1. Observaciones debajo del cáliz de los frutos	48
2.2. Observaciones sobre los frutos	49
2.3. Observaciones en el tronco y ramas principales	51
2.4. Especies de parasitoides obtenidos de <i>P. citri</i> sobre frutos	51
2.5. Daños en cosecha y umbrales	52
3. EXCLUSIÓN DE ENEMIGOS NATURALES	53
4. ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LAS PLAGAS	55
5. CAPTURAS EN TRAMPAS DE MACHOS DE <i>P. CITRI</i> Y DE PARASITOIDES	58
6. DATOS CLIMÁTICOS	60
7. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA UMBRAL DE DESARROLLO	60
8. CÁLCULO DE LA AGREGACIÓN DE LAS POBLACIONES	61
8.1. Método de muestreo enumerativo	62
8.2. Método de muestreo binomial	62
9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	65
<u>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u>	68
1. EVOLUCIÓN DE LAS POBLACIONES DE <i>Planococcus citri</i>	69
1.1. Capturas de machos en trampas	69

1.1.1. Generaciones anuales	69
1.1.2. Abundancia de los vuelos	72
1.1.3. Temperatura umbral de desarrollo e integral térmica	76
1.2. Hembras en el tronco	78
1.3. Evolución anual de las poblaciones en el fruto	80
1.4. Evolución interanual de las poblaciones en el fruto	94
1.5. Efectos de la estrategia de manejo de las plagas de los cítricos en la población de <i>Planococcus citri</i>	101
1.6. Umbrales de daño	112
1.6.1. Relación de los vuelos de machos con la población de <i>Planococcus citri</i> sobre el fruto....	112
1.6.2. Daños en cosecha	120
2. DISTRIBUCIÓN Y MUESTREO DE LAS POBLACIONES DE <i>Planococcus citri</i>	124
2.1. AGREGACIÓN	124
2.1.1. Agregación debajo del cáliz durante la invasión del fruto	124
2.1.2. Agregación de estadios desarrollados sobre el fruto	128
2.1.3. Agregación de hembras en el tronco y ramas principales	129
2.2. MÉTODO DE MUESTREO ENUMERATIVO	130
2.2.1. Población debajo del cáliz de los frutos	130
2.2.2. Población de estadios desarrollados sobre el fruto	131
2.2.3. Población de hembras en el tronco y ramas principales	131
2.3. MÉTODO DE MUESTREO BINOMIAL	132

2.3.1. Población debajo del cáliz de los frutos	132
2.3.2. Población de estadíos desarrollados sobre el fruto	134
2.3.3. Población de hembras en el tronco y ramas principales	136
2.4. DISCUSIÓN	138
3. ENEMIGOS NATURALES	144
3.1. EXCLUSIÓN DE ENEMIGOS NATURALES	144
3.2. OBSERVACIÓN DE ENEMIGOS NATURALES EN COLONIAS DE <i>Planococcus citri</i>	146
3.2.1. Parasitismo debajo del cáliz	146
3.2.2. Enemigos naturales sobre el fruto con <i>Planococcus citri</i> en el campo	149
3.2.3. Enemigos naturales en el tronco y ramas principales del árbol	155
3.3. ESPECIES DE PARASITOIDES	159
3.3.1. Capturas de parasitoides en trampas amarillas	159
3.3.2. Especies de parasitoides obtenidos de <i>Planococcus citri</i> sobre frutos	169
3.4. DISCUSIÓN	173
<u>V. CONCLUSIONES</u>	183
<u>VI. BIBLIOGRAFÍA</u>	189

BIOLOGÍA Y CONTROL DEL COTONET *Planococcus citri* (Homoptera: Pseudococcidae) EN HUERTOS DE CÍTRICOS

RESUMEN

Planococcus citri se considera una plaga importante de los cítricos en todo el mundo. El manejo de este fitófago se basa en los principios de la Producción Integrada, que requiere conocimientos precisos sobre la biología, ciclo estacional y comportamiento de las poblaciones de *P. citri*. Entre los años 1992 a 1998 se ha realizado un seguimiento de las poblaciones de *P. citri* y de sus enemigos naturales en diversas parcelas de cítricos tratadas y no tratadas con productos fitosanitarios. Estos seguimientos se han realizado tanto en diferentes partes del árbol como con trampas pegajosas con feromona sexual.

En la zona de estudio, *P. citri* desarrolló cinco generaciones al año. La temperatura crítica de desarrollo y la integral térmica de *P. citri* fueron 8,3°C y 562,4°C-día, respectivamente. Las larvas de primera edad invadieron el cáliz de los frutos en los meses de mayo a julio, alcanzando en julio valores elevados en porcentaje de cálices invadidos, con una media del 72%. *P. citri* invadió el fruto desde el cáliz a partir del mes de agosto, con una media de parcelas y años de un 22% de frutos atacados exteriormente. La población de *P. citri* fluctuó durante los años sucesivos, en parcelas no tratadas, manteniéndose entre un 10% y un 30% de frutos atacados. Los pesticidas organofosforados aplicados en primavera controlaron satisfactoriamente la población de *P. citri*. Hemos determinado que los umbrales de tratamiento son, en primavera, un 70% de cálices de los frutos ocupados y en agosto y septiembre, un 20% de frutos ocupados.

La población de *P. citri* mostró una pauta de distribución agregativa bajo el cáliz de los frutos, sobre los frutos y en el tronco, con el índice de Taylor b de 1,45, 1,41 y 1,42 respectivamente. Se aconseja muestrear unos 130 frutos mediante un muestreo enumerativo en el caso de poblaciones bajas y medias, y 200 frutos mediante un muestreo binomial para poblaciones elevadas.

El control biológico ejerció una función muy importante en la regulación de las poblaciones de *P. citri*. Las especies habitualmente encontradas fueron los himenópteros encírtidos *Anagrus pseudococci* y *Leptomastidea abnormis*, y el coleóptero coccinélido *Cryptolaemus montrouzieri*, que mostraron variaciones estacionales de su abundancia y actividad, dependiendo de factores ambientales y de tratamientos pesticidas.

BIOLOGIA I CONTROL DEL COTONET *Planococcus citri* (Homoptera: Pseudococcidae) EN HORTS DE CÍTRICS

RESUM

Planococcus citri es considera una plaga important als cítrics de tot el món. El maneig d'aquest fitòfag es basa en els principis de la Producció Integrada, la qual requereix coneixements precisos de la biologia, cicle estacional i comportament de les poblacions de *P. citri*. Al llarg dels anys 1992 al 1998 s'ha realitzat un seguiment de les poblacions de *P. citri* i dels seus enemics naturals, en parcel·les de cítrics tractades i no tractades amb productes fitosanitaris. Aquests seguiments s'han realitzat tant en diferents parts de l'arbre, com amb paranys enganxosos amb feromona sexual.

A la zona d'estudi *P. citri* va desenvolupar cinc generacions anuals. La temperatura crítica de desenvolupament i la integral tèrmica de *P. citri* va ser 8,3°C i 562,4°C-dia, respectivament. Les larves de primera edat varen envair el calze dels fruits en els mesos de maig a juliol, assolint al juliol valors elevats en percentatge de calzes envaïts, amb una mitjana del 72%. *P. citri* va envair el fruit des del calze a partir del mes d'agost, amb una mitjana de parcel·les i anys d'un 22% de fruits atacats exteriorment. La població de *P. citri* va fluctuar al llarg dels anys successius, en parcel·les no tractades, mantenint-se entre un 10% i un 30% de fruits atacats. Els pesticides organofosforats aplicats a la primavera varen controlar satisfactòriament la població de *P. citri*. Hem determinat que els llindars de tractament són, a la primavera, un 70% de calzes dels fruits ocupats, i a l'agost i setembre, un 20% de fruits ocupats.

La població de *P. citri* va mostrar una pauta de distribució agregativa sota el calze, damunt dels fruits i en el tronc, amb l'índex de Taylor b de 1,45, 1,41 i 1,42, respectivament. S'aconsella mostrejar uns 130 fruits mitjançant un mostreig numeratiu, en el cas de poblacions baixes i mitjanes, i 200 fruits mitjançant un mostreig binomial, per a poblacions elevades.

El control biològic va exercir una funció molt important en la regulació de les poblacions de *P. citri*. Les espècies habitualment trobades van ser els himenòpters

encírtids *Anagyrus pseudococci* i *Leptomastidea abnormis*, i el coleòpter coccinèlid *Cryptolaemus montrouzieri*, els quals mostraren variacions estacionals de la seua abundància i activitat, depenent de factors ambientals i de tractaments pesticides.

BIOLOGY AND CONTROL OF THE MEALYBUG *Planococcus citri* (Homoptera: Pseudococcidae) IN CITRUS GROVES

ABSTRACT

Planococcus citri is considered an important citrus pest all over the world. The management of this phytophagous is based on Integrated Production principles, requiring accurate knowledge about biology, seasonal cycle and behaviour of *P. citri* population. Between 1992 and 1998 *P. citri* and its natural enemies population were investigated on several citrus groves, treated or not with pesticides. These studies were carried out both in different parts of the tree and using sticky traps with sexual pheromone.

In the studied area, *P. citri* developed five generations in a year. Developmental threshold and thermal constant were 8,3°C and 562,4 degree-days, respectively. First instars invaded the calyxes of the fruits from May to July, reaching on July high levels, averaging 72% percentage of invaded calyxes. *P. citri* invaded the fruits from the calyxes from August, averaging 22% of external occupied fruits, for all the groves and years. *P. citri* population fluctuated from year to year, between 10% and 30% occupied fruits. Organophosphates applied in spring satisfactorily controlled *P. citri* population. We have determined that the economic thresholds are, in spring 70% of invaded calyxes, and on August and September, 20% of externally invaded fruits.

P. citri population showed an aggregative distribution under the calyx of the fruit, on the fruit and on the trunk, with a b Taylor's index of 1,45, 1,41 and 1,42, respectively. We recommend sampling 130 fruits with enumerative sampling method when population is low or medium. Just in case of high population we recommend to sample 200 fruits, with a binomial sampling method.

Biological control exerted an important role in the regulation of *P. citri* population. The usual species found were the Himenoptera Encyrtidae *Anagyrus pseudococci* and *Leptomastidea abnormis*, and the Coleoptera Coccinellidae *Cryptolaemus*

montrouzieri. They showed seasonal variations of their abundance and activity, depending on climate factors or pesticide treatments.

I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1. POSICIÓN SISTEMÁTICA

Planococcus citri (Risso) pertenece al orden Hemiptera. Su posición sistemática es la siguiente:

Orden Hemiptera

Suborden Homoptera

Serie Sternorrhyncha

Superfamilia Coccoidea

Familia Pseudococcidae

Subfamilia Pseudococcinae

Género *Planococcus* Ferris

Especie *Planococcus citri* (Risso 1813)

P. citri es conocido con diferentes nombres vulgares en el mundo, referidos a su aspecto más o menos harinoso por las secreciones cerosas de su cuerpo, por el aspecto algodonoso que presenta por los pelos enmarañados de la masa ovígera producida por la hembra, y por la melaza que excretan. Estos nombres son citrus mealybug (Quayle, 1941, Ebeling, 1959), cotonello degli agrumi (Mineo *et al.*, 1976, Raciti, 1997), cotonet, melazo ó cochinilla algodonosa (Llorens, 1990), cochonilha algodao (Franco, 2000).

2. *Planococcus citri* COMO FITÓFAGO

P. citri es la especie de Pseudococcino más cosmopolita. Está citado en más de 87 países pertenecientes a todos los continentes, por lo que resulta difícil establecer su región de origen (<http>). Se encuentra en todas las regiones tropicales y subtropicales, mientras que en climas más fríos sólo se encuentra en invernaderos (Bodenheimer, 1951).

En España esta especie se encuentra citada desde al menos 1928, cuando Gómez-Clemente lo cita a propósito de la introducción en España de un coccinélido

depredador, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Gómez Clemente, 1928). Según Ruiz Castro (1941), aún siendo desconocido su origen, se sospecha que pudiera ser el Extremo Oriente, de donde pasó al norte de África en el siglo VI, cuando los árabes introdujeron el naranjo en esa región, o bien fue traído por los navegantes portugueses diez siglos después al importar planta de cítricos de aquella procedencia.

Es una especie muy polífaga, alimentándose de multitud de especies vegetales pertenecientes a familias botánicas muy diferentes entre sí. Se ha citado sobre más de 180 especies vegetales, pertenecientes a 68 familias botánicas (<http://>). Ataca tanto a árboles y a arbustos como a plantas anuales o perennes. A pesar de ser tan polífago, se considera plaga sólo en algunos cultivos tales como en cítricos (Dean *et al.*, 1971, Georgala *et al.*, 1972, Rosen, 1974, Bedford, 1976, Viggiani, 1976, Pyle, 1979, Knapp, 1981, Panis, 1981, Fernandes, 1983), en vid (Khalilov, 1972, Niyazov, 1972, Lotto, 1975, Abdullagator, 1978, French y Reeves, 1978, Fernandes, 1983), en café (Baum, 1970, Chacko, 1976, Martínez y Suris, 1986), en cacao (Kenten y Woods, 1976, Bigger, 1977), en higuera (Niyazov, 1976), en granado (Niyazov, 1976, El-Rahim *et al.*, 1977), en mango (Larousilhe, 1980), en macadamia (Wysoki, 1978), en la fruta de la pasión (Murray, 1976) y en invernadero en plantas tropicales (*Musa sp.*, *Psidium guajara*, etc.) y ornamentales (Gesneraniáceas, *Ficus sp.*, *Aristolochia sp.*, *Passiflora sp.*, *Areca sp.*, *Dracaena sp.*, *Coleus sp.*, *Philodendron sp.*, etc) (Tsalev, 1970, Bivins y Deal, 1973, Oetting, 1978, Chandler *et al.*, 1980).

En España es plaga importante en cítricos (Gómez-Menor, 1937, González-Sicilia, 1963, Garrido y del Busto, 1987, Llorens, 1990, Ripollés, 1990) y en vid (Gómez-Menor, 1937, Ruiz Castro, 1941, Toledo, 1965).

3. *Planococcus citri* EN CÍTRICOS

P. citri es considerado como plaga en todos los cítricos del mundo. Es considerada como plaga muy importante en los cítricos de la cuenca mediterránea (Panis, 1977, Katsoyannos, 1996). En Turquía es considerado el pseudococcido más importante (Uygun *et al.*, , 1995). En Italia se considera una de las plagas más

importantes de los cítricos (Viggiani, 1975, Liotta *et al.*, 1977, Ortu, 1982, Tranfaglia y Viggiani, 1986, Barbagallo, 1993). Es plaga frecuente en los cítricos de Portugal (Franco, 1992), Chipre (Serghiou, 1983), Creta (Alexandrakis (1985), Egipto (Hamdy, 1984), Grecia (Argyriou, 1974) e Israel (Ben-Dov, 1989, Blumberg *et al.*, 1995).

En USA, se considera importante plaga de los cítricos de Florida (Ebeling, 1959) y en Texas (Dean *et al.*, 1971), mientras que en California es menos problemático desde que se introdujo el parasitoide *Leptomastidea abnormis* (Girault) y se realizaron liberaciones del depredador *C. montrouzieri* (Quayle, 1941), aunque sigue siendo considerado como plaga (Luck *et al.*, 1986).

También es considerado como plaga frecuente en los cítricos de Sudáfrica (Hatting *et al.*, 1997), Australia (Smith *et al.*, 1988, Papacek y Smith, 1994), e India (Krishnamoorthy y Signh, 1987).

4. OTROS PSEUDOCOCCIDOS EN CÍTRICOS

Según Ben-Dov (1994) se han citado 61 especies de pseudococcinos en cítricos a escala mundial. Las especies más cosmopolitas son, además de *P. citri*, *Dysmicoccus brevipes* (Cockerell) y *Pseudococcus longispinus* (Targione Tozzeti).

Pseudococcus calceolariae (Maskell) es localmente importante en Italia (Laudonia y Viggiani, 1986, Tranfaglia y Viggiani, 1986), y en Australia (Smith *et al.*, 1997). En España lo hemos observado en zonas de la costa de Tarragona, siempre asociado con *P. citri*.

Pseudococcus maritimus (Ehrhorn) se encuentra en Asia, Europa, América del Norte y Central. En España sobre cítricos se ha localizado en pequeñas cantidades y juntamente con *P. citri* (Garrido y del Busto, 1987).

Pseudococcus longispinus, conocido también como *Ps. adonidum*, se encuentra en todas las regiones tropicales y subtropicales del mundo. Ataca a gran número de plantas, encontrándosele al aire libre en zonas templadas y en invernaderos en zonas más frías. En España, se ve escasamente en huertos de cítricos (Llorens, 1990).

5. MORFOLOGÍA

P. citri presenta un acentuado dimorfismo sexual. A continuación se describen los diferentes estados de desarrollo según diversos autores (Gómez-Menor, 1937, Bodenheimer, 1951, Garrido y del Busto, 1987, Llorens 1990).

5.1. Macho adulto

Según Bodenheimer (1951) el color del macho varía del amarillento al marrón rojizo con las antenas y las patas más pálidas.

La cabeza cordiforme, apenas bilobada en el vértice, entre las antenas, es pardo rojiza, con ojos compuestos y ocelos de color negro. Las antenas están compuestas por 10 artejos cilíndricos y pilosos.

El protórax es triangular y convexo. El mesotórax está muy desarrollado y en él se insertan dos alas hialinas que presentan iridiscencia azulada y están recubiertas de numerosos pelillos negros, más largos en los bordes. En reposo se colocan horizontalmente sobre el dorso y son más largas que el cuerpo. En el metatórax se inserta el segundo par de alas, en este caso transformadas en halterios o balancines.

El abdomen es cilíndrico, enteramente sentado, compuesto por nueve segmentos, con el último provisto de dos filamentos caudales largos y fuertes. La armadura genital tiene forma de quilla.

Las patas son largas y gráciles. Las dimensiones del cuerpo son de 0,95 a 1 mm de longitud y de 0,2 a 0,3 mm de anchura.

5.2. Hembra adulta

Es de forma oval, fuertemente convexa en el dorso, presentando en él la segmentación bien marcada, más convexa hacia la línea media. Está cubierta por una secreción de cera blanca en forma de polvo harinoso que deja percibir la segmentación del cuerpo. El borde del mismo presenta 17 pares de prolongaciones céricas laterales cortas, de igual longitud y equidistantes. En la parte posterior estas prolongaciones son más largas, hasta 10 veces más que las laterales. Sin la cubierta cérica, el cuerpo es de color amarillo.

Las antenas están formadas por 8 artejos, de los que el mayor es el octavo, siguiendo por orden de longitudes el tercero, segundo, primero sexto y séptimo, que son casi iguales; luego el cuarto y quinto, iguales entre sí; todos los artejos llevan pelos finos, estando en el último casi dispuestos en corona.

Las patas son largas, de conformación normal, con el tarso casi la mitad en longitud que la tibia, las uñas cortas, con cuatro digitulas finas, las más largas las externas. Rostro con mentón dímero.

El tegumento dorsal presenta discos ciríparos redondos, y algunos más pequeños de forma triangular; los mayores dispuestos en líneas transversas en los segmentos del abdomen. Entre las antenas hay un par de grupos de discos ciríparos poco numerosos, con dos espinas cónicas, gruesas, situadas en el centro del grupo. En la parte dorsal, a los lados, presenta grupos de discos ciríparos con espinas cónicas semejantes a los anteriores de los segmentos abdominales. Los lóbulos anales llevan una cerda o pelo en su ápice y dos en el grupo de discos ciríparos, además de las espinas correspondientes. Por la parte ventral, el tegumento presenta numerosos pelos bastante esparcidos; en la parte anal, algunas glándulas ciríparas y tres pelos a cada lado. El anillo anal tiene seis cerdas.

Es móvil y hace la puesta protegida por una secreción cerosa con aspecto de algodón.

Las dimensiones son de 2,5 a 5 mm de longitud y de 2 a 3 mm de anchura. La longitud de la antena es de 0,46 a 0,50 mm.

5.3. Huevo

Según Gómez-Menor (1937), el huevo es de color rosa pálido, perfectamente oval, con dimensiones de 0,29 mm de longitud y 0,18 mm de anchura. Según Bodenheimer es de color amarillo pajizo y elipsoidal, con dimensiones de 0,33 a 0,35 mm de longitud y de 0,18 a 0,20 mm de anchura. Según Llorens (1990), es de color amarillo pálido, liso, brillante y elíptico, de 0,30 mm. Según Garrido y del Busto (1987) son de color blancos recién puestos, tornándose de color amarillo pálido cuando están próximos a la eclosión.

Se hallan unidos unos con otros por filamentos céreos muy finos que forman la masa ovígera.

5.4. Larvas

Larva de primer estadio

De color amarillo rosado pálido, tiene forma ovalada alargada, ligeramente más estrecha en la parte anterior que en la posterior. Tanto las patas como las antenas, formadas por seis artejos, están bien desarrolladas. El bucle filamentoso del rostro se alarga casi hasta el orificio anal. El tarso es más largo que la tibia. Recién eclosionada mide 0,38-0,40 x 0,17-0,18 mm. El último artejo de la antena representa 2/3 de la longitud de la misma.

Larva de segundo estadio

Es muy similar a la larva de primer estadio, aunque de color más oscuro. La antena sigue estando formada por seis artejos, pero en este caso el último representa 1/3 del total. Mide 0,5 mm de longitud.

Larva de tercer estadio

Es muy similar a la hembra adulta pero más pequeña y con siete artejos en la antena. Sus dimensiones son 0,80-1,50 mm de longitud y 0,30-0,70 mm de anchura.

El huevo y la larva de primera edad de los machos son iguales que los de las hembras. En el segundo estadio larvario el color del macho es más marrón oscuro que la hembra y los filamentos céreos están más sueltos y con aspecto algodonoso. Hacia el final de este estadio la larva macho produce un capullo algodonoso, dentro del cual se producirán una segunda, tercera y cuarta muda. La prenina macho es de color marrón rosado pálido, con las alas aún no desarrolladas. La ninfa macho es de color marrón amarillento pálido, con las alas y patas ya desarrolladas pálidas y translúcidas.

6. BIOLOGÍA

6.1. Ciclo biológico

Tras la eclosión de los huevos, el desarrollo de los machos y las hembras es idéntico durante los dos primeros estadios larvales, divergiendo a partir de ese momento. Las hembras completan un estadio larvario más, antes de llegar al estado adulto. Como hembras neoténicas, las hembras adultas tienen un aspecto semejante al de las larvas. Antes de cada muda, las larvas dejan de alimentarse durante el periodo de tiempo en que el aparato bucal no está funcional (Franco, 2000).

Los machos dejan de alimentarse al final del segundo estadio de desarrollo, momento en que segregan una cápsula cerosa, en el interior de la cual permanecerán

hasta completar su desarrollo. Durante este periodo pasan por dos estadíos más. Tras su emergencia, los machos permanecen durante dos o tres días dentro de la cápsula, tiempo necesario para que se formen los apéndices anales y se complete la esclerotización del tegumento. A diferencia de las hembras, el macho no se alimenta, ya que su aparato bucal no es funcional. Franco (2000) cita a varios autores que indican que su periodo de vida libre es relativamente corto, de uno a siete días.

Las hembras, una vez fecundadas, no vuelven a acoplarse con los machos (Panis, 1969). Generalmente mueren después de la puesta. Tanto la puesta como la eclosión son escalonadas.

6.2. Generaciones anuales

El número de generaciones anuales varía según autores y países, desde 2 ó 3 generaciones hasta 6 ó 7 generaciones anuales.

En Norte América *P. citri* presenta de dos a tres generaciones anuales (Quayle, 1941, Ebeling, 1959, Harlan *et al.*, 1977). En Israel, según la zona geográfica, presenta de cuatro a ocho generaciones anuales (Bodenheimer, 1951, Avidov y Harpaz, 1969). En el norte de la región mediterránea *P. citri* desarrolla de dos a seis generaciones anuales, según las zonas y autores (Santorini, 1977, Longo y Russo, 1985, Ortu, 1985, Barbagallo *et al.*, 1993, Fronteddu *et al.*, 1996, Katsoyannos 1996). En España se citan de tres a siete generaciones al año (Gómez Menor, 1937, Gómez Clemente, 1943, Garrido, 1991).

6.3. Reproducción

Según Myers (1932) (citado por Bodenheimer, 1951), *P. citri* puede presentar partenogénesis facultativa con producción de ambos sexos. Sin embargo, James (1937)

(citado por Bodenheimer, 1951) demostró que tal hecho es inexacto ya que, en estudios efectuados por él con hembras vírgenes, éstas se mostraron estériles y no dieron descendencia, por lo que concluyó que la hembra de *P. citri* necesitaba acoplarse con los machos para procrear. Posteriormente otros estudios corroboraron estos resultados (Bodenheimer, 1951, Gray, 1954).

La proporción relativa de sexos suele ser variable según las épocas. Según Vos (1925) (citado por Bodenheimer, 1951), el 20% de una población eran machos, mientras que Schrader (1923) obtuvo un 47% de machos. Bodenheimer (1951) en Palestina observó un incremento de machos en junio (64%) y septiembre (49%) y lo atribuyó posiblemente a los vientos cálidos de la zona. Durante los meses de invierno las proporciones de machos eran sumamente bajas (20-40%). James (1938) (citado por Bodenheimer, 1951), demostró que la humedad relativa del aire tenía cierta influencia en la proporción de sexos. Así, con aire seco la proporción de machos es menor que con aire húmedo. Para Balachowsky (1939) (citado por Garrido y del Busto, 1987), la proporción teórica específica de machos con relación a 100 hembras es de $101,62 \pm 10,2$, indicando también que los machos pueden aparecer antes o después del periodo en que las hembras están receptivas para ser fecundadas, y que a veces la duración del desarrollo de ambos sexos es diferente. Sin embargo, según James (1938) (citado por Bodenheimer, 1951) aún en el caso de porcentajes o momentos desequilibrados entre machos y hembras no habría problemas de fecundación, ya que un macho puede fecundar a 9,07 hembras, con un máximo de 23. Así mismo, al ser una especie que presenta varias generaciones que se superponen, este desfase en la aparición de los machos tendría un valor relativo en cuanto a la fecundación de las hembras.

El encuentro entre los sexos se efectúa desde que el macho abandona el pupario, atraído por feromonas sexuales emitidas por las hembras. La existencia de una feromona sexual para *P. citri* fue puesta en evidencia por primera vez por Grawitz y Wilson (1968), y fue identificada por Bierl-Leonhardt *et al.* en 1981 como acetato de (+)-(1R)-cis-2,2-dimetil-3-isopropenilciclobutanometanol. Posteriormente esta feromona ha sido sintetizada por varios grupos de investigadores, así como análogos estructurales de

la misma, estudiando su actividad biológica. El estudio comparativo de estos análogos permitió concluir que todos sus grupos funcionales parecen ser esenciales para su completa actividad biológica (Dunkeblum *et al.*, 1987).

Moreno *et al.* (1984) demostraron que, en condiciones de laboratorio, los machos eran capaces de volar distancias superiores a 1m atraídos por las hembras. En el campo la distancia recorrida por los machos atraídos por hembras localizadas en trampas fue superior a 183 m.

6.4. Fecundidad y fertilidad

P. citri es una especie ovípara. Produce una masa ovígera, constituida por secreciones céreas, cuya función es proteger a los huevos y a las larvas recién eclosionadas de los enemigos naturales y de la desecación.

La fecundidad de las hembras depende de las condiciones ambientales, de las condiciones del huésped y de la densidad de población. Según Bodenheimer (1951), en invierno el número de huevos puestos por hembra es muy pequeño. Existe gran variabilidad en el número de huevos depositados por ovisaco, y también a lo largo del año, siendo desde junio hasta octubre los meses en que el número de huevos es máximo. Así mismo, la oviposición se alarga a bajas temperaturas (20-30 días y más en invierno) y se acorta a altas temperaturas (3-11 días en verano).

Dice Prinz (1925) (citado por Bodenheimer, 1951), que el número de huevos depositados por hembra en *Vitis* es menor en tallos que en hojas, y éste menor que en frutos. Según Bodenheimer (1951) aparentemente no se pueden desarrollar generaciones sucesivas sobre hojas y tallos de cítricos solamente, ya que en colonias desarrolladas sobre plántulas de cítricos la puesta era muy baja (menos de 100 huevos por hembra). La superpoblación favorece una oviposición más temprana y escasa.

Según Balachowsky (1933) (citado por Bodenheimer, 1951), cada ovisaco contiene 100-150 huevos, pero una hembra puede poner de 300 a 600 huevos, lo cual

implicaría que cada hembra debería depositar de 3 a 5 ovisacos sucesivos. Sin embargo, Bodenheimer (1951) demostró que la hembra muere al depositar el primer ovisaco.

Los huevos son depositados en un grupo compacto cubierto con un tejido denso algodonoso, que constituye el ovisaco. En ocasiones, cuando la puesta es pequeña o la hembra ha sido molestada durante la oviposición, los huevos son depositados de forma más aislada y sin tanto algodón. La forma del ovisaco está determinada por la distribución de los poros multiloculares que segregan los filamentos del ovisaco, situados principalmente en la parte ventral de los segmentos posteriores del abdomen.

Tras permanecer uno ó dos días dentro del ovisaco las jóvenes larvas lo abandonan para ir en busca de alimento. A menudo se establecen cerca de la madre, pero también pueden emigrar a zonas más altas de la planta. Suelen preferir zonas sombreadas o de contacto entre frutos u hojas para establecerse, ya que son muy sensibles al calor seco.

6.5. Respuesta a estímulos externos

Temperatura

La temperatura es, entre los factores ambientales, el factor que más influye en el desarrollo de los insectos, ya que éstos son organismos poiquilotérmicos, en los que la temperatura del cuerpo varía más o menos con la temperatura ambiente.

La mortalidad sobre larvas de *P. citri* debida a condiciones climáticas, sin considerar la lluvia, se sitúa entre un 10% y un 32%. Según Franco (2000) en general la supervivencia de *P. citri* disminuye conforme la temperatura se aproxima a los valores críticos superior e inferior. En términos generales, las altas temperaturas suelen ser desfavorables a la supervivencia de *P. citri*. Bodenheimer (1951) indica que temperaturas próximas a 25-26°C con humedades bajas son desfavorables al desarrollo de las larvas, considerando como temperatura letal para las hembras 42,7°C. Según Nelson-Rees (1960) la tasa de mortalidad se aproxima al 100% a partir de 35°C.

La tasa de eclosión de los huevos parece no estar afectada significativamente por la temperatura, manteniéndose superior o igual al 90% para temperaturas entre 17°C y 33°C, verificándose una acentuada mortalidad para temperaturas superiores.

La temperatura puede influir en el número total de huevos puestos por hembra. Aunque no existe un óptimo térmico bien delimitado, según Franco (2000) podría considerarse como temperatura óptima para la mayor fecundidad de *P. citri* entre 18°C y 20°C.

Humedad relativa

Según Bodenheimer (1951), las explosiones de población durante el verano se ven favorecidas por humedades relativas elevadas a finales de primavera y principios de verano. La humedad juega un papel importante en el desarrollo, ya que *P. citri* muere rápidamente en atmósfera seca.

Luz

La luz influye en el comportamiento de *P. citri*, constituyendo un factor de distribución espacial. Según Bodenheimer (1951) todos los estados de *P. citri* muestran fototropismo negativo muy acentuado, excepto las hembras durante la oviposición, que no son sensibles a estímulos externos. Este fototropismo negativo es muy pronunciado en condiciones de mucha iluminación y poco importante en condiciones de semioscuridad. Esta característica podría condicionar la actividad diurna del insecto. Al amanecer o atardecer, las larvas y hembras jóvenes se moverían activas sobre los frutos, hojas, etc., mientras que durante el día se esconderían en refugios tales como las zonas de contacto entre órganos del árbol.

Por otra parte la luz, a través del fotoperiodo, parece ser un factor que regula la actividad de vuelo de los machos. Ortu y Delrio (1982) pusieron de manifiesto que los machos están más activos por la mañana.

Gravedad

Bodenheimer (1951) indica que *P. citri* también muestra un geotropismo negativo. En la oscuridad tiende a moverse hacia arriba.

Lluvia y viento

La lluvia produce elevadas mortalidades de *P. citri* en invierno y el viento es un agente importante de dispersión, ya que transporta las larvas jóvenes de unos árboles a otros (Bodenheimer, 1951).

6.6. Dinámica poblacional

La dinámica poblacional de *P. citri* está muy relacionada con la fenología de los cítricos. Cuando no hay frutos en el árbol, *P. citri* se encuentra disperso por el árbol y la corteza de las ramas y troncos, y su población es difícil de detectar. Cuando se produce el cuajado de los frutos, la población de *P. citri* se concentra en estos frutos y las sucesivas generaciones se suceden sobre él (Santorini, 1977, Franco, 1992). Según Franco (1992) las formas invernantes (fundamentalmente larvas jóvenes) emigran hacia los nuevos brotes tiernos. Estas larvas alcanzan su madurez coincidiendo con el periodo de máxima floración. Algunas hembras adultas emigran entonces al tronco y ramas para hacer la puesta. Cuando el fruto está cuajado se produce allí una concentración de la población, ya que los individuos de la primera generación emigran activamente hacia ellos, estableciéndose en el área del cáliz. Las siguientes generaciones se desarrollan rápidamente en el fruto, en respuesta a las altas temperaturas y la mejora de la calidad del alimento, que incrementan la fecundidad. Se observan elevadas poblaciones especialmente en las zonas de contacto entre frutos. También durante el verano se produce una migración de hembras adultas al tronco y ramas para realizar la puesta. Finalmente, llegado otra vez el invierno, los individuos se dispersan de nuevo por todo el árbol.

Su evolución anual depende de la temperatura y requiere un número de grados día por encima de una temperatura umbral para completar una generación. Se han realizado diversos estudios de laboratorio para determinar ambos parámetros, temperatura umbral e integral térmica, en esta especie (Bodenheimer, 1951, Avidov y Harpaz, 1969, Arai, 1996).

6.7. Distribución y muestreo

El control integrado del cotonet *Planococcus citri* requiere disponer de métodos de muestreo sencillos y fiables para estimar su abundancia poblacional y, basándose en ellos, tomar decisiones para su manejo y control.

La distribución espacial de los organismos es una característica intrínseca de la especie, y viene dada por condiciones medioambientales y de comportamiento (Taylor 1984). Por tanto, el conocimiento de los patrones de distribución espacial de las poblaciones de insectos puede proveer importante información sobre el comportamiento de la especie y del efecto de las condiciones ambientales en la población. Así mismo, el conocimiento de la distribución espacial de los insectos ha sido aplicado en entomología agrícola y en ecología de insectos para diseñar métodos de muestreo fiables y precisos para estimar la abundancia de la población de los mismos de manera precisa, fiable y suficientemente simplificada para que pueda ser aplicada en el campo.

La ley de Taylor fue propuesta en 1961 para describir los patrones de dispersión espacial de la población de los organismos (Taylor, 1961). Esta ley sugiere que la media y la varianza de las poblaciones distribuidas espacialmente están relacionadas. Utilizando estos índices de Taylor podemos establecer un método de muestreo enumerativo de las poblaciones para estimar la población con la precisión deseada, contabilizando el número de insectos observados por unidad de muestra.

Existen diversos procedimientos de simplificación del muestreo que, manteniendo la precisión deseada, permiten su aplicación en campo de forma sencilla. El método de muestreo binomial o por presencia-ausencia se está utilizando cada vez más, ya que ahorra tiempo de muestreo. Se basa en estimar la densidad poblacional contando el número de unidades de muestreo ocupadas (o no) por el insecto, y es aplicable si se encuentra una relación constante entre la proporción de unidades de muestreo ocupadas por el insecto y el número medio de insectos por unidad de muestreo (Kono y Sugino, 1958).

7. DAÑOS

Los daños que produce *P. citri* son derivados de su alimentación sobre la planta. *P. citri* tiene un aparato bucal transformado, en el que las mandíbulas y las maxilas están modificadas en una especie de aguja comprimida y fina, constituida por cuatro estiletes yuxtapuestos, envueltos por el rostro, de forma cónica. Estos estiletes los inserta en el vegetal, alimentándose del floema. El par de estiletes maxilares delimitan el canal salivar, a través del cual la saliva es inyectada en la planta, y el canal alimenticio, a través del cual es absorbida la savia. Las mandíbulas son los principales órganos perforadores y las maxilas se introducen a continuación en la picadura. Los cuatro estiletes funcionan como una estructura de una sola pieza. La savia es introducida en el insecto merced a la acción de una bomba muscular cibarial. La introducción de los estiletes está acompañada por la inyección de saliva, que contiene aminoácidos libres, enzimas hidrolíticos y enzimas oxidativos. Este proceso de inserción de los estiletes junto con la inyección de saliva puede originar la aparición de manchas cloróticas, decoloraciones e hipertrofias en la corteza del fruto (Franco, 2000).

Otro daño atribuido a la alimentación de *P. citri* es que cuando se sitúa en el cáliz de los frutos recién cuajados puede provocar su caída prematura. Según Carmin (1938) (citado por Bodenheimer, 1951) la caída fisiológica de junio no tiene ninguna relación con la presencia de este insecto en el fruto. Según Bodenheimer (1951) una abundante presencia de *P. citri* puede, ocasional y localmente, contribuir a un incremento

de la caída fisiológica de junio. Según Garrido y del Busto (1987) puede provocar la caída de botones florales y frutos recién formados. La absorción de fotoasimilados por parte del insecto podría ser la causa de esta caída prematura. Sin embargo, aunque parece que este efecto se produce, no hay evidencias de que se produzca un daño económico importante, ya que solamente de un 0.1% a 3.5% de las flores cuajarán para formar fruto, después de la que se conoce como “caída fisiológica de junio”. Así, Avidov y Harpaz (1969) dicen que no existe correlación entre el total de frutos caídos y el número de frutos infestados por *P. citri*.

Silva y Mexía (1997) demostraron que densidades muy elevadas de la plaga pueden provocar reducciones significativas en la producción, por una disminución del peso del fruto, del diámetro del fruto y de la corteza del fruto. Sin embargo, estos mismos autores no evidenciaron efectos negativos en cuanto a los parámetros de maduración interna referentes al total de sólidos solubles, a la acidez total y al índice de maduración.

Aunque el rajado de los frutos es un desorden fisiológico frecuente en los cítricos (Amorós, 1989, Del Rivero, 1994), puede ser también favorecido por las alteraciones fisiológicas producidas en el fruto como consecuencia de la alimentación de *P. citri*, en colonias muy densas (Franco, 2000).

Dado que *P. citri* se alimenta del floema, excreta gran cantidad de melaza, sustancia azucarada producto de la digestión de la savia. Sobre esta melaza se desarrollan hongos conocidos como ‘negrilla’ (*Capnodium citri*). Tanto la deposición de melaza como el desarrollo de negrilla sobre órganos fotosintéticamente activos pueden afectar de diversas formas a la actividad normal de estos órganos. La melaza puede reducir la tasa fotosintética a través del aumento de la resistencia estomática. La senescencia de las hojas y la degradación de la clorofila también pueden ser afectadas (Welter, 1989).

El desarrollo de negrilla sobre hojas y frutos provocan una disminución de la tasa fotosintética y la tasa respiratoria (Paulech y Herrera, 1971, Brink y Hewitt, 1992). Parece que la negrilla interfiere en la intercepción de la radiación, ya que la intensidad de

la radiación fotosintética transmitida a la hoja a través de la capa miceliar corresponde al 9% de la transmitida sin micelio. Según Bodenheimer (1951) las gotas de melaza no son excretadas a distancia ni se dispersan en una amplia área, por lo que no permiten zonas amplias de formación de negrilla, localizándose estas manchas en la zona del pedúnculo. Según Garrido y del Busto (1987), si la melaza es excretada sobre frutos verdes y se desarrolla la negrilla, en estas zonas se produce un reverdecimiento y no llega a tomar el color normal en la madurez. Silva y Mexía (1997) señalan que incluso bajas poblaciones del insecto deprecian el fruto por la presencia de manchas cloróticas y deformaciones y rajado del fruto.

La presencia de colonias de *P. citri* y las consecuentes melaza y negrilla sirve de cobijo a otras plagas como los lepidópteros pirálidos *Ectomyelois ceratoniae* Zeller y *Cryptoblabes gnidiella* (Millière), que suelen ser más abundantes en aquellos huertos que sufren intensos ataques de *P. citri*. Los daños producidos por estos lepidópteros se traducen en el consumo de tejidos del exo y endocarpo de los frutos, dando lugar a la exudación de goma. La penetración de las orugas en el fruto acompañadas por las infecciones secundarias así favorecidas induce alteraciones en la fisiología del fruto, tales como la decoloración del fruto, acompañada generalmente por la abscisión prematura del mismo o momificación (Franco, 2000). También otras plagas, tales como diáspinos y ácaros, se refugian bajo la negrilla, siendo más difícil su control.

Finalmente, la presencia del fitófago sobre los frutos, acompañada de sus restos y de la melaza y negrilla, deprecian la calidad cosmética de los frutos, que pierden gran parte de su valor comercial, sobre todo cuando son destinados a mercados de consumo en fresco.

8. CONTROL BIOLÓGICO

Los Pseudococcidae posee una gran cantidad de enemigos naturales, ya sean depredadores o parasitoides, que tienden a controlar sus poblaciones y en ocasiones

evitan que se conviertan en plaga. Pertenecen a varios órdenes de insectos entre los que podríamos destacar los siguientes: Coleoptera, Diptera, Neuroptera e Himenoptera. Franco (2000) realizó una recopilación de los parasitoides, depredadores e hiperparásitos de varios pseudococcinos. Se conocen cerca de 80 especies de parasitoides himenópteros, pertenecientes a cuatro familias y más de 30 géneros, siendo la mayoría Encártidos. Más del 80% de las especies que cita se encuentran parasitando a *P. citri*. Entre los depredadores incluye más de 80 especies, entre insectos y ácaros, distribuidas en 7 órdenes, 13 familias y cerca de 40 géneros, siendo los coccinélidos la familia dominante.

El control biológico de *P. citri* ha sido objeto de numerosas publicaciones en la mayoría de países citrícolas, debido sobre todo a las numerosas experiencias realizadas en relación con la multiplicación masiva y liberación del depredador *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant y el parasitoide *Leptomastix dactylopii* Howard (Gómez-Clemente, 1928 y 1950, Viggiani, 1975, Mineo y Viggiani, 1976 (a y b), Ortu y Prota, 1983, Alexandrakis, 1985, Ortu, 1985, Krishnamoorthy y Singh, 1987, Smith *et al.*, 1988, Nagarkatti *et al.*, 1992, Spicciarelli *et al.*, 1992, Hamid y Michelakis, 1994, Fronteddu *et al.*, 1996, Carvalho *et al.*, 1997, Raciti *et al.*, 1997, Mendel *et al.*, 1999).

También numerosos autores han observado la presencia de parasitoides autóctonos que pueden ejercer niveles de parasitismo elevados sobre las poblaciones del fitófago. Son de destacar las especies *Anagyrus pseudococci* (Girault) y *Leptomastidea abnormis* (Girault), las cuales son consideradas como las más comunes en Australia (Ceballo *et al.*, 1998) y California (Quayle, 1941).

También en la zona mediterránea estos dos parasitoides son los más citados como enemigos naturales autóctonos en las poblaciones de *P. citri*. Así se señala como la especie más común a *A. pseudococci* en Israel (Avidov y Harpaz, 1969, Mendel *et al.*, 1992), a *L. abnormis* en Grecia (Santorini, 1977), y a ambos, con predominio del primero en Italia (Ortu, 1982, 1985, Barbagallo *et al.*, 1993) y Portugal (Carvalho, 1997).

Según varios autores, en España existe un complejo de enemigos naturales de *P. citri* que realizan un control natural del mismo (Gómez-Menor, 1937, Ruiz Castro, 1975, Llorens, 1990, Ripollés, 1990). Se citan como los parasitoides autóctonos más importante de *P. citri* los himenópteros encirtidos *Leptomastidea abnormis* (Girault) y *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Ripollés, 1990). Otros enemigos naturales que forman parte del complejo parasitario de *P. citri* en España son varias especies de coccinélidos (*Cryptolaemus montrouzieri* Muls), varias especies de hemeróbidos, crisópidos y dípteros.

En España, según Gómez-Menor (1937), los enemigos naturales de *P. citri* son los Himenópteros Encirtidos *Anagyrus bohemani* Westwood y *Leptomastidea abnormis* Girault, un Hemeróbido, *Sympherobius conspersus*, un Cecidómido, y el Díptero *Leucopis griseola* (Fallen). Bodenheimer (1935) añade a esta entomofauna española el Crisópido *Chrysopa vulgaris carnea* y varias especies de coccinélidos.

Según Ruiz Castro (1965) en la entomofauna de Almería se encuentran los siguientes insectos útiles que frenan el desarrollo y la expansión de *P. citri*:

Díptera:

Agromyzidae:

Leucopis sp.

Neuróptera

Chrysopidae:

Chrysopa vulgaris Schn. Var. *Viridella* Nav.

Chrysopa venosa Ramb.

Hemerobidae:

Sympherobius conspersus Nav.

Sympherobius elegans Stephen.

Nefasitus fallans Nav.

Llorens (1990) para el control de *P. citri* en España cita los siguientes insectos beneficiosos:

Cryptolaemus montrouzieri Muls

Sympherobius conspersus Nav.

Leucopis griseola Fll.

Anagyrus bobemani Westw.

Leptomastidea abnormis Girault

Leptomastix dactylopii Howard.

Ripollés (1990) cita como parasitoides de *P. citri* más interesantes en España a los Encírtidos autóctonos *Anagyrus pseudococci* (Girault) y *L. abnormis*, y al Encírtido importado *L. dactylopii*.

C. montrouzieri, originario de Australia, ha sido introducido en todos los países en los que *P. citri* se ha constituido en plaga. En España fue importado en 1927 por Gómez Clemente (Gómez-Clemente, 1928), y se puso a punto su cría en cautividad. Desde aquella fecha se realizan liberaciones en campo con gran eficacia (Garrido y del Busto, 1988). Las temperaturas invernales y la escasez de alimento en esta época son dos factores que influyen en que las poblaciones de *C. montrouzieri* disminuyan e incluso desaparezcan cada año. Sin embargo, uno de los factores más importantes es la utilización de pesticidas y su mal manejo para el control de las diferentes plagas del cultivo. Según Ripollés (1986) son altamente tóxicos para el coccinélido, entre otros, quinalfos, metiloxidemeton, metilazinfos, fosmet, dimetoato, fentoato, malation, acefato, endosulfan, ometoato y metidatió. n.

L. dactylopii, parasitoide de *P. citri*, es un himenóptero encírtido importado que ejerce buen control, aunque presenta una mala aclimatación. Fue introducido en España por Gómez-Clemente en 1948, procedente de California (Gómez-Clemente, 1950), y, aunque se han realizado varios intentos de introducción posteriores (Ripolles, 1990), no se ha logrado su aclimatación.

A pesar de la diversidad de depredadores y parasitoides y de su papel regulador de las poblaciones del fitófago, los enemigos naturales son muchas veces incapaces de mantener las poblaciones de *P. citri* a niveles aceptables en el ámbito comercial (Santorini, 1977, Meyerdirk *et al.*, 1979, Carrero, 1980, Ortu *et al.*, 1983, Longo y Russo,

1985, Ortu, 1985, Luck *et al.*, 1986, Smith *et al.*, 1988, Mendel *et al.*, 1992, Spiciarelli *et al.*, 1992, Barbagallo *et al.*, 1993, Blumberg *et al.*, 1995).

II. JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

P. citri se considera plaga importante de los cítricos en todo el mundo. En nuestro país está también considerada como una de las principales plagas que atacan al cultivo de los cítricos. Todos los años se realizan aplicaciones de plaguicidas para controlarla en numerosas parcelas, y en muchos casos se llevan a cabo liberaciones de enemigos naturales, especialmente de *C. montrouzieri*, para contribuir a su control biológico. A pesar de ello causa con frecuencia daños y es habitual en muchas parcelas cultivadas. El manejo de este fitófago se basa en los principios de Protección Integrada, que requiere conocimientos precisos sobre su biología, ciclo estacional y comportamiento en la planta. También es necesario disponer de métodos de muestreo precisos y fiables de sus poblaciones, como base para el desarrollo de umbrales de tratamiento. Se requieren así mismo conocimientos más precisos sobre el papel del control biológico, por enemigos naturales autóctonos o introducidos, en la regulación de sus poblaciones en nuestras condiciones climáticas y de cultivo.

En el presente trabajo se pretende determinar el número de generaciones anuales que presenta *P. citri* en la zona de estudio y calcular las exigencias térmicas de esta especie, tanto la temperatura crítica de desarrollo como la integral térmica. Así mismo, se va a estudiar la evolución de la población sobre el fruto, tanto el proceso de la invasión del mismo como el ciclo sobre el mismo de las sucesivas generaciones que se producen, así como otros movimientos de *P. citri* en el árbol. Nuestro interés se centra también en estudiar la evolución de la población de *P. citri* a lo largo de varios años en una misma parcela que no recibe tratamientos fitosanitarios.

Para estimar la abundancia de la población de *P. citri* manera precisa, fiable y suficientemente simplificada de forma que pueda ser aplicada en el campo, es necesario el conocimiento de su distribución espacial, para diseñar métodos de muestreo fiables y precisos. Por tanto, otro de los objetivos de este trabajo es determinar la agregación de *P. citri* en diferentes zonas del árbol. Así mismo se pretende desarrollar métodos de muestreo enumerativos y binomiales para las diversas localizaciones del insecto en la

planta, calculando el tamaño de muestra adecuado para estimar la densidad de la población con una precisión dada.

A pesar de la diversidad de depredadores y parasitoides que están citados sobre *P. citri*, parece ser que los enemigos naturales son muchas veces incapaces de mantener las poblaciones de *P. citri* a niveles aceptables en el ámbito comercial. Por lo tanto, otros de los objetivos de este trabajo son estudiar la variación estacional de la abundancia y actividad de los enemigos naturales más importantes de *P. citri* en huertos de cítricos en el tiempo, dependiendo de factores ambientales y tratamientos fitosanitarios, así como comprobar la importancia de los enemigos naturales de *P. citri* en la regulación de sus poblaciones.

P. citri forma parte del agroecosistema de los cítricos junto con otras plagas, por lo que en este trabajo se ha seguido la evolución de la población de *P. citri* a largo plazo en parcelas con diferentes estrategias de manejo de diversas plagas del cultivo, estudiando la influencia de estas estrategias de manejo en las poblaciones de *P. citri*.

Finalmente, hemos intentado determinar umbrales económicos de tratamiento, como valores de la población de machos o de la abundancia de *P. citri* sobre frutos, que estén estrechamente relacionados con el porcentaje de frutos ocupados en la cosecha y nos puedan por tanto servir de indicadores del daño que causará la plaga al cultivo, y por tanto de la necesidad o no de aplicar medidas de control.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

1. PARCELAS

El seguimiento del cotonet de este trabajo se ha realizado durante el periodo comprendido entre los años 1992 y 1998 en nueve parcelas de naranjo dulce (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) de Benicarló y Vinaroz (Castellón), y Alcanar, Tortosa y L'Aldea (Tarragona). Las características de las parcelas se detallan en la tabla 1.

Tabla1. Características de las parcelas de cítricos en las que se realizó el seguimiento de *Planococcus citri*.

PARCELA	LUGAR	VARIEDAD	EDAD	MARCO PLANTACIÓ N (m)	SUPERFICIE (Ha)	Nº ÁRBOLES
Frudelta	L'Aldea	Navelina	30	5x5	0.53x4	840
Xalet	Tortosa	Navelina	30	4,5x4,5	0.41x4	816
Prat	Alcanar	Navel	40	5x4	0.17	86
Camí del Pí	Alcanar	Navelina	30	4x4	0.14	85
Marxala	Alcanar	Navel	30	5x5	0.24	96
Citricola	Vinaroz	Navelina	20	5x5	0.83	330
Benicarló	Benicarló	Navelina	30	5x5	0.45	180
Xeminavel	Alcanar	Navel	65	4x4	0.11	70
Irida	Alcanar	Navelina	20	4x5	0.20	100

Todas las parcelas estaban sobre patrón Naranja Amargo (*Citrus aurantium* L.), y el sistema de riego era a goteo. El manejo de malas hierbas se realizaba habitualmente mediante el empleo de herbicidas. Las parcelas Frudelta y Xalet se subdividieron en 4 subparcelas. En 3 de ellas se realizaron diferentes tratamientos fitosanitarios y la cuarta no recibió ninguno. A las que no recibieron ningún tratamiento las hemos denominado Frudelta Testigo y Xalet Testigo y a las otras Frudelta Control Integrado, Frudelta Control Químico I, Frudelta Control Químico II, Xalet Control Integrado, Xalet Control Químico I y Xalet Control Químico II. El resto de las parcelas no recibió ningún tratamiento fitosanitario.

En algunas ocasiones, que se indicarán, se ha recurrido al muestreo de otras parcelas de las que no detallamos sus características por ser muestreos puntuales.

2. MUESTREOS

2.1. Observaciones debajo del cáliz de los frutos

Para el estudio de la invasión de los frutos, de la agregación de *P. citri* bajo el cáliz de los frutos y de la evolución del parasitismo de *P. citri*, se realizaron diversos muestreos durante los meses de mayo, junio y julio. Cada muestreo consistió en escoger al azar 20-30 árboles por parcela, y en cada árbol, también al azar, 6-10 frutos, siendo el total de 120 a 300 frutos por muestreo. Estos frutos fueron llevados al laboratorio y bajo un microscopio estereoscópico se contabilizaron todos los individuos de *P. citri* sobre el fruto, fundamentalmente localizados bajo el cáliz, diferenciando los estadios de larva de primera edad, larva de segunda edad, larva de tercera edad, hembra joven y hembra con puesta, así como los insectos parasitados. Así mismo, se contabilizaron todos los individuos de *P. citri* que se encontraban bajo el cáliz que presentaban síntomas de estar parasitados.

Tanto para el estudio de la invasión del fruto como para estudiar la agregación se realizaron 66 muestreos. En 1993 se realizaron muestreos en las siguientes parcelas: Frudelta Testigo (4), Xeminavel (1), Irida (1), Prat (1), y Marxala (1); en 1994, Frudelta Testigo (1), Xalet Testigo (1), Xeminavel (1) e Irida (1); en 1995, Frudelta Testigo (7), Xalet Testigo (6), Xalet Control Integrado (5) Xeminavel (5) e Irida (4); en 1996, Frudelta Testigo (8), Xeminavel (8) e Irida (4), y en 1998, Xeminavel (7).

La evolución del parasitismo de *P. citri* bajo el cáliz se estudió en las parcelas Frudelta Testigo (1995), Xalet Testigo y Xalet Control Integrado (1995) y Xeminavel (1995 y 1996), desde la caída de pétalos hasta fruto cuajado (mayo, junio y julio).

Durante el mes de julio en otras parcelas se hicieron varios muestreos (10) puntuales bajo el cáliz. Estas parcelas no habían recibido tratamientos fitosanitarios.

El tamaño del fruto y el estado fenológico del mismo también se anotó en algunas ocasiones.

2. 2. Observaciones sobre los frutos

El estudio del ciclo sobre el fruto y de la pauta de agregación sobre el fruto de *P. citri* se realizó en varias parcelas a partir del mes de julio, momento en que *P. citri* ya se observa a simple vista sobre el fruto, fuera del cáliz. Durante 1992 se realizaron 9 de muestreos cada 15-20 días desde julio a noviembre en varias parcelas. Cada muestreo se realizó sobre 240 frutos, distribuidos en 20 árboles por parcela al azar, tomando 12 frutos por árbol de las 4 orientaciones, es decir, 3 frutos por árbol y orientación. En cada fruto se contabilizaron todos los individuos presentes sobre el fruto, pertenecientes a larvas de tercera edad, hembras jóvenes, hembras con puesta y puestas. Las larvas de primera y segunda edad no fueron consideradas. De 1993 a 1996 y en 1998 este seguimiento se realizó sobre 20-30 árboles por parcela y en 6 frutos por árbol, escogidos al azar. El conteo se realizó de la manera descrita anteriormente y además se contabilizó como “colonia” la presencia sobre el fruto de 3 ó más larvas de primera y segunda edad. Así mismo, también se observó y anotó la presencia de *P. citri* parasitado y larvas del depredador *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. sobre los frutos.

El estudio del ciclo sobre el fruto se realizó a partir del mes de julio en parcelas no tratadas con productos fitosanitarios. En total se realizaron 175 muestreos en 26 seguimientos anuales.

El estudio de la pauta de agregación sobre el fruto se realizó en parcelas tratadas y no tratadas. En total se realizaron 286 muestreos, con cadencia variable,

durante los meses de julio a diciembre, de los cuales 147 se realizaron en parcelas tratadas con plaguicidas y 139 en parcelas no tratadas.

La presencia de *P. citri* parasitado y larvas del depredador *C.montrouzieri* sobre los frutos se observó y anotó en un total de 139 muestreos en las parcelas sin tratamientos plaguicidas.

El estudio de la evolución interanual de las poblaciones de *P. citri* se realizó en las parcelas Frudelta Testigo, Xalet Testigo, Xeminavel e Irida. Desde el año en que se comienzan los estudios de *P. citri* en estas parcelas se realizaron todas las labores necesarias del cultivo (riego, fertilización, poda, manejo de las malas hierbas, etc.) excepto la aplicación de tratamientos contra las plagas en los años que duró la experiencia. La parcela Frudelta se ha seguido durante 5 años consecutivos, desde 1991 hasta 1995; la parcela Xalet durante 4 años, desde 1992 hasta 1995; la parcela Xeminavel durante 5 años (desde 1992 hasta 1996) y la parcela Irida durante 4 años (desde 1993 hasta 1996). Antes de empezar nuestros ensayos, todas las parcelas, a excepción de Irida, se cultivaron de manera habitual. La parcela Irida había estado durante algunos años recibiendo cuidados menos exhaustivos, fundamentalmente en lo que se refiere al control de las plagas.

En estas parcelas y durante varios años se han realizado muestreos periódicos de la población de *P. citri* sobre los frutos con diferente cadencia según la parcela y el año, desde el mes de julio hasta diciembre. Consideramos fruto atacado aquel que presenta algún individuo o colonia de *P. citri*.

La media anual tanto en el caso del porcentaje de frutos atacados como en el de número de insectos por fruto se ha calculado considerando que entre dos muestreos consecutivos la población se mantiene constante y que entre el último muestreo y la cosecha pasan quince días.

Como el primer año de estudio de la parcela Irida no fue el primero realmente en el que no se realizó un control correcto de las plagas, a efectos de que esta cuestión

no afectara a los resultados hemos considerado no el primer año de estudio, sino el segundo año sin tratamientos fitosanitarios.

2. 3. Observaciones en el tronco y ramas principales

Desde abril a diciembre, se realizó un seguimiento de la población de *P. citri* en el tronco y ramas principales con cadencia variable. El número de muestreos realizados en cada parcela fue de 9 a 12 por año, excepto en una de las parcelas, la parcela Xeminavel 1998, en la que se realizaron 31 muestreos. En cada muestreo se seleccionaron de 20 a 30 árboles por parcela al azar y durante un minuto se contabilizaron todos los individuos presentes de *P. citri* y de *Cryptolaemus montrouzieri* por árbol en el tronco y ramas principales.

Tanto la evolución en el tiempo de la población de hembras de *P. citri* y de *C. montrouzieri* en el tronco y ramas principales, como la pauta de agregación de estas hembras se estudió en las parcelas parcelas Frudelta Testigo (1995, 1996), Xalet Testigo (1995), Xeminavel (1995, 1996, 1998) e Irida (1995, 1996). En total se realizaron 101 muestreos.

2. 4. Especies de parasitoides obtenidos de *P. citri* sobre frutos

Durante los años 92, 93, 94 y 98 se tomaron muestras de frutos con presencia de *P. citri* de diferentes parcelas y en diferentes épocas del año, desde junio a noviembre con el fin de identificar las especies de parasitoides de *P. citri*. Cada muestra consistió en escoger unos 5-10 frutos por parcela de entre los frutos con ataque evidente de *P. citri*. El total de muestras analizadas fue de 63. Los frutos se llevaron al laboratorio, se dejaron evolucionar en cajas de plástico translúcido con tapa de tela muselina que permite la aireación e impide la salida de los parasitoides. Diariamente se extrajeron los

parasitoides adultos del cotonet que iban saliendo. Bajo el microscopio estereoscópico se identificaron y sexaron.

2.5. Daños en cosecha y umbrales

Para el cálculo de los umbrales de tratamiento se han utilizado los datos obtenidos de los muestreos de campo realizados y las capturas de machos en trampas en las parcelas descritas anteriormente.

Hemos intentado correlacionar cada uno de los cinco vuelos de machos que se producen a lo largo del año con la población de *P. citri* sobre frutos en campo en las siguientes épocas: 1) con la población bajo el cáliz de los frutos en julio y 2) con la población sobre el fruto en cada quincena de los meses de agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre. En los resultados sólo se mencionan aquellas relaciones con una cierta significación estadística.

En todas las parcelas en las que se hizo el seguimiento de la población de *P. citri*, se realizó antes de la cosecha una estimación de los daños por *P. citri* sobre los frutos. Se consideraron como daños producidos por la presencia de *P. citri* sobre frutos los siguientes síntomas:

- presencia del insecto sobre el fruto
- presencia sobre el fruto de manchas amarillas, originadas por la alimentación de *P. citri*
- presencia del insecto, restos y negrilla en el ombligo de la naranja
- negrilla sobre el fruto

Cualquier fruto que presentara alguno de estos síntomas se consideraba como fruto con daños.

3. EXCLUSIÓN DE ENEMIGOS NATURALES

En la parcela que hemos denominado Prat, cuyas características se especifican en la tabla 1, se escogieron 10 árboles. En cada uno de estos árboles se escogieron 2 ramas al azar, con la condición de que cada una de ellas portara 2-3 frutos. Éstas se limpiaron cuidadosamente, especialmente los frutos, sin separarlos del árbol y se cubrieron con una bolsa cilíndrica de armazón de alambre de 30 cm de largo por 20 cm de diámetro, recubierto con tela de muselina de 55 cm de largo y 38 cm de diámetro, con lo que los frutos embolsados de ambas ramas quedaron sometidos a condiciones medioambientales similares. Una de las dos bolsas quedó cerrada y a la otra se le practicó una abertura de 20 cm de largo por 2,5 cm de ancho, de forma que la primera bolsa no permitía la entrada de insectos, mientras que en la segunda los parasitoides y depredadores podían entrar libremente. Posteriormente los frutos de cada rama fueron infestados con 10 hembras de *P. citri* fecundadas, procedentes del insectario del Servicio de Sanidad y Certificación Vegetal de Almazora (Castellón), situándolas sobre los frutos con un pincel. Esta infestación artificial se realizó el 28 de agosto de 1993. A partir de esta fecha, se realizaron 5 observaciones en las fechas 18 de septiembre, 16 de noviembre, 15 de diciembre, 28 de enero y 9 de febrero (23, 82, 111, 155, 167 días después de la infestación). Estas observaciones consistieron en evaluar en el campo los frutos del interior de las bolsas mediante la escala de ataque de la siguiente tabla:

<i>P. citri</i>		Negrilla	
Nº de insectos sobre los frutos	ÍNDICE de abundancia	% del fruto cubierto	ÍNDICE
0	0	0	0
1-5	1	1-10	1
6-15	2	11-25	2
16-30	3	26-35	3
31-50	4	36-50	4
> 51	5	> 51	5

Índices de abundancia y de “negrilla” utilizados para estimar la población de *P. citri* y la superficie cubierta por “negrilla” en la experiencia de exclusión de enemigos naturales.

En la última de las observaciones se llevaron todos los frutos al laboratorio y se realizaron una serie de análisis en los que se determinaron diferentes parámetros: Peso total, diámetro, peso del zumo, peso de la piel, acidez del zumo, sólidos solubles del zumo (° Brix) y volumen de zumo. El total de sólidos solubles se determinó con un refractómetro digital de alto contraste, cuya lectura da directamente los grados Brix. El método analítico de determinación de la acidez del zumo se basa en una volumetría ácido-base. Se filtran 5 ml del zumo y se diluye con agua destilada, para reducir la coloración del mismo. La neutralización se realiza con NaOH 0,1N, usando como indicador la fenolftaleína, que denota el paso de ácido a base (aproximadamente pH=8,3), virando de incolora a rosa. De esta manera se obtiene la cantidad de ácidos totales que se transforman en porcentaje de ácido cítrico anhidro mediante el factor de transformación 0,128. Con los datos obtenidos de porcentaje de sólidos solubles (E) y de porcentaje de acidez (A) se obtiene el índice de madurez (E/A).

Para estimar el grado de infestación por negrilla a partir de la escala utilizada se calculó el porcentaje de lo que representa la suma de los valores de la escala obtenidos respecto a la máxima suma que puede alcanzar, según la fórmula:

$$\% \text{ infestación} = \{\sum_{0,i} (n.v)/(i.N)\}.100,$$

siendo n el número de bolsas en cada categoría, N el número de bolsas total observadas, v el valor de cada categoría e i el valor de la categoría más alta. Los datos tanto de infestación como de *P. citri* se analizaron mediante la Prueba *t* de student para muestras pareadas con el fin de determinar si había diferencias entre los dos tipos de bolsas.

Con el fin de estudiar el efecto de las bolsas en el microclima se utilizaron tres sensores de temperatura y humedad relativa (HOBO® H8 Pro Series. Onset Computer Corporation. Cape Cod, Massachusetts, USA). Uno de ellos se situó en el árbol, al aire libre y los otros dos dentro de sendas bolsas, una de ellas abierta y otra cerrada. Durante 18 días se registró la temperatura y la humedad relativa cada cinco minutos. Las diferencias de temperatura y humedad relativa se analizaron mediante un test *t* de datos pareados.

4. ESTRATEGIAS DE MANEJO DE LAS PLAGAS

El seguimiento de las poblaciones de *P. citri* para este estudio se ha realizado en dos parcelas, Frudelta y Xalet, cuyas características se detallan en la tabla 1. Las parcelas se subdividieron en cuatro subparcelas cada una. De las cuatro subparcelas, una no recibió ningún tratamiento fitosanitario (“Testigo”) y las otras tres se trataron para el control de diaspinos y/o *P. citri* en las fechas y con los productos que se adjuntan en la tabla 2. Las dosis de aplicación de los productos fueron las recomendadas por el fabricante. El aceite mineral se aplicó al 2,5%. Todas las aplicaciones se realizaron con pulverizador hidroneumático regulado para obtener una buena cobertura y una buena penetración dentro del árbol. Los productos fosforados se aplicaron con un volumen de caldo de unos 2.500 l/ha, y el aceite mineral a unos 3.000l/ha.

Los aceites minerales insecticidas presentan en general menores eficacias en el control de las plagas, pero por el contrario, presentan una serie de ventajas que los hacen interesantes para el control de las plagas. Así, los aceites minerales no presentan problemas de resistencias, ni de residuos sobre los frutos, son bastante respetuosos con la fauna auxiliar y son poco tóxicos para mamíferos. Hemos considerado parcelas de “Control Químico” aquellas en las que se han aplicado organofosforados y/o reguladores del crecimiento de los insectos (piriproxifen), y parcelas de “Control Integrado” aquellas en las que fundamentalmente hemos empleado aceites minerales insecticidas y enemigos naturales para el control de las plagas. Se han empleado diferentes organofosforados (diazinón, clorpirifos, metidatió, metilpirimifos, quinalfos) para el control de diaspinos y/o *P. citri*, y estos se han aplicado en tres momentos: 1) a principios de junio, momento en que se produce el máximo de formas sensibles de la primera generación de diaspinos y cuando aún no se ha cerrado el cáliz sobre el fruto, 2) a finales de agosto, momento en que se produce el máximo de formas sensibles de la segunda generación de diaspinos, y 3) en marzo, a la salida del invierno. También hemos empleado el regulador del crecimiento de los insectos piriproxifen para controlar diaspinos en la primera generación y en marzo. Los aceites minerales se han aplicado en

el máximo de la segunda generación de diáspinos, y los parasitoides (*Leptomastix dactylopii*) y depredadores (*Cryptolaemus montrouzieri*) de *P. citri* se han liberado en primavera y verano.

Las parcelas de Frudelta se han seguido durante 5 años consecutivos (1991-1995) y las de Xalet durante 4 años (1992-1995). Los tratamientos realizados en cada una de las parcelas vienen detallados en la tabla 2.

FINCA FRUDELTA

AÑO	Control Integrado	Control Químico I	Control Químico II
1991	9/7 800 <i>C. montrouzieri</i> 2000 <i>L. dactylopii</i> 10/9 Aceite mineral	21/6 clorpirifos 14/10 diazinón	21/5 quinalfos 12/9 quinalfos + Aceite mineral
1992	12/6 quinalfos 12/8 Aceite mineral 27/8 2000 <i>L. dactylopii</i>	12/6 metidación	27/5 clorpirifos + carbaril 14/9 malatión + Aceite mineral
1993	29/3 piriproxifen + Aceite mineral 27/8 600 <i>C. montrouzieri</i> 1500 <i>L. dactylopii</i>	25/5 piriproxifen	18/6 clorpirifos 5/8 metidación
1994	17/3 piriproxifen + Aceite mineral	3/6 piriproxifen	17/3 metidación + Aceite mineral
1995	31/5 600 <i>C. montrouzieri</i> 28/6 800 <i>L. dactylopii</i> 12/7 1000 <i>L. dactylopii</i>	7/6 piriproxifen	17/8 Aceite mineral 0.5% 1/9 Aceite mineral 0.5% 15/9 Aceite mineral 0.5%

FINCA XALET

AÑO	CONTROL INTEGRADO	Control Químico I	Control Químico II
1992	1/7 2000 <i>L. dactylopii</i> 4/9 Aceite mineral	22/6 clorpirifos	14/9 metidación
1993	9/7 1500 <i>L. dactylopii</i> 3/9 Aceite mineral	15/6 clorpirifos	17/3 clorpirifos + Aceite mineral
1994	8/6 1000 <i>L. dactylopii</i> 29/6 1000 <i>L. dactylopii</i> 19/8 Aceite mineral	2/6 metilpirimifos	18/6 diazinón
1995	29/8 Aceite mineral	8/6 metilpirimifos	8/6 diazinón

Tabla 2. Intervenciones químicas y/o biológicas realizadas en las diferentes parcelas.

5. CAPTURAS EN TRAMPAS DE MACHOS DE *P. citri* Y DE PARASITOIDES

El seguimiento del vuelo de los machos de *P. citri* y de los parasitoides *A. pseudococci* y *L. abnormis* se realizó entre los años 1992 y 1998 en todas las parcelas descritas. Para los parasitoides se han tenido en cuenta todas las parcelas, tratadas y no tratadas, mientras que para el seguimiento del vuelo de machos sólo se han tenido en cuenta las parcelas no tratadas. El seguimiento de estos vuelos se hizo mediante la utilización de trampas amarillas (Tabla 3), algunas de ellas cebadas con feromona sexual para machos de *P. citri* (Inagra). Estas trampas estaban constituidas por un armazón de madera pintado de color amarillo limón, color que atrae a diversos insectos. A este armazón se le acopló un cristal transparente engomado con Soveurode R (Sovilo Fertigene. BP 406-51064 Reims Cedex, France), sustancia pegajosa que permite que los insectos queden adheridos al cristal. La cápsula de feromona sexual se situó centrada sobre el cristal sin tocarlo, mediante un alambre acoplado al armazón de madera. Las cápsulas se cambiaron cada seis semanas y los cristales semanal o mensualmente, en función de la época del año, más a menudo en los meses calurosos y menos en los meses fríos. Estos cristales eran llevados al laboratorio y bajo un microscopio estereoscópico se contabilizaron en una superficie de 6x10cm todos los machos adultos de *P. citri*, así como los individuos adultos de *A. pseudococci*, y *L. abnormis*, diferenciando el sexo.

En las parcelas en las que se colocó más de una trampa con feromona, ésta no se cambió el mismo día en todas, sino que se fue rotando este cambio semanalmente, de forma que se evitara el posible efecto de la feromona recién instalada. En todas las parcelas y años considerados se colocaron de 1 a 3 trampas con feromona y de 0 a 5 trampas sin feromona. En total se colocaron 117 trampas. Cuando en una parcela se colocó más de una trampa se consideró la media de las capturas. En total se realizó el seguimiento del vuelo de machos durante 22 periodos anuales entre 1992 y 1998 y en las nueve parcelas.

AÑO	PARCELA	Número de trampas CON feromona sexual	Número de trampas SIN feromona sexual	
1992	Marxala	1	0	
	Prat	1	0	
	Camí del Pi	1	0	
	Xeminavel	1	0	
	Frudelta T	1	5	
	Xalet T	1	5	
	Citrícola	1	0	
	Benicarló	1	0	
	Frudelta CI	1	2	
	Frudelta CQI	1	2	
	Frudelta CQII	1	2	
	Xalet CI	1	2	
	Xalet CQI	1	2	
	Xalet CQII	1	2	
1993	Marxala	3	0	
	Prat	3	0	
	Irida	3	0	
	Xeminavel	3	0	
	Frudelta T	3	3	
	Xalet T	3	3	
	Frudelta CI	1	2	
	Frudelta CQI	1	2	
	Frudelta CQII	1	2	
	Xalet CI	1	2	
	Xalet CQI	1	2	
	Xalet CQII	1	2	
	1994	Irida	3	0
		Xeminavel	3	0
Frudelta T		3	3	
Xalet T		3	3	
1995	Irida	3	0	
	Xeminavel	3	0	
	Frudelta T	3	3	
	Xalet T	3	3	
1998	Xeminavel	3	0	

Tabla 3. Número de trampas para capturas de machos de *P. citri* y parasitoides colocadas en las parcelas de cítricos. CI: Control Integrado. T: Testigo. CQ: Control Químico.

6. DATOS CLIMÁTICOS

Los datos de temperatura fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas automáticas de Alcanar y Amposta de la red meteorológica del DARP (Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca). La parcela de Benicarló se encuentra a una distancia de unos 15 Km de la estación meteorológica de Alcanar considerada; las de Vinaroz y Alcanar (Prat, Camí del Pí, Marxala, Citrícola, Xeminavel e Irida) se encuentran a una distancia de unos 4 Km de esta estación. Las parcelas Frudelta (L'Aldea) y Mianes (Tortosa) se encuentran a una distancia aproximada de 4 y 15 Km respectivamente de la estación meteorológica de Amposta.

7. CÁLCULO DE LA TEMPERATURA UMBRAL DE DESARROLLO

A partir de los datos de evolución de las poblaciones de machos de *P.citri* en varias parcelas y años se ha estimado la temperatura umbral para el desarrollo de esta especie basándonos en el método propuesto por Tokeshi (1985). Este autor determinó la relación entre el desarrollo y la temperatura en condiciones de campo utilizando un método de máxima probabilidad que estimaba el umbral mínimo de temperatura de desarrollo y los grados-día requeridos para el crecimiento. Estudió la variación del coeficiente de determinación de la regresión entre la longitud del cuerpo y los grados-día acumulados para diferentes valores de temperatura crítica, y consideró como válida aquella que daba el mayor coeficiente de determinación. En el caso que nos ocupa, el dato biológico elegido es la distancia en grados-día entre los diferentes máximos de vuelo de machos a diferentes temperaturas umbrales (entre 5 y 11 °C). Se ha considerado la fecha del máximo de cada vuelo como la mediana del intervalo que define el inicio y el final de cada vuelo, es decir, en que el número de machos acumulado desde el inicio del vuelo es el 50% del total de machos capturados en ese vuelo. Hemos calculado el coeficiente de variación de la distancia en grados-día entre máximos para diferentes valores de temperatura crítica, considerando como temperatura umbral de desarrollo aquella que minimiza dicho coeficiente de variación.

8. CÁLCULO DE LA AGREGACIÓN DE LAS POBLACIONES

Los índices de distribución espacial de *P. citri* se han calculado según la ley potencial de Taylor, mediante la regresión de la varianza (S^2) como función de la media (m), mediante la ecuación $S^2=am^b$ (1) (Taylor, 1961). El término a es un factor de muestreo, que depende del tamaño de muestra pero no tiene un significado ecológico. El término b es una propiedad intrínseca de la especie que describe el grado de agregación, con una graduación continua de la distribución de la población desde regular ($b=0$), pasando por aleatoria ($b=1$) y hasta agregada ($b>1$) (Taylor, 1961). Esta relación se lineariza mediante la transformación logarítmica, resultando en la ecuación

$$\text{Ln}(S^2)=\text{Ln}(a)+(b)\text{Ln}(m) \quad (2).$$

Desde mayo hasta julio, época en que se produce la invasión del cáliz, podemos observar bajo el cáliz individuos de la 1ª generación hasta mediados de junio y también de la 2ª generación hasta finales de julio. Para comprobar si este factor afecta a la agregación bajo el cáliz se ha comparado la agregación en estas dos épocas mediante un análisis de la covarianza, en el que se comparan las dos rectas de regresión. En el caso de que haya diferencias se ha estudiado si éstas están en la pendiente o en la ordenada en el origen (Snedecor y Cochran, 1989).

Para determinar si la pauta de distribución de *P. citri* bajo el cáliz de los frutos durante la invasión de los mismos es similar para los diferentes estadíos, se ha estudiado su agregación también mediante un análisis de la covarianza. Así mismo, se ha estudiado también por separado la agregación de *P. citri* bajo el cáliz entre árboles de la parcela y entre frutos de un árbol.

La pauta de agregación de los estadíos de *P. citri* desarrollados sobre el fruto se ha determinado separadamente en las parcelas tratadas con plaguicidas y en las no tratadas, por ver si la aplicación de productos fitosanitarios afecta a este parámetro. Para determinar si la pauta de agregación sobre el fruto difiere según la época del año, se han

comparado las épocas junio-julio, agosto, septiembre-octubre y noviembre-diciembre, también mediante un análisis de la covarianza.

Para determinar si la pauta de agregación sobre el fruto difiere según las dos variedades en estudio, navel y navelina, se han comparado tres modelos de regresión, de la misma forma que en el caso anterior para las dos variedades por separado. También en este caso se ha estudiado la agregación entre árboles de la parcela y entre frutos de un árbol.

Finalmente se ha determinado la pauta de agregación de hembras de *P. citri* en el tronco y las ramas principales de los árboles.

8. 1. Método de muestreo enumerativo

El cálculo del tamaño de muestra mediante el método enumerativo se ha basado en la fórmula de Green (1970), que consiste en establecer la precisión del muestreo sobre la base de que el error estándar (s/\sqrt{n}) sea una proporción fija (E) de la media (m). En nuestros cálculos hemos tomado como valor de $E=0,25$, que es el recomendado habitualmente en estudios extensivos de poblaciones de insectos (Southwood, 1978) y se ha obtenido una fórmula general al substituir el valor de la varianza por su expresión según los índices de Taylor, resultando la expresión

$$n = a.m^{(b-2)} / E^2 \quad (3)$$

Esta expresión se ha utilizado para calcular el tamaño de muestra para los tres tipos de observaciones realizadas.

8. 2. Método de muestreo binomial

Este método se basa en estimar la densidad poblacional contando el número de unidades de muestreo ocupadas (o no ocupadas) por el insecto y es aplicable si se encuentra una relación constante entre la proporción de unidades de muestreo ocupadas por el insecto (p) y el número medio de insectos por unidad de muestreo (m).

Esta relación se puede intentar encontrar a partir de una fórmula empírica, como la propuesta primero por Kono y Sugino (1958), y posteriormente por Gerrard y Chiang (1970) y Nachman (1984),

$$m = \alpha \cdot (-\ln(1-p))^\beta \quad (4),$$

en donde m y p son las definidas anteriormente y α y β son las constantes obtenidas de la regresión.

Otra forma de relacionar m y p es conociendo la función de distribución de la población. La función binomial negativa (BN) es la que más a menudo se ajusta a la distribución de las poblaciones de insectos en la naturaleza, ya que estas se encuentran agregadas. Bliss y Fischer (1953) relacionaron p y m en función de la K de la BN. Suponiendo que esta K es función de m , Wilson y Room (1983) establecieron una relación entre m y p en función de los índices de Taylor a y b :

$$p = 1 - \exp \left\{ -m \left[\ln(a \cdot m^{(b-1)}) / (a \cdot m^{(b-1)} - 1) \right] \right\} \quad (5)$$

El tamaño de muestra necesario para poder estimar la media con un nivel determinado de precisión depende de la varianza y puede calcularse con los dos métodos antes mencionados.

Cálculo del tamaño de muestra con el modelo empírico

Nachman (1984) propuso una ecuación para el cálculo de la varianza de $L_n \mu$:

$$V(L_n \mu) = s^2 \left[1/N + \left[(L_n(-L_n \hat{p}_0) - X)^2 / SSD_x \right] + \left[\beta^2 (1-\hat{p}_0)/n \hat{p}_0 (L_n \hat{p}_0) \right] + (a/n) \mu^{(b-2)} \right] \quad (6),$$

en donde μ es una estimación insesgada de m y se obtiene mediante la ecuación (4). Los términos a y b provienen de la ecuación de la ley potencial de Taylor. El primer sumando de la ecuación nos indica lo bien que se ajustan los datos de partida a la ecuación y corresponde a la varianza de una regresión lineal corriente; el segundo sumando corresponde a la varianza asociada a un muestreo binomial, mientras que el tercer sumando corresponde a la varianza de los puntos de muestreo alrededor de la

recta de regresión, s^2 , que Nachman expresa en función de los índices de Taylor. Este término nos indica cuánto varía una parcela en concreto respecto a la estimación de la ecuación y es por tanto deseable que sea lo más pequeña posible, siendo una característica del conjunto de los datos. La substitución de este término s^2 en función de los índices de Taylor es controvertida, como lo reflejan los trabajos de Binns y Bostanian (1990b) y de Schaalje *et al.* (1991), sin embargo no deja de ser una aproximación que nos permite llegar a nuestro objetivo, esto es, el cálculo de un tamaño de muestra. Para este cálculo y de acuerdo con Gerrard y Chiang (1970) y Nachman (1984):

$$V(\mu) = \mu^2 \cdot V(Ln \mu) \quad (7)$$

Asimismo,

$$E = CV(\mu) = (V(\mu))^{1/2}/\mu = (V(Ln \mu))^{1/2} \quad (8)$$

En donde E es la precisión relativa del muestreo y CV es el coeficiente de variación. E se obtuvo mediante la expresión:

$$\lambda \cdot \phi = E^2 \quad (9)$$

La relación entre λ y ϕ es:

$$\phi = \lambda/(1+\lambda) \quad (10)$$

λ y ϕ son el intervalo de error admitido para la media m y no son iguales debido al paso de Ln a unidades métricas. Dando pues un valor a λ de 0,25 y conocidos los parámetros de la ecuación (6), es posible despejar de ella el término n basándonos en las ecuaciones (8) y (9).

Cálculo del tamaño de muestra con el modelo de la Binomial Negativa

Este método se basa en la ecuación de la Binomial Negativa, modelo teórico, a diferencia del anterior que es un modelo empírico. Este tipo de modelo es más recomendable siempre que pueda aplicarse debido a que su carga teórica permite extraer más conclusiones y más razonadas que el modelo anterior. Para el cálculo del tamaño de muestra se ha seguido la expresión que aparece en Kuno (1986) para la BN, donde n

es función de la probabilidad de que aparezcan cálices, frutos o troncos no ocupados (p_0), según el lugar donde se está muestreando, y del valor de k :

$$n = (1/E) \cdot (1 - p_0) \cdot p_0^{-(2/k)-1} \cdot [k \cdot (p_0^{-1/k} - 1)]^{-2} \quad (11)$$

en donde E es la precisión expresada en términos de error estándar. Tal y como sugieren Binns (1990) y Nyrop y Binns (1992), el valor de k se ha hecho variar en función de la media, de acuerdo con la ecuación:

$$k = m^2 / (a \cdot m^b - m) \quad (12),$$

en donde a y b son los índices de Taylor.

Estos modelos se han calculado para los tres tipos de muestreo realizados, esto es, población bajo el cáliz durante la invasión del fruto, población de estadios desarrollados sobre el fruto, y población de hembras sobre el tronco y ramas principales.

9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Siempre que ha sido necesario mejorar la homocedasticidad de los datos se ha procedido a su transformación antes de realizar el análisis de la varianza. Así, los datos de los vuelos de machos de *P. citri* capturados en las trampas se han transformado antes del análisis estadístico mediante el logaritmo de las capturas +1.

El análisis de la varianza se ha realizado mediante el procedimiento General Linear Method (PROC GLM) del paquete estadístico informático SAS/STAT del SAS Institute Inc (1999-2000). La comparación de medias se ha realizado mediante el test del rango múltiple de Duncan, con un nivel de significación del 95%.

Los análisis de la regresión se han realizado mediante el procedimiento PROC REG, la prueba χ^2 se ha realizado mediante el procedimiento PROC FREQ y la prueba t de medias pareadas se ha realizado mediante el procedimiento PROC MEANS del paquete estadístico informático SAS/STAT del SAS Institute Inc (1999-2000).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. EVOLUCIÓN DE LAS POBLACIONES DE *Planococcus citri*

1.1. Capturas de machos en trampas

1.1.1. Generaciones anuales

En el conjunto de las parcelas estudiadas se pueden observar cinco vuelos anuales en los meses de mayo, junio-julio, agosto, septiembre y noviembre (Fig. 1), aunque todos estos vuelos no ocurren siempre en cada una de las parcelas. La fecha de inicio de los vuelos varía con la parcela y el año, produciéndose el inicio de las capturas en promedio el 9 de abril ($\pm 2,43$ días). Considerando el máximo de cada vuelo como la mediana del área delimitada por el inicio y el final del histograma de capturas, el primer máximo se produce el 11 de mayo ($\pm 1,56$ días), el segundo el 28 de junio ($\pm 2,07$ días), el tercero el 6 de agosto ($\pm 1,93$ días), el cuarto el 21 de septiembre ($\pm 2,47$ días) y el quinto el 10 de noviembre ($\pm 2,60$ días).

Cada vuelo dura entre uno y dos meses, y esta duración parece estar relacionada con la temperatura media en cada periodo. El tercer vuelo, el de agosto, es el más corto ($40,83 \pm 2,39$ días), difiriendo significativamente del resto de los vuelos ($F=7,88$; $gl=4, 80$; $P<0,01$), que presentan una duración media de $49,50 \pm 2,05$ días el segundo (junio-julio), $50,35 \pm 2,47$ días el quinto (noviembre), $52,51 \pm 1,97$ días el cuarto (septiembre) y $53,18 \pm 2,03$ días el primero (mayo).

Es lógico suponer que estos vuelos de machos se producen en el momento en que las hembras alcanzan la fase adulta y que un cierto tiempo después tendrá lugar la puesta de huevos y subsiguiente salida de larvas neonatas en la población. Estos vuelos suponemos por tanto que implican la existencia de cinco generaciones anuales de *P.citri* en los cítricos cultivados en la zona de estudio.

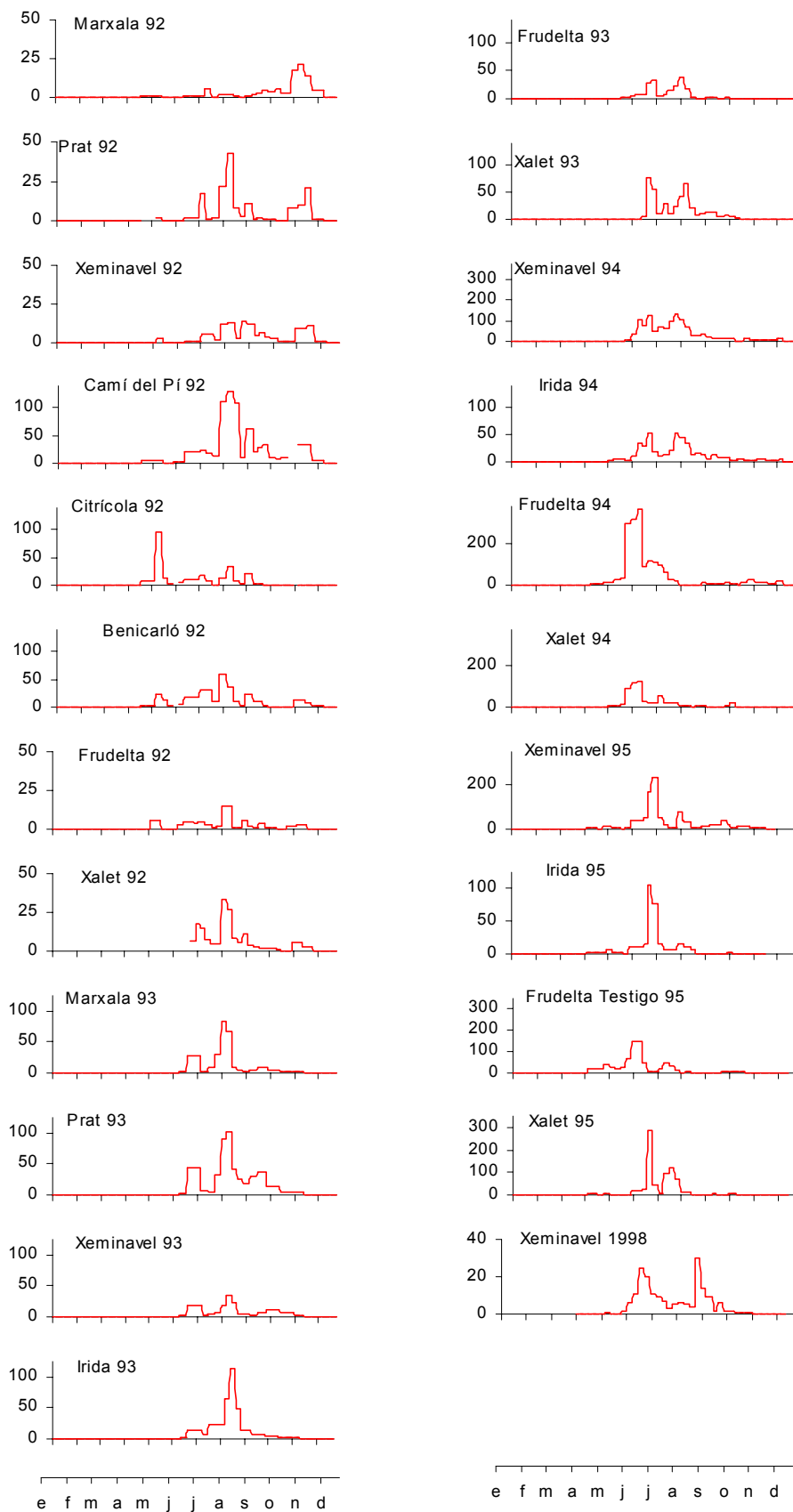


Figura 1. Evolución anual de las capturas por trampa y día de machos de *P. citri* en trampas pegajosas con feromona sexual, en las parcelas de cítricos y años en que no se trató con plaguicidas.

Estas observaciones son bastante coincidentes en general con las encontradas por otros autores. Quayle (1941) y Ebeling (1959) indican que en California se producen dos ó tres generaciones anuales, y Harlan *et al.* (1977) indican que en Texas se producen tres generaciones anuales, la primera en abril-mayo, una segunda en agosto y la tercera en octubre-noviembre. Bodenheimer (1951) señala que en Palestina se desarrollan ocho generaciones anuales y Avidov y Harpaz (1969) dicen que en Israel el insecto es capaz de producir seis generaciones anuales en la zona de la costa, mientras que en regiones altas, debido a que las temperaturas son más bajas sólo puede producir de cuatro a cinco generaciones anuales. En la parte superior del Valle del Jordán, donde las temperaturas son más elevadas, se pueden desarrollar hasta siete generaciones anuales. En Grecia (Santorini, 1977) se citan de cuatro a cinco generaciones anuales y los individuos invernantes comienzan su actividad a finales de abril, desarrollándose la primera generación hasta finales de mayo. La segunda generación se produce durante los meses de junio y julio y la tercera en agosto. Si las condiciones son favorables se producirá una cuarta generación desde finales de agosto a septiembre. Si no llueve, puede producirse en octubre-noviembre una quinta generación. En Cerdeña (Ortu, 1985) las capturas de machos comienzan en mayo y continúan hasta diciembre, observándose tres picos de capturas en junio-julio, agosto-septiembre y octubre-noviembre, por lo que concluyen que se desarrollan de tres a cuatro generaciones anuales. También en Cerdeña, Fronteddu *et al.* (1996) registran dos picos significativos de machos, uno en la tercera década de junio y el otro en la primera de agosto. Longo y Russo (1985) y Barbagallo *et al.* (1993) citan de cuatro a seis generaciones anuales en Sicilia. Según Katsoyannos (1996) en el norte del Mediterráneo se producen dos ó tres generaciones anuales.

En España Gómez Menor (1937) dice que una generación aparece en febrero a marzo, y que el desarrollo de la cochinilla es función de la temperatura. Gómez Clemente (1943), señala que *P.citri* presenta en España de tres a cuatro generaciones anuales, situándose la salida de las formas invernantes en el mes de abril. Ruiz Castro (1965) señala que en vid en España *P. citri* completa seis generaciones al año, con duraciones variables en cada una de ellas. Garrido (1991) señala que *P.citri* completa de seis a siete generaciones anuales, e incluso más si las condiciones climáticas son adecuadas para su desarrollo.

1.1.2 Abundancia de los vuelos

El análisis del número de machos capturados por vuelo en las trampas con feromona nos ha permitido determinar regularidades del desarrollo de *P.citri* en la zona de estudio (Tabla 4). En general las capturas de machos han sido más abundantes en los años 1994 y 1995 que en los años 1992 y 1993. La media de machos capturados por trampa y vuelo en 1994 ($1470,1 \pm 423,6$) es superior significativamente al resto de años ($F=9,43$; $df=3,88$; $P<0,01$), seguido del año 1995 ($971,2 \pm 268,3$), y finalmente los años 1993 ($505,8 \pm 114,1$) y 1992 ($444,2 \pm 93,1$).

AÑO/VUELO	VUELO 1 (mayo)	VUELO 2 (junio-julio)	VUELO 3 (agosto)	VUELO 4 (septiembre)	VUELO 5 (noviembre)	Media de las capturas por vuelo y año
1992	257,5 ± 151,2 (7) b B	408,6 ± 129,9 (8) c AB	816,4 ± 362,7 (8) b A	376,3 ± 155,5 (8) a AB	338,8 ± 114,8 (8) ab AB	444,2 ± 93,1 (39) bc
1993	22,0 ± 7,00 (6) c C	691,6 ± 139,4 (6) b AB	1396,7 ± 279,6 (6) ab A	384,7 ± 141,1 (6) a B	33,9 ± 9,6 (6) c C	505,8 ± 114,1 (30) c
1994	311,1 ± 175,3 (4) ab B	3657,3 ± 1395,9 (4) a A	2100,1 ± 616,6 (4) a A	561,0 ± 161,1 (4) a B	412,6 ± 176,8 (4) a B	1470,1 ± 423,6 (20) a
1995	452,3 ± 269,3 (4) a BC	2899,1 ± 533,8 (4) a A	1055,8 ± 417,0 (4) ab B	333,7 ± 179,1 (4) a C	115,3 ± 71,9 (4) bc D	971,2 ± 268,3 (20) b
Media de capturas por vuelo	237,6 ± 84,1 (21) C	1529,2 ± 384,2 (22) A	1251,6 ± 213,4 (22) A	404,4 ± 77,5 (22) B	228,4 ± 60,5 (22) C	

Tabla 4. Media y error estándar del número de machos adultos de *Planococcus citri* capturados por trampa en cada vuelo y año.

El n° de machos capturados ha sido transformado al logaritmo de las capturas + 1 para el análisis de la varianza. Letras minúsculas diferentes en columnas indican medias diferentes. Letras mayúsculas diferentes en filas indican medias diferentes. (Test del Rango Múltiple de Duncan. P < 0.05). Las medias se presentan a escala original. Entre parentesis se indica el número de observaciones de un año realizadas.

La comparación de la abundancia de machos capturados entre los cinco vuelos que se producen anualmente muestra que ésta es significativamente mayor en los vuelos segundo y tercero que en el resto de los vuelos ($F=27,35$; $gl=4, 88$; $P<0,01$). Los vuelos primero y quinto son los menos abundantes, mientras que el cuarto vuelo queda en una posición intermedia entre los grupos anteriores, difiriendo significativamente de ambos (Tabla 4). El máximo de capturas por trampa y día en cada vuelo sigue la misma tendencia que la abundancia. En los vuelos segundo ($78,5 \pm 20,3$) y tercero ($61,1 \pm 8,5$) se producen los valores más altos, diferentes significativamente de los otros tres ($F=32,95$; $gl=4,89$; $P<0,01$), mientras que las capturas más bajas se producen en los vuelos primero ($11,5 \pm 4,8$) y quinto ($7,8 \pm 1,8$). El máximo del cuarto vuelo presenta un valor intermedio ($17,0 \pm 3,0$), difiriendo significativamente de los restantes.

Ninguna de las parcelas consideradas en este apartado ha recibido tratamientos fitosanitarios a lo largo del periodo de muestreo, por lo que las capturas de machos en trampas con feromona pueden ser en parte un reflejo de la abundancia de la población de *P.citri* en los árboles. Sin embargo hay que tener en cuenta que estas capturas dependen también de la actividad de los machos en cada época de vuelo y de la proporción de machos en la población que existe en cada generación, que puede variar bastante según la época del año en esta especie. Según Bodenheimer (1951) la proporción de machos en la población de *P.citri* se incrementa en los meses de junio y septiembre, mientras que en invierno disminuye. También Avidov y Harpaz (1969) señalan que la proporción de machos disminuye en invierno. Por tanto, la abundancia del vuelo de machos refleja por un lado la evolución de la abundancia poblacional de *P.citri* en el árbol a lo largo del año, y por otro lado una serie de factores ambientales que inciden en el comportamiento y fisiología de los insectos, que están ligados a la época del año y en principio afectan posiblemente por igual a todas las parcelas.

A su vez, la evolución estacional de la abundancia tiene un componente común a todas las parcelas y años, y un componente característico de cada una de ellas ligado a los diferentes factores de mortalidad que pueden actuar. Podemos intentar estimar en qué proporción los cambios en la abundancia de un vuelo al siguiente son debidos a

estos factores comunes o a la oscilación poblacional específica de la parcela calculando el coeficiente de regresión entre el número total de machos capturados en los cinco vuelos (Tabla 5). Cuando los vuelos son consecutivos existe siempre una relación significativa entre las abundancias, observándose que entre un 25% y un 40% de la variabilidad de esta abundancia de machos corresponde a factores comunes, y el resto a factores propios de la parcela y año. Sin embargo cuando intentamos relacionar la abundancia entre vuelos no consecutivos, la gran variabilidad ligada a la parcela y al año elimina cualquier tipo de relación. Esto es un reflejo de la rapidez con que puede variar la abundancia poblacional de esta especie en poco tiempo: en dos generaciones la población de machos no tiene ninguna relación con la que había inicialmente.

	V2	V3	V4	V5	V1 año siguiente
V1	0,29 (22) *	0,03 (22)	0,00 (22)	0,04 (22)	
V2		0,38 (23) *	0,11 (23)	0,00 (23)	
V3			0,24 (23) *	0,02 (23)	
V4				0,31 (23) *	
V5					0,03 (13)

Tabla 5. Coeficiente de regresión (R^2) entre la abundancia de machos en los diferentes vuelos de machos de *Planococcus citri* a lo largo del año en parcelas de cítricos del norte de Castellón y sur de Tarragona.

Para el análisis de la regresión los datos se han transformado previamente mediante la fórmula $\ln(x+1)$. Entre parentesis se encuentra el número de observaciones del análisis.

V1, V2, V3, V4 y V5: Número de machos capturados en el primer vuelo (mayo), segundo vuelo (junio-julio), tercer vuelo (agosto), cuarto vuelo (septiembre) y quinto vuelo (noviembre) respectivamente.

*: Modelo significativo ($P < 0,01$)

Mediante este procedimiento de correlaciones de abundancia entre dos generaciones consecutivas podemos estimar la importancia de los factores de mortalidad que inciden en las poblaciones de *P. citri* durante el invierno, correlacionando la abundancia del último vuelo del año con la del primer vuelo del año siguiente. Esto lo hemos podido realizar en 13 ocasiones y hemos encontrado una ausencia total de

correlación ($R^2=0,03$; $gl=12$; $P<0,10$). Este resultado sugiere que existen importantes factores ambientales o biológicos de mortalidad durante el invierno que afectan de forma desigual a las poblaciones cotonet.

1.1.3. Temperatura umbral de desarrollo e integral térmica

Con los datos de todos los vuelos de machos analizados hemos realizado una estimación de la temperatura umbral de desarrollo para *P. citri*, buscando el valor de temperatura umbral que hace mínimas las diferencias entre las integrales térmicas obtenidas entre dos máximos consecutivos de capturas de machos. Al representar la variabilidad entre las integrales térmicas obtenidas de los datos de campo en todas las parcelas estudiadas (midiendo los grados-día entre vuelos de machos) en función de la temperatura umbral (Fig.2) vemos que el coeficiente de variación es mínimo para una temperatura de 8,3°C.

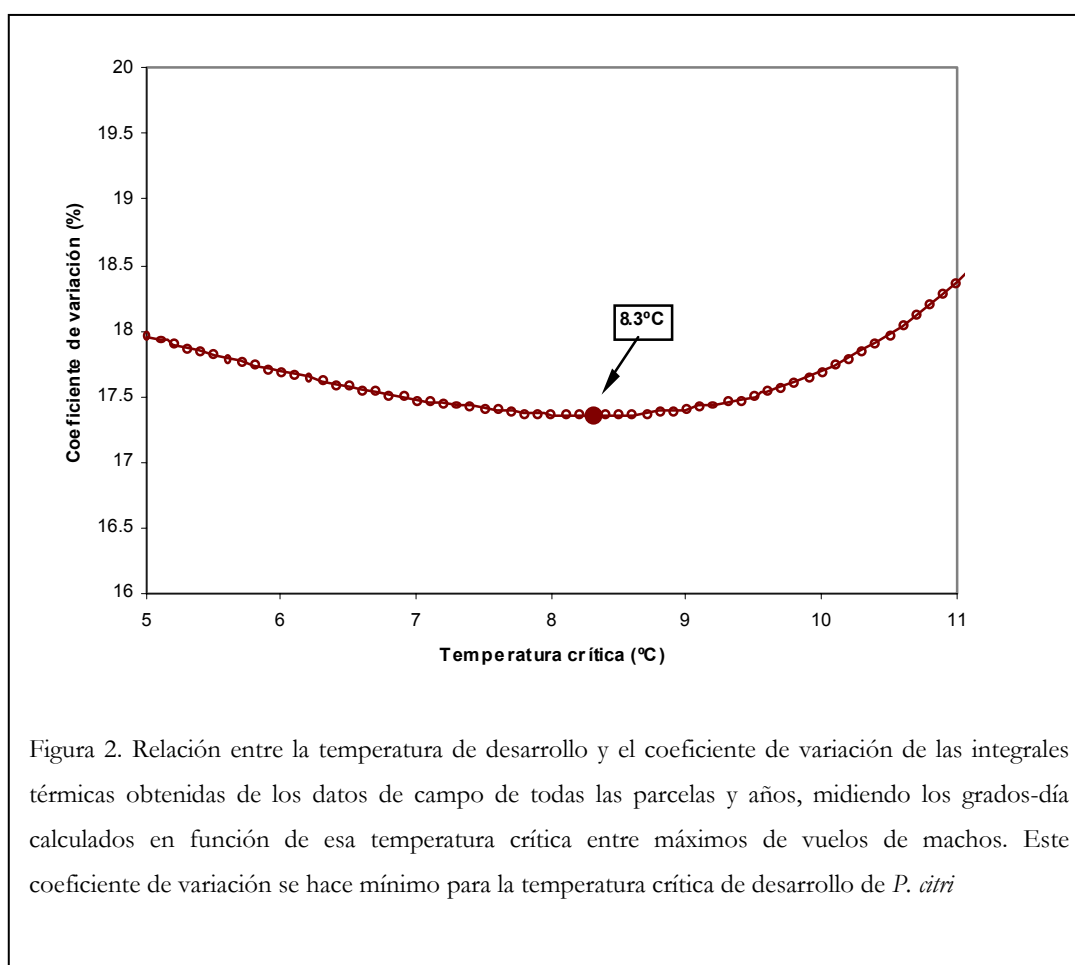
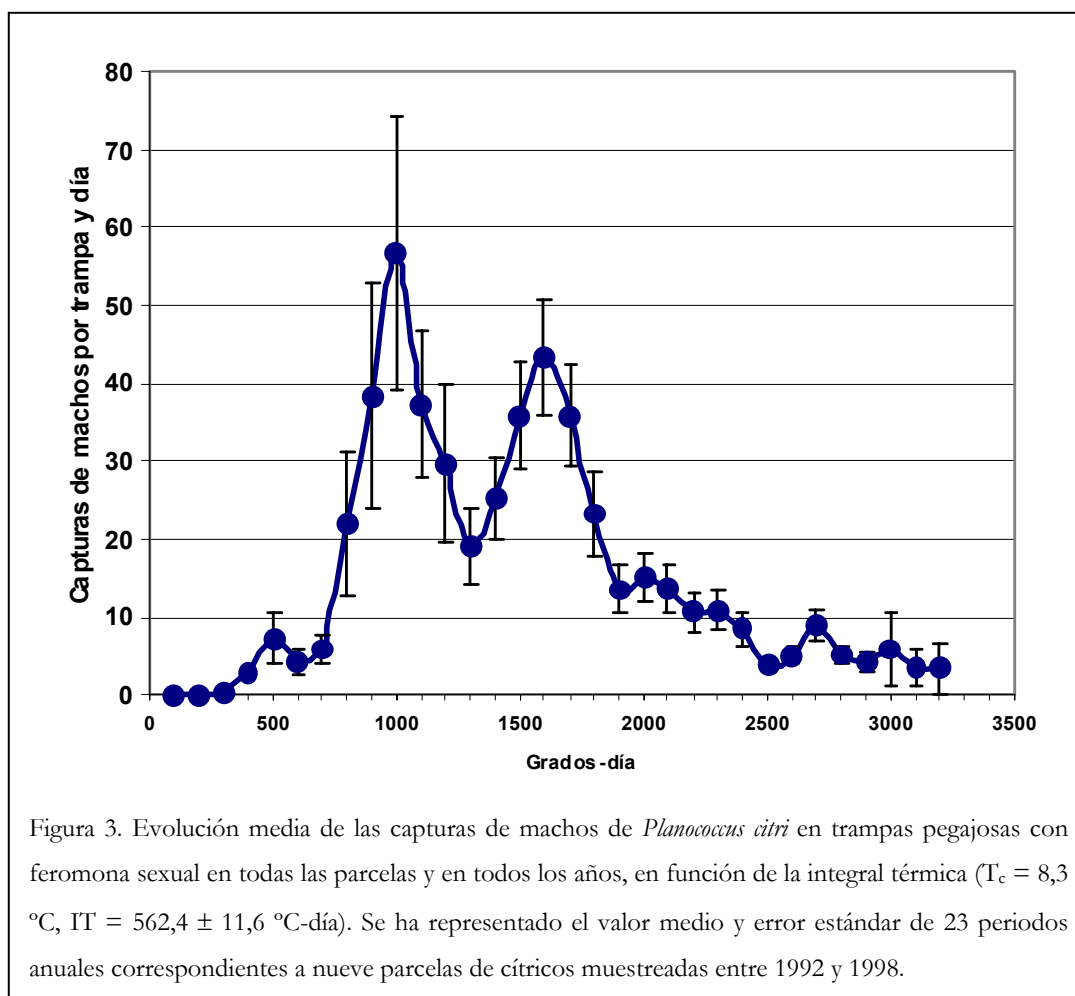


Figura 2. Relación entre la temperatura de desarrollo y el coeficiente de variación de las integrales térmicas obtenidas de los datos de campo de todas las parcelas y años, midiendo los grados-día calculados en función de esa temperatura crítica entre máximos de vuelos de machos. Este coeficiente de variación se hace mínimo para la temperatura crítica de desarrollo de *P. citri*

Tomando esta temperatura como umbral de desarrollo hemos calculado una integral térmica media de $562,4 \pm 11,6$ grados-día ($n=70$) entre máximos de vuelos de machos, que suponemos es la acumulación térmica necesaria para completar una generación en esta especie. Con dicha temperatura umbral hemos calculado las distancias medias en grados día en los cuatro intervalos existentes entre los cinco máximos de capturas de machos que se producen anualmente. El análisis estos datos pone de manifiesto que no existen diferencias significativas entre ellas ($F=1,43$; $df=3,62$; $P=0,2437$), lo cual implica que la integral térmica no varía entre las cinco generaciones que se producen anualmente y por tanto es aplicable a todas ellas. Al representar la evolución media de las capturas de machos en todas las parcelas y todos los años de muestreo en función de la integral térmica vemos que el primer máximo del vuelo de machos se produce aproximadamente a los 500°D desde el 1 de enero, mientras que los que mejor se observan son el segundo y el tercer máximo debido a que son los más abundantes (Fig. 3).



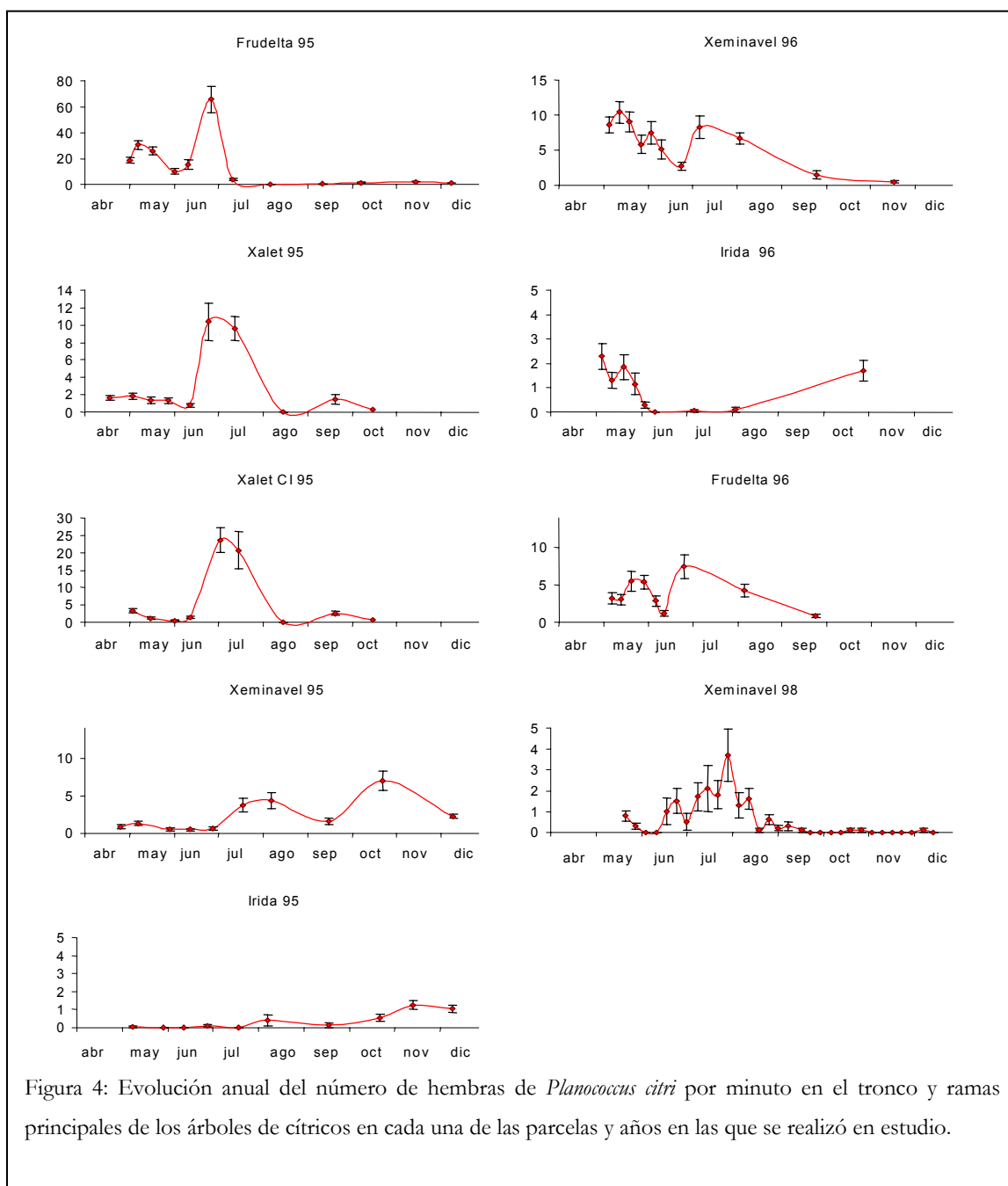
Los parámetros térmicos que hemos calculado son similares a los reportados por otros autores, que los obtienen generalmente de experiencias en laboratorio. Así, Bodenheimer (1951), en condiciones de laboratorio con insectos criados sobre tallo de patata, calculó la temperatura crítica de desarrollo de *P. citri* y la integral térmica, obteniendo los valores de 8,4 °C y 525 grados-día (desde huevo a oviposición) respectivamente. Avidov y Harpaz (1969) señalan que la temperatura umbral para el desarrollo de *P. citri* es de 8,2°C y que requiere una media de 698 grados-día para el desarrollo de una generación. Arai (1996) determinó la temperatura umbral de desarrollo del periodo larvario de las hembras (7,7°C) y del periodo de preoviposición (8,0°C) y para cada uno de estos periodos la integral térmica fue respectivamente de 401 y 378 grados-día.

1.2. Hembras en el tronco

En determinados momentos del año se observa un incremento de la población del cotonet en el tronco y ramas principales, compuesta fundamentalmente por hembras jóvenes y hembras con huevos. Estas hembras buscan un lugar para fijarse y realizar la puesta, y constituyen una fase importante de dispersión de la población.

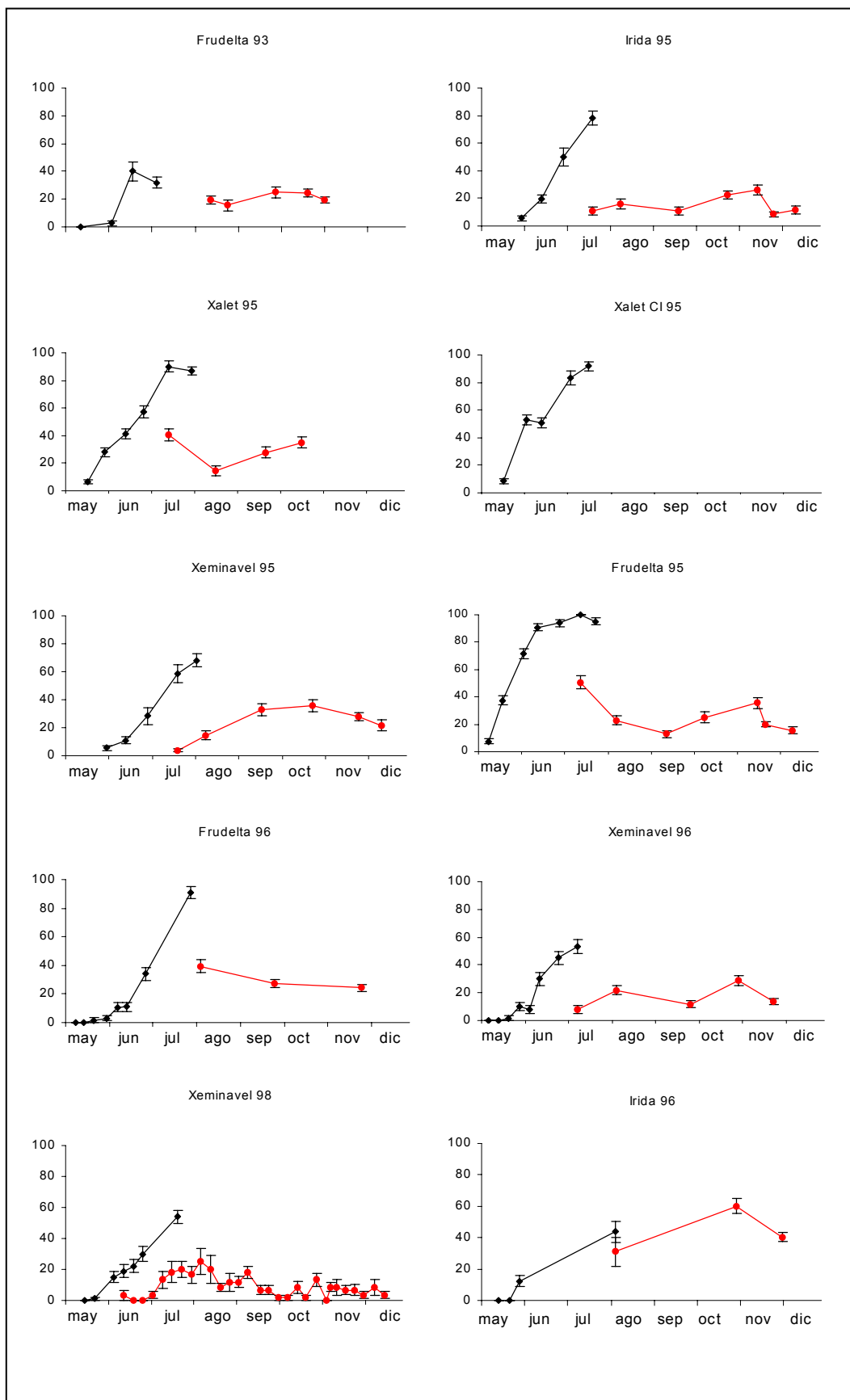
Las poblaciones de *P. citri* en el tronco muestran fluctuaciones importantes a lo largo del año y aumentan en los meses de mayo, finales de junio-primeros de julio, y agosto (Fig. 4). Estos incrementos de población de hembras en el tronco parecen coincidir con los vuelos de machos definidos anteriormente, correspondiéndose los máximos de hembras en el tronco con los máximos de los tres primeros vuelos. También en septiembre y noviembre se incrementan las hembras en el tronco, coincidiendo con los vuelos cuarto y quinto de machos, pero sólo en algunas de las parcelas estudiadas. En una parcela en que se ha muestreado más a menudo (Xeminavel 98) esta coincidencia de máximos de población es más patente, observándose los cinco máximos de población de hembras en el tronco, que se va incrementando de mayo a julio y de julio a agosto. A partir de aquí, la población disminuye en septiembre y casi desaparece en noviembre.

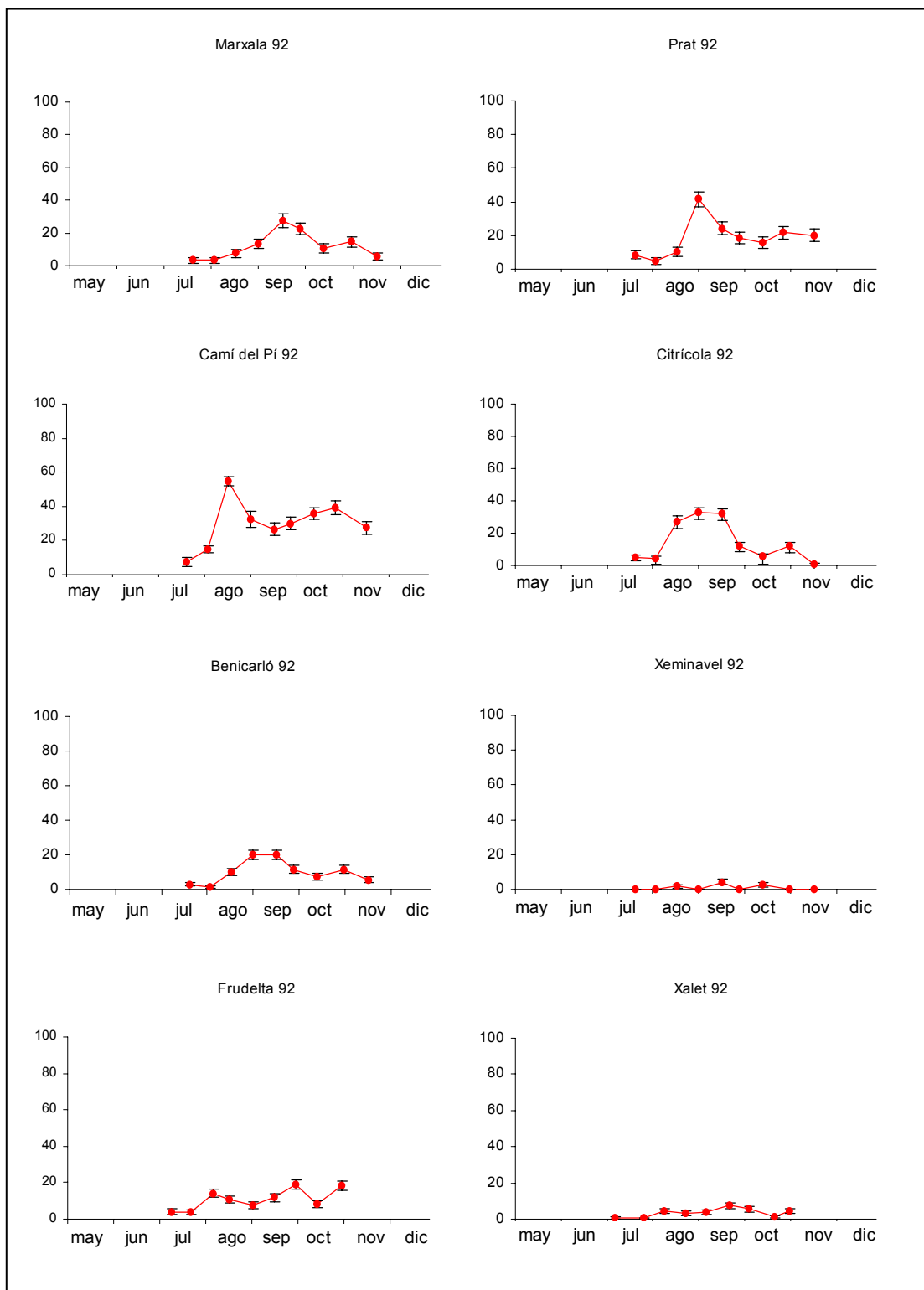
Otros autores han observado también estas migraciones o incrementos de las poblaciones de hembras de *P. citri* que se desplazan al tronco y se instalan en él para realizar la puesta, variando con la época del año y las condiciones climáticas. Así, Santorini (1977) señala que los individuos invernantes empiezan su actividad en mayo y esta primera generación se instala en el tronco. Franco (1992) también observó una migración de hembras al tronco en marzo, abril y en verano. Toledo (1965) dice que días con viento seco hacen que el cotonet en la vid abandone los órganos verdes y se traslade a la madera vieja, debajo de las cortezas, llegando incluso a descender hasta la parte enterrada de los troncos. Rotundo *et al.* (1979) describieron movimientos de hembras de *Pseudococcus calceolariae* en abril, desde el tronco hacia las ramas, hojas y frutos. Este movimiento lo observaron después de la oviposición después de cada generación, y posiblemente estos picos de dispersión estaban formados por hembras fertilizadas.



1.3. Evolución anual de las poblaciones en el fruto

Hemos seguido la evolución de la población de cotonet sobre el fruto desde que éste inicia su crecimiento en mayo hasta su cosecha en cada una de las parcelas muestreadas, representando por separado la presencia de *P. citri* bajo el cáliz y externamente sobre el fruto (Fig 5).





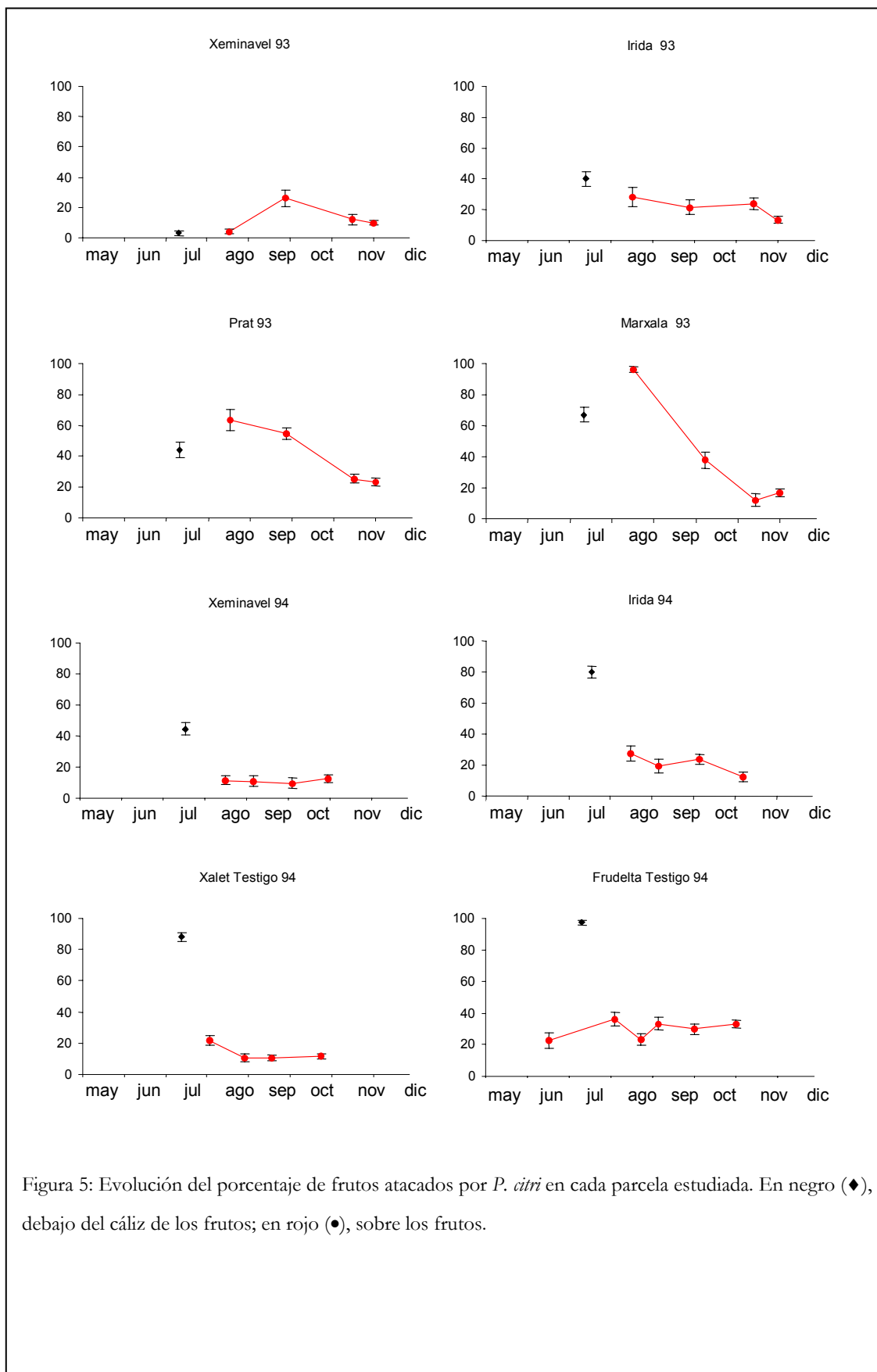


Figura 5: Evolución del porcentaje de frutos atacados por *P. citri* en cada parcela estudiada. En negro (◆), debajo del cáliz de los frutos; en rojo (●), sobre los frutos.

Desde la caída de pétalos de las flores en mayo hasta la caída fisiológica de frutitos de mediados de julio se produce una fuerte migración de larvas de *P. citri* desde todas las partes del árbol en donde se encuentra disperso hacia los frutos recién cuajados. Hasta julio no se suele ver *P. citri* a simple vista en el campo porque éste se encuentra refugiado bajo el cáliz de los frutos. Según Meyerdirk *et al.* (1981) el lugar óptimo para buscar *P. citri* en situaciones de infestación extremadamente baja es bajo el cáliz de los frutos. Berlinger y Gol'berg (1978) demostraron que en pomelo el cáliz es un hábitat ideal para *P. citri*, en donde está protegido de pesticidas y de enemigos naturales.

P. citri empieza a invadir el fruto a mediados de mayo, sobre frutitos recién cuajados, una vez ha terminado la caída de pétalos y de pistilos (Fig. 5). La fase de dispersión en esta época son las larvas de primera edad provenientes de la primera generación del año. En este momento más del 95% de los individuos presentes en el cáliz son larvas de primera edad (Tabla 5). A finales de mayo y principios de junio más del 88% de los individuos son larvas de primera y segunda edad, y empiezan a verse larvas de tercera edad y hembras jóvenes, aunque en porcentajes poco importantes. Es a mediados de junio cuando empezamos a ver alguna hembra con huevos y el porcentaje de larvas de tercera edad y hembras jóvenes representa alrededor de un 30% de la población. A mediados de julio empieza a incrementarse de nuevo la proporción de larvas de primera y segunda edad, provenientes de una nueva generación. Hasta este momento por tanto todos los individuos que se encuentran bajo el cáliz han llegado desde el exterior. Desde mayo hasta finales de junio el número de insectos por fruto se va incrementando de forma lineal y hasta mediados de julio este incremento es exponencial.

<i>Fecha</i>	<i>Total frutos examinados</i>	<i>Insectos por fruto</i>	<i>Porcentaje de insectos en los diferentes estados de desarrollo</i>				
			<i>Larva 1ª</i>	<i>Larva 2ª</i>	<i>Larva 3ª</i>	<i>Hembra joven</i>	<i>Hembra huevos</i>
8/5 - 20/5	1000	0,24	96,4 ± 1,4	1,5 ± 1,3	1,1 ± 0,9	1,1 ± 0,9	0,0 ± 0,0
21/5 – 5/6	1400	1,19	57,3 ± 8,3	31,5 ± 8,3	7,5 ± 3,8	3,8 ± 2,4	0,0 ± 0,0
7/6 – 15/6	1240	2,49	32,3 ± 5,6	36,0 ± 2,4	21,3 ± 2,9	10,3 ± 3,2	0,2 ± 0,1
20/6 – 29/6	920	3,19	37,7 ± 6,8	31,2 ± 6,3	18,4 ± 3,9	7,4 ± 2,3	5,3 ± 2,1
13/7 – 31/7	560	9,48	41,2 ± 6,1	35,2 ± 3,6	17,5 ± 3,7	3,8 ± 1,2	2,3 ± 1,1

Tabla 5. Media y error estandar del porcentaje de cada uno de los estados de desarrollo de *P. citri* debajo del cáliz de los frutos durante el proceso de invasión del cáliz de los frutos.

Para determinar la zona del cáliz en que se sitúa el cotonet analizamos los datos obtenidos de 2140 frutos, en los cuales se contabilizaron 2043 insectos. La mayoría (un 86,6%) se encontraban situados en la zona interior del cáliz, sobre los sépalos y del resto, un 8,0% sobre la superficie del fruto situada debajo del cáliz y un 5,4% sobre los sépalos, en la zona exterior del cáliz.

La invasión del fruto coincide por tanto con el mes de junio, e incluye parte del final del mes de mayo y buena parte del mes de julio. Durante estos dos meses el porcentaje de frutos ocupados por cotonet se va incrementando rápidamente, llegando en muchos de los casos a valores superiores al 80% a mediados de julio (Fig. 5). Como media de las parcelas examinadas en esta época, el porcentaje de cálices ocupados es del $72,0 \pm 5,8\%$. Este periodo de invasión coincide con el rápido crecimiento inicial del fruto y con la caída fisiológica de los frutitos, cuyo número en el árbol se ve reducido de manera importante (Fig. 6).

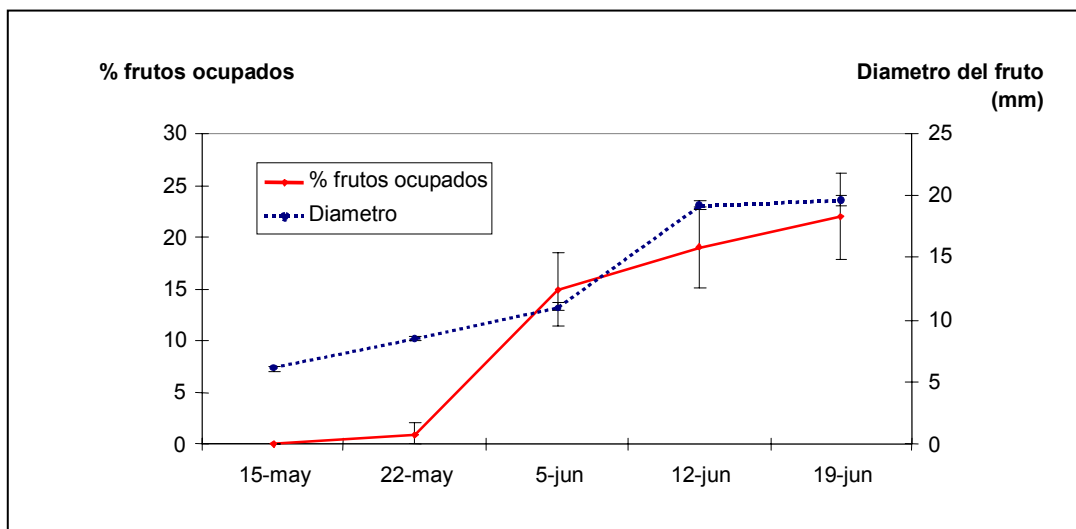


Figura 6: Evolución del porcentaje de frutos ocupados debajo del cáliz y del diámetro de los frutos en una parcela (Xeminavel 1998).

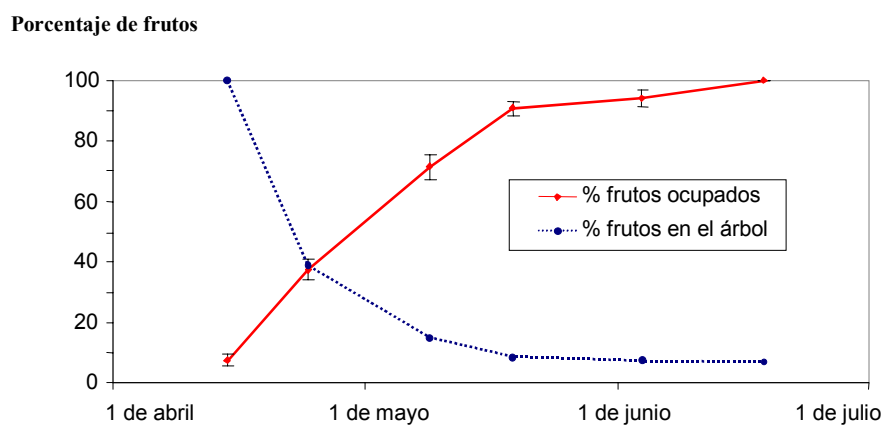


Figura 7: Evolución del porcentaje de frutos atacados debajo del cáliz y la caída fisiológica de frutos en una parcela (Frudelta Testigo 1995).

A medida que el porcentaje de frutos ocupados se incrementa, también la media del número de insectos por fruto ocupado se va incrementando, inicialmente porque los cálices ya ocupados van siendo invadidos por nuevos individuos que van llegando y al final, en julio, porque se inicia la reproducción de las hembras que se han desarrollado bajo el cáliz (Fig. 8).

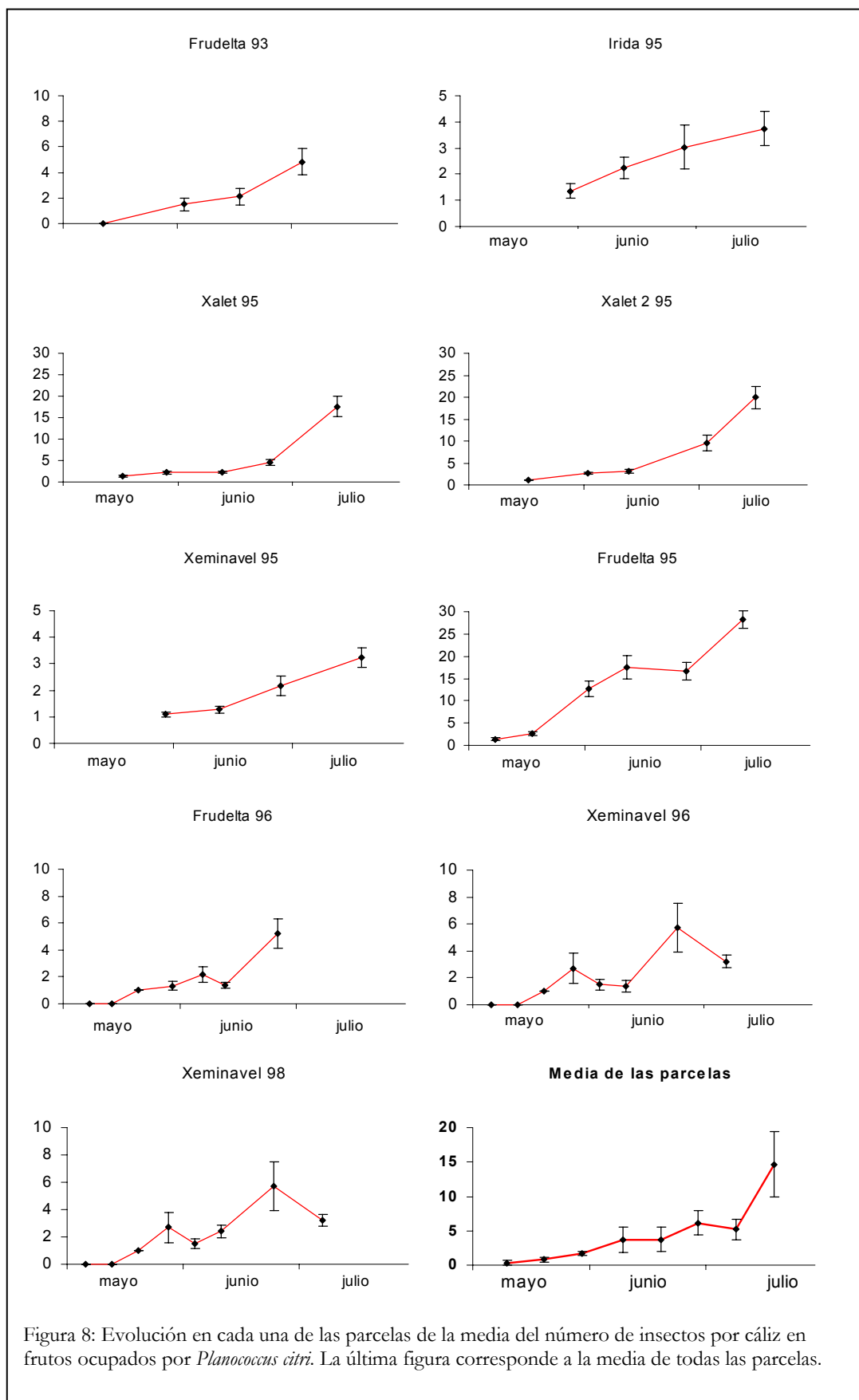
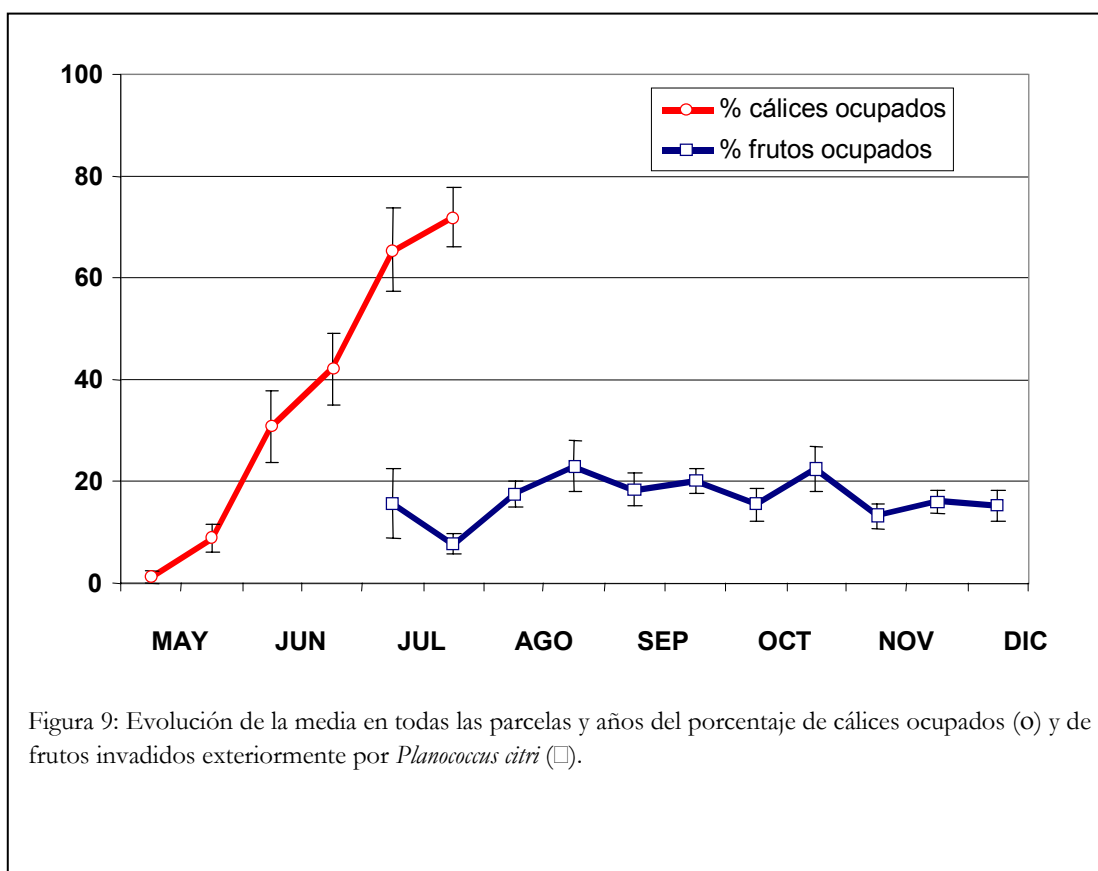


Figura 8: Evolución en cada una de las parcelas de la media del número de insectos por cáliz en frutos ocupados por *Planococcus citri*. La última figura corresponde a la media de todas las parcelas.

El proceso descrito se refiere a la invasión del cáliz y en la mayoría de los casos esa invasión no se aprecia al exterior. Cuando se observan los datos de porcentaje de frutos que externamente se ven ocupados en la segunda mitad del mes de julio en el campo, vemos que, en general, inicialmente son pocos los frutos en los que se detecta a simple vista la incipiente población de cotonet que se está desarrollando debajo del cáliz de los frutos. En ese momento se observa al exterior un porcentaje medio de $7,7 \pm 1,9$ frutos ocupados, cuando debajo del cáliz este porcentaje es mucho mayor (Fig. 9). Vemos que aunque el porcentaje de cálices invadidos presenta un incremento rápido en poco tiempo, y llega a valores medios próximos al 80%, la población exterior que se desarrolla a partir de estos cálices invadidos no presenta la misma pauta de crecimiento. En julio y agosto el porcentaje de frutos ocupados se incrementa en algunas parcelas, pero en general fluctúa y en muchos casos desciende a partir del mes de agosto (Fig. 5). Nunca se alcanza ni de lejos el porcentaje de frutos ocupados que cabría esperar si progresara la población de todos los cálices invadidos. Esto se ve con mayor claridad al representar la evolución del porcentaje de frutos invadidos de forma conjunta para todas las parcelas muestreadas (Fig. 9). Así, por ejemplo, a mediados de agosto en promedio de las 26 parcelas el porcentaje de frutos ocupados en campo es del $22,95 \pm 5,24\%$, y a mediados de septiembre el valor medio desciende levemente a $20,04 \pm 2,41\%$. En verano deben existir por tanto importantes factores que limitan el crecimiento de las poblaciones de *P. citri* sobre el fruto y evitan que se manifieste plenamente la elevadísima proporción de frutitos que se ven invadidos inicialmente bajo el cáliz.



Una prueba indirecta más de que el proceso que sigue la población a partir de julio, una vez se ha completado la invasión del cáliz, está afectado de forma muy importante por factores de mortalidad, la encontramos cuando relacionamos en cada parcela el porcentaje de frutos ocupados exteriormente a mediados de julio y el porcentaje de cálices invadidos (o el número de insectos por fruto invadido bajo el cáliz) también a mediados de julio (Fig. 10). En ese momento vemos que las parcelas en las que el cotonet es más frecuente o abundante bajo el cáliz son aquellas que muestran externamente más ataque.

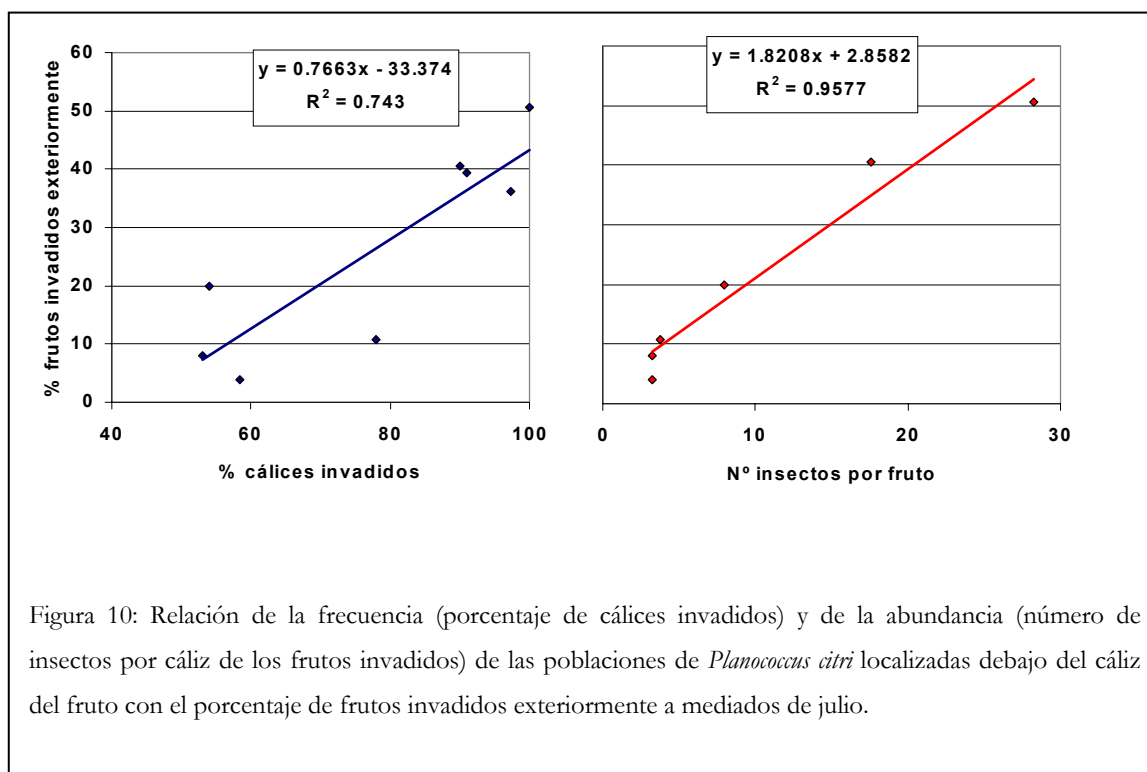


Figura 10: Relación de la frecuencia (porcentaje de cálices invadidos) y de la abundancia (número de insectos por cáliz de los frutos invadidos) de las poblaciones de *Planococcus citri* localizadas debajo del cáliz del fruto con el porcentaje de frutos invadidos exteriormente a mediados de julio.

Sin embargo, si tratamos de relacionar la invasión del fruto en el cáliz a mediados de julio con el porcentaje de frutos en que se observa invasión en el exterior durante los meses de septiembre y octubre, esta relación no existe (Fig. 11). Aunque en el conjunto de las parcelas el porcentaje de frutos ocupados externamente se mantiene relativamente constante desde julio hasta octubre (Fig. 9), en algunas parcelas este porcentaje se incrementa y en otras puede disminuir, de forma que cuando se acerca la cosecha en otoño las parcelas con más población de cotonet en esa época no tienen por qué ser aquellas que más población tenían en julio. En conclusión, parece que las poblaciones de cotonet que podamos encontrar hasta julio, bien debajo del cáliz, bien sobre el fruto, no son un buen indicador de si posteriormente en esa parcela va a haber ataque en octubre, ya que importantes factores de mortalidad, (presumiblemente enemigos naturales), van a condicionar la futura evolución de la población en los meses de agosto y septiembre. Por tanto los muestreos tempranos en junio y julio, y la definición de umbral económico de tratamiento para la aplicación de tratamientos con plaguicidas no sería adecuada en esta época si no se tiene en cuenta la población de

enemigos naturales. Sin embargo, sí son interesantes para tomar la decisión de realizar sueltas de insectos beneficiosos que controlen o refuercen el control natural del cotonet.

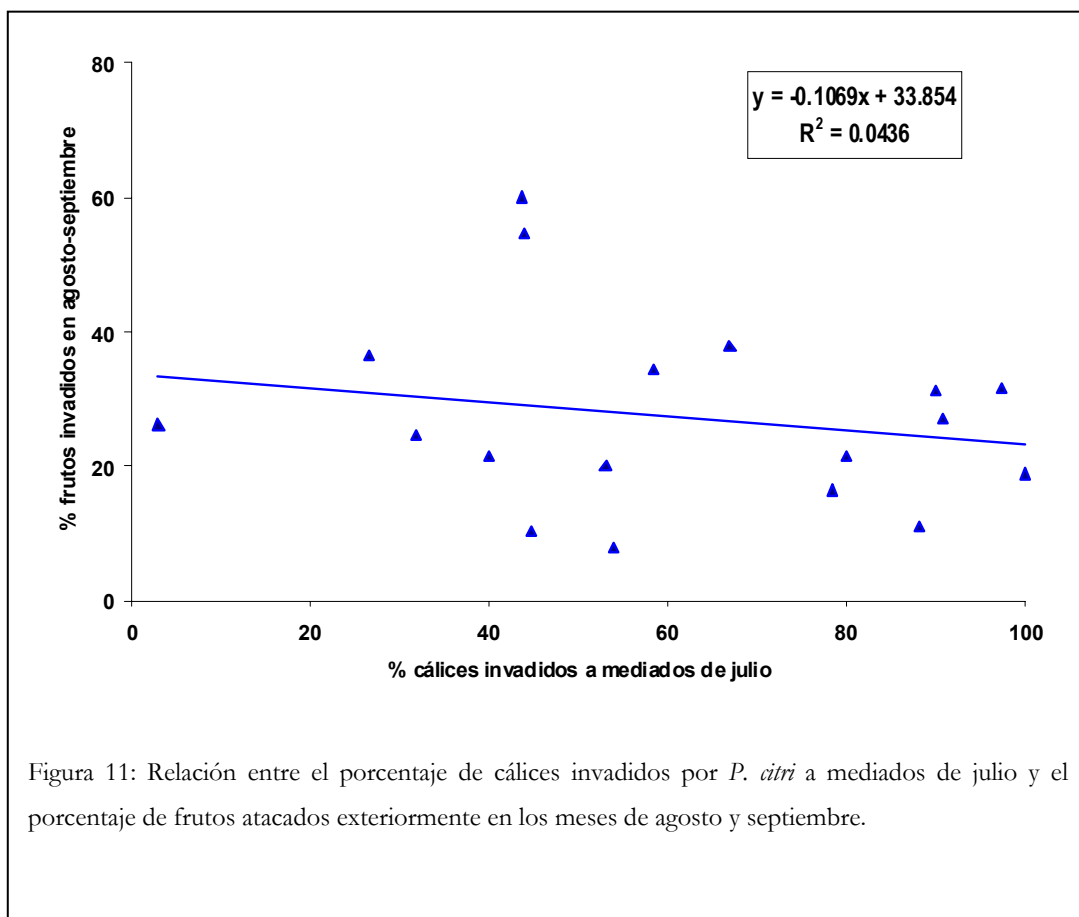


Figura 11: Relación entre el porcentaje de cálices invadidos por *P. citri* a mediados de julio y el porcentaje de frutos atacados exteriormente en los meses de agosto y septiembre.

1.4. Evolución interanual de las poblaciones de *P. citri* en el fruto

La parcela Frudelta (Fig. 12), hasta 1991 había sido tratada con plaguicidas para el control de las diferentes plagas del cultivo. En 1991 (año 1 sin tratamientos fitosanitarios) la parcela ya no recibió ningún tratamiento, y aún así la población de *P. citri* se mantuvo en unos niveles bajos durante todo el año, fluctuando entre el 5% y el 10% de frutos atacados, con una media del 7%. A partir este año la población de *P. citri* va incrementándose durante tres años consecutivos y el cuarto vuelve a descender. Así, en 1992 (año 2 sin tratamientos fitosanitarios) la población de *P. citri* fluctúa a lo largo del año entre un 4% y un 19% de frutos atacados, con una media del 10% de frutos atacados. En 1993 (año 3 sin tratamientos fitosanitarios) el incremento de la población es mayor, fluctuando a lo largo del año entre el 12% y el 24%, con una media de 18% de frutos atacados, y en 1994 (año 4 sin tratamientos fitosanitarios) se produce otro importante incremento de la población, fluctuando a lo largo del año entre el 22% y el 36%, con una media del 30% de frutos atacados. Esta tendencia se rompe el quinto año sin tratamientos fitosanitarios, 1995, en que la población de *P. citri* vuelve a bajar hasta alcanzar una media del 18%, fluctuando a lo largo del año entre el 11 y el 25%. En estos cinco años, la población más elevada encontrada fue del 36% de frutos atacados en el cuarto año.

La parcela Xalet (Fig. 12), hasta 1992 en que empezó nuestra experiencia, recibía tratamientos fitosanitarios para controlar las diferentes plagas del cultivo. A partir de este año, la población de *P. citri* evolucionó de forma natural hasta 1995. Durante el primer año sin tratamientos, 1992, la población de *P. citri* se mantuvo en niveles bajos, fluctuando a lo largo del año entre 0,4% y 5% de frutos atacados, con una media de un 3%. A partir de este año y en los sucesivos la población de *P. citri* fluctuó entre el 10% y el 30%. En 1993 (año 2 sin tratamientos fitosanitarios) la población media fue del 27% de frutos atacados, fluctuando entre el 20% y el 33%. En 1994 (año 3 sin tratamientos) la población disminuyó, alcanzando un valor medio de 13% de frutos atacados, fluctuando entre el 10 y el 20%. Y en 1995 (año 4 sin tratamientos) la

población se vuelve a incrementar con respecto al año anterior, hasta un valor medio del 26%, fluctuando entre el 13 y el 34%. En estos cuatro años de seguimiento de la parcela la población más alta de *P. citri* fue del 34% de frutos atacados, el cuarto año.

Al igual que en las otras dos parcelas, antes del año 1992 en que empezamos las experiencias en la parcela Xeminavel se realizaban tratamientos fitosanitarios para el control de las diferentes plagas de los cítricos (Fig. 12). Durante el primer año de la experiencia (1992), la población de *P. citri* fue muy baja, inferior al 4%, con una media del 0,9% de frutos atacados. Al año siguiente (1993), segundo año sin tratamientos químicos, la población se incrementa, alcanzando valores del 23% de frutos atacados, con una media anual del 14%. Al año siguiente (1994, año 3 sin tratamientos fitosanitarios), sin embargo, la población disminuyó ligeramente, con una población media del 11% de frutos atacados. En 1995 (año 4 sin tratamientos fitosanitarios) la población se vuelve a incrementar, con una media del 22% de frutos ocupados, oscilando entre el 4 y el 34%. Finalmente en 1996, correspondiente al quinto año sin tratamientos fitosanitarios, la población de *P. citri* vuelve a disminuir, con una media anual del 11% de frutos atacados, y con una población fluctuando entre el 4% y el 28% de frutos atacados. La mayor población en esta parcela se observó durante el cuarto año.

La parcela Irida (Fig. 12) estaba casi abandonada, por lo que no estuvo recibiendo tratamientos fitosanitarios durante varios años antes de iniciar la experiencia. Durante el primer año (1993) del seguimiento de *P. citri* en esta parcela sus poblaciones fueron elevadas, oscilando entre el 17% y el 25% de frutos atacados, con una media anual del 21% de frutos atacados. Al año siguiente, 1994, el ataque se mantuvo, con una media del 22% de frutos atacados, fluctuando entre el 13% y el 28%. En 1995 la población disminuye, hasta un 14% de frutos atacados de media, oscilando entre el 9% y el 26%. Finalmente, en 1996 la población se vuelve a incrementar hasta un 20% de frutos atacados de media, oscilando entre el 17% y el 40%. La mayor población también se observó el cuarto año.

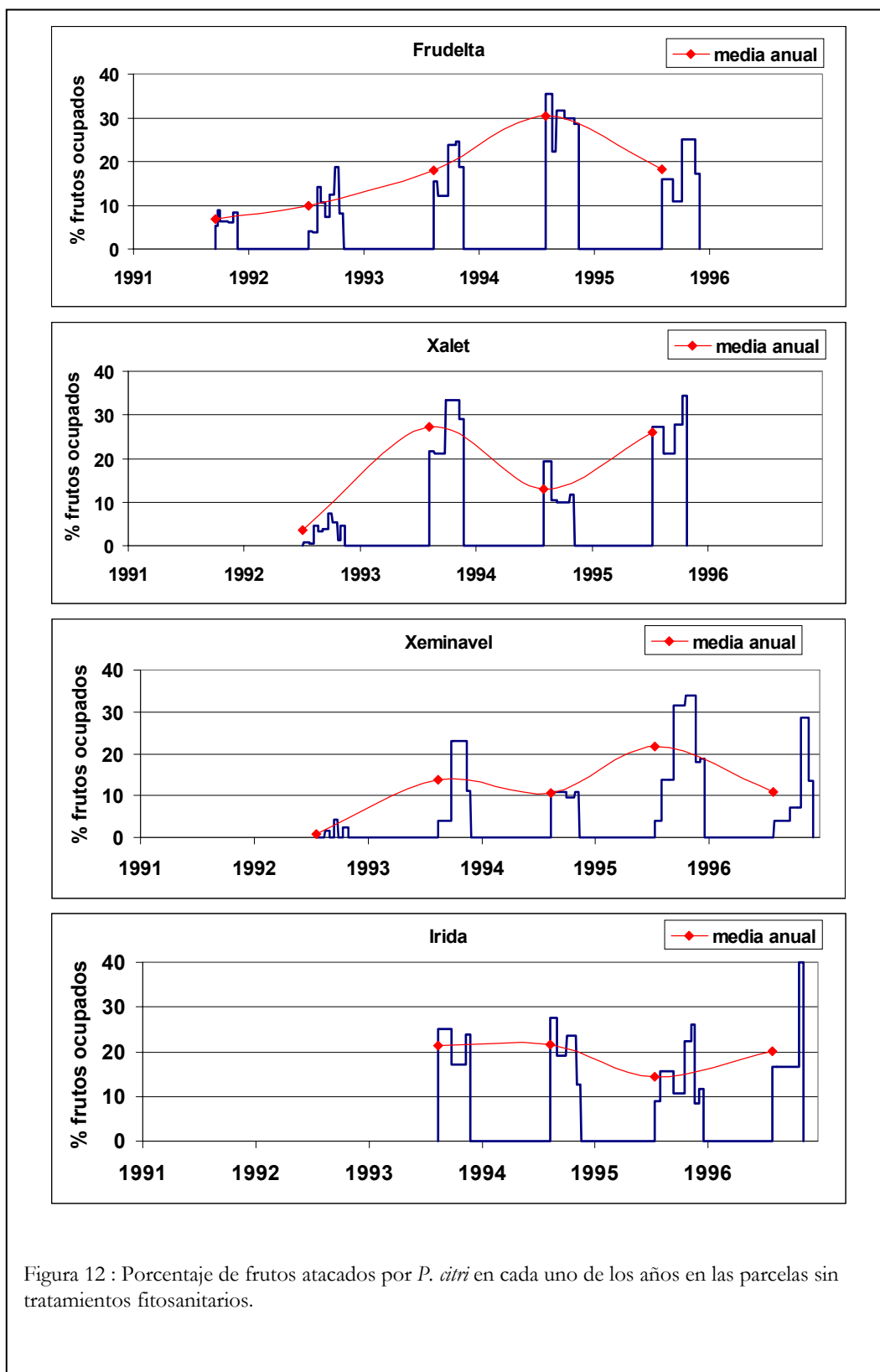
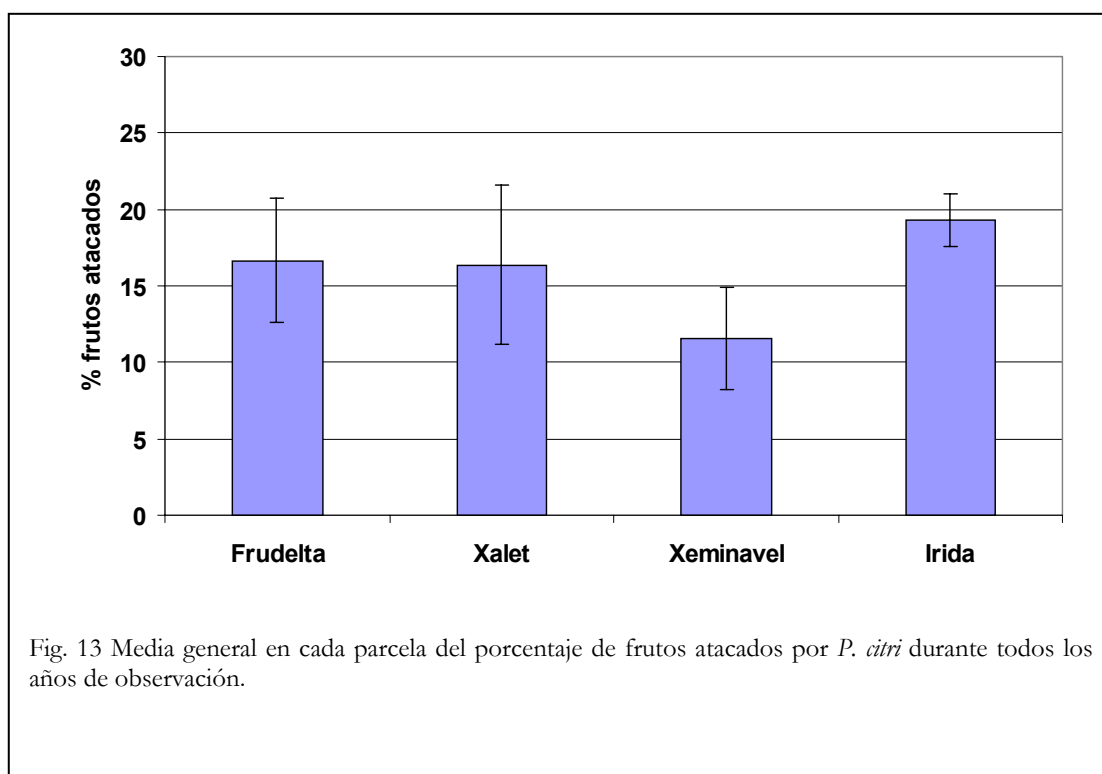


Figura 12 : Porcentaje de frutos atacados por *P. citri* en cada uno de los años en las parcelas sin tratamientos fitosanitarios.

Si representamos la media de todos los años del porcentaje de frutos atacados por *P. citri* para cada una de las parcelas (Fig. 13) vemos que ésta fluctúa entre el 12% y el 19%.

Cuando representamos la media para el conjunto de las cuatro parcelas de población de *P. citri* en función del número de años sin tratamientos vemos que el primer año sin tratamiento la media poblacional es de 4% de frutos atacados, y que del segundo al quinto año, la media de la población oscila entre el 16% y el 22% sin mostrar una tendencia definida al incremento o descenso (Fig. 14).



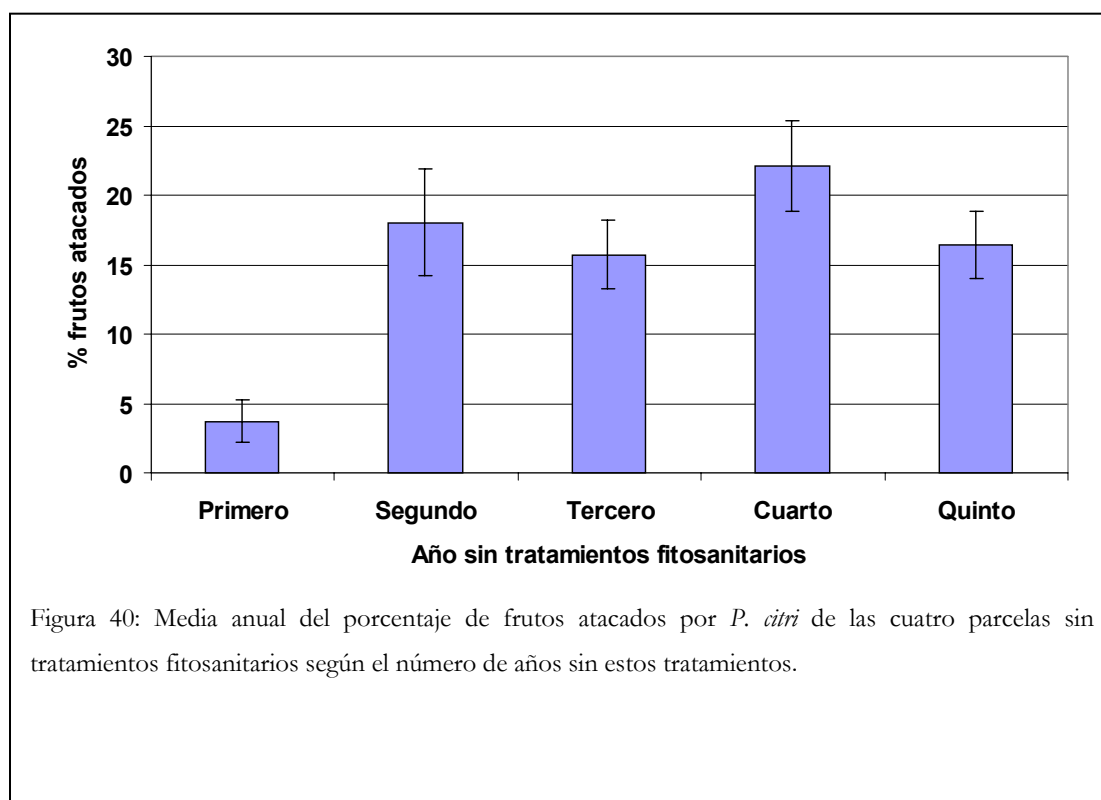


Figura 40: Media anual del porcentaje de frutos atacados por *P. citri* de las cuatro parcelas sin tratamientos fitosanitarios según el número de años sin estos tratamientos.

DISCUSIÓN

En tres de las cuatro parcelas estudiadas, Frudelta, Xalet y Xeminavel, se realizaban tratamientos fitosanitarios normalmente para el control de las plagas antes de iniciar nuestras experiencias. En las tres parcelas vemos que el primer año en el que no se realizó ningún tratamiento con pesticidas la población de *P. citri* se mantuvo por debajo de niveles perjudiciales, inferiores en todos los casos al 10% de frutos atacados. Parece pues que a la población de *P. citri* le cuesta recuperarse de los tratamientos con pesticidas, y en un año no alcanza valores que justifiquen tratamientos, por lo que no sería necesario controlar esta plaga todos los años con pesticidas.

La parcela Irida se encontraba semiabandonada cuando iniciamos las experiencias de *P. citri*. Aunque la población también fluctuó a lo largo de los años de la experiencia, creciendo un año y decreciendo el siguiente, el primer año de observación

los niveles de *P. citri* eran más elevados que en el resto de las parcelas, y en este caso, el último año se llegó a alcanzar una población del 40% de frutos atacados en un muestreo.

En todos los casos hemos visto que la población fluctúa durante el año y también durante los años sucesivos sin tratamientos, de manera que en general, inicialmente las poblaciones aumentan y pueden hacerlo durante dos a cuatro años, y al final llegan a estabilizarse e incluso a descender. A partir del segundo año sin tratamientos, las poblaciones se mantienen en valores relativamente similares, entre el 10% y el 30% de frutos ocupados. Estos valores no son muy elevados, e indican que existe un factor que detiene de forma natural el crecimiento de la población, que podría ser el control biológico. Entre el segundo y el quinto año sin tratamientos fitosanitarios parece que no existen grandes diferencias en la población de *P. citri*, y por tanto, este intervalo de población, entre el 10% y el 30% de frutos atacados puede representar el nivel que mantiene el control biológico natural, en la época y zonas de estudio.

Hemos comprobado pues que en las cuatro parcelas la población de *P. citri* se comporta de manera similar, ya que si bien existen ciertas diferencias en la evolución, la media poblacional del periodo en estudio ofrece valores muy similares.

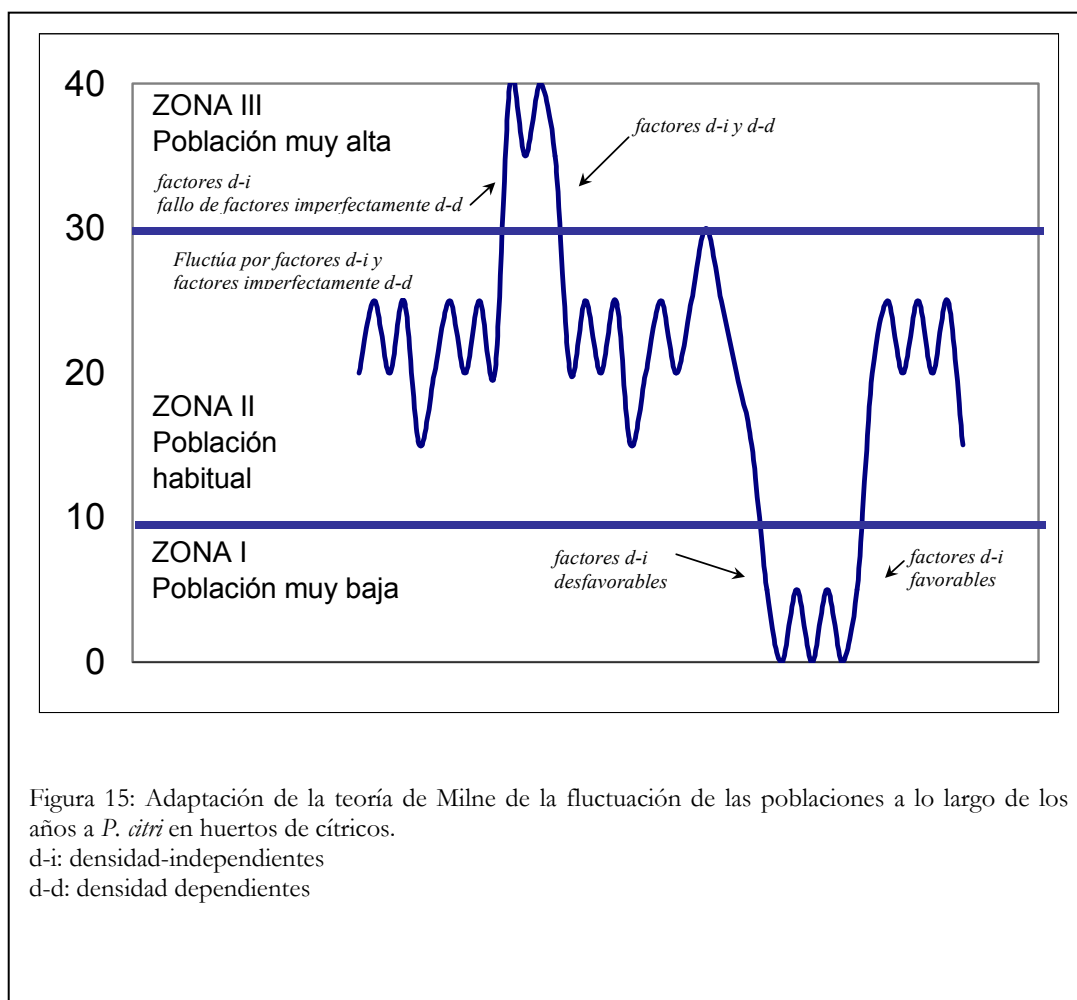
Consideramos que estos resultados son bastante generalizables en el caso de interrumpir los tratamientos fitosanitarios en una parcela, ya que existen pocas diferencias entre años y parcelas.

Milne (1959) propone una teoría para explicar la regulación natural de las poblaciones de los insectos, basada en los tres tipos de factores naturales que limitan las poblaciones: factores perfectamente densidad dependientes, factores imperfectamente densidad dependientes y factores densidad independientes. El primero sería aquel que nunca falla en el control de la población cuando ésta crece, reduciendo la población cuando esta es muy elevada y en crecimiento, y reduciendo su presión cuando la población es baja y está decreciendo. Este factor es la competencia intraespecífica. En el segundo grupo se incluye a aquel factor que funciona igual que el primero pero que

alguna vez falla en la limitación del número de individuos. Aquí se incluyen factores tales como depredadores, parasitoides y microorganismos patógenos que causan la muerte de los insectos. El impacto de los factores densidad independientes sobre una población de insectos no varía con su densidad. Dentro de estos factores se incluyen la lluvia, la temperatura y la humedad relativa.

Milne describe la población de un insecto fluctuando en tres zonas. La zona I es una zona con niveles poblacionales muy bajos, procedente de la zona II, debido a la inusual ocurrencia de factores densidad independientes desfavorables. Cuando estos factores desaparecen la población vuelve a la zona II, nivel habitual de la población, que fluctúa dentro de esta zona durante largos periodos de tiempo. Los cambios numéricos en esta zona resultan de la acción combinada de factores perfecta e imperfectamente densidad dependientes. Si el clima fuera favorable (factor densidad independiente) y los factores imperfectamente densidad dependientes fallan, la población pasaría a la zona III, nivel de elevada población inusual. En esta zona la competencia intraespecífica actuaría limitando el número de individuos y forzando a la población a pasar a la zona II.

En el caso de *P. citri* según nuestras observaciones, esta teoría podría aplicarse perfectamente (Fig 15), ya que hemos visto que tras actuar un factor densidad independiente, como es la aplicación de pesticidas, la población se mantiene en niveles muy bajos, inferiores siempre al 10% de frutos atacados. En general, la población habitual de *P. citri* se encuentra a niveles entre un 10% y un 30% de frutos ocupados, fluctuando en este intervalo por la acción de las condiciones ambientales y de los depredadores y parasitoides. Siempre que la población superó el 30% de frutos atacados, al año siguiente la población bajó de nuevo. Sólo en un caso el porcentaje de frutos atacados llegó al 40% en un muestreo.



1.5. Efectos de la estrategia de manejo de las plagas de los cítricos en la población de *Planococcus citri*

El control de las plagas de los cítricos se ha realizado tradicionalmente mediante la utilización de productos químicos de síntesis. Desde hace ya algunos años se habla del Control Integrado de las Plagas (CIP), en el que ya no se hace un uso

indiscriminado de estos productos químicos para combatir a las plagas sino que, además de utilizarlos de manera razonada, se utilizan otros medios de control, como son los aceites minerales y el control biológico (Katsoyannos, 1996). La lucha contra las plagas ha ido evolucionando cumpliendo varias etapas que la IOBC (International Organisation for Biological and Integrated Control) esquematizó en 1977 de la siguiente manera: 1) lucha química a ciegas, en la que se usan los productos fitosanitarios siguiendo un calendario de tratamientos y seleccionados según su eficacia. 2) lucha química aconsejada, en la que los productos fitosanitarios, por lo general poco selectivos, se aplican según un sistema de avisos dirigidos a toda una zona. 3) lucha dirigida, donde se introduce el concepto de umbral de tolerancia y se pretende usar productos que respeten los insectos útiles existente. 4) lucha integrada, en la que se recogen los principios anteriores y se hace especial hincapié en integrar todos los métodos de control, tales como los biológicos, biotécnicos y culturales, reduciendo al máximo la lucha química. Así mismo, en 1993 esta misma institución publicó las normas para realizar Producción Integrada, en la que se tienen en cuenta una visión holística de las prácticas de cultivo (IOBC/WPRS, 1993).

Este tipo de control integrado se ha reflejado en los numerosos programas de CIP que se han desarrollado, tanto en España como en todo el mundo cítrico. Actualmente existen en España cuatro normativas de Producción Integrada de Cítricos, pertenecientes a Cataluña, Comunidad Valenciana, Andalucía y Murcia, en las que se contempla la metodología para realizar una Lucha Integrada de las plagas de los cítricos (DOGC, junio de 1995, DOGV, agosto de 1997, BORM, julio de 1998, BOJA, octubre de 1998).

Se exponen aquí los resultados del seguimiento durante 5 años de la evolución de la población de *P. citri* en dos fincas, divididas cada una en cuatro parcelas. En cada parcela se ha realizado una estrategia de manejo de las plagas, diferente, desde un control químico hasta diversos tipos de control integrado, y se han comparado las estrategias para ver su influencia sobre el nivel poblacional de *P. citri*.

Queremos hacer hincapié en que en esta experiencia no se ha pretendido hacer un estudio para evaluar la eficacia de productos concretos utilizados sobre las plagas de forma exhaustiva, ya que no se ha planteado en ningún momento un diseño estadístico con diferentes tratamientos y repeticiones. Lo que hemos querido estudiar ha sido la evolución de las poblaciones de *P. citri* en el ámbito de la parcela bajo diferentes estrategias de control de plagas, en parcelas comerciales grandes, aplicando los productos con la maquinaria habitual, y a lo largo de varios años seguidos.

En la parcela Frudelta Control Químico I (Fig. 16) la población se mantiene baja en los dos primeros años (0% en 1991 y 2% en 1992 de media anual), en los que se aplican dos fosforados, uno en primavera (clorpirifos) y otro en otoño (diazinón) el primer año, y metidati3n, que se aplic3 en la primavera del segundo a3o. En los tres a3os siguientes la poblaci3n de *P. citri* se dispar3, alcanzando un nivel m3ximo del 56% de frutos atacados en 1995. En estos tres a3os se ha aplic3 de forma consecutiva Piriproxifen en primavera. En 1993 la poblaci3n de *P. citri* era similar a la de la parcela testigo, con un ataque medio anual de 14% de frutos ocupados. En 1994 la poblaci3n se increment3, al igual que en la parcela testigo, oscilando durante el a3o entre valores de 16% y 38%, con una media de del 28%. Sin embargo en 1995, mientras que en la parcela testigo la poblaci3n de *P. citri* se redujo de forma natural, en esta parcela se alcanzan valores de un 56% de frutos ocupados, m3s del doble que la poblaci3n del testigo sin tratar, con una media anual de 28%.

En la parcela Frudelta Control Químico II (Fig. 16), los tres primeros a3os la poblaci3n de *P. citri* ha permanecido pr3cticamente nula. En 1991 la poblaci3n media anual fue de 0% de frutos ocupados, en 1992 de 0,2% de frutos ocupados y en 1993 de 0,6% frutos ocupados. En estos a3os la parcela recib3 dos tratamientos químicos por a3o: diferentes fosforados y carbamatos en primavera (clorpirifos, quinalfos, carbaril) y en verano fosforados (quinalfos, malati3n, metidati3n) y aceite mineral. En 1994 la poblaci3n se eleva al 10% de media anual, despu3s de haber aplicado metidati3n y aceite mineral en marzo, alcanzando un m3ximo de 20%. Este tratamiento no solo no control3 suficientemente la plaga sino que adem3s parece que afect3 a la fauna auxiliar, ya que como se vio en la parcela testigo, si despu3s de un a3o de tratamientos no se

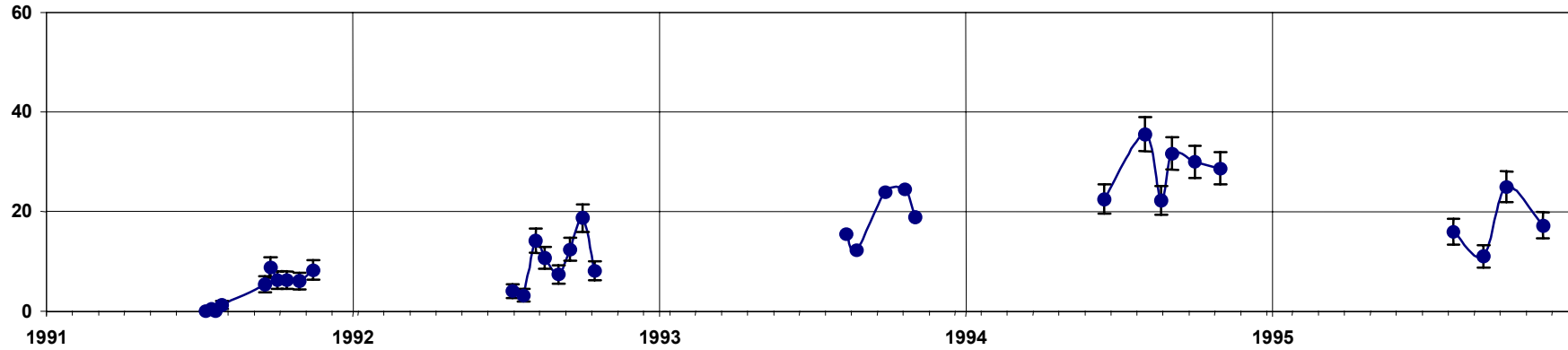
realiza ninguna intervención la población se mantiene baja. Si comparamos con la parcela testigo este año es el que presenta una mayor población de los cinco años, alcanzando en la parcela testigo un 36% de frutos ocupados.

Tres aplicaciones de aceite mineral a la dosis de 0,5% en verano, con cadencia quincenal, sólo consiguieron al año siguiente mantener la población en niveles similares al año anterior en cuanto a porcentaje de frutos ocupados, con media anual de 10%. En esta parcela se llegó a un 18% de frutos ocupados, ligeramente inferior al máximo alcanzado ese año en la parcela testigo, que fue del 25% de frutos ocupados.

En la parcela Frudelta Control Integrado (Fig. 16) se combinaron fundamentalmente aceites minerales, *Cryptolaemus montrouzieri*, *Leptomastix dactylopii*, y piriproxifen, y también un año un fosforado (quinalfos). La tendencia seguida por la población de *P. citri* a lo largo de los años de estudio fue similar a la seguida en la parcela testigo sin tratar. El primer año (1991), que se liberaron en verano 10 *L. dactylopii* por árbol y 4 *C. montrouzieri* por árbol, y en verano se aplicó aceite mineral, la población se mantuvo en niveles muy bajos (2% de frutos atacados de media). El año siguiente (1992) se aplicó quinalfos en primavera y aceite mineral en agosto, junto con la liberación de 10 *L. dactylopii* por árbol. Si bien la población se incrementó (6% de media), se mantuvo en niveles aceptables. En 1993 se realizó una aplicación de piriproxifen con aceite mineral en marzo, y en agosto se liberaron 3 *C. montrouzieri* por árbol. La población media en este año fue del 19%, similar a la que presentó el testigo ese año. El año siguiente (1994) se aplicó solamente piriproxifen con aceite mineral en marzo y la población se incrementó hasta un máximo del 36% de frutos atacados en octubre, con una media del año de un 28% de frutos atacados. Sin embargo este incremento fue similar al que se produjo en el testigo sin tratar. El año siguiente (1995) se liberaron 3 *C. montrouzieri* por árbol y 4 *L. dactylopii* por árbol en primavera y 5 *L. dactylopii* por árbol en verano, que consiguieron bajar algo la población con respecto al año anterior y con una media de ataque del 19%.

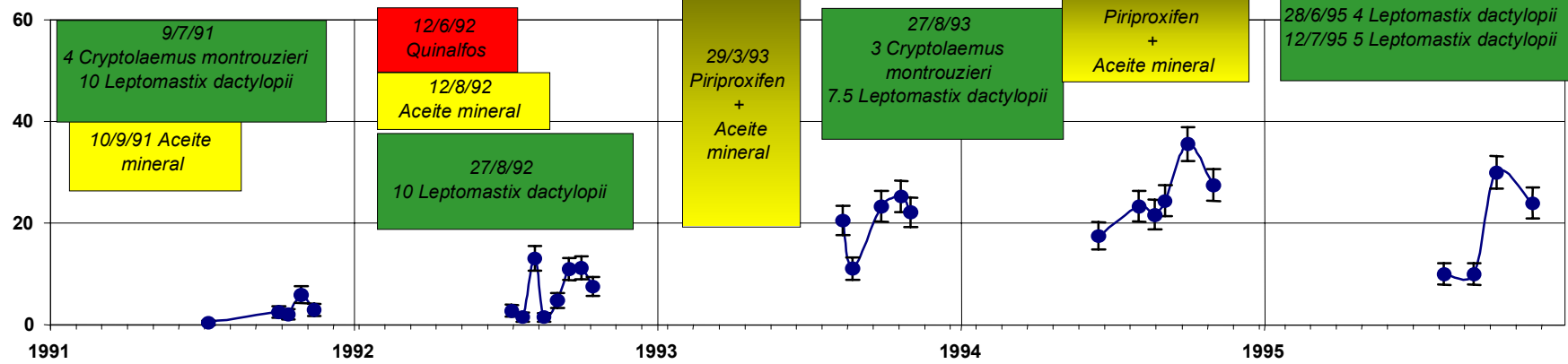
Porcentaje de frutos ocupados

Frudelta Testigo



Porcentaje de frutos ocupados

Frudelta Control Integrado



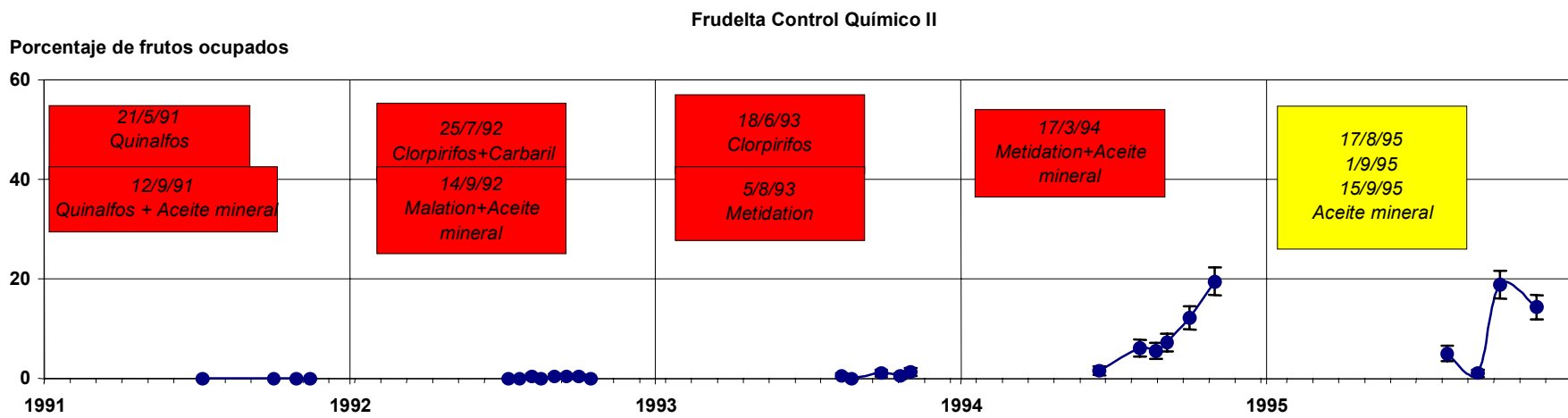
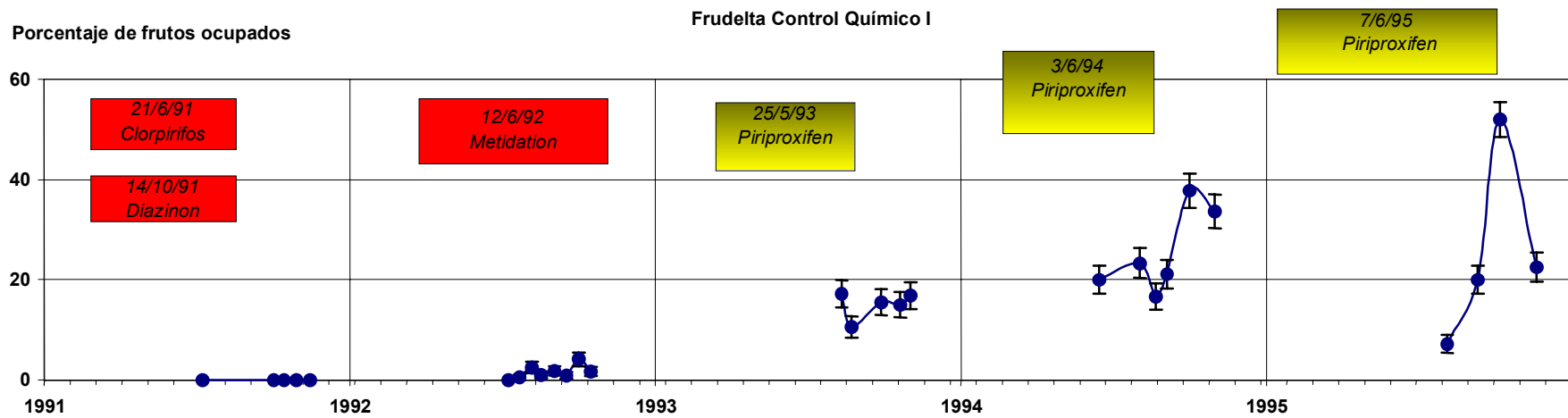
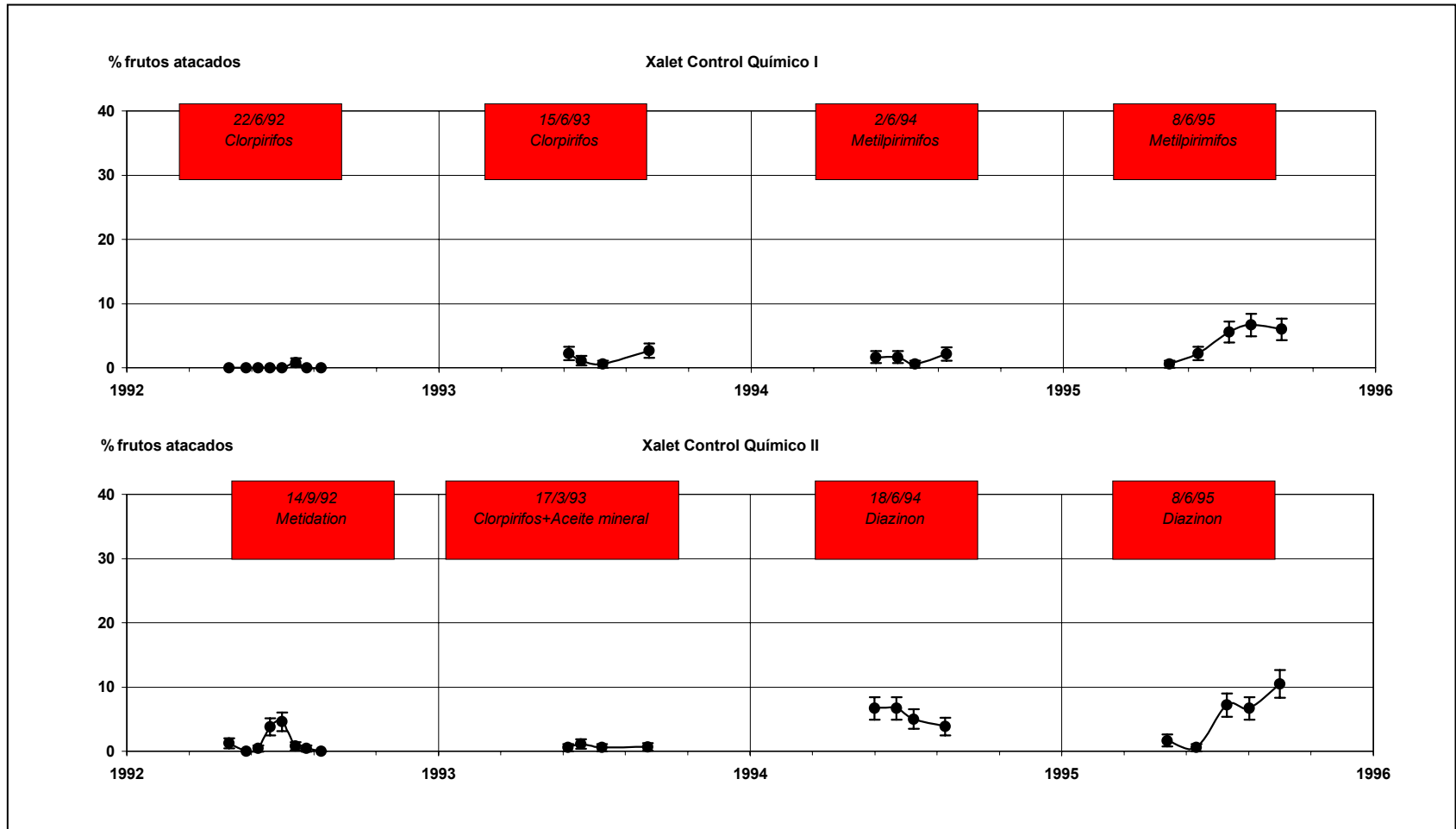


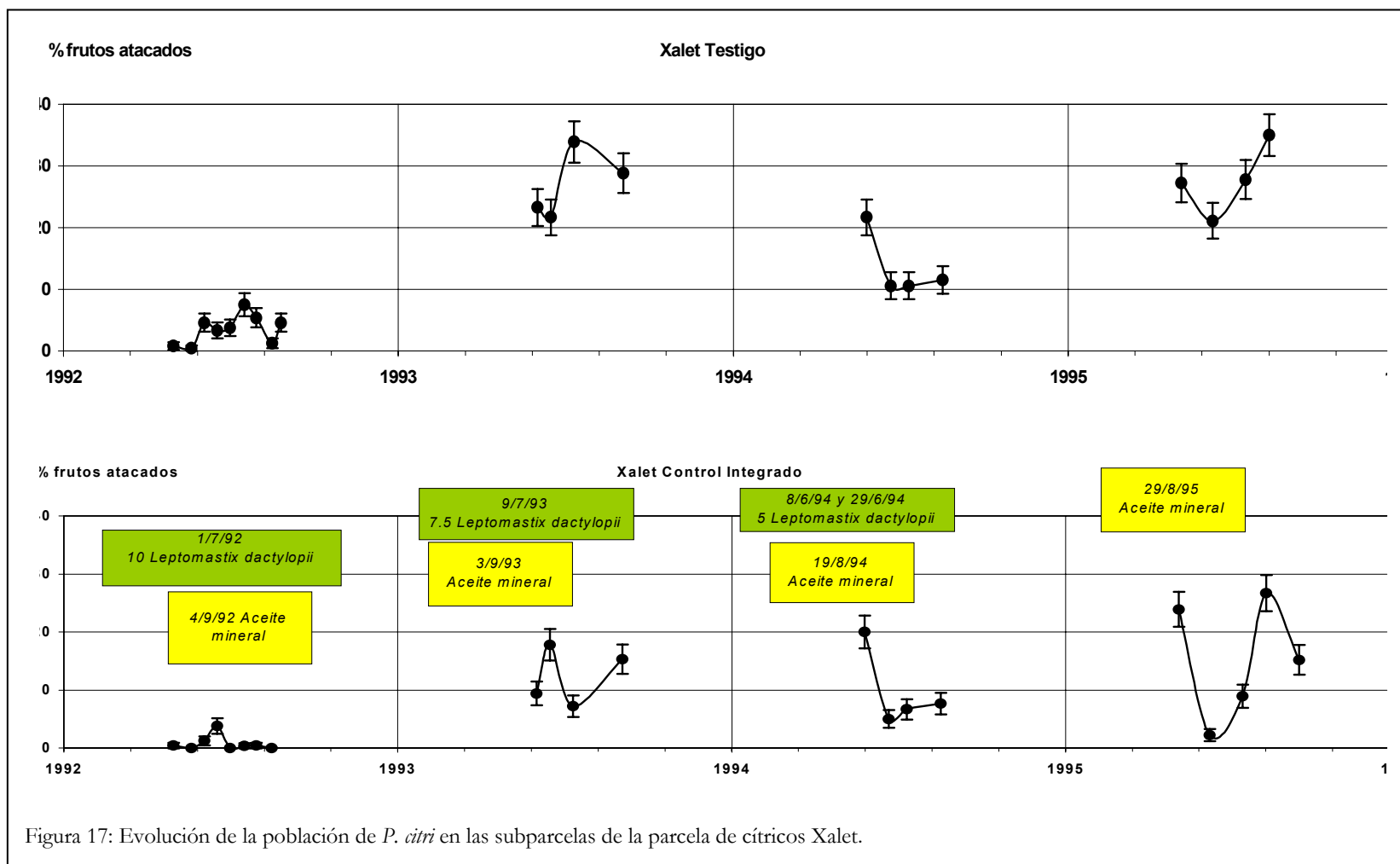
Figura 16. Evolución de la población de *P. citri* en las diferentes subparcelas de la parcela de cítricos Frudelta.

En la parcela Xalet Control Químico I (Fig. 17) se aplicaron durante cuatro años consecutivos un fosforado en primavera, clorpirifos los dos primeros años y metilpirimifos los dos últimos. En todos los casos la eficacia fue muy buena, ya que la población de *P. citri* media fue en los cuatro años respectivamente de 0,1%, 1%, 1% y 4%.

En la parcela Xalet Control Químico II (Fig. 17), se realizó una sola aplicación al año con varios fosforados y aceite mineral en varias épocas del año. El primer año, 1992, se partía de una baja población, y la aplicación de metidatió en septiembre controló la población de *P. citri*, con una media anual de 2% de frutos atacados en marzo. El año siguiente (1993) se realizó una aplicación de clorpirifos con aceite mineral y conseguimos mantener durante todo el año el nivel poblacional de *P. citri* en una media menor del 1% de frutos atacados, resultado muy bueno si lo comparamos con la población en el testigo sin tratar ese año. En los dos años siguientes se aplicó diazinón en primavera, con resultados aceptables, subiendo la población a casi el 6% de frutos atacados (6% y 5% respectivamente).

En la parcela Xalet Control Integrado (Fig. 17) sólo se utilizaron aceites minerales insecticidas y el parasitoide *L. dactylopii* durante los cuatro años de seguimiento. En general, esta combinación dio solamente resultados medios, pero manteniendo las poblaciones por debajo de las que existirían de forma natural. En los años en que la población se incrementó de forma natural (1993 y 1995) con valores medios anuales de 27% y 26% en la parcela testigo, esta estrategia mantuvo la población media anual alrededor del 10-15% de frutos ocupados.





DISCUSIÓN

La aplicación reiterada de piriproxifen en primavera no sólo no controló la población de *P. citri* sino que además hizo que esta población proliferara a niveles poblacionales muy por encima de los árboles testigo sin tratar. Según varios autores (Tormos, 1996, Garrido, 1999, Llorens *et al.*, 2000) este compuesto afecta negativamente a la fertilidad de *C. montrouzieri*.

Los organofosforados aplicados en primavera controlaron satisfactoriamente la población de *P. citri*, manteniéndola en niveles muy bajos. Por lo tanto, son innecesarias dos aplicaciones con organofosforados para controlar adecuadamente la población de *P. citri*. La aplicación de un organofosforado con aceite mineral en marzo controló la población de *P. citri*, dando clorpirifos mejores resultados que metidatión.

La liberación de enemigos naturales después de un desequilibrio provocado por aplicación de plaguicidas restauró el equilibrio biológico y mantuvo el nivel poblacional de *P. citri*, pero no fue suficiente para reducir las poblaciones a niveles aceptables.

El empleo aislado o combinado de enemigos naturales en primavera y verano, y de aceite mineral en verano, fueron capaces de mantener las poblaciones de *P. citri* en niveles aceptables. Las diferentes experiencias de control biológico dan resultados dispares según las zonas. Así, Spicciarelli (1992) en Italia realizó sueltas de *L. dactylopii* en el mes de julio y resultaron muy eficaces sobre poblaciones bajas de *P. citri* (5-10% frutos infestados), representando el parasitismo de este insecto el 47% del total del parasitismo encontrado. Mineo *et al.* (1976) realizaron sueltas repetidas de *L. dactylopii* desde abril a octubre, con un total de 74 a 112 adultos por árbol. El porcentaje de parasitismo osciló entre el 30 y el 80%, con buenos resultados de control, obteniéndose en cosecha una media de 2,5% de frutos infestados. Alexandrakis (1985) en Grecia realizó un experimento en el que comparaba diferentes tratamientos químicos y control biológico. Concluyó que el uso de *C. montrouzieri* no era suficiente para el control, y que lo que realmente daba un control satisfactorio de la plaga eran dos aplicaciones de insecticidas, una en junio y otra en agosto. Mendel *et al.* (1999) demostraron que

tampoco en Israel la liberación de *L. dactylopii* era suficiente para controlar la plaga. Liberaciones de 5.000 a 10.000 adultos por Ha no dieron diferencias significativas con el testigo sin tratar en la población de *P. citri*.

1.6. Umbrales de daño

A lo largo de todas las experiencias realizadas hemos medido la abundancia de la población de *P. citri* de dos formas: por la abundancia de machos capturados en trampas amarillas con feromona sexual y por la abundancia de *P. citri* en el fruto, tanto en número de insectos por fruto y como en porcentaje de frutos ocupados. Para mejorar o facilitar la estimación de la población en una parcela hemos intentado relacionar las capturas de machos en trampas en los diferentes vuelos de machos que se producen a lo largo del año con la población de *P. citri* sobre el fruto en campo en diferentes épocas.

El umbral económico de tratamiento viene definido por los daños que encontremos en los frutos en la cosecha, debido al ataque de *P. citri* durante el año. El daño que causa *P. citri* se define habitualmente por el porcentaje de frutos ocupados por el insecto en el momento de la recolección. Hemos intentado determinar valores de la población de machos o de la abundancia de *P. citri* sobre frutos que estén estrechamente relacionados con el porcentaje de frutos ocupados en la cosecha y nos puedan por tanto servir de indicadores del daño que causará la plaga al cultivo, y por tanto de la necesidad o no de aplicar medidas de control.

1.6.1. Relación de los vuelos de machos con la población de *P. citri* sobre el fruto

El primer vuelo de machos se produce durante el mes de mayo. Este vuelo está estrechamente correlacionado con la población de *P. citri* que se observa bajo el cáliz del fruto en el mes de julio, tanto con el número de insectos por fruto bajo el cáliz ($y=0,0215x+0,9913$; $n=11$; $R=0,97$; $P=0,001$), como con el porcentaje de cálices ocupados por *P. citri* ($y=13,47\ln(x)+3,9795$; $n=15$; $R=0,79$; $P=0,001$) (Figs. 18 y 19).

Este vuelo suele ser poco abundante, siendo la media de capturas por trampa de este vuelo de 238 ± 84 ($n=21$). Las capturas de unos pocos machos en este vuelo implican ya la existencia de población importante de *P. citri* bajo el cáliz en julio, ya que, por ejemplo, capturas de 5 machos por trampa implican un 25% de cáliz invadidos por *P. citri*. Capturas de 30 machos por trampa implican una población bajo el cáliz de un 50%, y 300 machos implican un ataque en cáliz del 82%. Sin embargo, este vuelo no muestra relación con la población de *P. citri* sobre los frutos en ningún otro muestreo posterior.

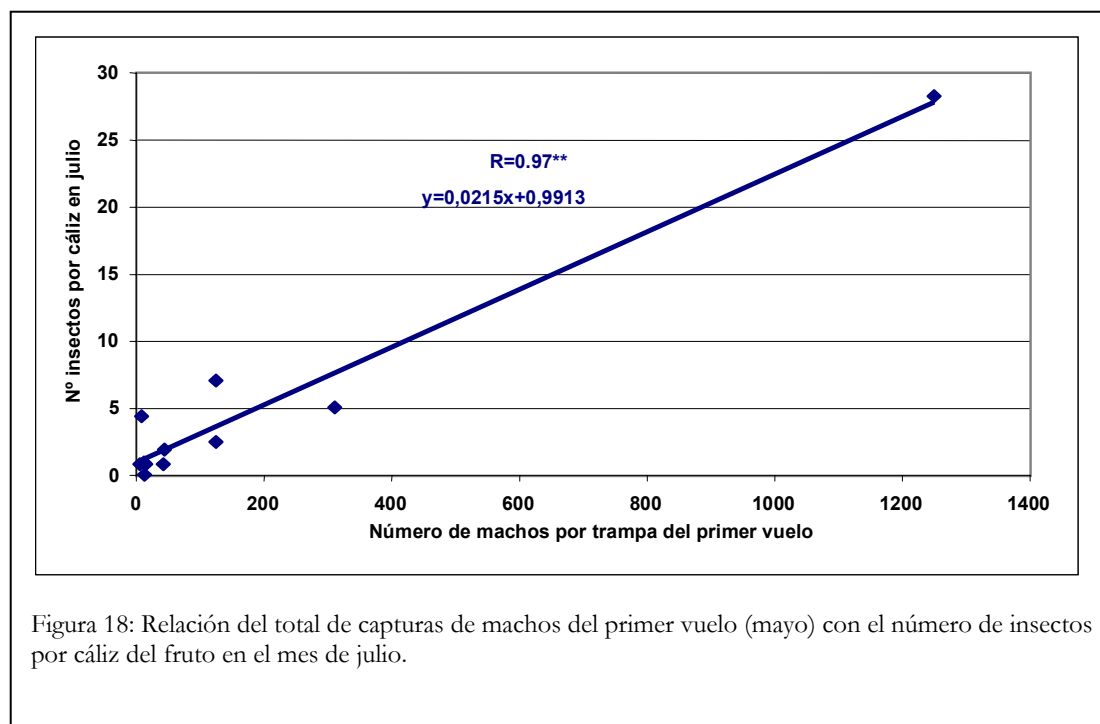


Figura 18: Relación del total de capturas de machos del primer vuelo (mayo) con el número de insectos por cáliz del fruto en el mes de julio.

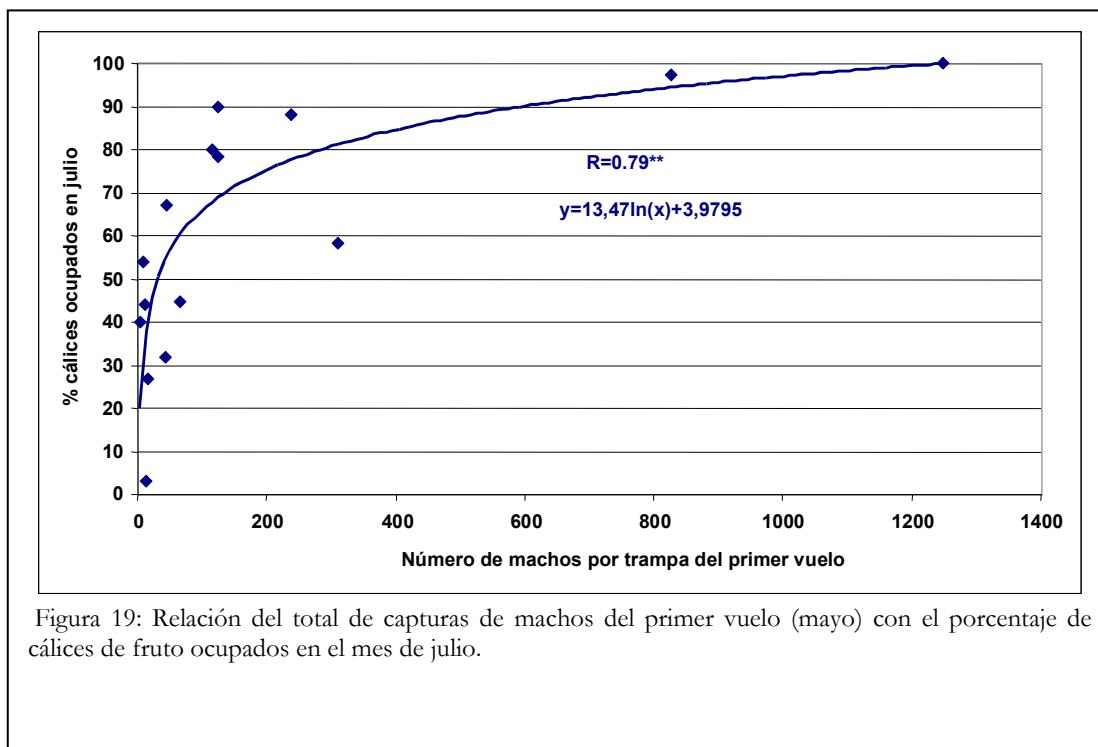


Figura 19: Relación del total de capturas de machos del primer vuelo (mayo) con el porcentaje de cálices de fruto ocupados en el mes de julio.

El segundo vuelo de machos se produce entre los meses de junio y julio. Este vuelo es, junto con el tercero, el más abundante del año, con una media de capturas por trampa de 1.529 ± 384 ($n=22$). Está correlacionado estrechamente con la población de *P. citri* que se observa sobre el fruto durante la primera quincena del mes de agosto, tanto con el número de insectos por fruto ($y=0,00002x+0,0892$; $n=14$; $R=0,75$; $P=0,001$) como con el porcentaje de frutos atacados ($y=5,5655 \ln(x)-22,545$; $n=16$; $R=0,72$; $P=0,001$) (Figs. 20 y 21).

De 0 a 60 machos capturados durante este vuelo implican una población nula de *P. citri* en los frutos en la primera quincena de agosto, 400 machos implican un 11% de frutos atacados, 2.000 machos implican 20% de frutos atacados y 13.000 machos implican un 30% de frutos atacados. Este vuelo no está relacionado con ninguna otra población de *P. citri* en campo.

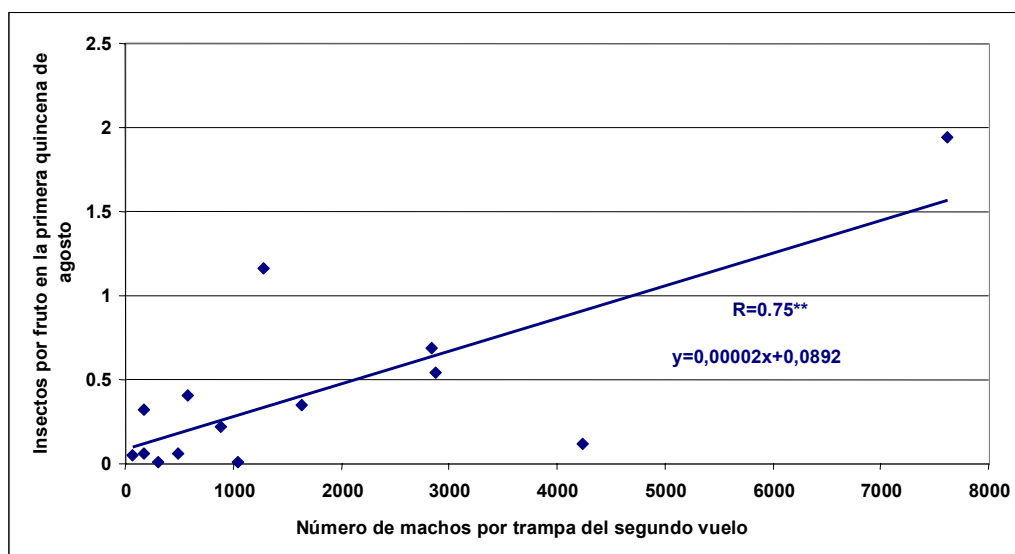


Figura 20: Relación del total de capturas de machos del segundo vuelo (junio-julio) con el número de insectos por fruto en la primera quincena de agosto.

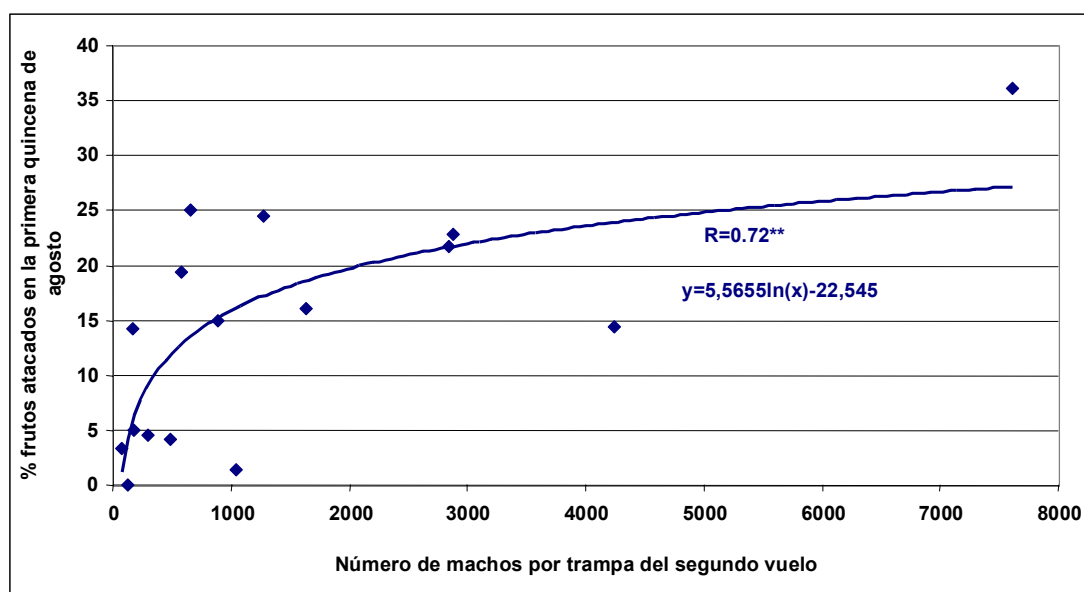


Figura 21: Relación del total de capturas de machos del segundo vuelo (junio-julio) con el porcentaje de frutos atacados en la primera quincena de agosto.

El tercer vuelo de machos de *P. citri* se produce durante el mes de agosto. En este vuelo la media de capturas por trampa es de 1.252 ± 213 ($n=22$). Los machos capturados en este vuelo están correlacionados con la población existente sobre los frutos en el campo en la segunda quincena de agosto y en la segunda quincena de septiembre. La relación de los machos capturados en este vuelo con el número de insectos por fruto en la segunda quincena de agosto viene definida por la ecuación $y=0,0005x+0,0894$ ($n=17$; $R=0,48$, $P=0,05$). La relación con el porcentaje de frutos atacados en esta época viene definida por la ecuación $y=0,0088x+8,5797$ ($n=20$; $R=0,56$; $P=0,01$). De 0 a 60 machos capturados durante este vuelo implican un 9% de frutos atacados a principios de agosto, 500 machos implican una población de 13% de frutos atacados, 1.250 machos implican 19,58% de frutos atacados y 2.500 machos implican una población de 48,18% de frutos atacados (Figs. 22 y 23).

La relación entre los machos capturados en este vuelo y el número de insectos por fruto en la segunda quincena de septiembre viene expresada por la ecuación $y=0,0005x+0,215$ ($n=14$; $R=0,81$; $P=0,001$), y la relación con el porcentaje de frutos ocupados es $y=0,008x+13,806$ ($n=18$; $R=0,55$; $P=0,05$). De 0 a 150 machos capturados implican una población sobre el fruto del 15,01%, 1.000 machos implican una población de 21,81% de frutos ocupados.

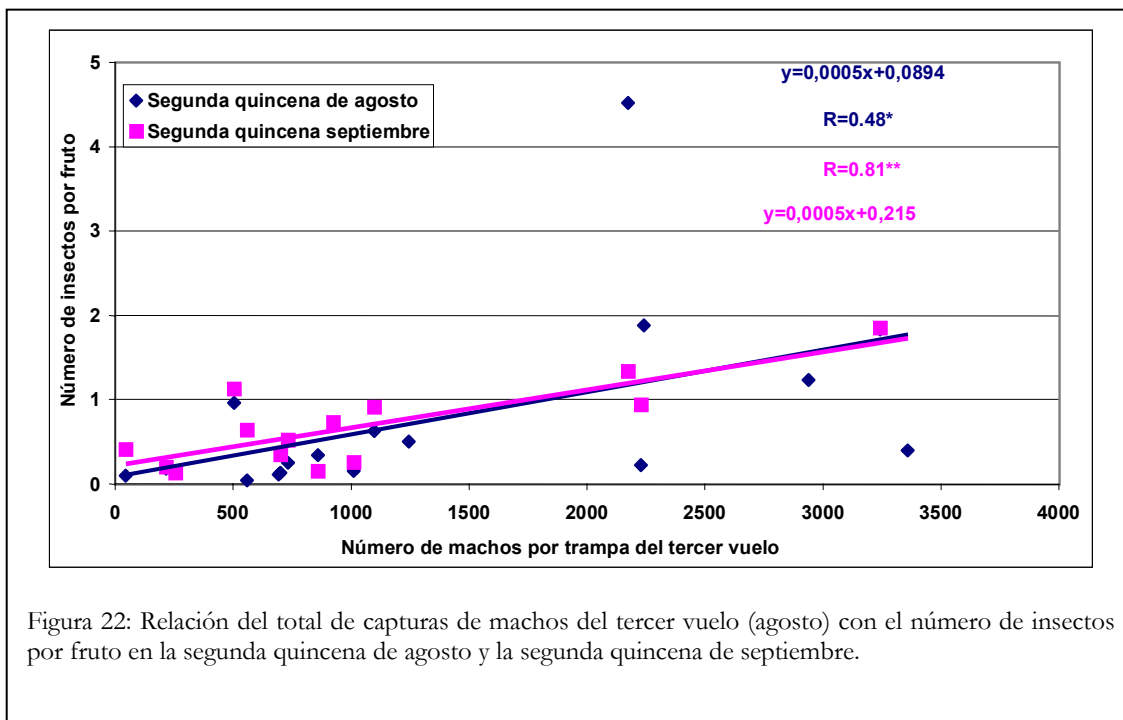


Figura 22: Relación del total de capturas de machos del tercer vuelo (agosto) con el número de insectos por fruto en la segunda quincena de agosto y la segunda quincena de septiembre.

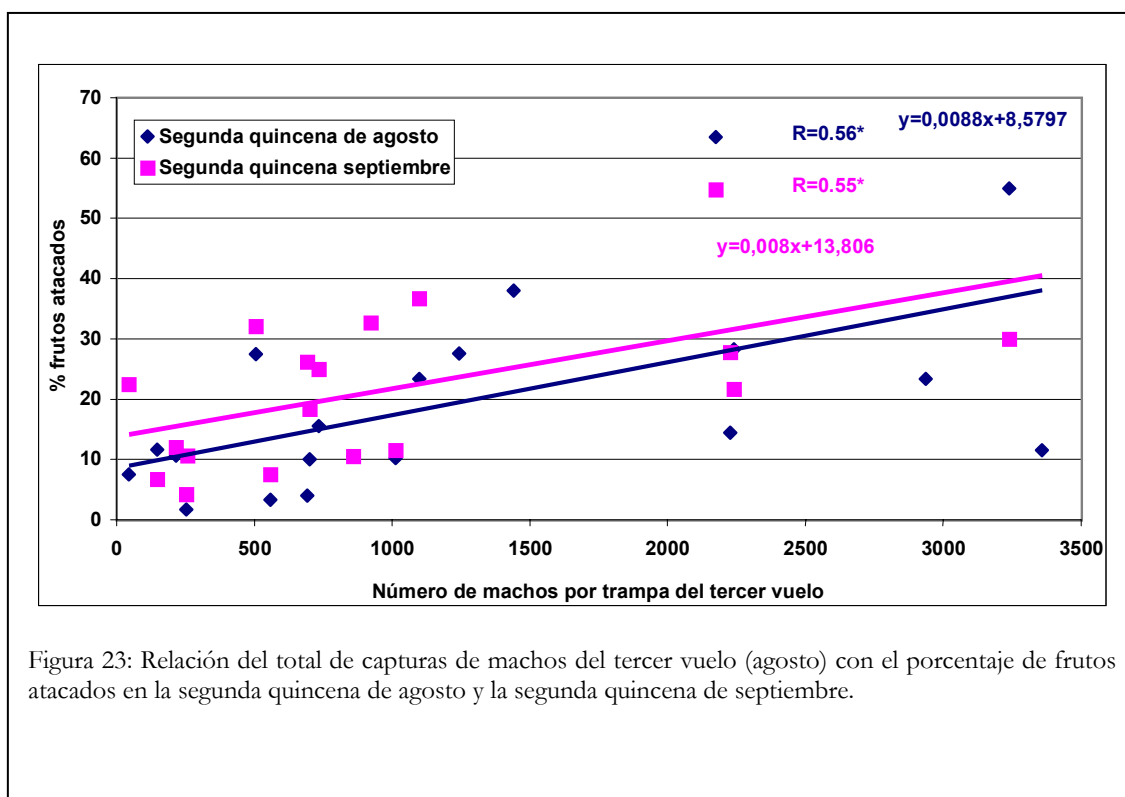


Figura 23: Relación del total de capturas de machos del tercer vuelo (agosto) con el porcentaje de frutos atacados en la segunda quincena de agosto y la segunda quincena de septiembre.

El cuarto vuelo de machos se produce en el mes de septiembre. La media de machos capturados en este vuelo es de 404 ± 78 ($n=22$). Estas capturas están relacionadas con la población en campo sobre el fruto de la segunda quincena de septiembre, tanto con el número de insectos por fruto ($y=0,0009x+0,3163$; $n=14$; $R=0,77$; $P=0,001$), como con el porcentaje de frutos atacados ($y=0,0189x+14,498$; $n=18$; $R=0,53$; $P=0,05$). De 0 a 60 machos capturados implican una población de un 15% de frutos atacados en esa época, y unos 300 machos implican una población de 20,17% de frutos atacados (Figs. 24 y 25).

Este cuarto vuelo de machos también está relacionado con el número de insectos por fruto en la primera quincena de octubre, con la ecuación $y=0,0007x+0,3281$ ($n=10$; $R=0,53$; $P=0,1$). También este vuelo se relaciona con la población durante la primera quincena de diciembre, tanto con el número de insectos por fruto ($y=0,0002x+0,1331$; $n=5$; $R=0,93$; $P=0,01$), como con el porcentaje de frutos atacados ($y=0,0114x+10,27$; $n=8$; $R=0,73$; $P=0,05$).

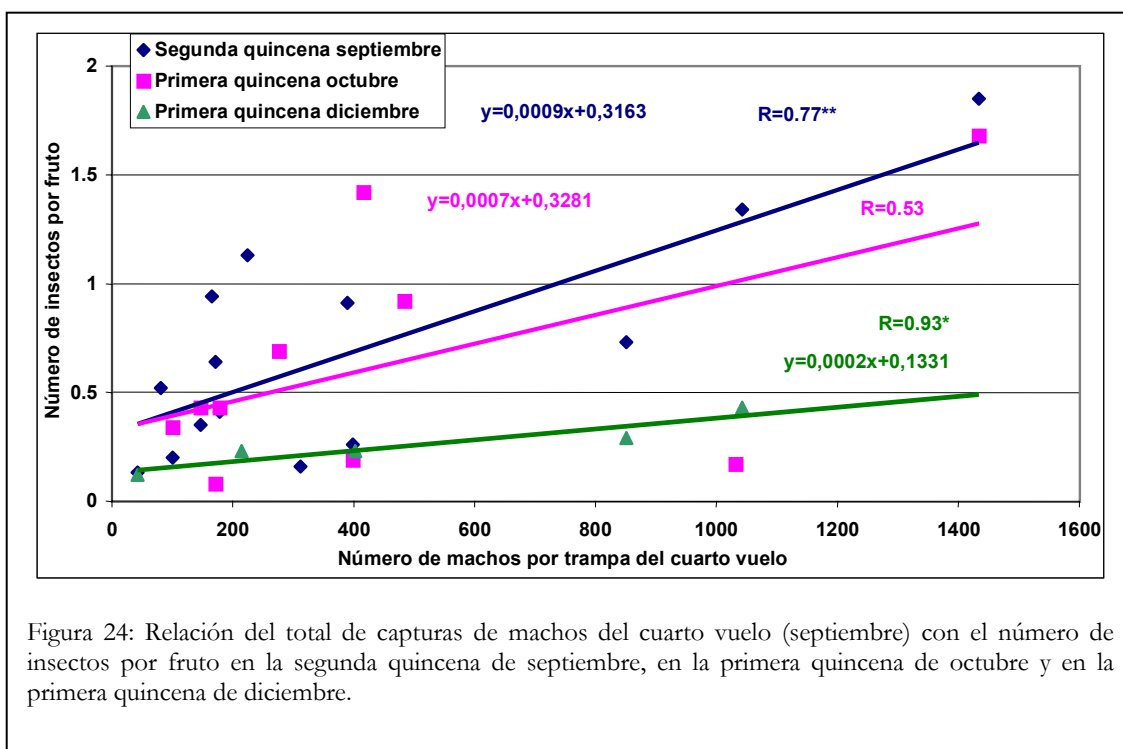


Figura 24: Relación del total de capturas de machos del cuarto vuelo (septiembre) con el número de insectos por fruto en la segunda quincena de septiembre, en la primera quincena de octubre y en la primera quincena de diciembre.

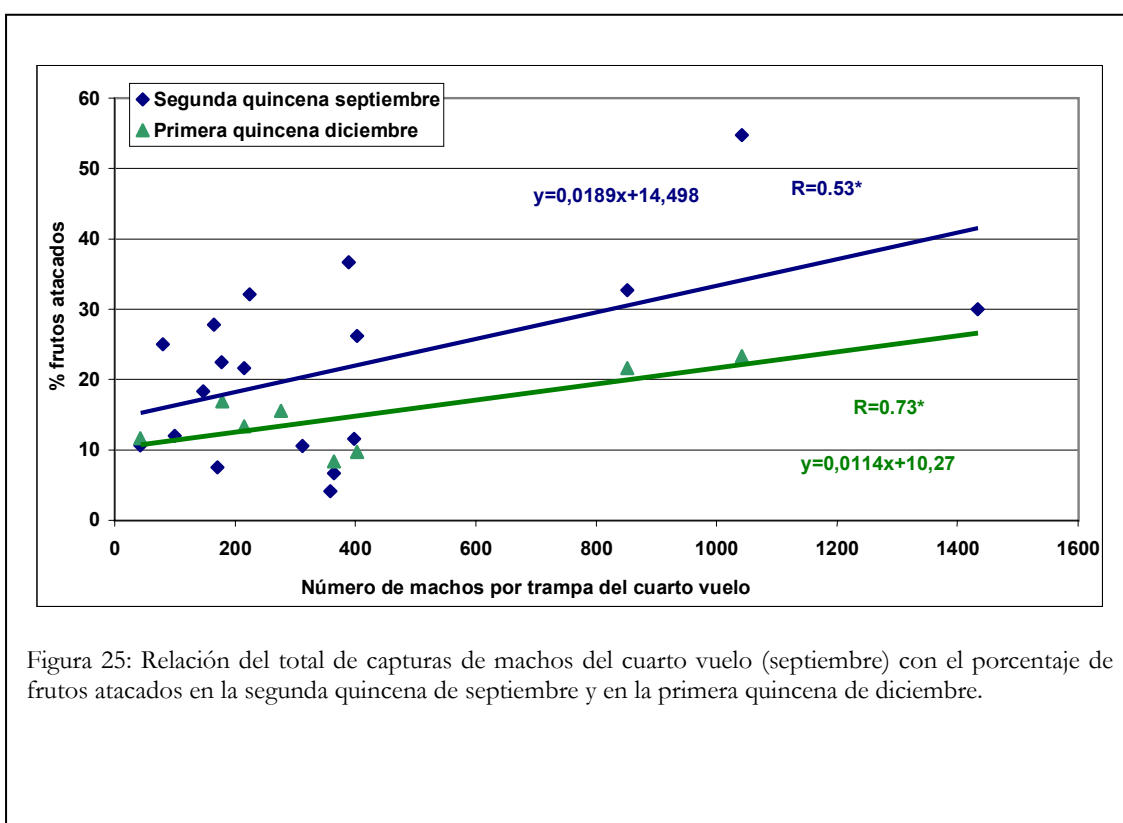


Figura 25: Relación del total de capturas de machos del cuarto vuelo (septiembre) con el porcentaje de frutos atacados en la segunda quincena de septiembre y en la primera quincena de diciembre.

1.6.2. Daños en cosecha

Hemos intentado relacionar la población de *P. citri* a lo largo del año, estimada mediante los diferentes muestreos desde julio a cosecha, con los daños observados en cosecha. El nivel poblacional que mejor correlaciona es el ataque máximo que se ha producido a lo largo del año, que suele ser en los meses de agosto y septiembre. La relación entre el porcentaje de frutos atacados en el máximo de ataque con el porcentaje de daños en cosecha viene definido por la ecuación $y=0,7911x-3,5608$ ($n=14$; $R=0,53$; $P=0,05$) (Fig. 52). Así vemos que hasta un ataque máximo de 5% de frutos atacados, el porcentaje de daños en cosecha es 0. Un 15% de frutos atacados implica un porcentaje de daños en cosecha del 8%, y un 20% implica un 12% de daños en cosecha. Un 30% de máximo ataque implica unos daños en cosecha del 20%, y un 40% de frutos atacados implican unos daños en cosecha del 28%.

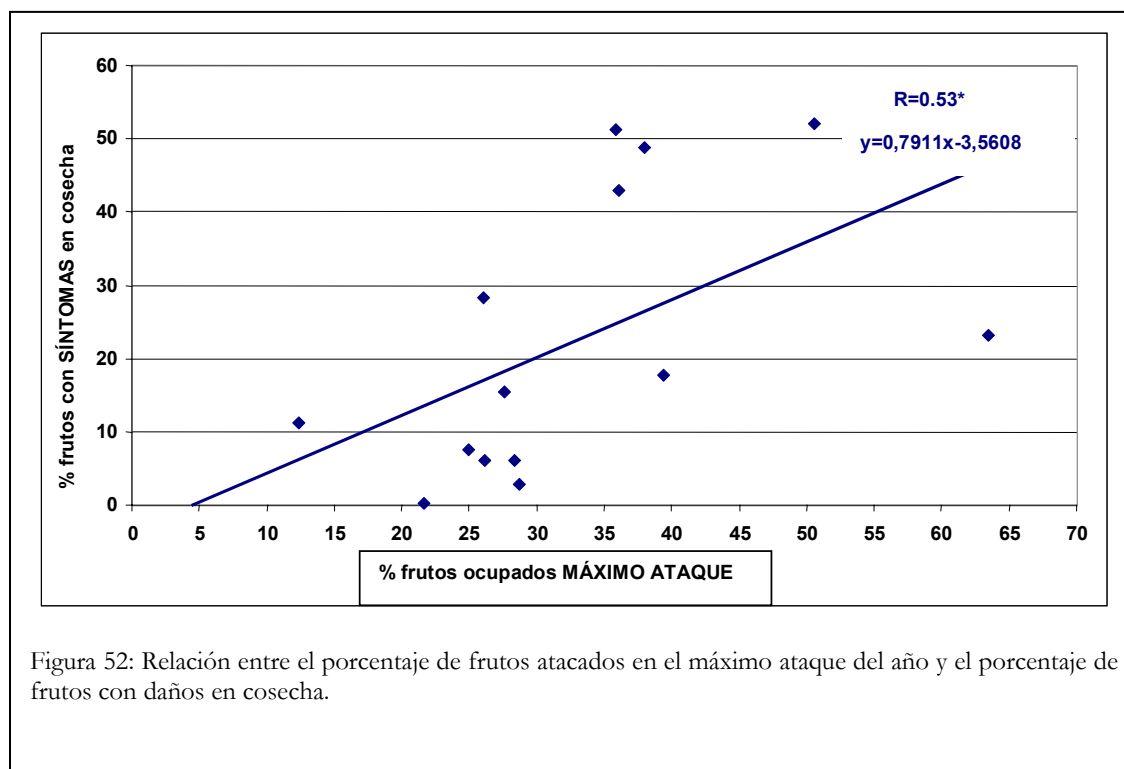


Figura 52: Relación entre el porcentaje de frutos atacados en el máximo ataque del año y el porcentaje de frutos con daños en cosecha.

DISCUSIÓN

El umbral económico de tratamiento de esta plaga en los cítricos está en función de los daños observados en cosecha sobre el fruto, teniendo en cuenta no sólo la presencia del insecto sobre la fruta, sino además las manchas decoloradas producidas por la alimentación y los restos y negrilla sobre el fruto y en el ombligo. Hemos visto que estos daños están directamente relacionados con la máxima población sobre el fruto observada a lo largo del año. Por lo tanto, el umbral puede establecerse sobre la población existente sobre los frutos a lo largo del año y en función de las pérdidas que estemos dispuestos a asumir. Si en cosecha no queremos que haya más de un 12% de frutos con síntomas, el umbral de tratamiento deberá ser inferior al 20% de frutos atacados. Por lo tanto, la intervención química se realizará cuando la población en campo supere el 20%. Hasta un 5% de frutos atacados durante el año no se observan síntomas en cosecha. Por lo tanto este sería un umbral inferior de tratamiento, es decir, por debajo de un 5% no habrá daños.

Cuando estudiamos la población bajo el cáliz de los frutos, vimos que esta población, en ausencia de parasitoides, está correlacionada con la población sobre el fruto en agosto, de manera que aproximadamente un 70% de cálices ocupados por *P. citri* en julio se correspondía con un 20% de frutos atacados en agosto. Por lo tanto, también podemos considerar la población bajo el cáliz en julio como una estimación del riesgo de daños en cosecha, con el umbral de 70% de cálices ocupados.

Para todos los vuelos de machos hemos constatado la existencia de alguna correlación con la población de *P. citri* sobre los frutos, lo cual indica que las trampas de machos detectan la abundancia de la población, tanto en el número de insectos por fruto como en el porcentaje de frutos atacados. Sin embargo, esta relación se manifiesta en un periodo relativamente breve, entre uno y dos meses, desde las capturas en trampas hasta la evaluación de la población en los frutos.

Hemos constatado así mismo una estrecha relación entre el máximo de machos capturados por trampa y día en un vuelo y el total de machos capturados por trampa en

ese vuelo, mediante la ecuación $y=0,496x$ ($R=0,95$; $n=114$; $P=0,001$). Podemos pues establecer el umbral de tratamiento también en función del total de machos capturados por vuelo y del máximo de capturas de machos por trampa y día. Estos umbrales se expresan en la tabla 7.

	Población debajo del cáliz (70% cálices ocupados)		Población sobre el fruto (20% frutos atacados)			
	Julio		Agosto		Septiembre	
	Total	Máximo	Total	Máximo	Total	Máximo
Vuelo 1 (Mayo)	100	5	---	---	---	---
Vuelo 2 (Junio-Julio)	---	---	2.000	99	---	---
Vuelo 3 (Agosto)	---	---	1.250	62	750	37
Vuelo 4 (Septiembre)	---	---	---	---	300	15

Tabla 7. Umbrales de tratamiento en función del número total de machos capturados por vuelo (“Total”) y del máximo de machos capturados por trampa y día en ese vuelo (“Máximo”).

Viggiani (1975) en Italia, utilizó como umbral de tratamiento un 5% de frutos infestados, mientras que Delrio *et al.* (1981) y Raciti *et al.* (1997) proponen como umbral de tolerancia para *P. citri* un 10% de frutos infestados. En España, Ripollés propone en 1990 como umbral de tolerancia un 5% de frutos infestados desde cuajado a enero y un 15% de frutos infestados desde enero. En 1995, Ripollés *et al.* aconsejaron un umbral de tolerancia del 20% al 30% de frutos infestados. Las diferentes normativas de Producción Integrada de España aconsejan los siguientes umbrales de tolerancia: 20-30% de frutos infestados en Cataluña, 20% de frutos infestados en la Comunidad Valenciana y Murcia, y 15% de frutos infestados en Andalucía.

Nuestros estudios confirman como válido el umbral comúnmente aceptado actualmente del 20% de frutos ocupados en agosto y septiembre.

Por otra parte, nuestros estudios introducen el umbral del 70% de cálices ocupados en julio y asimismo distintos niveles de machos capturados por trampa y día que equivalen a los porcentajes sobre frutos anteriores y que son variables según los vuelos de machos considerados. Para el primer vuelo de machos tenemos el valor de 5 machos por trampa y día, para el segundo de 100, para el tercer vuelo de 50 (media de agosto y septiembre) y para el cuarto de 15 machos por trampa y día.

2. DISTRIBUCIÓN Y MUESTREO DE LAS POBLACIONES DE *Planococcus citri*

2.1. Agregación

2.1.1. Agregación debajo del cáliz durante la invasión del fruto

El análisis de las pautas de dispersión de los insectos sobre los frutos en el conjunto de la parcela durante la invasión del fruto muestra que no existen diferencias en la pauta de agregación bajo el cáliz de los diferentes estadios comparando dos épocas, de mayo a mediados de junio, y de mediados de junio a finales de julio (Tabla 8) (L1: F = 2,19; gl = 2,52; P > 0,05; L2: F = 1,63; gl = 2,50; P > 0,05; L3: F = 2,35; gl = 2,43; P > 0,05), por lo que todos los datos de todo el periodo de invasión del cáliz se han analizado conjuntamente.

<i>Estadio</i>	<i>Generación</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>e.s.* de b</i>	<i>R²</i>
Larva de 1ª edad	1ª	28	6,83	1,58	0,06	0,96
	2ª	28	8,52	1,43	0,09	
Larva de 2ª edad	1ª	26	7,13	1,50	0,05	0,97
	2ª	28	5,23	1,45	0,07	
Larva de 3ª edad	1ª	19	5,42	1,40	0,07	0,95
	2ª	28	3,49	1,35	0,10	

Tabla 8. Índices de Taylor para los estadios de larva de *P. citri* debajo del cáliz de los frutos durante la invasión del mismo, según generación. (1ª generación: mayo-med junio, 2ª generación: med junio-julio). * e.s.: error estándar.

En conjunto, todos los estadios muestran una pauta de distribución en el cáliz de los frutos significativamente agregativa, con un parámetro *b* de la Ley Potencial de Taylor para el total de los individuos de $1,45 \pm 0,04$ ($R^2=0,97$, $n=57$) (Tabla 9).

<i>Estadio</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>e.s.* de b</i>	<i>R²</i>
Total	57	5,27	1,4530	0,0361	0,97
Larva de 1ª edad	55	7,42	1,5641	0,0395	0,96
Larva de 2ª edad	53	5,73	1,4355	0,0362	0,97
Larva de 3ª edad	46	3,81	1,3180	0,0484	0,94
Hembra joven	38	3,49	1,2784	0,0615	0,93
Hembra con huevos	24	2,42	1,1873	0,0810	0,95

Tabla 9. Índices de Taylor para los diferentes estados de desarrollo de *P. citri* debajo del cáliz de los frutos durante la invasión del fruto.

*e.s.: error estándar.

Sin embargo, no todos los estadios muestran pautas de agregación similares (Fig. 26). Se observa que la agregación va disminuyendo conforme la edad de *P. citri* va aumentando, siendo las larvas de primera edad las que muestran una mayor agregación ($b=1,56 \pm 0,04$) y las hembras con puesta las que la muestran menor ($b=1,19 \pm 0,08$). El análisis de la covarianza para la comparación de rectas de regresión indica que dichas rectas, correspondientes a los cinco estadios, difieren significativamente en la pendiente ($F=6,52$; $gl=8,211$; $P < 0,05$). Comparando los parámetros *b* de Taylor de los estadios desarrollados (L3, hembra joven y hembra con huevos) observamos que la agregación puede considerarse similar en estos tres estadios y diferente de la de larvas de primera y segunda edad.

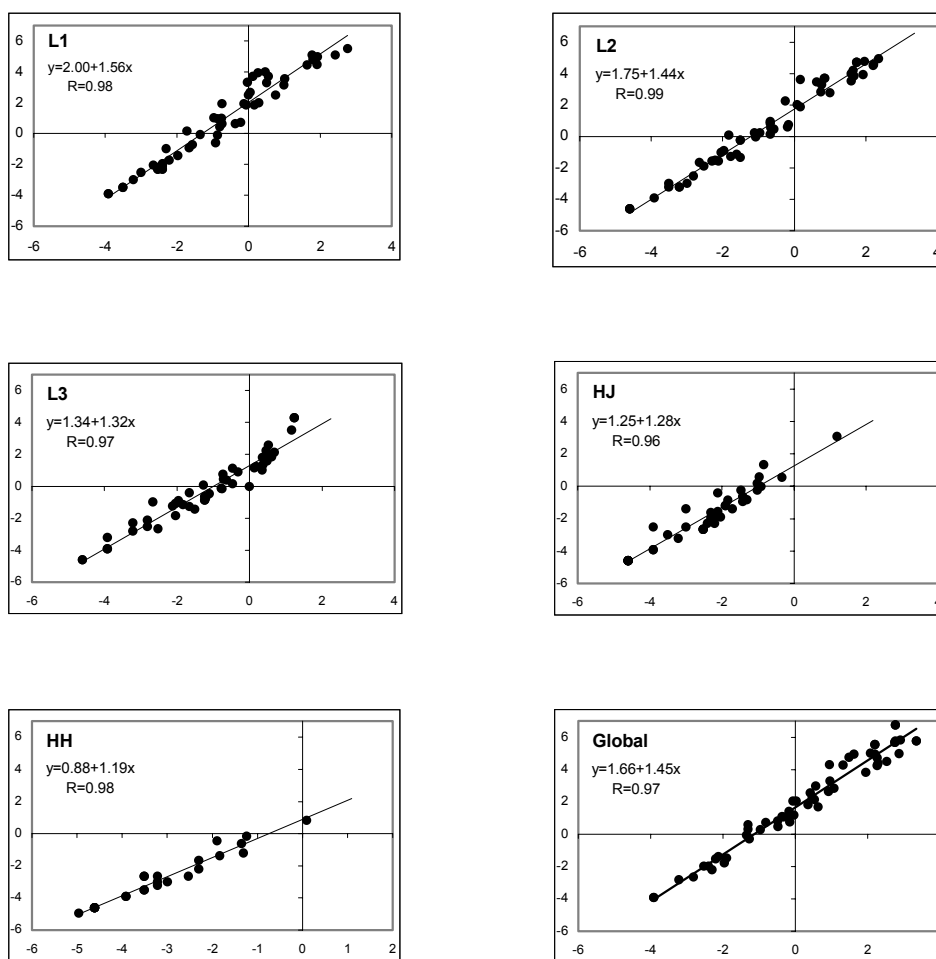


Figura 26: Relación entre el logaritmo neperiano de la media, $\ln(m)$, en abcisas y el logaritmo neperiano de la varianza, $\ln(s^2)$, en ordenadas. Rectas de regresión para cada uno de los estadios de *P. citri* situados debajo del cáliz de los frutos de cítricos.

L1: Larva de primera edad; L2: Larva de segunda edad; L3: Larva de tercera edad; HJ: Hembra joven; HH: Hembra con huevos; Global: Todos los estadios.

Al comparar las pautas de agregación entre frutos de un árbol (Tabla 10) observamos que la agregación es elevada ($b = 1,52 \pm 0,02$; $R^2 = 0,92$; $n = 664$) y también en este caso se observan diferencias entre la agregación de los diferentes estadios, con la misma tendencia que la observada entre frutos de una parcela. Igual tendencia se observa entre árboles de una parcela (tabla 11), si bien no se observan diferencias en la agregación de los diferentes estadios, y siendo el valor de la constante b de Taylor similar al anterior ($b = 1,53 \pm 0,06$; $R^2=0,93$; $n= 57$).

<i>Estadio</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>e.s.* de b</i>	<i>R²</i>
Total	664	2,50	1,52	0,02	0,92
Larva de 1ª edad	520	3,15	1,59	0,02	0,94
Larva de 2ª edad	525	2,66	1,52	0,02	0,93
Larva de 3ª edad	451	2,13	1,40	0,03	0,87
Hembra joven	285	2,12	1,39	0,03	0,88
Hembra con huevos	111	1,80	1,29	0,04	0,90

Tabla 10. Índices de Taylor para los diferentes estados de desarrollo de *P. citri* debajo del cáliz de los frutos durante la invasión del mismo. Varianza dentro de árbol.

*e.s.: error estándar.

<i>Estadio</i>	<i>n</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>e.s.* de b</i>	<i>R²</i>
Total	57	0,88	1,53	0,06	0,92
Larva de 1ª edad	55	1,15	1,66	0,05	0,94
Larva de 2ª edad	53	1,00	1,53	0,05	0,93
Larva de 3ª edad	46	0,81	1,49	0,07	0,92
Hembra joven	38	0,89	1,45	0,07	0,93
Hembra con huevos	24	0,64	1,34	0,10	0,95

Tabla 11. Índices de Taylor para los diferentes estados de desarrollo de *P. citri* debajo del cáliz de los frutos durante la invasión del mismo. Varianza entre árboles.

*e.s.: error estándar.

2.1.2. Agregación de estadios desarrollados sobre el fruto

Parece que los tratamientos con plaguicidas no afectan a la agregación de los individuos desarrollados (larva de tercera edad, hembra joven y hembra con puesta) sobre los frutos. En efecto, no existen diferencias en la agregación entre las parcelas tratadas y no tratadas con plaguicidas ($F=14,78$; $gl=2,259$; $P> 0,01$) teniendo en cuenta sólo el parámetro b de la regresión de Taylor, aunque el modelo que mejor se ajusta en el análisis de la covarianza es el de rectas paralelas, es decir, una pendiente común y una ordenada en el origen diferente (Tabla 10). Tampoco existen diferencias de agregación entre las dos variedades estudiadas, navel y navelina, ($F=6,3$; $gl=3,259$; $P> 0,01$) ni entre las diferentes épocas analizadas (junio-julio, agosto, septiembre-octubre y noviembre-diciembre, $F=8,04$; $gl=6,255$; $P> 0,01$), aunque en ambos casos se ajustan mejor al modelo de regresión de rectas paralelas, es decir, igual pendiente pero diferente ordenada en el origen (Tabla 13).

Parcelas	n	a	b	e.s.* de b	R ²	CV
Total	263	7,03	1,41	0,02	0,94	126,55
Tratadas	124	8,71	1,42	0,03	0,95	60,25
No tratadas	139	6,55	1,48	0,04	0,93	3179,44

Tabla 12. Índices de Taylor para parcelas tratadas y no tratadas con pesticidas, para el conjunto de estadios de larva de larva de 3ª edad, hembra joven y hembra con huevos de *P. citri* sobre el fruto.

*e.s.: error estándar.

Epoca	n	a	b	e.s.* de b	R ²
Total	263	7,03	1,41	0,02	0,94
Junio-julio	32	5,47	1,36	0,03	0,98
Agosto	72	10,68	1,48	0,04	0,95
Sept-oct	108	7,29	1,42	0,03	0,96
Nov-dic	51	4,32	1,27	0,07	0,87
Navel	51	5,57	1,47	0,07	0,95
Navelina	212	7,53	1,41	0,02	0,94

Tabla 13. Índices de Taylor para el conjunto de estadios de larva de 3ª edad, hembra joven y hembra con huevos de *P. citri* sobre el fruto según la época y la variedad consideradas.

*e.s.: error estándar.

Al analizar de forma conjunta todas las parcelas, tratadas y no tratadas con plaguicidas, de ambas variedades, y en el total de los muestreos realizados a lo largo del año, vemos que *P. citri* muestra una pauta claramente agregativa sobre el fruto para el conjunto de los estadios desarrollados (Larva de tercera edad, hembra joven y hembra con huevos), con un parámetro *b* de Taylor de $1,41 \pm 0,02$ ($R^2=0,94$; $n=263$).

Los índices de Taylor entre árboles y entre frutos de un árbol vienen reflejados en la tabla 14. Para el total de las parcelas la agregación entre frutos de un árbol es similar a la agregación entre árboles de una parcela. Los valores del parámetro *b* en ambos casos indican que por una parte *P. citri* se distribuye de forma agregada en los frutos de un árbol, y por otra parte, que también presenta una pauta agregativa entre árboles de una parcela.

		n	a	b	e.s.* de b	R²
TOTAL DE LAS PARCELAS	Entre frutos	3487	2,91	1,57	0,01	0,90
	Entre árboles	263	1,39	1,55	0,03	0,92
PARCELAS NO TRATADAS	Entre frutos	1846	2,93	1,55	0,01	0,90
	Entre árboles	139	1,28	1,64	0,05	0,90
PARCELAS TRATADAS	Entre frutos	1639	3,12	1,58	0,01	0,90
	Entre árboles	124	1,72	1,55	0,04	0,93

Tabla 14. Índices de Taylor del total de las parcelas, de las parcelas sin tratamientos con pesticidas y de las parcelas tratadas, para el conjunto de estadios de larva de 3ª edad, hembra joven y hembra con huevos de *P. citri* sobre el fruto. Varianza entre frutos de un árbol y entre árboles de una parcela.

*e.s.: error estándar.

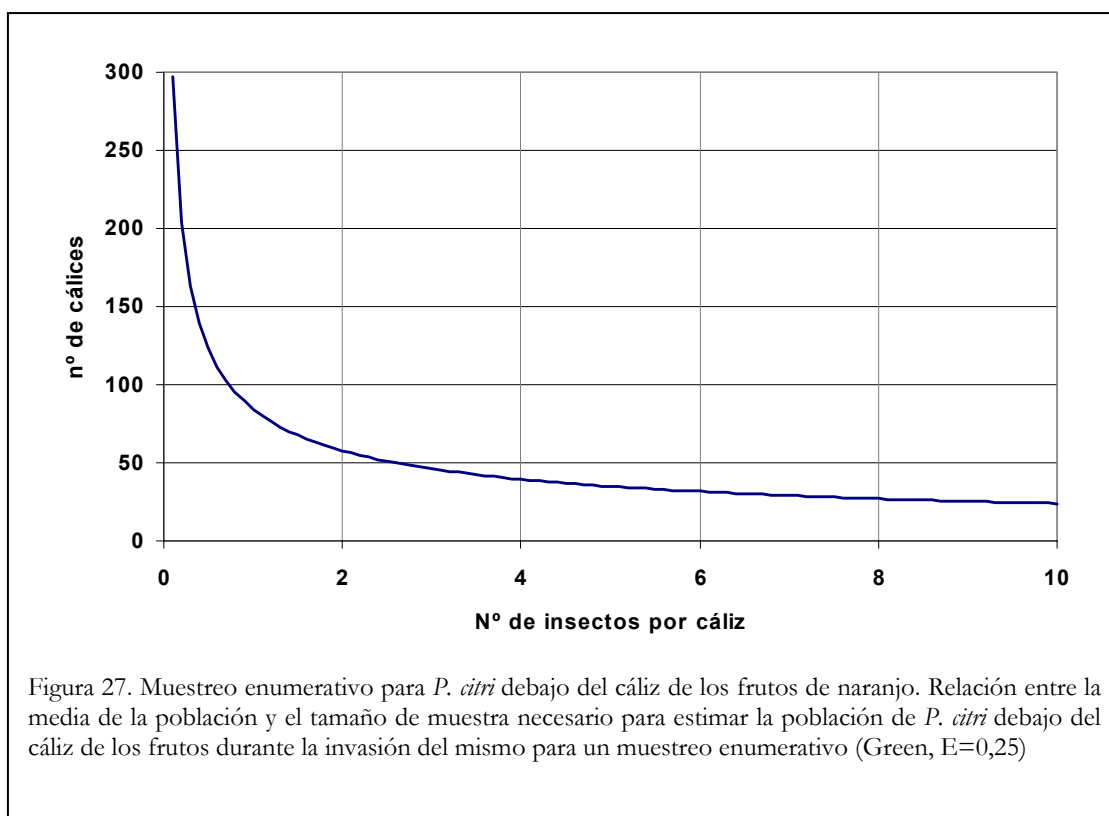
2.1.3. Agregación de hembras en el tronco y ramas principales

El análisis de la pauta de la distribución espacial de las hembras de *P. citri* sobre el tronco y las ramas principales de los árboles muestra una distribución claramente agregativa entre árboles de una parcela. El parámetro *b* de la regresión de Taylor es de $1,42 \pm 0,03$, siendo el índice $a = 1,96$ ($R^2=0,94$; $n=101$).

2.2. Método de muestreo enumerativo

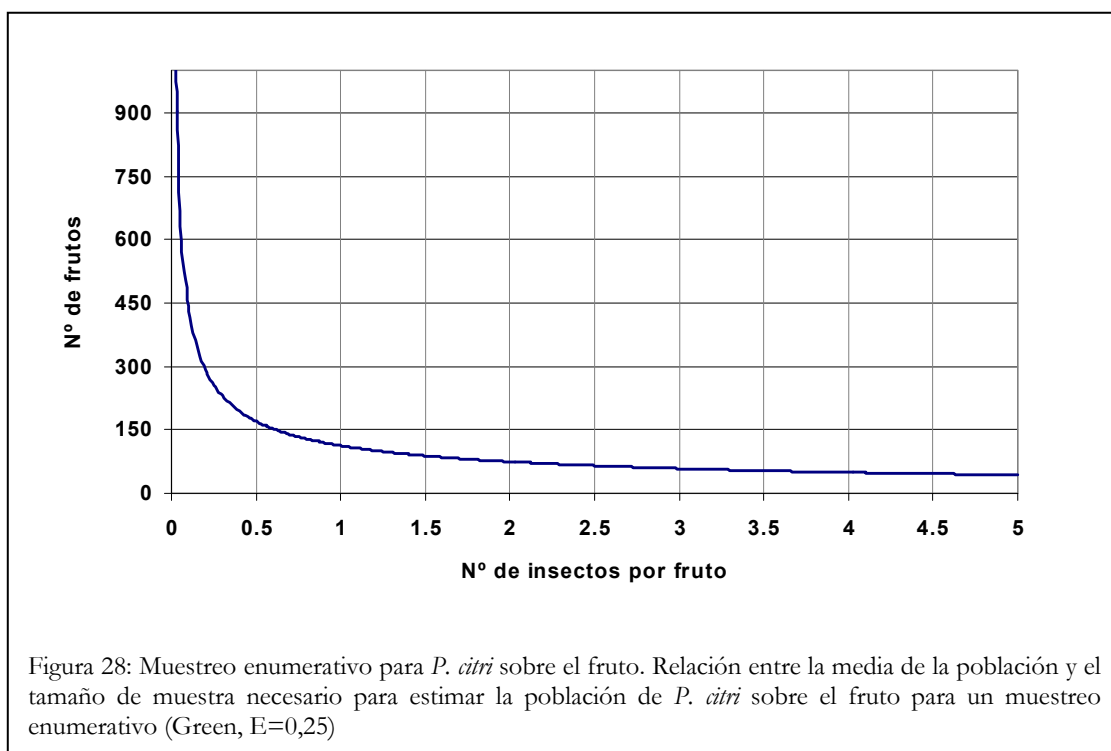
2.2.1. Población debajo del cáliz

En la figura 27 aparece la curva del tamaño de muestra que se obtiene en el método enumerativo de muestreo de individuos bajo el cáliz durante la invasión del fruto, de mayo a julio. Para estimar una media poblacional baja, por ejemplo 0,1 insectos por cáliz, es necesario muestrear unos 300 frutos para alcanzar la precisión deseada ($E=0,25$). Estas bajas poblaciones suelen darse al inicio de la invasión del cáliz, es decir, a finales de mayo y primeros de junio. Para detectar bien medias poblacionales entre 0,5 y 1 insectos por cáliz hay que muestrear de 85 a 125 cálices. Estas poblaciones medias las encontramos durante el mes de junio, cuando aún no se ha producido la salida de las larvas de la segunda generación. Para poblaciones elevadas, por ejemplo 10 insectos por cáliz, con 25 frutitos sería suficiente. Estas elevadas poblaciones las encontramos desde finales de junio hasta el mes de julio, cuando ya se ha iniciado la salida de larvas de la segunda generación.



2.2.2. Población de estadios desarrollados sobre el fruto

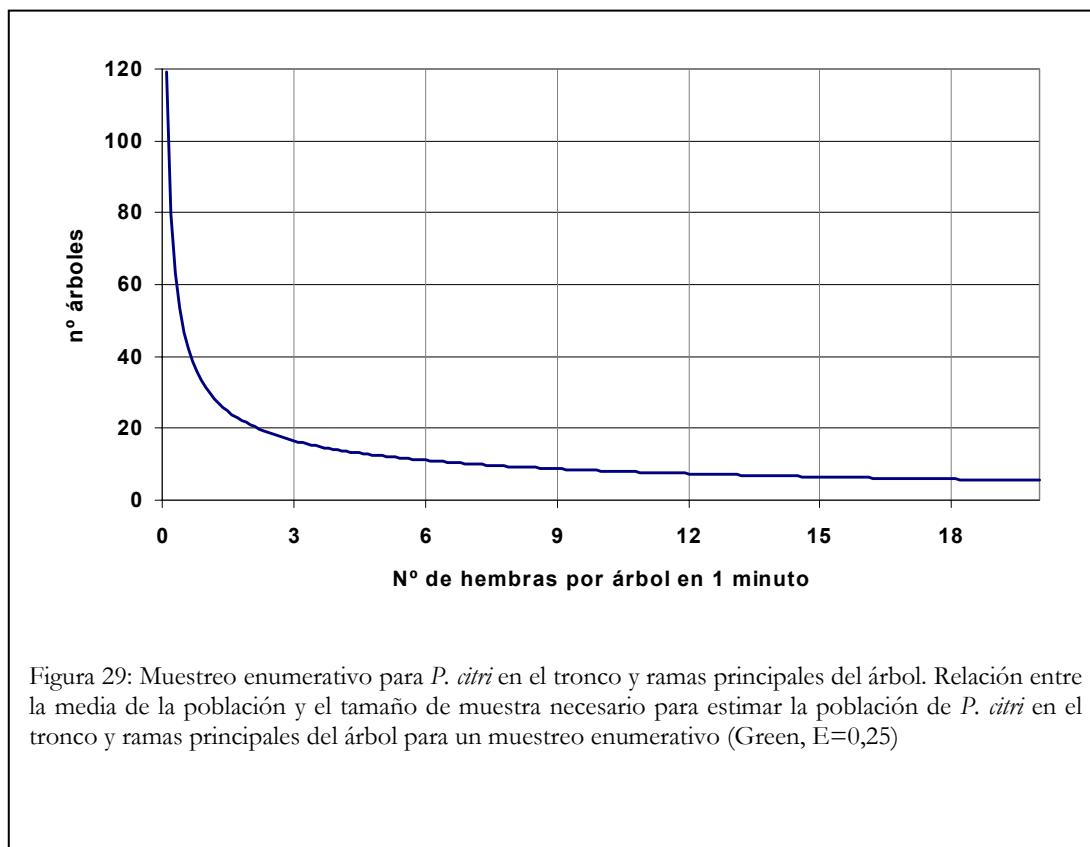
En la figura 28 aparece la curva del tamaño de muestra que se obtiene en el método enumerativo de individuos de estadios desarrollados (larva de tercera edad, hembra joven y hembra con huevos) para el total de las parcelas. Para estimar poblaciones bajas de cotonet, por ejemplo, 0,25 insectos por fruto, el número de frutos a muestrear por parcela es de 257. Para valores entre 0,75 y 1 insectos por fruto, entre 134 y 113 frutos. Para valores elevados de población, por ejemplo entre 3 y 5 insectos por fruto, entre 58 y 43 frutos por parcela sería suficiente. Como hemos visto anteriormente, la variabilidad entre árboles y entre frutos de un árbol es muy parecida, por lo que sería aconsejable tomar muchos árboles y poco frutos por árbol.



2.2.3. Población de hembras sobre el tronco y ramas principales

En la figura 29 aparecen las curvas del tamaño de muestra que se obtiene en el método enumerativo de muestreo de hembras en el tronco y ramas principales. Se observa que para bajas poblaciones en tronco, por ejemplo 0,1 hembras por árbol y por minuto, el número de árboles a muestrear es elevado, unos 120. Sin embargo, para

medias entre 0,5 y 1, el número de árboles a muestrear ya es de 50 a 30, y para medias elevadas, por ejemplo 5-10 hembras, con 12-8 árboles por parcela es suficiente.

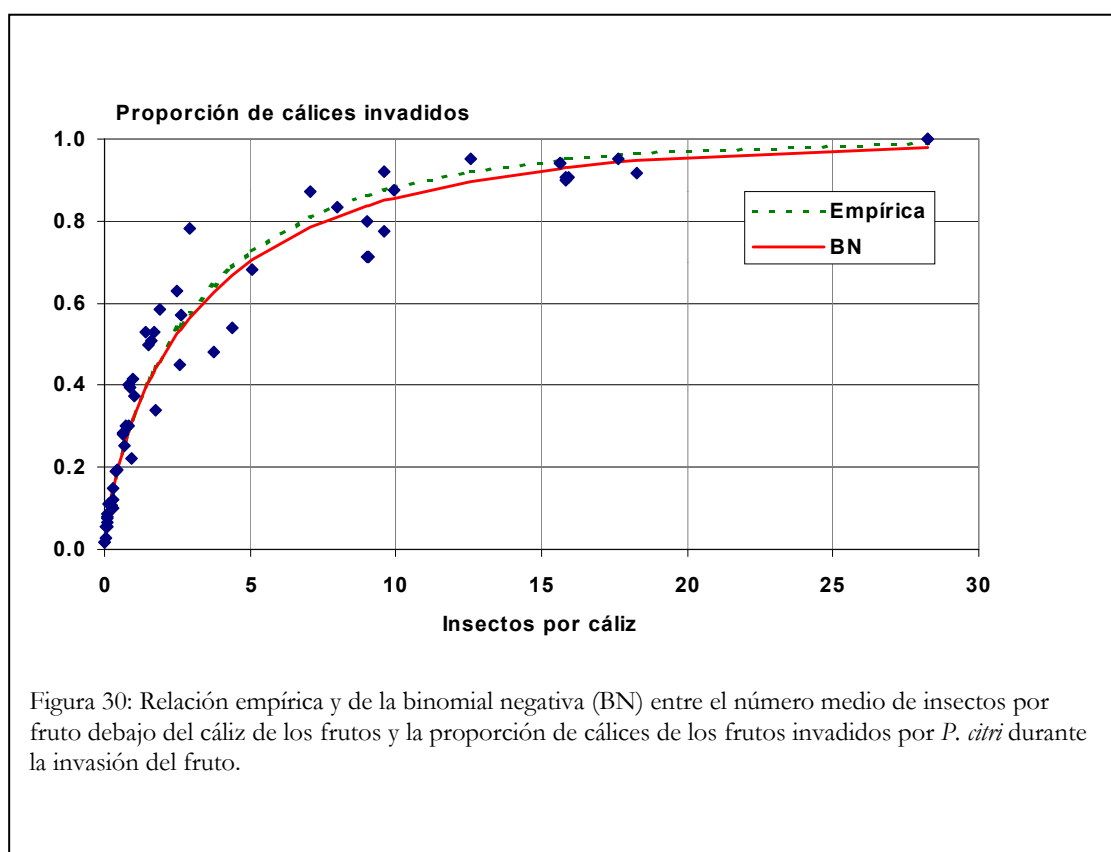


2.3. Método de muestreo binomial

2.3.1. Población debajo del cáliz de los frutos

En la figura 30 se puede comparar la relación entre la proporción de cáliz invadidos y el número de insectos por cáliz según la distribución binomial negativa (los Índices de Taylor utilizados en la expresión de Wilson y Room son $a=5,27$ y $b=1,45$) y según la expresión empírica de Kono y Sugino (con $\alpha=3,58$ y $\beta=1,35$; $R^2=0,97$; $n=56$). El valor del coeficiente de regresión r^2 que se obtiene al establecer una regresión lineal entre la proporción de cáliz ocupados (p) observada en los muestreos y los valores estimados por cada una de las dos curvas puede permitirnos establecer una comparación entre los dos tipos de ajuste. Ambos coeficientes de regresión, 0,956 y 0,954

respectivamente, son elevados y muy similares, por lo que ambos tipos de ajuste son adecuados para nuestros datos. Se observa que medias poblacionales bajas, por ejemplo, 0,1 insectos por cáliz se corresponden con un 7% de cálices ocupados. Una media de 1 insecto por cáliz se corresponde con aproximadamente un 30% de cálices ocupados. Con poblaciones elevadas, por ejemplo de 10 insectos por cáliz, el porcentaje de cálices ocupados es del 85%.



En la figura 31 se representa el tamaño de muestra para un muestreo binomial con los dos modelos estudiados, el empírico y el de la binomial negativa (BN). Observamos que en ambos es muy similar.

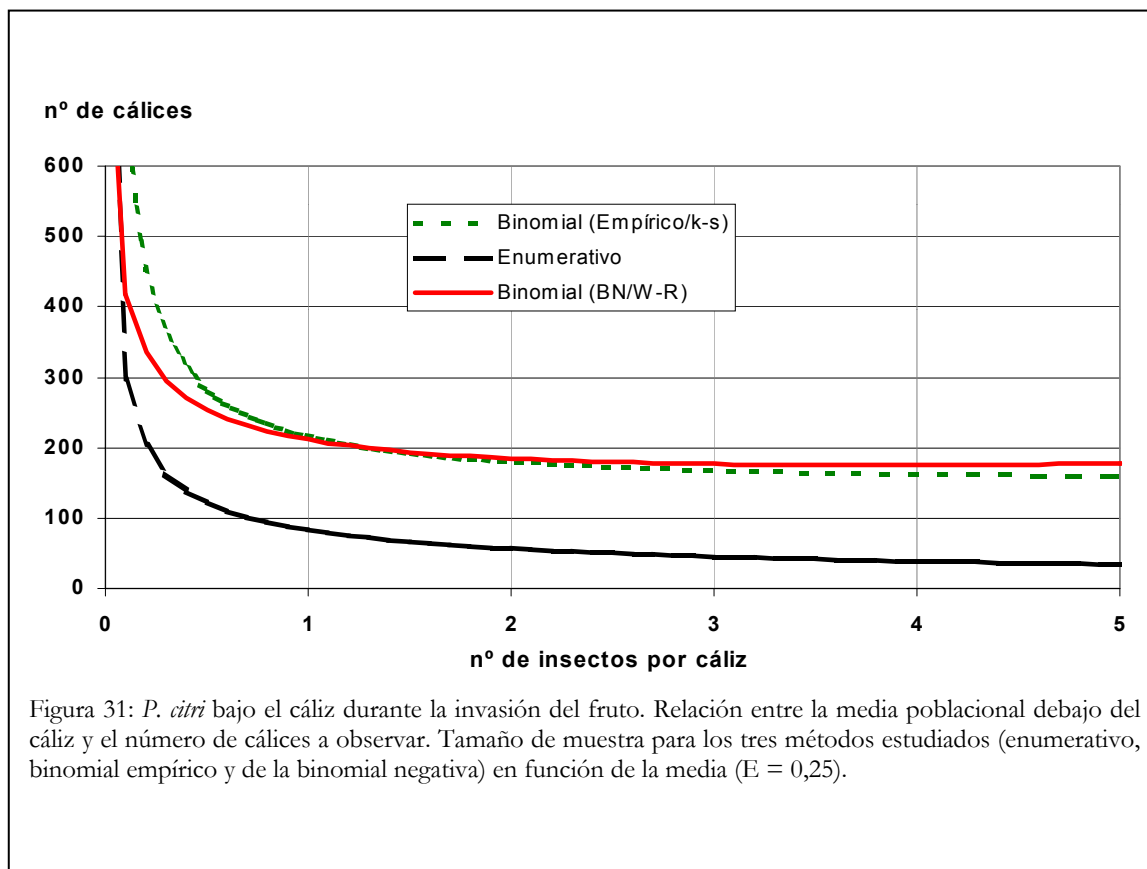
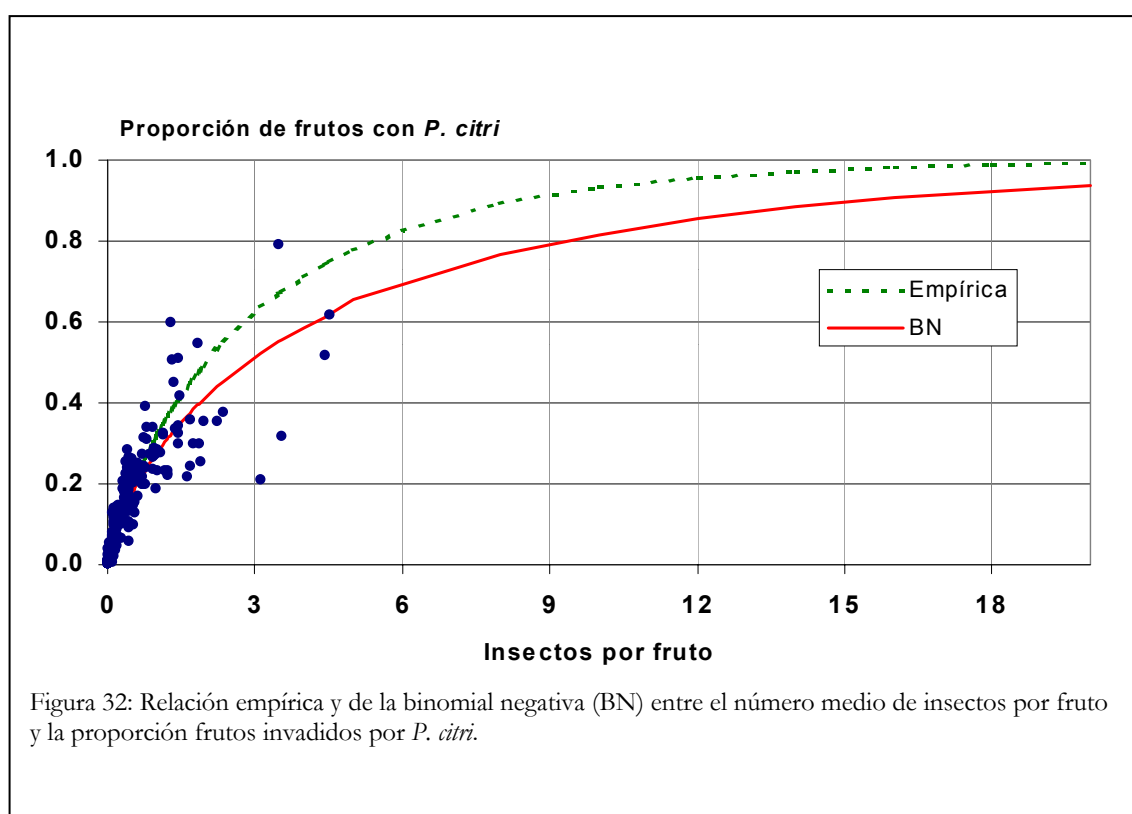


Figura 31: *P. citri* bajo el cáliz durante la invasión del fruto. Relación entre la media poblacional debajo del cáliz y el número de cálices a observar. Tamaño de muestra para los tres métodos estudiados (enumerativo, binomial empírico y de la binomial negativa) en función de la media ($E = 0,25$).

2.3.2. Población de estadios desarrollados sobre el fruto

En la figura 32 se puede comparar la relación entre la proporción de frutos ocupados por estadios desarrollados y el número de estadios desarrollados por fruto según la distribución binomial negativa (los índices de Taylor utilizados en la expresión de Wilson y Room son $a=7,03$ y $b=1,41$) y la expresión empírica de Kono y Sugino (con $\alpha=3,08$ y $\beta=1,18$). El valor del coeficiente de regresión r^2 que se obtiene al establecer una regresión lineal entre la proporción de cálices ocupados (p) observada en los muestreos y los valores estimados por cada una de las dos curvas puede permitirnos establecer una comparación entre los dos tipos de ajuste. Ambos coeficientes de regresión, 0,807 y 0,797 respectivamente son elevados y muy similares, por lo que ambos tipos de ajuste son adecuados para nuestros datos. Observamos que medias poblacionales bajas sobre el fruto (0,1 insectos por fruto) se corresponden con

aproximadamente un 5% de frutos ocupados. Para valores intermedios (0,75 insectos por fruto), el porcentaje de frutos ocupados es de alrededor del 25%. Un 50% de frutos ocupados se corresponden con una media de 2-3 insectos por fruto.



En un muestreo binomial el modelo de la binomial negativa da valores de tamaño de muestra menores que el modelo empírico (Fig. 33), y por lo tanto es más recomendable utilizar el primer método.

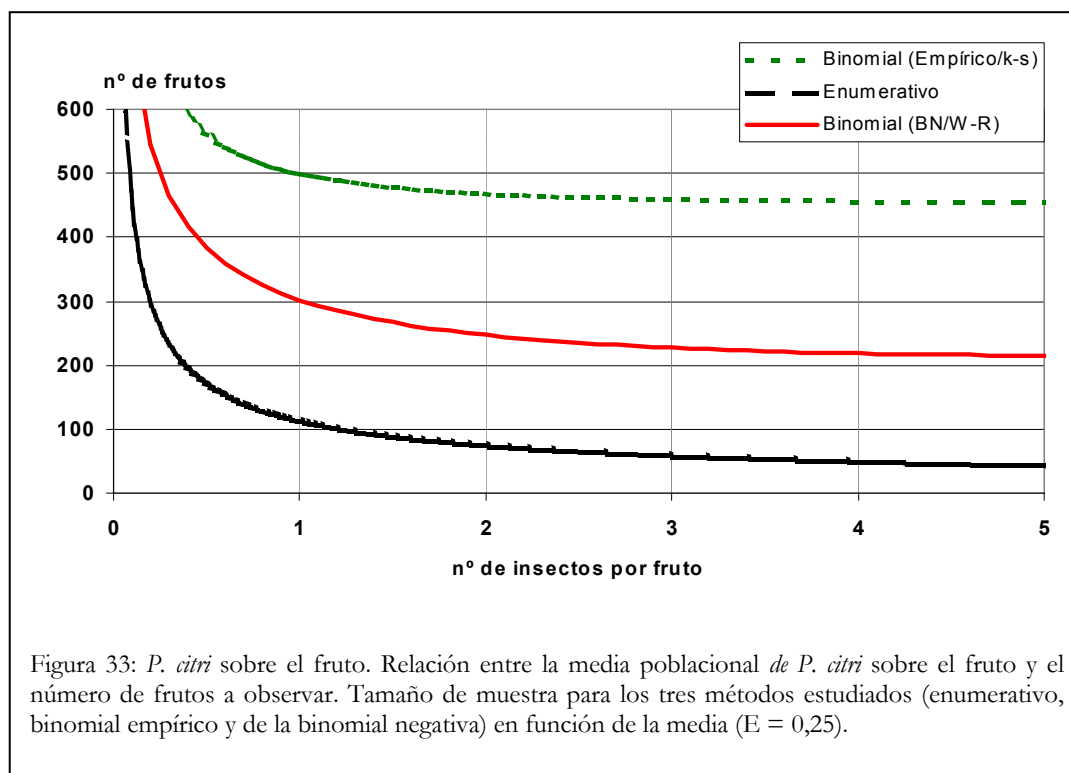
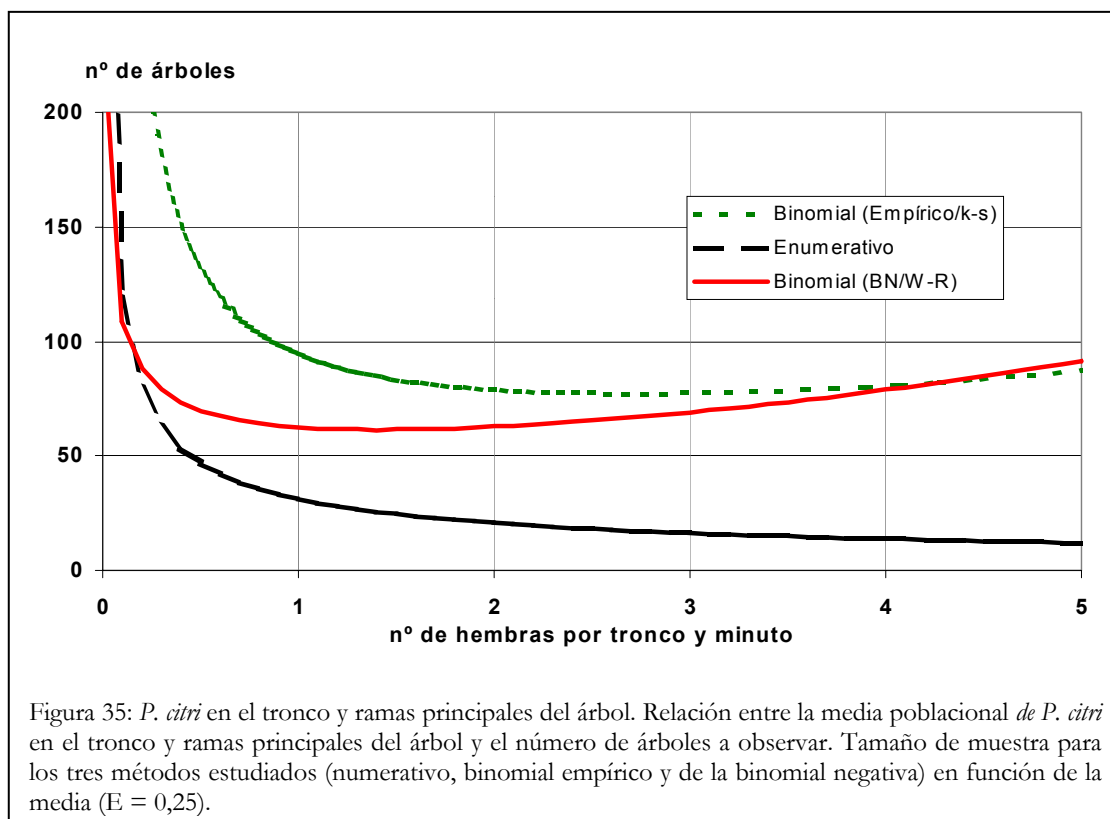
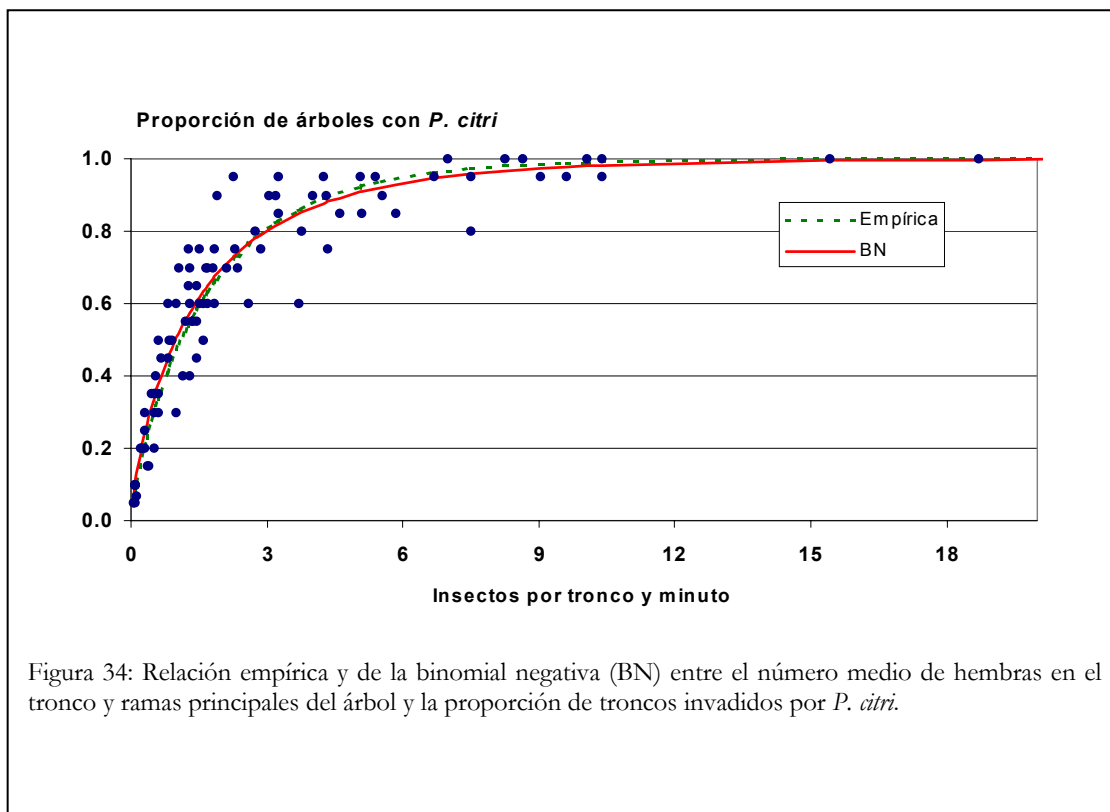


Figura 33: *P. citri* sobre el fruto. Relación entre la media poblacional de *P. citri* sobre el fruto y el número de frutos a observar. Tamaño de muestra para los tres métodos estudiados (enumerativo, binomial empírico y de la binomial negativa) en función de la media ($E = 0,25$).

2.3.3. Población de hembras en tronco y ramas principales

En la figura 34 se puede comparar la relación entre la proporción de troncos con hembras y el número de hembras por tronco según la distribución binomial negativa (los Índices de Taylor utilizados en la expresión de Wilson y Room son $a=1,96$ y $b=1,42$) y según la expresión empírica de Kono y Sugino (con $\alpha=1,69$ y $\beta=1,17$; $R^2=0,89$; $n=90$). El valor del coeficiente de regresión r^2 que se obtiene al establecer una regresión lineal entre la proporción de troncos ocupados (p) observada en los muestreos y los valores estimados por cada una de las dos curvas puede permitirnos establecer una comparación entre los dos tipos de ajuste. Ambos coeficientes de regresión, 0,933 y 0,922 respectivamente, son muy elevados y similares, por lo que ambos tipos de ajuste son adecuados para nuestros datos. Se observa que medias poblacionales muy bajas, por ejemplo, 0,05 hembras por tronco corresponden con un 5-6% de troncos ocupados. Con 0,11 hembras por tronco hay un 10% de troncos ocupados, con poblaciones de 1

hembra por tronco un 50%, y con 5 hembras por tronco, un 90%. El tamaño de muestra viene reflejado en la figura 35.



2.4. Discusión

La distribución que presenta *P. citri* bajo el cáliz de los frutos en una parcela es claramente agregativa. La hembra realiza la puesta en una masa ovígera algodonosa y las larvas neonatas tienden a situarse cerca de la madre si el ambiente en el que nacen es el adecuado, aunque pueden emigrar hacia zonas más altas de la planta. Así mismo, todos los estadios presentan fototaxis negativa, excepto las hembras grávidas que no son muy sensibles a estímulos externos (Bodenheimer, 1951). Según Meyerdirk *et al.* (1981) la localización óptima de *P. citri* en infestaciones muy bajas es bajo el cáliz de los frutos, y Berlinger y Gol'berg (1978) mostraron que el cáliz es un hábitat ideal para *P. citri*. Por tanto, la biología de la oviposición y el comportamiento de las larvas en cuanto a la predilección por el cáliz condicionan el que haya una concentración alta de individuos bajo los sépalos. El proceso de invasión de los cálices por parte de *P. citri* se produce de forma intensa desde el momento en que se produce la caída de pétalos y se inicia el crecimiento del ovario. Este parece ser un proceso que afecta de forma generalizada a muchos cálices, como lo demuestra el hecho de que el índice $b = 1,45$ de Taylor que hemos obtenido, y que descubre y caracteriza el grado de agregación de las poblaciones, no sea muy elevado. La alta movilidad de todos los estadios y el limitado espacio que ofrece el cáliz para albergar a un determinado número de insectos probablemente son la causa de que la agregación no sea mayor.

Este patrón de distribución observado es bastante similar, aunque algo inferior, al obtenido por Nestel *et al.* (1995) para *P. citri* sobre frutos de pomelo (*Citrus paradisi* Macfayden) para los meses de junio y julio, siendo en este caso el parámetro b de la Ley Potencial de Taylor de 1,50 y 1,56 respectivamente. Esta mayor agregación observada por el citado autor podría ser debida a las diferencias entre el tamaño y disposición de los sépalos en pomelo y en naranja. Berlinger y Gol'berg (1978) demostraron que la infestación de los cálices de los frutos era superior, tanto en porcentaje de frutos infestados como en número de insectos por fruto, en el pomelo que en la naranja. En el pomelo, los sépalos son grandes, convexos, y cubren generalmente la totalidad del disco

floral, mientras que en el caso de las naranjas, los sépalos son más pequeños y en muchos casos el disco floral es visible.

Cuando estudiamos la pauta de distribución para cada estadio de desarrollo por separado bajo el cáliz observamos que la mayor agregación la presentan las larvas de primera edad (L1), para las cuales el término b de la ley potencial de Taylor es de 1,56. Durante los meses de mayo y junio las L1 que provienen de la primera generación del año comienzan la invasión del cáliz. En julio, las larvas provenientes de la segunda generación siguen invadiendo los cálices. Los individuos procedentes de la primera generación que invadieron el cáliz son ahora hembras que realizan la oviposición dentro del cáliz. Las larvas neonatas pueden permanecer junto a la madre si el espacio es suficiente, por lo que la agregación es elevada en este estadio. Probablemente la mortalidad natural densidad dependiente que se produce en el estadio L1 es la causa de la disminución de la agregación en el estadio de larva de segunda edad (L2). El término b en este caso es de 1,44.

A partir del estadio de larva de tercera edad (L3) la agregación es más estable. El término b en L3, hembras jóvenes y hembras con huevos, es respectivamente de 1,32, 1,28 y 1,19. Además de la mortalidad natural de las larvas, los himenópteros parasitoides *Leptomastidea abnormis* (que parasita fundamentalmente larvas de segunda edad (L2)) y *Anagyrus pseudococci* (que parasita preferentemente larvas de tercera edad (L3) y hembras), van haciendo que la agregación disminuya respecto a la que existía en las larvas L1 y L2. Así mismo, las L3 y sobre todo las hembras jóvenes comienzan a tener un tamaño considerable. La falta de espacio en el cáliz podría ser la causa de una dispersión de estos estadios hacia otros lugares con menor competencia. Otro factor de disminución de agregación en los estadios superiores podría explicarse por la tendencia de las hembras grávidas a dispersarse hacia el tronco y las ramas principales a realizar la puesta, que podría estar relacionado también con su abundancia bajo el cáliz.

La distribución de *P. citri* bajo el cáliz también presenta una pauta agregativa cuando analizamos sus poblaciones en los frutos de un árbol y en los árboles de una parcela. El parámetro b de Taylor en estos casos es de 1.52 y 1.53 respectivamente, y en

estos casos también se observa la tendencia a una mayor agregación en los estadios menos desarrollados.

La distribución espacial de los diferentes estadios de *P. citri* en los cálices de los frutos estudiada en el presente trabajo parece ser pues el resultado de su biología, de sus patrones de comportamiento, de los factores de mortalidad y de la capacidad espacial del cáliz del fruto, parte escogida preferentemente por *P. citri* para desarrollarse. Hutchinson (1953) (citado por Taylor (1984)) cita cinco clases de factores que pueden condicionar la pauta de distribución espacial de las poblaciones de insectos: vectoriales (causados por gradientes lineales medioambientales), reproductivos (produciendo gradientes de densidad), sociales (causados por el comportamiento de la especie), coactivos (causados por la interacción entre especies) y estocásticos (resultado de procesos medioambientales al azar).

La pauta de distribución sobre el fruto de los estadios desarrollados de *P. citri* también es claramente agregativa ($b = 1,41$). Si tenemos en cuenta sólo el parámetro b de la ley de Taylor, esta agregación permanece constante a lo largo del año y no se ve influida por la variedad del cítrico sobre la que se encuentra, en nuestro caso, navel y navelina. Tampoco se ve influida por los tratamientos fitosanitarios. Según Taylor *et al.* (1988) la agregación permanece constante cuando las condiciones ambientales varían poco. Ni las diferencias de temperatura ni el diferente nivel de desarrollo del fruto a lo largo del año afectaron en nuestro estudio a la agregación, si bien en el periodo de agosto a octubre la agregación es algo mayor que en el periodo de junio-julio y noviembre-diciembre, posiblemente debido a la mayor abundancia que presenta la población en el periodo de agosto a octubre.

Nestel *et al.* (1995) también concluyeron que las pautas de agregación de *P. citri* en pomelo no varían con la época del año considerada. El parámetro b medio obtenido por estos investigadores fue de $1,61 \pm 0,09$, bastante más elevado que el obtenido en nuestro estudio. El tamaño mucho mayor del fruto del pomelo respecto a la naranja, el tamaño y la forma de los sépalos, la calidad del alimento, la diferente actuación de los

parasitoides y el hecho de que en nuestro estudio solamente hemos tenido en cuenta los estadios desarrollados visibles sobre el fruto, son todos ellos factores que pueden ser responsables de estas diferencias. Nestel (1995) indica que uno de los factores responsables de la elevada agregación que encuentra es la ineficacia del parasitoide *Anagyrus pseudococci* (Girault) sobre *P. citri* en pomelo. Según Berlinger *et al.* (1978), esta ineficacia es debida fundamentalmente al tamaño y forma de los sépalos en pomelo, grandes y convexos, que protegen eficazmente a *P. citri*.

Dentro de un árbol los individuos se distribuyen de forma agregativa entre los frutos y además existe otra pauta de distribución agregativa entre árboles de la parcela. Los valores del parámetro b de Taylor son similares en ambos casos, siendo 1,57 y 1,55 respectivamente.

También las hembras en el tronco muestran una pauta agregativa entre árboles de una parcela, con una b de Taylor de 1,42. Las hembras de *P. citri* tienen escasa movilidad, son incapaces de volar y se desplazan caminando en el árbol, y la dispersión entre árboles es probablemente una dispersión pasiva cuando las hembras o larvas son arrastradas por el viento. Todo ello determina la existencia de zonas de mayor población, tanto en el ámbito del árbol como en el ámbito de la parcela.

Dado que las poblaciones se distribuyen de forma agregativa tanto en el fruto como en el tronco, hemos intentado simplificar el muestreo calculando el tamaño de muestra de forma binomial, anotando simplemente la presencia o ausencia de insectos sobre el fruto o sobre el tronco, y no contabilizando el número de insectos.

En el muestreo de insectos bajo el cáliz, interesa reducir al mínimo el número de frutos a observar, dado que se trata de un muestreo destructivo. Además, cuando las poblaciones son bajas, el conteo enumerativo de los insectos es bastante sencillo. Ello nos lleva a que es más interesante el muestreo enumerativo para poblaciones bajas y medias, para lo cual se requieren aproximadamente unos 130 frutos por parcela para alcanzar la precisión deseada. Solamente estaría justificado el muestreo binomial cuando

los niveles poblacionales superen los 1,5 insectos por fruto. En ese caso habría que recurrir a la observación de aproximadamente 200 frutos.

En el caso de la observación de estadios desarrollados de *P. citri* sobre el fruto las conclusiones son similares al caso anterior. Para estimar bajas poblaciones de *P. citri* (0,1-0,25 insectos por fruto), el tamaño de muestra en el muestreo binomial es muy elevado (de 500 a 700 frutos por parcela), por lo que en estos casos es mejor realizar un muestreo enumerativo (250-450 frutos). Para poblaciones medias de cotonet, por ejemplo, 0,75-1 insecto por fruto, que se corresponde con un 25-30% de frutos ocupados, en el muestreo binomial hay que observar unos 300 frutos, mientras que en el enumerativo, unos 130 frutos por parcela. Según ello, consideramos que debe seguir utilizándose el método de muestreo enumerativo dado que el número de frutos a observar sigue siendo considerablemente menor que en el muestreo binomial.

Contar el número de insectos sobre los frutos cuando las poblaciones no son elevadas es relativamente sencillo y además el muestreo enumerativo requiere un tamaño de muestra muy inferior. Por ello, para estimar poblaciones sobre el fruto bajas o medias recomendamos el muestreo enumerativo, observando unos 130 frutos. Este tamaño de muestra nos permitirá estimar una media poblacional superior a 0,75 insectos por fruto con la precisión adecuada. Solamente en el caso de poblaciones elevadas, superiores a 4 insectos por fruto, sería aconsejable cambiar del muestreo enumerativo al binomial. En este caso el tamaño de muestra requerido para una estimación adecuada de la media poblacional ha de ser de aproximadamente 200 frutos.

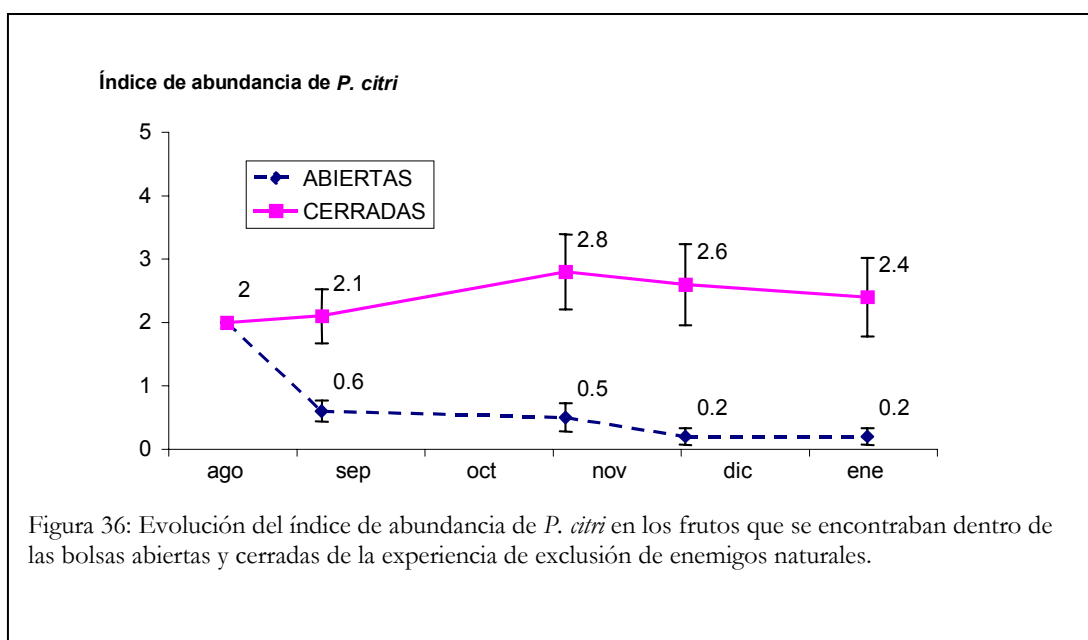
En el caso de la observación de hembras sobre el tronco encontramos que el muestreo enumerativo es más costoso, ya que hay que observar todo el tronco del árbol durante un minuto. El tamaño de muestra para un muestreo binomial (Fig. 29) es elevado para los dos modelos calculados. Aún así, en este caso creemos que es más sencillo realizar un muestreo de presencia-ausencia de hembras en el tronco que contabilizar todas las hembras en un minuto. Según las poblaciones que habitualmente encontramos en el campo sugerimos la observación de 110 troncos por parcela, lo que permite detectar de forma correcta niveles poblacionales iguales o superiores a 0,1

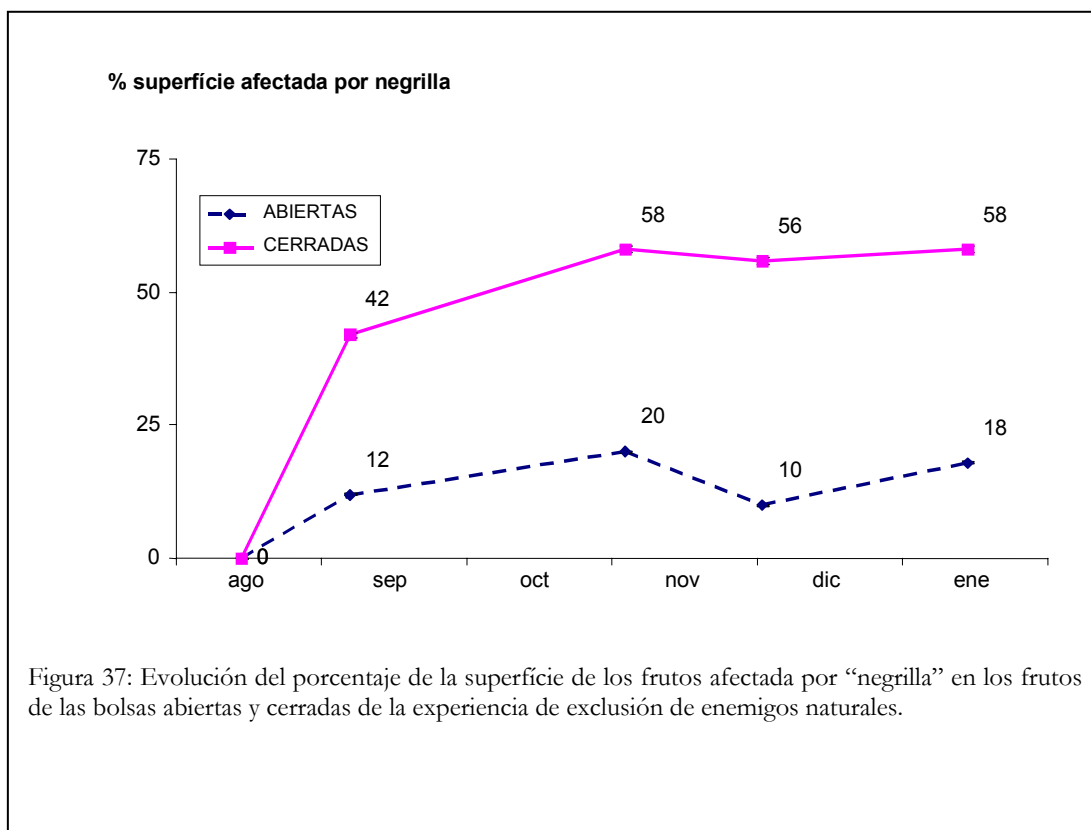
hembras por tronco, que nos permitirá alcanzar la precisión adecuada para estimar estos niveles poblacionales.

3. ENEMIGOS NATURALES

3.1. Exclusión de enemigos naturales

En las bolsas pareadas que quedaron abiertas, la población inicial de *P. citri* sobre los frutos fue reduciéndose con el tiempo, pasando de un índice de abundancia 2 en agosto a un índice de abundancia 0,2 en febrero del año siguiente (Fig. 36). Sin embargo en las bolsas cerradas la población inicial se mantiene elevada, oscilando entre los índices 2 y 3. Ya en el primer muestreo las diferencias de población entre las bolsas cerradas y abiertas en el mismo árbol son significativas y siguen siéndolo durante todo el tiempo que duró la experiencia ($n=40$; $t=7,58$; $P < 0,0001$). Algo similar ocurrió con la presencia de negrilla en el fruto. Observamos una cantidad de negrilla significativamente menor en las bolsas abiertas que en las cerradas en todas las muestras ($n=40$; $t=7,29$; $P < 0,001$), llegando a una superficie del fruto cubierta próxima al 60% en los frutos de las bolsas cerradas, mientras que en los frutos de las bolsas abiertas no superó el 20% (Fig. 37).





En cuanto a los parámetros analizados de calidad y de maduración de los frutos, no se encontraron diferencias significativas entre los frutos de las bolsas cerradas, que tenían un ataque considerablemente mayor de *P. citri*, y las abiertas en ninguno de estos parámetros analizados (Tabla 15).

Características del fruto	Bolsas	Media \pm error estandar	P
Peso (g)	<i>Abierta</i>	246,93 \pm 15,77	0,68
	<i>Cerrada</i>	253,93 \pm 19,62	
Diámetro (mm)	<i>Abierta</i>	82,64 \pm 1,80	0,65
	<i>Cerrada</i>	83,80 \pm 2,65	
Peso zumo (g)	<i>Abierta</i>	104,38 \pm 7,21	0,38
	<i>Cerrada</i>	98,89 \pm 6,92	
Peso corteza (g)	<i>Abierta</i>	70,96 \pm 5,97	0,51
	<i>Cerrada</i>	76,54 \pm 7,62	
Acidez (NaOH ml)	<i>Abierta</i>	6,64 \pm 0,44	0,43
	<i>Cerrada</i>	6,36 \pm 0,46	
Azúcares ($^{\circ}$ Brix)	<i>Abierta</i>	12,25 \pm 0,28	0,55
	<i>Cerrada</i>	12,04 \pm 0,27	
Volumen de zumo (ml)	<i>Abierta</i>	102,03 \pm 7,05	0,34
	<i>Cerrada</i>	96,40 \pm 6,81	
Índice de madurez (E/A)	<i>Abierta</i>	14,58 \pm 0,82	0,57
	<i>Cerrada</i>	15,36 \pm 0,94	

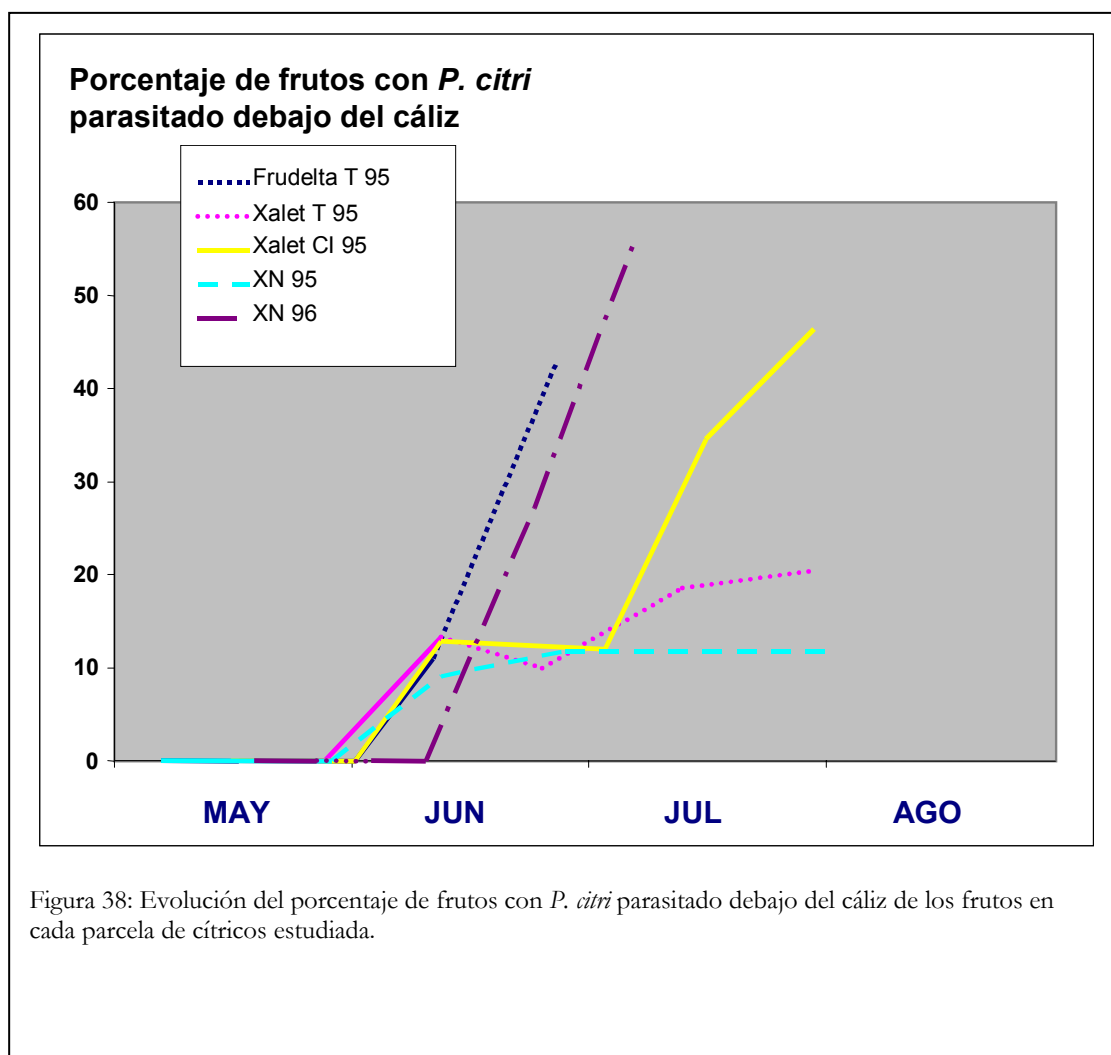
Tabla 15: Diferencias en las características de los frutos de las bolsas abiertas y cerradas de la experiencia de exclusión de enemigos naturales. Test *t* de comparación de medias pareadas.

3.2. Observación de enemigos naturales en colonias de *P. citri*

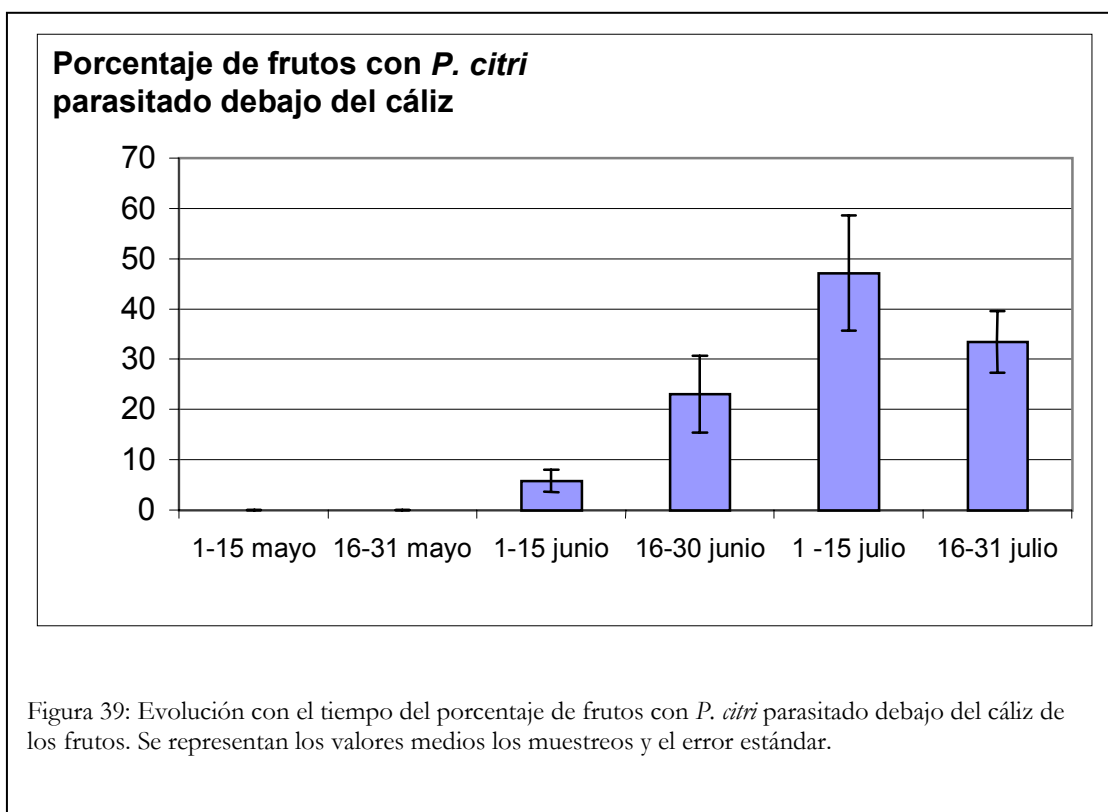
3.2.1. Parasitismo debajo del cáliz

En las cinco parcelas en las que hemos estudiado la evolución de la invasión del cáliz se observa *P. citri* parasitado, y en todas ellas el parasitismo va aumentando con el tiempo, oscilando en julio entre el 10% y el 50%. Las larvas de cotonet de primera edad de la primera generación comienzan a invadir los cálices a mediados de mayo. Cuando alcanzan los estadios de larva de 2ª edad, larva de 3ª edad y hembra joven es cuando serán parasitadas por *L. abnormis* y *A. pseudococci*, parasitoides presentes en la

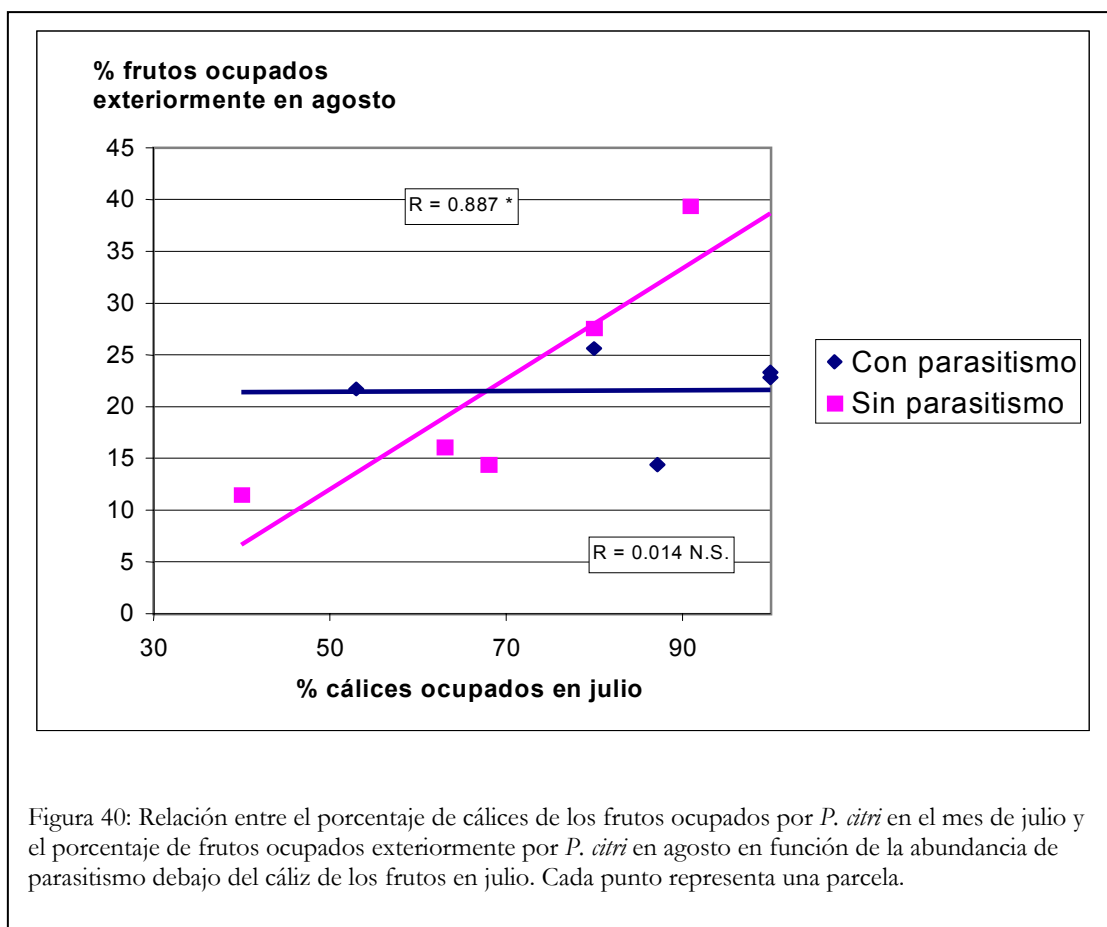
zona de estudio cuyos estados de desarrollo preferidos para parasitar son los citados (Fig. 38).



Para el total de los muestreos realizados la proporción de cálices con *P. citri* parasitado se inicia en la primera quincena de junio, con una proporción media del 6% de cálices con presencia de parasitismo. Esta proporción se incrementa al 23% en la segunda mitad de junio y se hace máxima en la primera quincena de julio, cercana la media al 50% (Fig. 39).

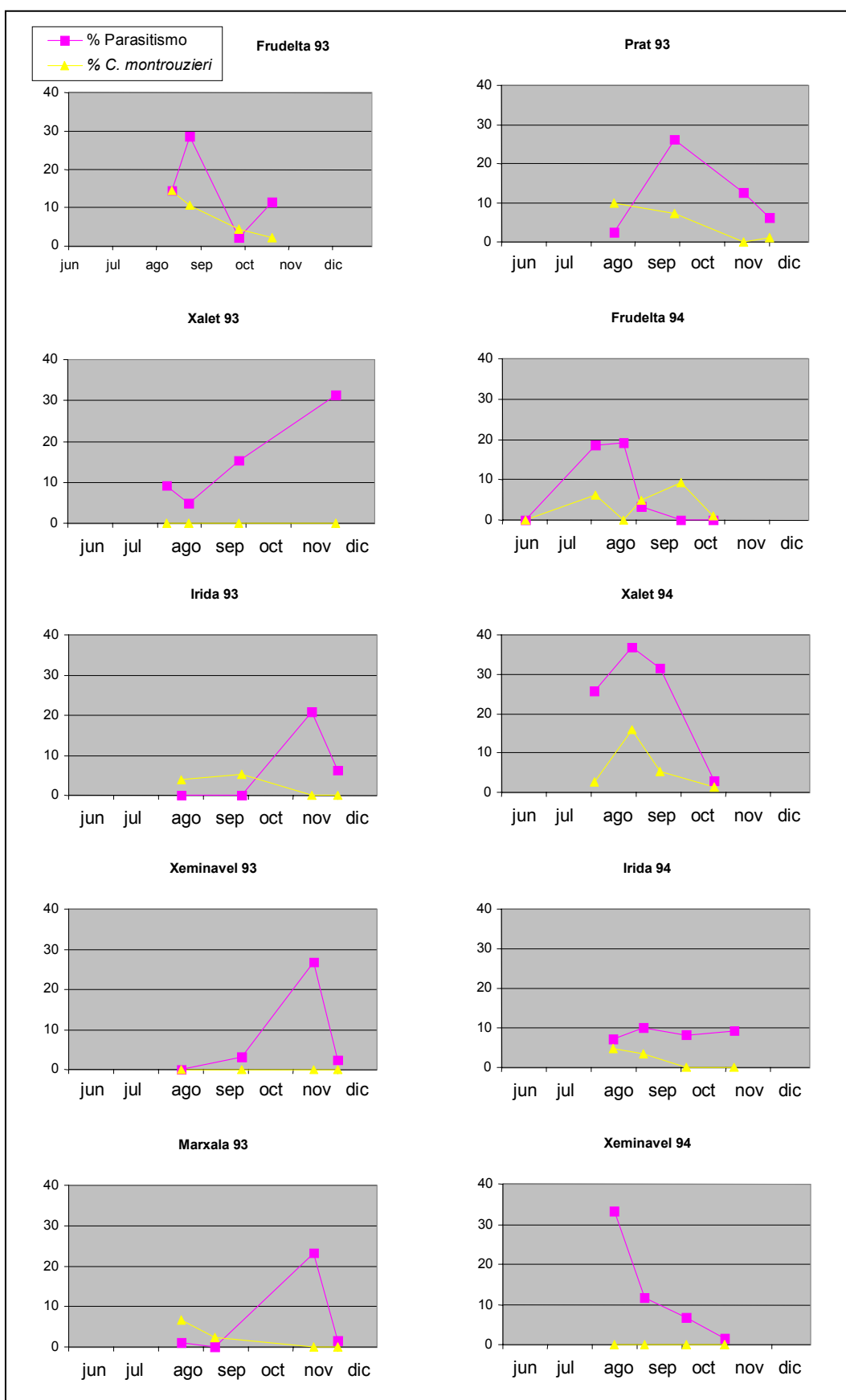


Este parasitismo observado bajo el cáliz repercute en la evolución de la población de *P. citri* posteriormente sobre el fruto desarrollado. Cuando el porcentaje de cálices con cotonet parasitado en julio es inferior al 20%, existe una estrecha correlación entre el porcentaje de cálices invadidos por cotonet en julio y el porcentaje de frutos atacados en agosto ($y=0,5347x-14,761$; $R=0,887$; $n=5$). Sin embargo, en los casos en que este porcentaje es superior al 20% dicha relación no existe ($R=0,014$; $n=5$) y en todos los casos el porcentaje de frutos atacados en agosto es inferior al 25% (Fig. 40). Así pues, los parasitoides que se encuentran en el cultivo de manera natural parece que son capaces de encontrar y alcanzar a su huésped recién instalado bajo el cáliz de los frutos recién cuajados y la acción que realizan en esta época puede ser importante, ya que de ellos dependería la futura evolución de la generación de agosto, que ya se desarrolla sobre el fruto.



3.2.2. Enemigos naturales sobre el fruto con *P. citri* en el campo

En los gráficos de cada parcela observamos que entre agosto y diciembre el parasitismo máximo sobre los frutos no supera el 40% de frutos con presencia de *P. citri* parasitado y que no parece haber una tendencia clara a lo largo de este periodo (Fig. 41).



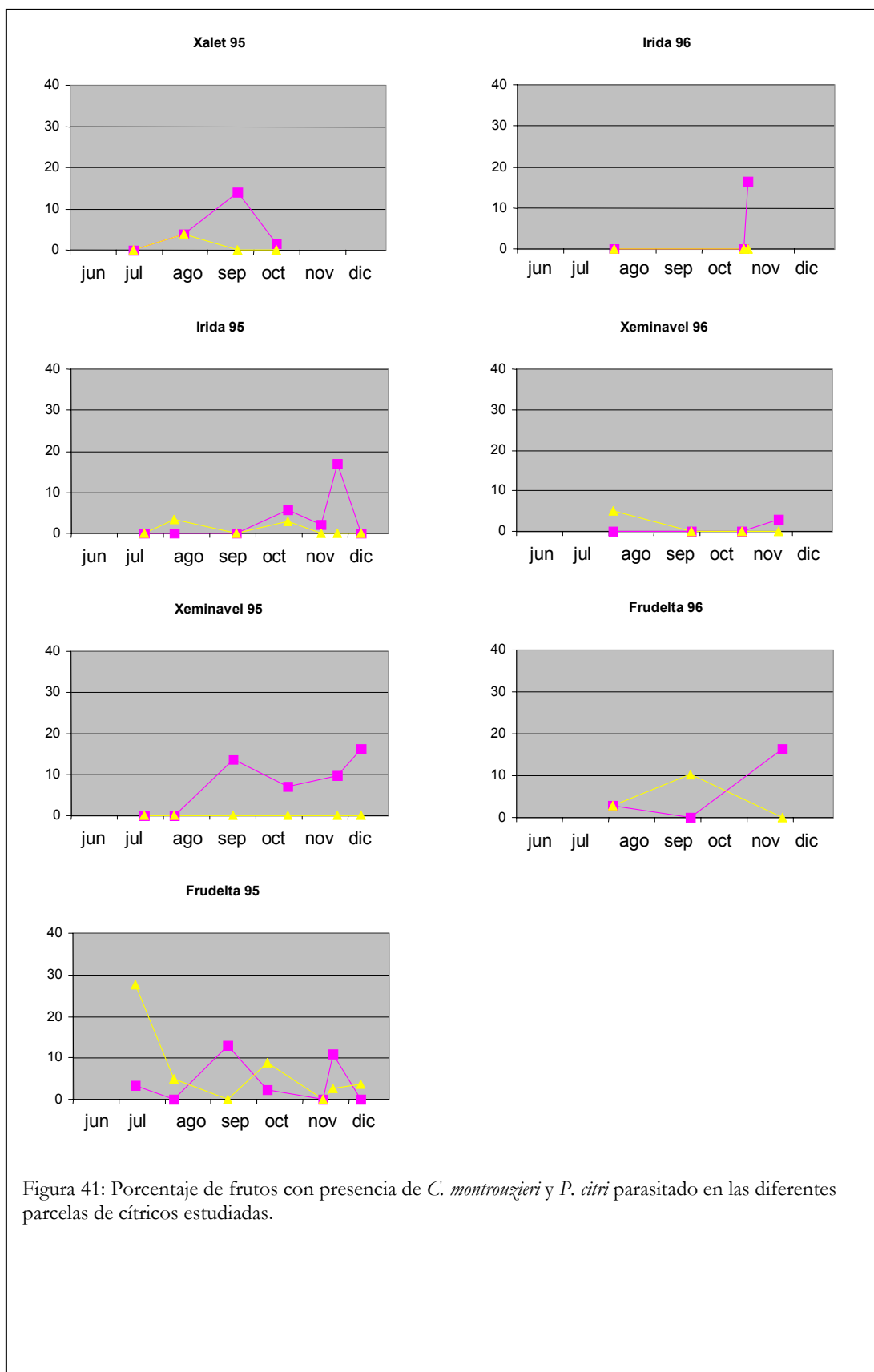


Figura 41: Porcentaje de frutos con presencia de *C. montrouzieri* y *P. citri* parasitado en las diferentes parcelas de cítricos estudiadas.

Sin embargo cuando estudiamos este parasitismo conjuntamente en todas las parcelas sí que se observan tendencias (Fig. 42). Ya en los primeros muestreos de agosto, en cuanto el cotonet ha salido del cáliz y comienza a desarrollarse sobre el fruto, se observa cotonet parasitado sobre el fruto. El parasitismo se mantiene en niveles similares durante el mes de septiembre y disminuye en el mes de octubre, para volver a incrementarse en el mes de noviembre, y diciembre, alcanzando valores similares a los anteriores. El porcentaje medio de frutos con presencia de *P. citri* parasitado es relativamente bajo, oscilando del 4% al 14%, con una media de $8,3 \pm 1,2\%$.

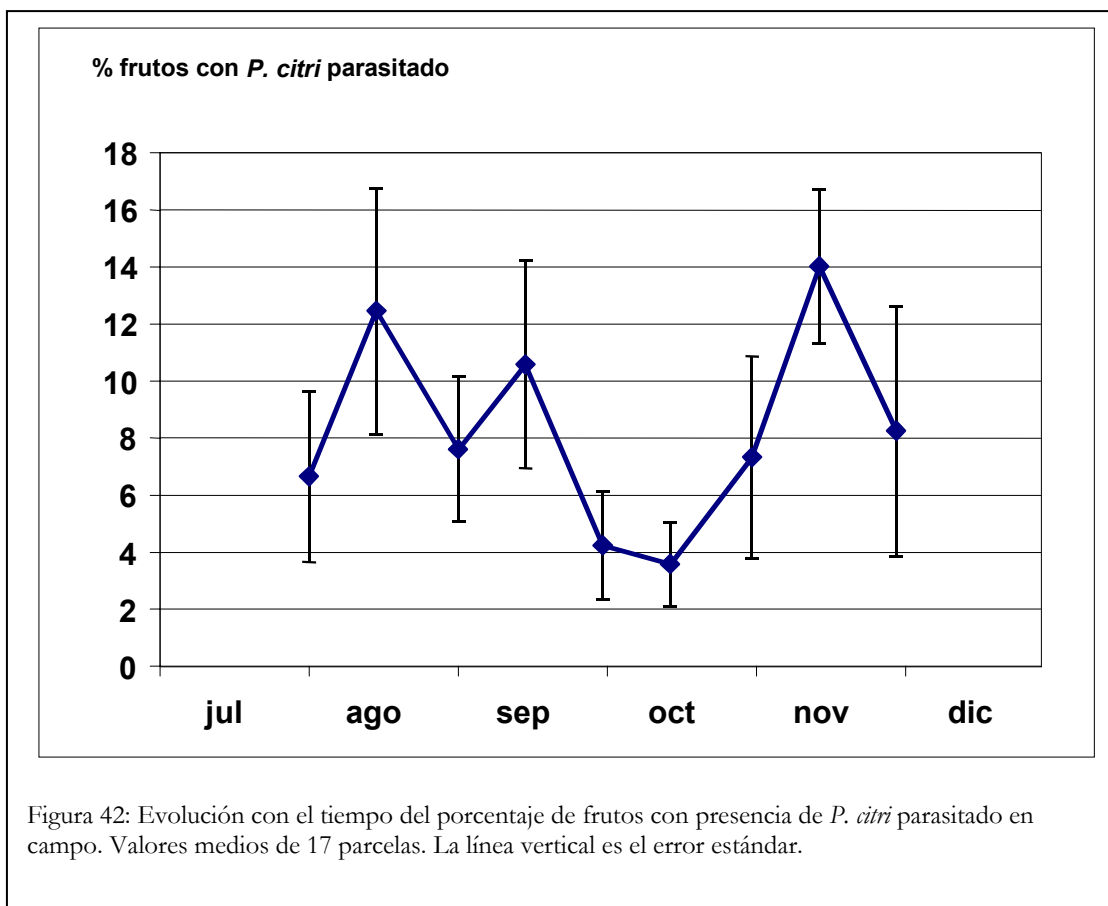
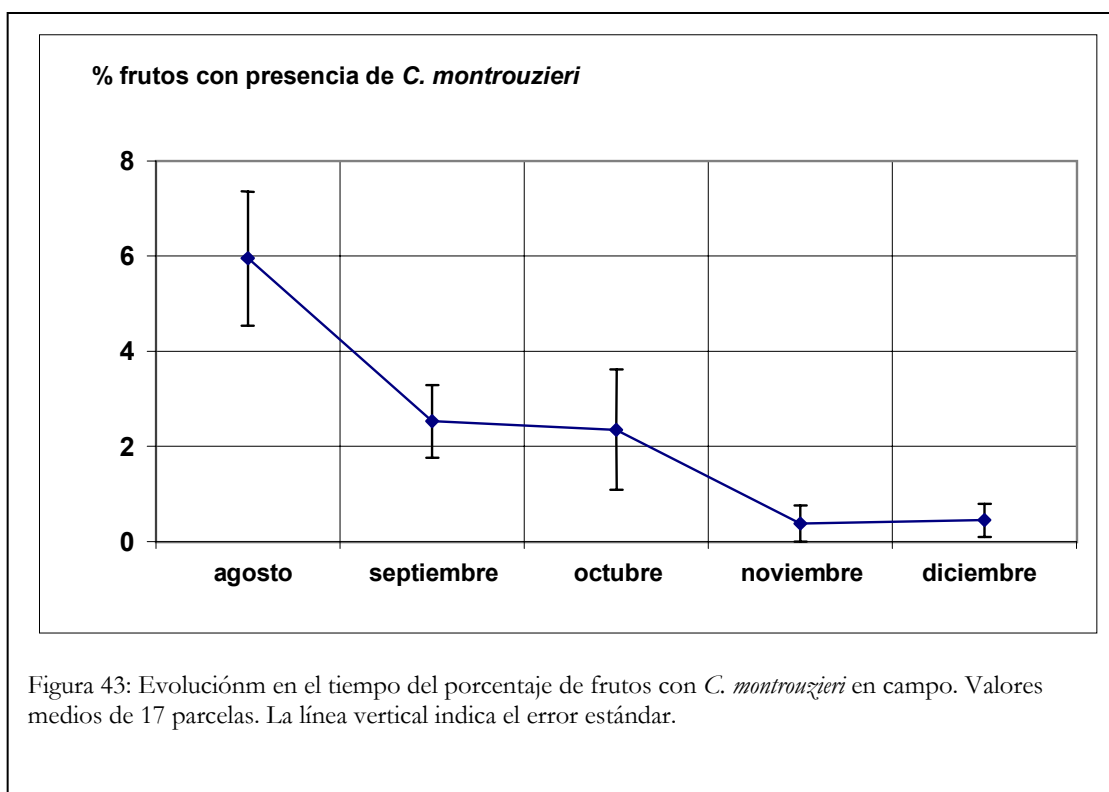


Figura 42: Evolución con el tiempo del porcentaje de frutos con presencia de *P. citri* parasitado en campo. Valores medios de 17 parcelas. La línea vertical es el error estándar.

La evolución de larvas de *C. montrouzieri* que se alimentan de *P. citri* sobre los frutos a partir de agosto se observa en los gráficos de las diferentes parcelas no tratadas y años (Fig. 41). No en todas las parcelas se encuentra este depredador de manera natural, ya que del total de las 17 parcelas muestreadas, en 12 se ha detectado la presencia de *C. montrouzieri*, lo cual representa alrededor del 70% de las parcelas muestreadas. En general, la mayor población del depredador sobre los frutos se observa en agosto, y en ningún caso se ha superado el 20% de frutos con presencia del depredador. Analizando todos los muestreos conjuntamente observamos que desde agosto, donde la media de frutos con presencia es la más elevada, las poblaciones van disminuyendo progresivamente hasta prácticamente desaparecer en los meses de noviembre y diciembre (Fig. 43).



Los datos de la evolución estacional de la población de *P. citri* indicaban que aparentemente no había relación entre el ataque de *P. citri* en agosto y el observado en noviembre ($R=0,259$; $n=15$). Sin embargo si analizamos estos datos teniendo en cuenta la presencia o no del depredador *C. montrouzieri* en agosto observamos que la presencia del depredador en esta época puede ser determinante en la evolución posterior de la población de *P. citri* en la parcela (Fig. 44). Sólo en aquellas parcelas en que en agosto no se encuentra el depredador, esta relación es claramente positiva ($R=0,907$; $n=6$), es decir, que en ausencia de *C. montrouzieri* en agosto, a mayor población de *P. citri* en este mes, mayor población encontraremos en cosecha. La población de *P. citri* sobre el fruto se mantiene o incrementa ligeramente de agosto a noviembre en cinco de las seis parcelas muestreadas, siendo el porcentaje de frutos con *P. citri* en cosecha ($19,3 \pm 6,0\%$ de frutos atacados de media) similar al observado en agosto ($16,2 \pm 4,4\%$ de frutos atacados de media). Sin embargo en la comparación de las parcelas en que *C. montrouzieri* está presente en agosto, la relación entre la población de *P. citri* en agosto y la de noviembre desaparece ($R=0,316$; $n=11$) y la población de *P. citri* disminuye desde agosto hasta cosecha en diez de las once parcelas muestreadas, siendo el porcentaje de frutos con *P. citri* en cosecha en estos casos ($16,7 \pm 2,0\%$ de frutos atacados de media) inferior al observado en agosto ($38,2 \pm 7,6\%$ de frutos atacados de media).

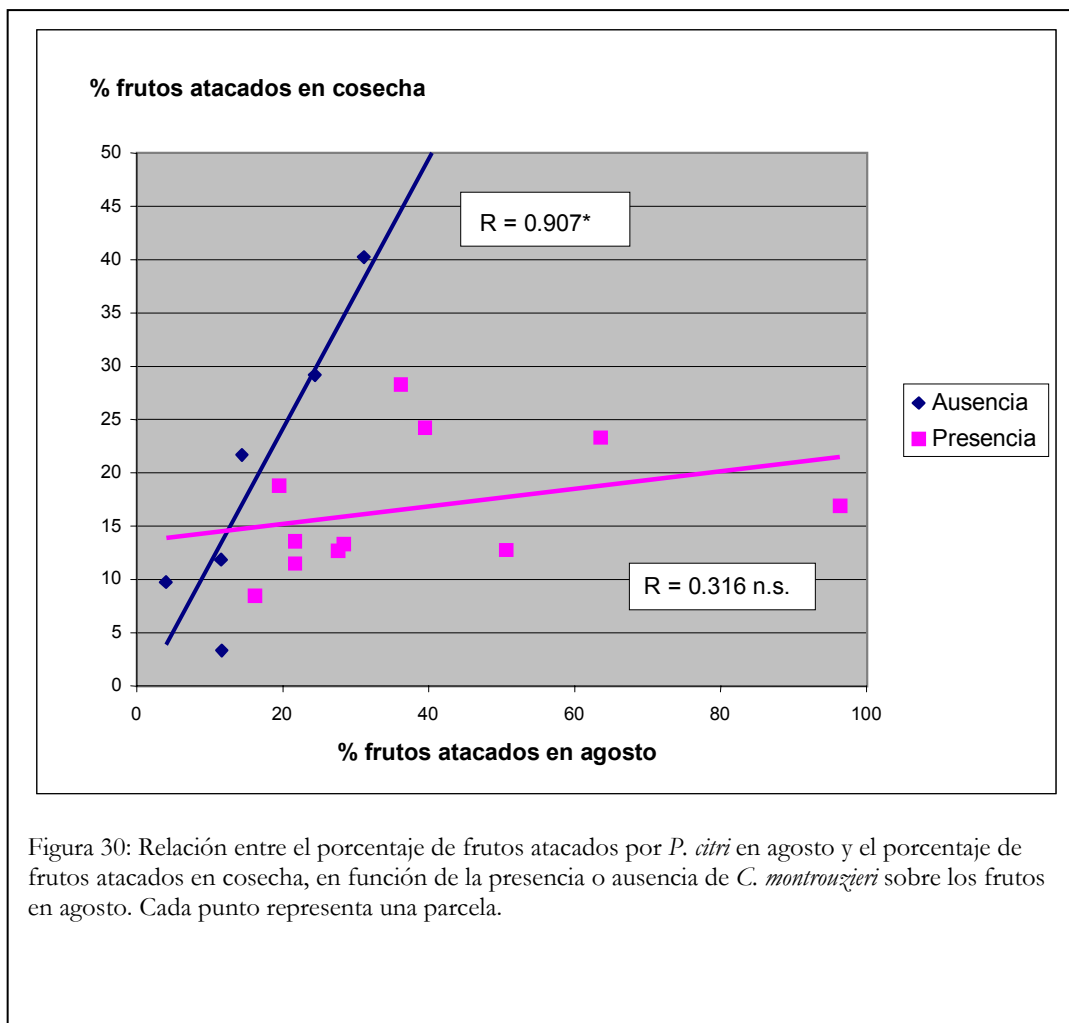


Figura 30: Relación entre el porcentaje de frutos atacados por *P. citri* en agosto y el porcentaje de frutos atacados en cosecha, en función de la presencia o ausencia de *C. montrouzieri* sobre los frutos en agosto. Cada punto representa una parcela.

3.2.3. Enemigos naturales en el tronco y ramas principales del árbol

Si bien las observaciones de *Cryptolaemus* en la copa del árbol no se empezaron a realizar hasta el mes de agosto, momento en que *P. citri* ya se observa a simple vista sobre el fruto, en el tronco y ramas principales se iniciaron las observaciones a finales del mes de abril. Desde este momento y hasta el mes de diciembre observamos larvas del depredador en esta zona del árbol prácticamente siempre. Se observa una fluctuación de su población, produciéndose los máximos inmediatamente después de los

máximos de población de hembras de *P. citri*, al cabo de unos quince días. La época del año en que se observa mayor población de *C. montrouzieri* en el tronco y ramas principales del árbol es en la primera quincena de julio (Figs. 45 y 46).

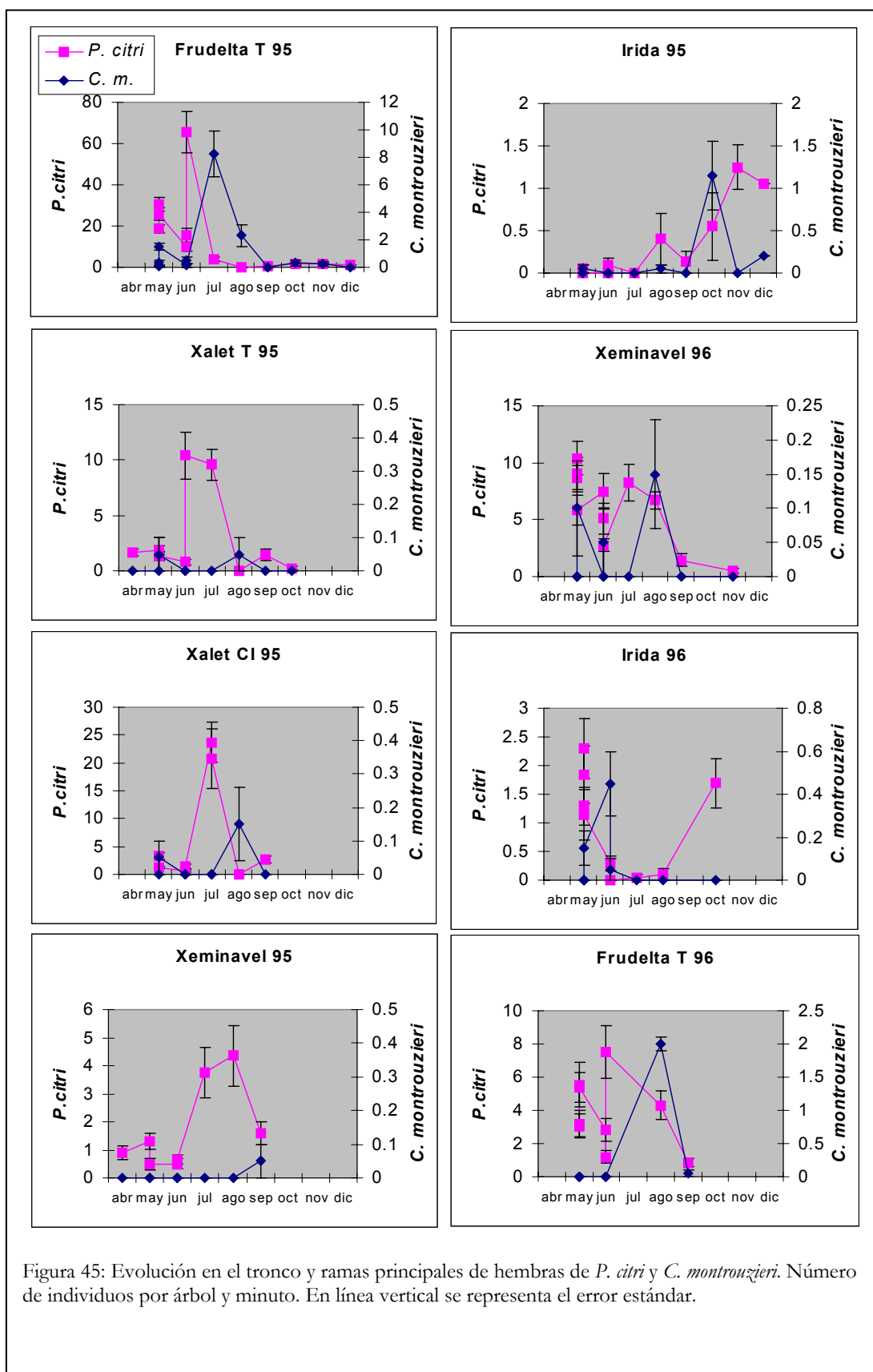


Figura 45: Evolución en el tronco y ramas principales de hembras de *P. citri* y *C. montrouzieri*. Número de individuos por árbol y minuto. En línea vertical se representa el error estándar.

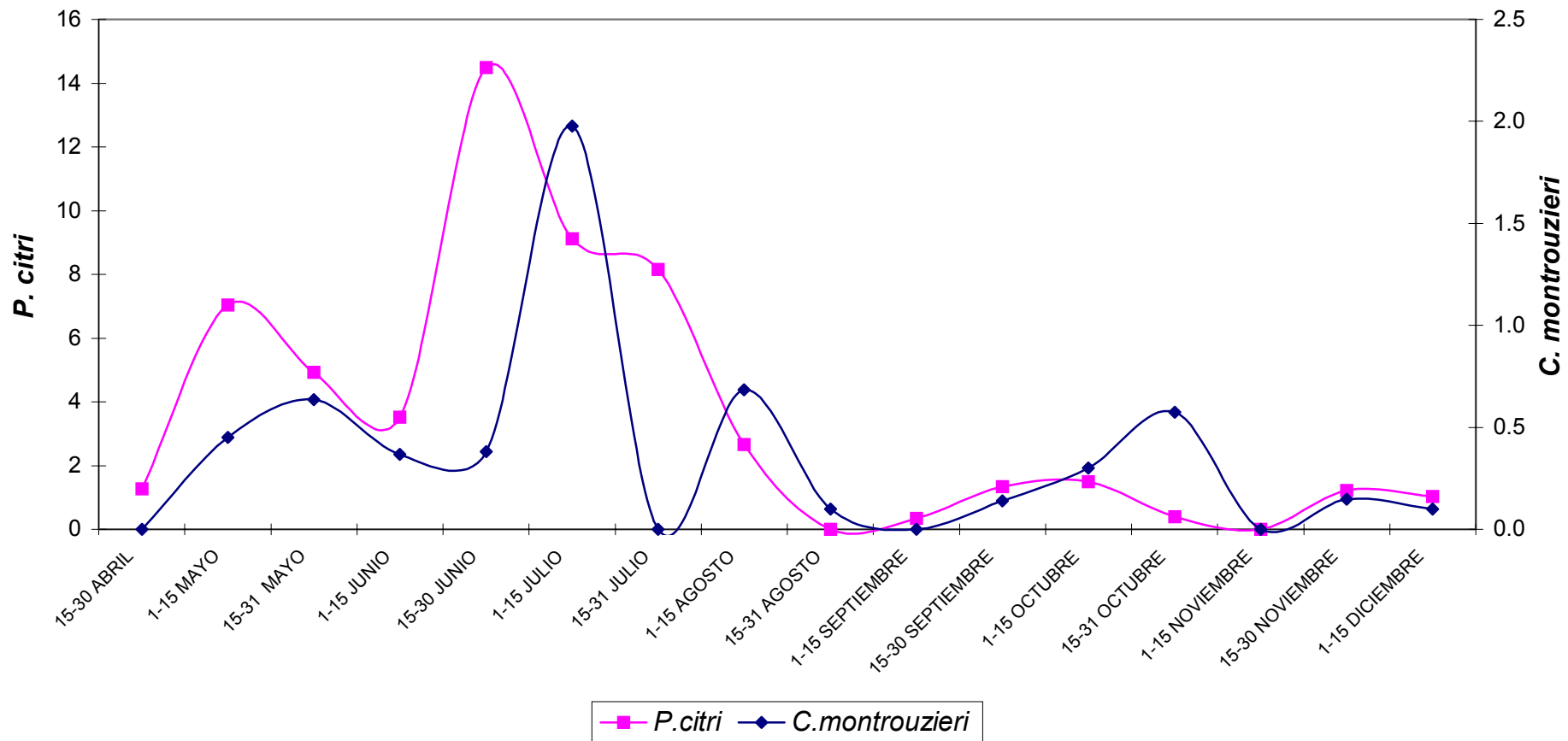


Figura 46: Evolución de la población de *P. citri* y *C. montrouzieri* en el tronco y ramas principales de los árboles de cítricos. Media de todas parcelas. Se ha representado el número de individuos por minuto y árbol.

3. 3. Especies de parasitoides

3.3.1. Capturas de parasitoides en trampas amarillas

Capturas en trampas

El total de adultos de parasitoides capturados en las trampas amarillas ha sido 1.189, de los cuales 642 fueron *A. pseudococci*, 543 *L. abnormis*, y, aunque en alguna de las parcelas tratadas se realizaron liberaciones de *L. dactylopii*, sólo hemos capturado 4 adultos de esta especie. En las trampas se capturan tanto machos como hembras de los parasitoides.

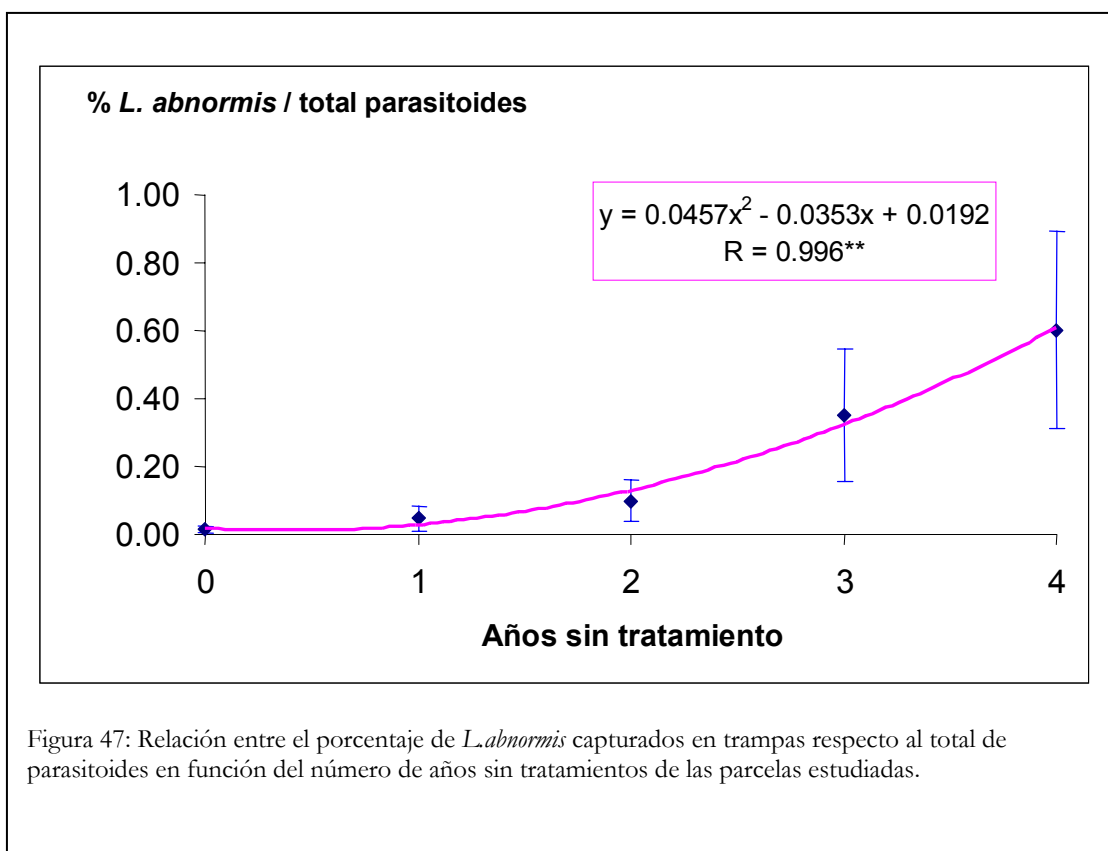
El número de individuos de *A. pseudococci* y de *L. abnormis* capturados en las trampas ha sido relativamente bajo en todos los años y parcelas, tratadas y no tratadas, comparado con el número de machos de *P. citri* capturados. El máximo de capturas se produjo en julio de 1994, en la parcela Frudelta Testigo, donde se capturaron 2,08 machos de *L. abnormis* por trampa y día, y habitualmente oscilaban entre 0 y 0,3 adultos por trampa y día.

A. pseudococci aparece en todas las parcelas estudiadas y en todos los años, sin embargo esto no ocurre con el parasitoide *L. abnormis*. Al inicio de las observaciones, en 1992, sólo lo encontramos en 2 de las 14 parcelas en estudio (14%). Esta proporción va incrementándose ya que en 1993 lo encontramos en 5 de las 12 parcelas en estudio (42%), en 1994 en 2 de las 4 parcelas en estudio (50%) y en 1995 en las 4 parcelas en estudio (100%).

Para averiguar si los tratamientos fitosanitarios afectan a las capturas de los dos parasitoides hemos analizado las capturas en función de que las parcelas estuvieran tratadas o no. La cantidad de adultos de *A. pseudococci* capturados es similar en las parcelas tratadas ($6,79 \pm 2,95$ adultos por trampa y año) y no tratadas ($8,00 \pm 1,41$ adultos por trampa y año), no habiendo diferencias significativas ($n=34$; $F=1,23$; $gl=1$; $P=0,2758$). Sin embargo, la cantidad de adultos de *L. abnormis* capturados en las parcelas

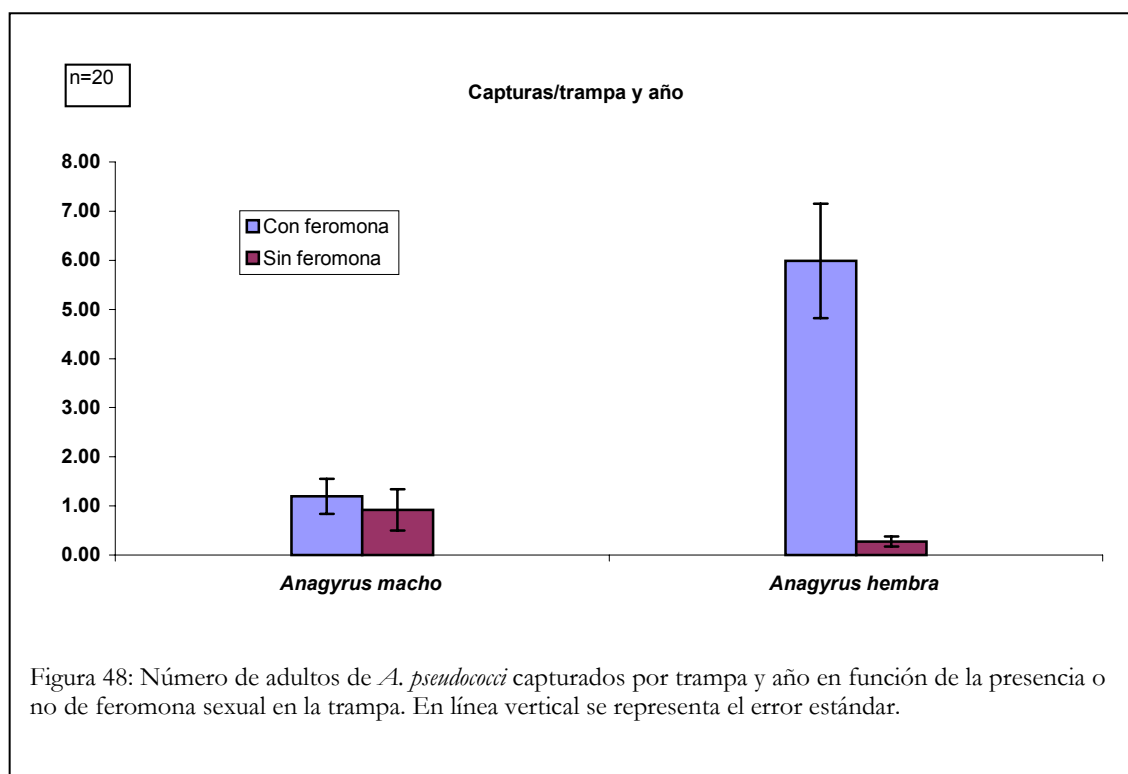
no tratadas ($4,60 \pm 2,30$ adultos por trampa y año) es del orden de 30 veces mayor que en las parcelas tratadas ($0,14 \pm 0,10$ adultos por trampa y año, $n=34$; $F=4,51$; $gl=1$; $P=0,0423$).

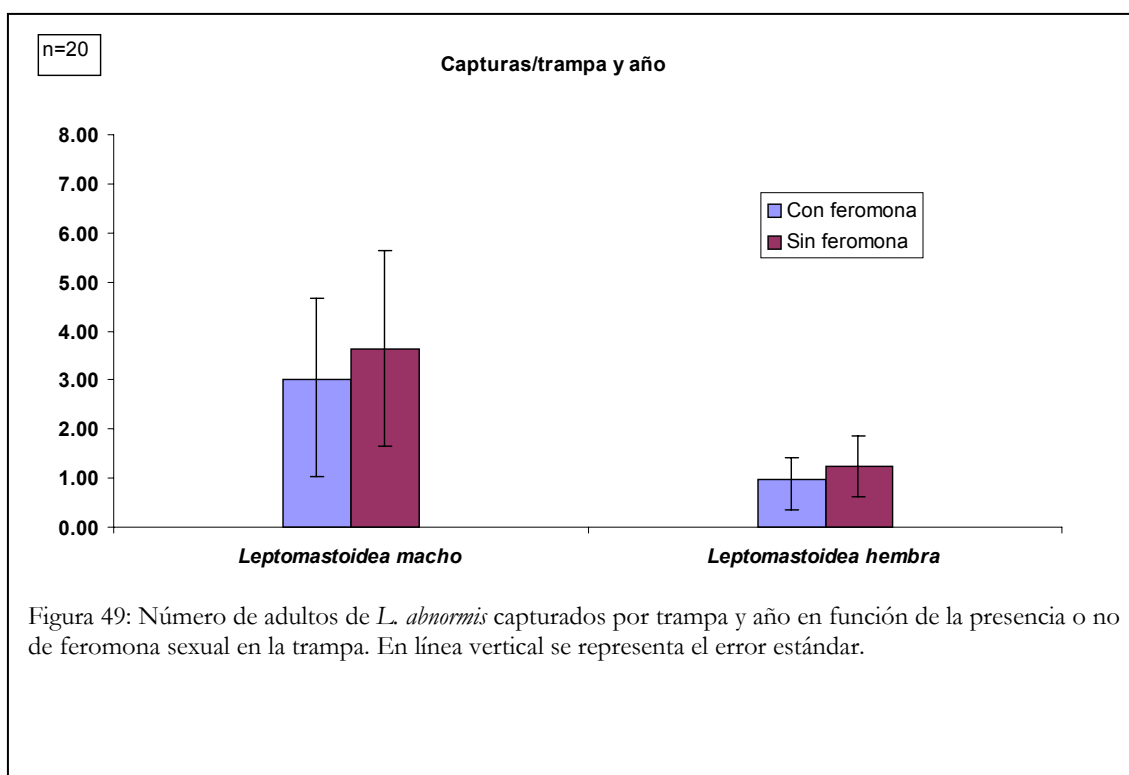
Una prueba indirecta más de que los tratamientos fitosanitarios afectan negativamente a la población de *L. abnormis* la obtenemos cuando correlacionamos la proporción de *L. abnormis* respecto al total de parasitoides capturados con el número de años que la parcela en cuestión no recibe tratamientos fitosanitarios. Vemos que se obtiene una relación entre estos parámetros que se adecua a una ecuación de segundo grado ($y=0,0457x^2-0,0353x+0,0192$; $R=0,996$), indicando que conforme aumenta el número de años sin tratar una parcela la proporción de esta especie respecto al total de parasitoides aumenta (Fig. 47).



Influencia de la feromona sexual de *P. citri* en las capturas de sus parasitoides en trampas.

En 20 ocasiones hemos colocado en la misma parcela trampas amarillas con y sin feromona sexual de *P. citri* simultáneamente, por lo que hemos podido comparar las capturas de los parasitoides en los dos tipos de trampas. Mediante un test *t* de comparaciones pareadas hemos determinado las diferencias existentes por especie y por sexo. En el caso de haber más de una trampa por parcela hemos considerado la media de capturas por trampa (Figs. 48 y 49).





En el caso de *A. pseudococci*, la cantidad de machos capturados es similar en ambos tipos de trampas ($n=20$; $t=1,09$; $P=0,29$). Sin embargo, en el caso de las hembras sí que hay diferencias (Tabla 16). El número de hembras de *A. pseudococci* capturadas en las trampas con feromona sexual de *P. citri* es más de veinte veces superior al número de ellas capturadas en trampas sin feromona ($n=20$; $t=4,77$; $P < 0,001$).

Para el parasitoide *L. abnormis*, la existencia o no de feromona sexual de *P. citri* en las trampas no influye en las capturas ni en el caso de los machos ($n=20$; $t=1,28$; $P=0,24$) ni en el caso de las hembras ($n=20$; $t=1,58$; $P=0,18$).

	<i>A. pseudococci</i>		<i>L. abnormis</i>	
	♀	♂	♀	♂
Con feromona	5,99 ± 1,16	1,20 ± 0,36	0,97 ± 0,44	3,02 ± 1,66
Sin feromona	0,28 ± 0,11	0,92 ± 0,42	1,24 ± 0,61	3,64 ± 1,99

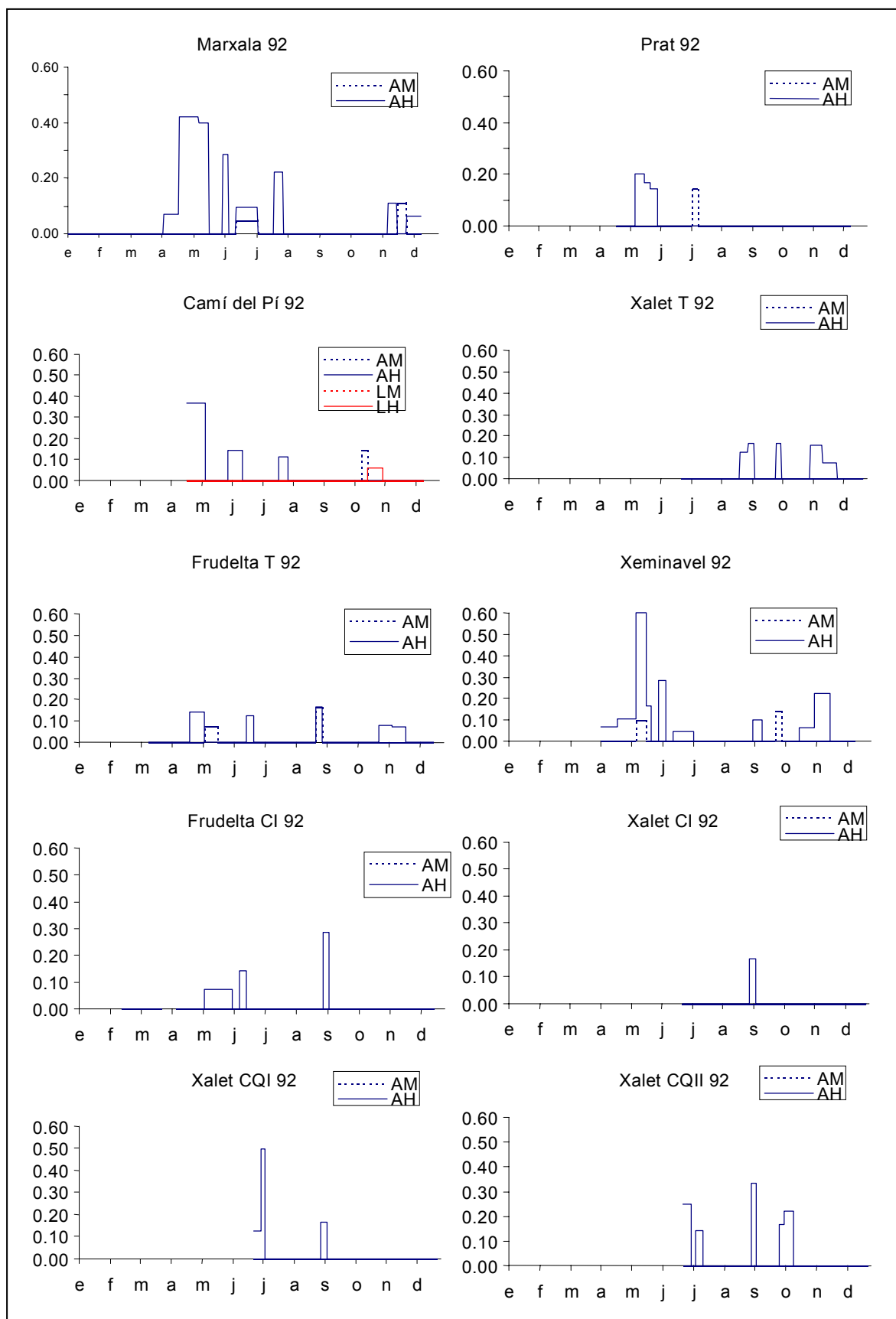
Tabla 16: Media de las capturas por trampa y año de los parasitoides *A. pseudococci* y *L. abnormis* según las trampas estuvieran o no cebada con feromona sexual de *P.citri*. (n=20).

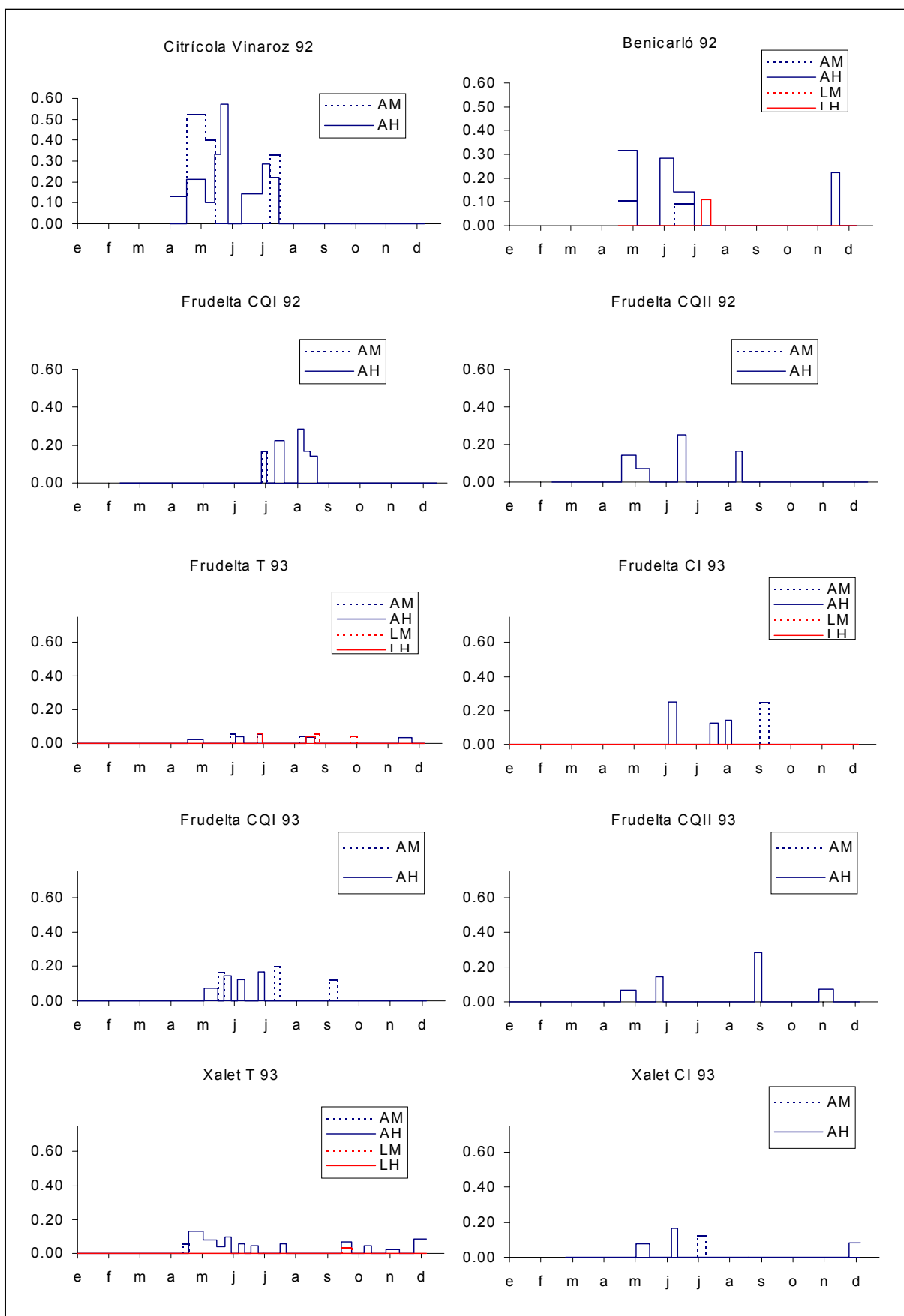
Por lo tanto, parece que sólo la hembra de *A. pseudococci* es atraída específicamente por la feromona sexual que emite la hembra de *P. citri* para atraer al macho.

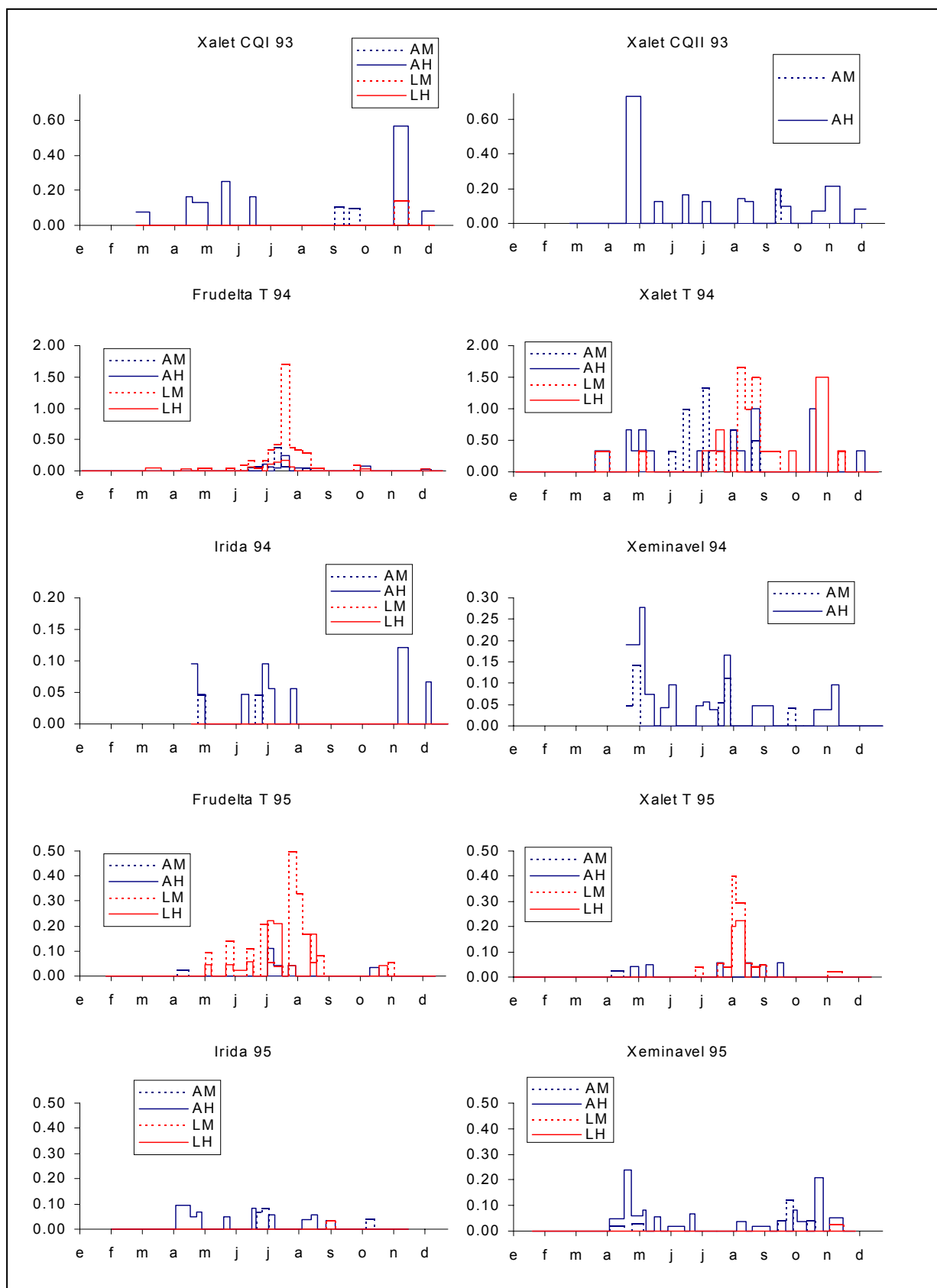
Evolución estacional de la abundancia de *A. pseudococci* y *L. abnormis*

Para estudiar la evolución estacional de la abundancia de *A. pseudococci* y *L. abnormis* hemos tomado los datos de los adultos de *A. pseudococci* capturados en las trampas con feromona sexual de *P. citri* y para *L. abnormis* en todas las trampas.

Al representar la abundancia a lo largo del tiempo de cada parasitoide en cada una de las parcelas estudiadas vemos que los primeros adultos en ambas especies se capturan al principio de la primavera, en el mes de abril. Durante todo el invierno y hasta ese momento no hay capturas, a excepción de dos parcelas en 1994 en las que se capturaron unos pocos adultos a finales de marzo y un individuo en febrero (Fig. 50).







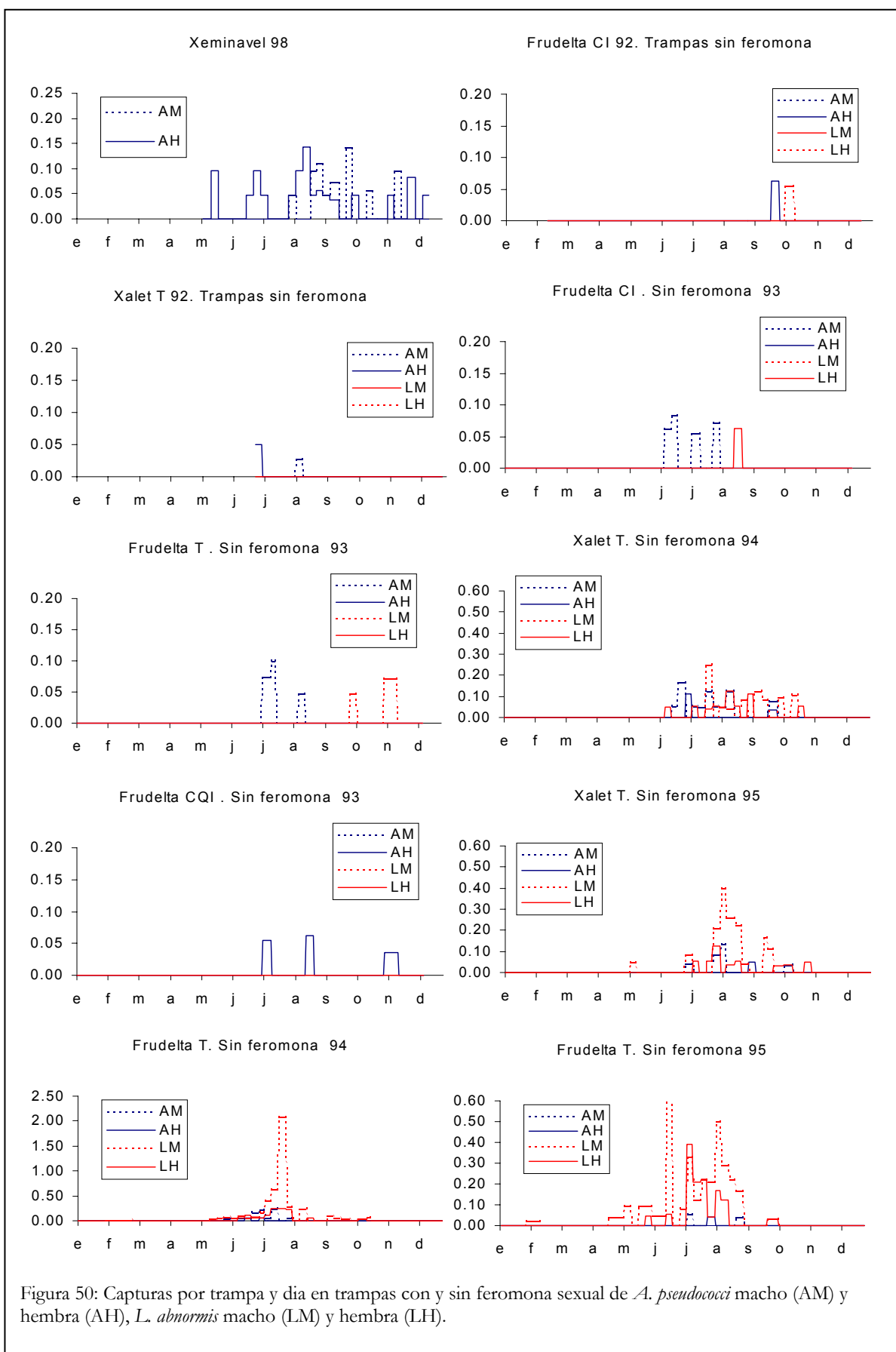
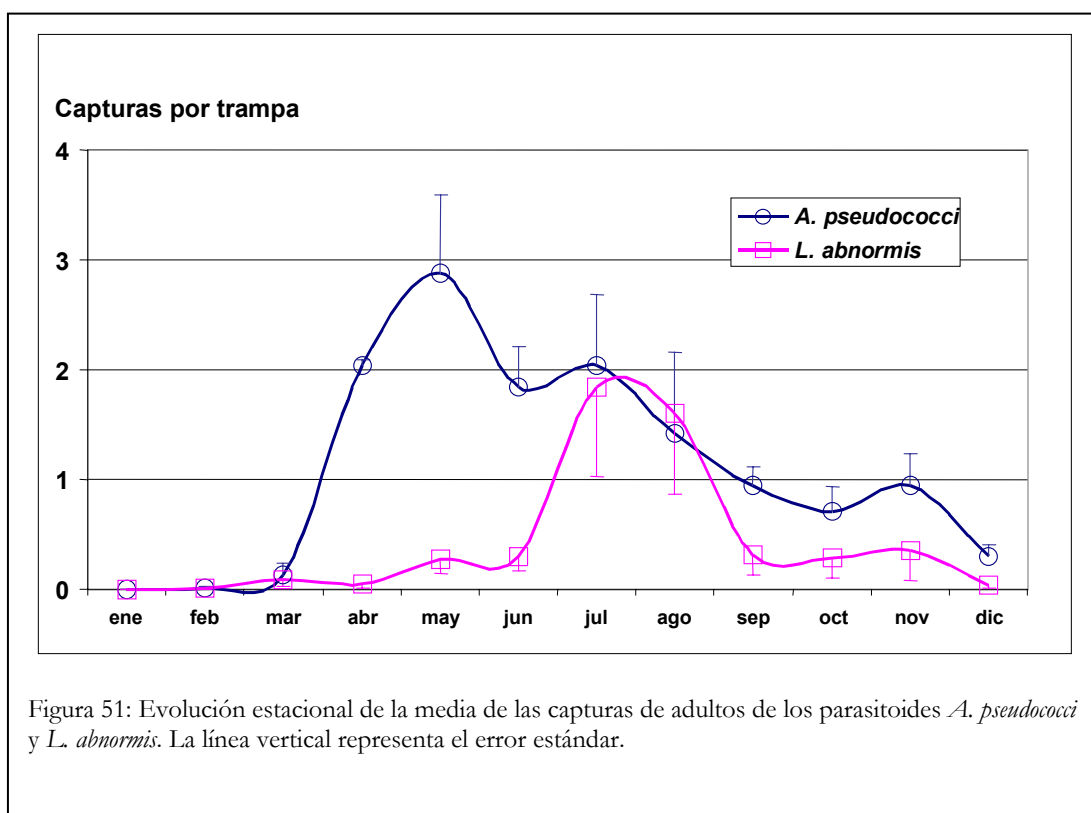


Figura 50: Capturas por trampa y día en trampas con y sin feromona sexual de *A. pseudococci* macho (AM) y hembra (AH), *L. abnormis* macho (LM) y hembra (LH).

Como en general las capturas de estos himenópteros en trampas son muy bajas, para estudiar la evolución estacional de las capturas hemos optado por analizar conjuntamente los datos obtenidos de las observaciones realizadas en todas las parcelas y años (Fig. 51). En el total de las parcelas y años observamos que la población de *A. pseudococci* es máxima en primavera y que va disminuyendo durante el verano y fundamentalmente en el otoño, para desaparecer en invierno.

La evolución de las capturas de *L. abnormis* es diferente. En primavera las capturas son bajas, alcanzando un máximo en verano. En otoño vuelven a disminuir, para desaparecer también en invierno. Por lo tanto, más del 85% de los adultos de *A. pseudococci* se capturan durante la primavera y el verano, mientras que en el caso de *L. abnormis*, alrededor del 75% son capturados en los meses de verano.



3.3.2. Especies de parasitoides obtenidos de *P. citri* sobre frutos.

Durante todo el periodo en estudio, esto es, desde junio a noviembre, el total de parasitoides obtenidos de los frutos recogidos del campo fue de 1.395, de los cuales 1.017 fueron *A. pseudococci* y 378 *L. abnormis*. Durante todo el periodo estudiado hemos obtenido adultos de las dos especies de himenópteros mencionadas, a excepción de los frutos recogidos en noviembre, en los que sólo obtuvimos *L. abnormis* y en muy poca cantidad. En ninguna de las muestras hemos obtenido individuos de *L. dactylopii*.

Hemos comparado las proporciones de ambos parasitoides para cada época. En los meses de junio, julio y agosto la proporción de *A. pseudococci* es significativamente superior a la de *L. abnormis*. En esta época la población de *A. pseudococci* representa alrededor del 80% (71,7% en junio, 96% en julio y 80% en agosto). En septiembre estas proporciones se invierten, siendo la proporción de *A. pseudococci* del 38,4% (Tabla 17). En los meses de octubre y noviembre el número de adultos es muy escaso y las proporciones de ambos son similares. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en las capturas de las trampas amarillas, donde la población de *A. pseudococci* era superior en primavera y verano, y la de *L. abnormis* a finales de verano y otoño.

	<i>Total^a</i>		<i>Junio^b</i>		<i>Julio^c</i>		<i>Agosto^d</i>		<i>Septiembre^e</i>		<i>Ocubre-Noviembre^f</i>	
	Total	% <i>L. abnormis</i>	Total	% <i>L. abnormis</i>	Total	% <i>L. abnormis</i>	Total	% <i>L. abnormis</i>	Total	% <i>L. abnormis</i>	Total	% <i>L. abnormis</i>
Adultos obtenidos	1.395	27,10*	396	28,28*	251	3,98*	491	19,96*	245	61,63*	12	58,33

Tabla 17: Porcentaje y número de adultos de *Anagyrus pseudococci* y *Leptomastidea abnormis* obtenidos a partir de frutos atacados por *Planococcus citri*, en total y por meses.

* $P < 0.001$, distribución X^2 , diferencias significativas entre parasitoides
 a n=63; b n=5; c n=11; d n=15; e n=12; f n=20

Para el total de las muestras analizadas, la proporción de machos de *L. abnormis* (64,6%) es superior significativamente al de hembras. Cuando analizamos los datos por meses vemos que esto se cumple en los meses de julio y agosto, pero en septiembre las proporciones entre machos y hembras se igualan (no se han analizado los meses de junio, octubre y noviembre por ser el número de individuos demasiado bajo). En el caso de *A. pseudococci* encontramos que en el total de las muestras la cantidad de machos (67,3%) también es significativamente superior a la de hembras. Cuando analizamos los datos por meses, esta superioridad en la cantidad de machos se mantiene en los meses de junio, julio y agosto con una media del 75% de machos respecto al total. Sin embargo, en el mes de septiembre las proporciones se igualan (no se analizan los datos de los meses de octubre y noviembre por ser muy baja la cantidad de individuos obtenida) (Tabla 18).

Parasitoide	<i>Total^a</i>		<i>Junio^b</i>		<i>Julio^c</i>		<i>Agosto^d</i>		<i>Septiembre^e</i>	
	Total	% ♂	Total	% ♂	Total	% ♂	Total	% ♂	Total	% ♂
<i>Anagyrus pseudococci</i>	1.017	67,26*	284	67,25*	241	73,44*	393	89,08*	94	54,26
<i>Leptomastidea abnormis</i>	378	64,55*	112	62,50*	-	-	98	82,65*	151	56,29

Tabla 18: Porcentaje y número de adultos por sexos de *Anagyrus pseudococci* y *Leptomastidea abnormis* obtenidos a partir de frutos atacados por *Planococcus citri*, en total y por meses.

* P<0.001, distribución X², diferencias significativas entre sexos
^a n=63; ^b n=5; ^c n=11; ^d n=15; ^e n=12

3.4. Discusión

Experiencia de exclusión

La experiencia de exclusión demuestra que los enemigos naturales autóctonos de *P. citri* son capaces de reducir las poblaciones del fitófago. Según DeBach y Rosen (1991) si la población de un insecto se incrementa después de un periodo de tiempo en las bolsas cerradas pero no en las abiertas se puede concluir que los enemigos naturales fueron responsables de la disminución de la población. Luck *et al.* (1988) indican que los resultados de este tipo de experiencias han de ser interpretados con precaución si los datos van a ser utilizados para estimar índices de depredación. Las principales desventajas de utilizar este método de exclusión son la modificación del micro ambiente dentro de las bolsas (intensidad de la luz, temperatura, humedad relativa y velocidad del viento) y del comportamiento tanto de la presa como del enemigo natural. En nuestro caso el microclima se ha visto muy poco afectado, ya que las diferencias encontradas entre bolsas abiertas y cerradas son de 0,2° C y 1,4%, y entre bolsa abierta y exterior de 0,5° C y 6% de temperatura y humedad respectivamente (Tabla 19).

	Temperatura (°C)	Humedad Relativa (%)
Cerrada-Abierta	0,18±0,01	1,36±0,06
Exterior-Abierta	0,50±0,06	-6,21±0,06
Exterior-Cerrada	-0,13±0,08	-7,57±0,06

Tabla 19: Diferencias en las condiciones ambientales en las bolsas de exclusión abiertas y cerradas y el exterior. Media ± error estandar. Experiencia realizada durante 17,5 días en el mes de octubre. Datos tomados cada 5 minutos (n = 4.776).

Según Luck *et al.* (1998), incluso teniendo en cuenta estos factores, los métodos de exclusión son los experimentos más apropiados para comprobar si los enemigos naturales tienen el poder de controlar las poblaciones de fitófagos, por lo que podemos concluir que los resultados de este experimento demuestran que el complejo de

enemigos naturales de *P. citri* puede tener una influencia decisiva en la población de la presa, reduciendo de forma acusada las poblaciones.

Otros autores han empleado esta técnica para estimar la eficacia de los enemigos naturales sobre las poblaciones de Pseudococcidos. Summy *et al.* (1986), en un ensayo en invernadero sobre *P. citri*, realizaron una evaluación cualitativa del impacto de los parasitoides mediante un experimento de exclusión, mediante la utilización de cajas de organdí pareadas. Mientras que en las cajas cerradas el parasitismo fue del 0% y el incremento de la población de *P. citri* del 828,3%, en las cajas abiertas el porcentaje de parasitismo fue del 69,9% y la población de *P. citri* decreció en un 90%. Grasswitz y Burts (1995) estudiaron el impacto de los enemigos naturales sobre la población de *Pseudococcus maritimus* (Ehrhorn) en huertos de peras y manzanas mediante una combinación de técnicas, incluyendo las jaulas de exclusión. También en este caso observaron una reducción más rápida e importante de la población de *Ps. maritimus* en las jaulas abiertas respecto a las cerradas.

Silva y Mexía (1997) encontraron que densidades de 25-30% de la superficie del fruto cubierta por colonias de *P. citri* causaron una reducción significativa de la producción, tanto en el peso de los frutos como en el grosor de la corteza y el diámetro del fruto. Estos frutos fueron infestados artificialmente para alcanzar tales densidades de plaga. Nosotros no hemos encontrado diferencias significativas en estos parámetros entre los frutos de las bolsas abiertas y los de las cerradas, con mucha mayor cantidad de *P. citri* sobre ellos. Las densidades tan elevadas de ataque que presentan estos autores no han sido alcanzadas en nuestras experiencias en ningún caso, ya que si bien la superficie cubierta con negrilla fue elevada en los frutos de las bolsas cerradas, la media de insectos por bolsa fue de índice 2,8, que se corresponde con 16-30 insectos por 2-3 frutos, que no llegarían a cubrir ni siquiera un 10% de la superficie de la naranja. La población de *P. citri* sobre los frutos no ha afectado a los parámetros de calidad de los frutos ni a los índices de madurez.

Estos datos concuerdan con los de Silva y Mexía (1997), que con muy elevadas infestaciones tampoco encontraron diferencias significativas en los parámetros de madurez tales como sólidos solubles, acidez total e índice de madurez.

Parasitismo debajo del cáliz

Ya observamos parasitismo en junio, cuando *P. citri* está recién instalado debajo del cáliz. Berlinger y Golberg (1978), en un estudio sobre el efecto de los sépalos de diferentes especies de cítricos en la abundancia de la población de *P. citri* y del parasitismo, encontraron que la tasa de parasitismo era menor en los frutos de *pomelo* (*Citrus paradisi* Macf.) que en los de naranja (*C. sinensis* L.), limón (*C. limon* (L.) Burm.) y Troyer (*C. sinensis* x *Poncirus trifoliata*), y lo atribuyeron a que *P. citri* se encontraba protegido del ataque del parasitoide *A. pseudococci* bajo los sépalos. En nuestras observaciones vemos que en cuanto *P. citri* se instala debajo del cáliz de los frutos de naranja en primavera, los parasitoides que se encuentran de forma natural en el cultivo son capaces de encontrarle y de parasitarle. Según nuestras observaciones, parece que la acción que realizan los parasitoides en esta época es muy importante, ya que de ellos depende la futura evolución de la generación de agosto, que se desarrollará sobre el fruto.

Observación de enemigos naturales en colonias de P. citri y especies de parasitoides

Existen pocas observaciones de la población natural de parasitoides autóctonos en campo en el mundo citrícola, ya que la mayoría de los trabajos realizados al respecto referentes a la eficacia de la liberación del himenóptero *L. dactylopii* y del coccinélido *C. montrouzieri*.

C. montrouzieri, originario de Australia, ha sido introducido en todos los países en los que *P. citri* se ha constituido en plaga. En España fue importado en 1927 por

Gómez Clemente (Gómez Clemente, 1928), y se puso a punto su cría en cautividad. Desde aquella fecha se realizan liberaciones en campo con gran eficacia (Garrido y del Busto, 1988). Las temperaturas invernales y la escasez de alimento en esta época son dos factores que influyen en que las poblaciones de *C. montrouzieri* disminuyan e incluso desaparezcan cada año. Sin embargo, uno de los factores más importantes es la utilización de pesticidas y su mal manejo para el control de las diferentes plagas del cultivo. Según Ripollés (1986) son altamente tóxicos para el coccinélido, entre otros, quinalfos, metiloxidemeton, metilazinfos, fosmet, dimetoato, fentoato, malation, acefato, endosulfan, ometoato y metidatió. En las parcelas en las que no se han realizado tratamientos fitosanitarios hemos encontrado cierta población de *C. montrouzieri* de forma natural, aunque no en todas ellas y por lo general en proporciones muy bajas.

Los parasitoides que hemos estado analizando en nuestras experiencias, *A. pseudococci* y *L. abnormis*, están presentes prácticamente en todo el mundo citrícola, aunque parece que en general, y junto al resto de entomófagos que conforman el complejo parasitario de *P. citri*, no son capaces de controlar al fitófago satisfactoriamente. Así, en España, Gómez-Menor (1937) dice que *L. abnormis* es uno de los parásitos más abundantes de *P. citri*, mientras que *Anagyrus bohemani* es un parásito menos eficaz. Carrero (1980) indica que *P. citri* estaba parasitado por *A. bohemani* y *L. abnormis*, pero que el número de parásitos era tan bajo que no tenían impacto en la población del fitófago, y que éste era controlado, excepto en invierno, por *C. montrouzieri*. Garrido (1988) cita entre otros a los parasitoides *A. bohemani* y *L. abnormis*. *L. abnormis* es muy eficaz por su abundancia y acción destructora sobre *P. citri*, y está ampliamente repartido en la cuenca mediterránea, de donde es oriundo. Fue descubierto y descrito en España en 1916 por García Mercet. Según Ripollés (1990), los parasitoides autóctonos de *P. citri*, *A. pseudococci* y *L. Abnormis*, realizan un control parcial de la plaga, mientras que *L. dactylopii*, que es un parasitoide importado, ejerce buen control, aunque presenta una mala aclimatación. Este último fue introducido en España por Gómez-Clemente en 1948, procedente de California (Gómez-Clemente, 1950).

En Italia las especies de parasitoides más importantes son también *A. pseudococci* y *L. abnormis* (Ortu, 1982, 1985), aunque no son suficientes para controlar al fitófago. Sin embargo, *L. dactylopii* se mostró muy eficaz pero con problemas de aclimatación. Concretamente en Cerdeña, *L. abnormis* es el parasitoide más frecuente en los meses de agosto y septiembre y el único en noviembre. *L. dactylopii* fue introducido en 1956-57 (Mineo y Viggiani, 1976 (a)). Longo y Russo (1985) indican que *L. abnormis* y *A. pseudococci* son particularmente activos en presencia de elevadas densidades de plaga, aunque el complejo de enemigos naturales no es suficiente para controlar la plaga. La liberación de *L. dactylopii* proporcionó porcentajes de parasitismo buenos, del orden de 60-95%, aunque como no se aclimató, hay que realizar liberaciones todos los años. Spicciarelli *et al.* (1992), tras la liberación del parasitoide *Leptomastix dactylopii*, observaron tasas elevadas de parasitismo, alcanzando a finales del mes de agosto los valores más elevados, hasta del 65%. Del parasitismo total encontrado, un 40% era de *A. pseudococci* y un 13% de *L. abnormis*. Barbagallo *et al.* (1993) observaron la acción de los parasitoides autóctonos *A. pseudococci* y *L. abnormis*, que pueden alcanzar durante el verano y otoño, y bajo condiciones climatológicas favorables elevadas tasas de parasitismo (hasta el 70%) sobre larvas de segundo y tercer estado de *P. citri*. Raciti *et al.* (1997) realizaron liberaciones de *L. dactylopii* y encontraron que, si bien la introducción de este parasitoide fue decisivo en el control de *P. citri*, el porcentaje de parasitismo debido a *A. pseudococci* fue del 60%, siendo menor en el caso de *L. dactylopii* y *L. abnormis*.

Santorini (1977) indica que de todos los enemigos naturales de *P. citri* en Grecia, el más abundante es *L. abnormis*, y que, aunque existe un complejo de enemigos naturales, no son suficientes para mantener las poblaciones del fitófago, y es necesario realizar tratamientos fitosanitarios.

En Israel, existen varios parasitoides y depredadores, siendo *A. pseudococci* el parasitoide dominante (Avidov y Harpaz, 1969, Berlinger y Gol'berg, 1978, Mendel *et al.*, 1992), aunque, según estos autores, juega un papel poco importante en la evolución de la población de *P. citri*. Según los mismos autores, a pesar de repetidos intentos por introducir el parasitoide *L. dactylopii*, éste fue recuperado sólo durante un periodo breve de tiempo, ya que no sobrevive al invierno.

En Portugal, Carvalho *et al.* (1997), tras liberaciones del parasitoide *L. dactylopii* encontraron tasas de parasitismo variables, oscilando entre el 5 y el 65%. En los resultados indican que parece que las poblaciones del parasitoide indígena *A. pseudococci* parecen ser más competitivas que las poblaciones liberadas de *L. dactylopii*, y, si bien el parasitismo debido a este último fue importante en muchas de las parcelas ensayadas (entre el 7.2% y el 84.9% del total parasitados), en general el porcentaje de parasitismo de *A. pseudococci* (entre el 14.3% y el 92.8%) superó al de *L. dactylopii*. También encontró en casi todas las parcelas *L. abnormis*, aunque en unos niveles de parasitismo menores (de 0% a 28%).

En Australia (Ceballo *et al.*, 1998) se han reportado diez especies de parasitoides de *P. citri*, estando entre los más comunes *A. pseudococci* y *L. abnormis*.

En California, la introducción en 1914 de *L. abnormis* hizo que la plaga se redujera de forma muy importante (Quayle, 1941). Este autor cita también varias especies del parasitoide *Anagyrus* sp.

En nuestras experiencias hemos observado que los tratamientos fitosanitarios afectan negativamente a la población de *L. abnormis*. Meyerdirk *et al.* (1979) testaron el efecto de los residuos de varios organofosforados en hojas (metidatió, etió, metilazinfos, carbofenotión) sobre entomófagos de *P. citri*, entre los que se encontraban *L. abnormis* y *A. pseudococci*. De sus experimentos concluyeron que *L. abnormis* era más susceptible a los residuos de estos plaguicidas que *A. pseudococci* para todos los productos testados. Algunos de estos productos son ampliamente utilizados en nuestra zona citrícola para el control de diversas plagas del cultivo, por lo que parece que la acción de *L. abnormis* se ve mermada por la aplicación de estos productos y por tanto, cuanto más tiempo está una parcela sin recibir tratamientos fitosanitarios mayor va siendo la proporción de este parasitoide respecto al total.

Influencia de la feromona sexual en las capturas de parasitoides en trampas

Nuestros resultados indican que la feromona sexual de *P. citri* actúa como kairomona de la hembra de *A. pseudococci*, atrayéndola hacia el fitófago. Clausen (1940) (citado por Godfray, 1994) remarca que muchos dípteros taquínidos que parasitan estados adultos de ciertos insectos son atraídos ampliamente por el sexo femenino, y es posible que la localización del huésped se realice por la feromona sexual. Así mismo, Sternlicht (1973) demostró que la feromona sexual producida por *Aonidiella aurantii* Mask. actuaba como atrayente químico de *Aphytis melinus*, ectoparasitoide del diaspino. Algunos parasitoides utilizan estímulos producidos por los huéspedes adultos para localizar los estados inmaduros a los que atacan. Así, Lewis *et al.* (1982) encontraron que los parasitoides de huevos (*Trichogramma* sp.) respondían a la feromona sexual de su huésped, *Heliothis virescens*. Rotundo y Tremblay (1975) demostraron que las trampas pegajosas que contenían hembras vírgenes de *P. citri* y *Pseudococcus calceolariae* capturaban mayor cantidad del parasitoide *Arbopoides peregrinus* (Compere), tanto machos como hembras, que las que no las tenían.

L. abnormis parasita larvas de *P. citri* de los estadios más jóvenes, esto es, larva de primera y segunda edad (Bodenheimer, 1951, Ortu, 1982, Llorens, 1990, Cadee y Van Alphen, 1997). *A. pseudococci* parasita larvas de tercera edad y preferentemente hembras jóvenes (Bodenheimer, 1951, Berlinger y Gol'berg, 1978, Chandler *et al.*, 1980, Blumberg *et al.*, 1995, Islam y Copland, 1997). Nuestras observaciones demuestran que en el caso de la hembra de *A. pseudococci*, la feromona sexual que emite la hembra de *P. citri* para atraer al macho de su misma especie está actuando como una kairomona, atrayendo a la hembra del parasitoide específico. Esta atracción puede ser explicada bien porque *A. pseudococci* parasita preferentemente hembras jóvenes de *P. citri*, que están emitiendo esta feromona para atraer al macho, o bien porque espera encontrar individuos idóneos para parasitar cerca de hembras jóvenes.

Evolución estacional de los parasitoides *A. pseudococci* y *L. abnormis*

En nuestras observaciones, la evolución estacional de *A. pseudococci* y *L. abnormis* es diferente. Mientras que *A. pseudococci* es más abundante en primavera y verano, *L. abnormis* lo es en verano y otoño. Estas observaciones en general concuerdan con las de otros investigadores. Así, Bodenheimer (1951) indica que en Oriente Próximo *A. pseudococci* es raro en los meses de invierno y de verano, y que su principal abundancia queda confinada a los periodos de mayo a julio y de septiembre a noviembre, no siendo nunca muy abundante. En Israel, según Avidov y Harpaz (1969), *L. abnormis* es afectado por condiciones extremas de calor, mientras que en otoño se encuentran grandes cantidades del parasitoide.

Spicciarelli *et al.* (1992) observaron que la población de *A. pseudococci* disminuye de agosto a octubre, y que la proporción de *A. pseudococci* es mayor que la de *L. abnormis* en el mes de agosto, mientras que en los meses de septiembre y octubre estas proporciones cambian, siendo más abundante el segundo. Según este mismo autor, la población de *L. abnormis* es mayor en agosto, pero no varía mucho en los meses de agosto, septiembre y octubre. Coincidiendo también con nuestras observaciones, Ortu (1985) observó que en Cerdeña las primeras capturas en trampas de estos parasitoides se producían a finales de abril, se capturaban individuos hasta mediados de diciembre, y que durante los meses de enero, febrero y marzo no había capturas. Sin embargo encuentra las máximas capturas en trampas amarillas de las dos especies de parasitoides en primavera y otoño. Garrido y del Busto (1988) en España indican que *A. bohemani* se encuentra muy repartido desde su primera generación, ya que a principios de mayo se le ha observado sobre adultos invernantes. Mendel *et al.*, (1992) indican que *A. pseudococci* es el parasitoide predominante en los cítricos de Israel, aunque posiblemente juegue un papel poco relevante en la dinámica poblacional de *P. citri* debido a que el desarrollo de este parasitoide está restringido por las temperaturas del invierno. Copland *et al.* (1985) indican que *L. abnormis* es más sensible a las temperaturas elevadas del verano que *A. pseudococci*, probablemente debido a la susceptibilidad de sus huéspedes, más pequeños. Así mismo, Tingle y Copland (1989) indican que *L. abnormis* es más efectivo a más bajas

temperaturas. Hennekan *et al.* (1987) determinaron que en invernadero *L. abnormis* se comportaba mejor en otoño que en otras épocas del año.

Varios autores demostraron que las altas temperaturas estimulaban la progenie de *A. pseudococci* (Avidov y Rosen, 1967, Tingle y Copland, 1989, Islam y Jahan, 1993) poniendo muchos más huevos a 30°C que a 26°C, mientras que *L. abnormis* alcanzó su máxima oviposición a temperaturas moderadas y la mantuvo durante un amplio rango de temperatura (Tingle y Copland, 1989). También Tingle y Copland (1988 (b)) estudiaron las exigencias de temperatura para ambas especies, siendo la temperatura crítica de desarrollo de 12,81°C y 10,28°C para *A. pseudococci* y *L. abnormis* respectivamente. Bodenheimer (1951) cifra estas temperaturas en 13,77°C y 9°C respectivamente.

De los datos obtenidos en los frutos de los evolucionarios concluimos que la proporción de machos de *L. abnormis* es superior a la de las hembras, aunque estas diferencias sólo se observan en determinados momentos del año. Estas diferencias pueden ser debidas a la temperatura ambiente. En efecto, Avidov y Rosen (1967) encontraron una relación entre la proporción de machos en la población de *A. pseudococci* y la temperatura. Al incrementarse la temperatura se incrementó la proporción de hembras de *A. pseudococci*, de forma que a temperaturas inferiores de 22°C la proporción de machos fue superior a la de hembras, a temperaturas cercanas a 22°C las proporciones se igualaron y a temperaturas superiores a 27,5°C la proporción de hembras fue superior a la de machos.

V. CONCLUSIONES

EVOLUCIÓN DE LAS POBLACIONES DE *P. citri*

1. *P. citri* desarrolla cinco generaciones anuales en la zona de estudio. La temperatura crítica de desarrollo de *P. citri* es de 8,3 °C y la integral térmica es de 562,4 °C-día.

2. Las larvas de primera edad invaden el cáliz de los frutos en los meses de mayo a julio, alcanzando en julio valores elevados en porcentaje de cálices invadidos, con una media del 72%. *P. citri* invade el fruto desde el cáliz a partir del mes de agosto, con una media de parcelas y años de un 22% de frutos atacados exteriormente.

3. En determinados momentos del año se observa un incremento de la población de hembras en el tronco y ramas principales de los árboles, coincidiendo con los máximos de vuelos de machos observados en las trampas con feromona sexual.

4. El primer año que una parcela no es tratada con productos fitosanitarios para el control de las plagas, la población de *P. citri* se mantiene por debajo de niveles perjudiciales. La población de *P. citri* fluctúa durante los años sucesivos, manteniéndose entre un 10% y un 30% de frutos atacados.

5. Los pesticidas organofosforados aplicados en primavera controlaron satisfactoriamente la población de *P. citri*. La aplicación reiterada del regulador de crecimiento piriproxifen en primavera hizo que la población de *P. citri* proliferara a niveles poblacionales muy por encima del testigo sin tratar. El empleo aislado o combinado de aceites minerales fue capaz de mantener la población de *P. citri* a niveles aceptables.

6. Nuestros estudios confirmaron como válido el umbral comunmente aceptado de 20% de frutos atacados en agosto y septiembre. Así mismo, introducen el umbral de 70% de calices ocupados en primavera e inicio del verano y distintos niveles de machos capturados en trampas equivalen a los umbrales de porcentajes antes mencionados.

AGREGACIÓN Y MUESTREO

7. La distribución de las poblaciones de *P. citri* bajo el cáliz del fruto es agregativa (índice de Taylor $b = 1,45$). Esta agregación disminuye progresivamente con la edad de los insectos. La agregación se produce tanto al nivel de frutos dentro de un árbol como de árboles de una parcela. También se distribuyen de forma agregativa las poblaciones de *P. citri* sobre el fruto ($b = 1,41$) y sobre el tronco ($b = 1,42$).

8. Para el muestreo de poblaciones de *P. citri* que se encuentran debajo del cáliz se recomienda la observación de 130 cálices de forma enumerativa, para niveles poblacionales bajos o medios. Cuando se superan los 1,5 insectos por fruto se recomienda el muestreo binomial de unos 200 frutos.

9. Para el muestreo de *P. citri* sobre los frutos se recomienda el muestreo enumerativo. El número de frutos a observar es de 350 a niveles poblacionales bajos (0,1-0,25 insectos por fruto), reduciéndose a 130 frutos por encima de 0,75 insectos por fruto (25% de frutos ocupados). Sólo para más de 4 insectos por fruto (60% de frutos ocupados) es aconsejable el muestreo binomial de unos 200 frutos.

10. Para el muestreo de hembras en el tronco se recomienda la observación binomial de 110 troncos por parcela.

CONTROL BIOLÓGICO

11. En verano existen factores importantes que limitan el crecimiento de las poblaciones de *P. citri* sobre el fruto. El control biológico ejerce una función muy importante en la regulación de las poblaciones de *P. citri* y en su mantenimiento en niveles tolerables para el cultivo. La experiencia de exclusión demuestra que los enemigos naturales autóctonos reducen las poblaciones del fitófago.

12. Las especies habitualmente encontradas son los himenópteros parasitoides *Anagrus pseudococci* y *Leptomastidea abnormis*, y el coccinélido depredador *Cryptolaemus montrouzieri*. Estos muestran una variación estacional de su abundancia y actividad en el tiempo, que depende tanto de factores ambientales como de los tratamientos fitosanitarios.

VI. BIBLIOGRAFÍA

- Abdullagatov, A. Z. 1978.** Mealybug - a dangerous grapevine pest. Sadovodstvo, Vinogradarstvo i Vinodelie Moldavii. 6: 38-39.
- Alexandrakis, V.Z. 1985.** Use of entomophagous insects to replace one of the chemical treatments for *Planococcus citri* (Homoptera, Coccoidea, Pseudococcidae) in citrus groves. Integrated pest control in citrus-groves. 26-29. 347-353.
- Amorós, M. 1989.** Agrios. Ed. Dilagro. Pp. 534
- Arai, T. 1996.** Temperature-Dependent Developmental rate of three mealybugs Species, *Pseudococcus citriculus* (Green), *Planococcus citri* (Risso) and *Planococcus kraunbiae* (Kunawa) (Homoptera: Pseudococcidae) in citrus. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 40: 25-34.
- Argyriou, L. C. 1974.** Les cochenilles des Citrus en Grece. Conference Title: O.I.L.B. 'Coccoids of Citrus' Study Group meeting in Morocco (26-31 October 1970): O.I.L.B. Groupe de Travail 'Cochenilles des Agrumes' reunion tenue au Maroc. Awamia. 37: 57-65.
- Avidov, Z., Harpaz, I. 1969.** Plant Pest of Israel. Israel Universities Press. Jerusalem. 176-195.
- Avidov, Z., Rössler, Y., Rosen, D. 1967.** Studies on an Israel strain of *Anagyrus pseudococci* (Girault) (Hym., Encyrtidae). II. Some biological aspects. Entomophaga. 2 (12): 119-123.
- Barbagallo, S., Longo, S., Rapisarda, C. 1993.** Status of the biological control against citrus whiteflies and scale insects in Italy. Bull. IOBC WPR. 16: 7-15.
- Bartlett, B. R. 1963.** The contact toxicity of some pesticide residues to Hymenopterous parasites and Coccinellid predators. J. Econ.Entomol. 5(56): 694-698.
- Battaglia, D., Tranfaglia, A., Franco, J. C., Carvalho, C. J. 1996.** *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera, Encyrtidae) fecundity and innate capacity for increase under the laboratory controlled conditions. Boll. Lab. Ent. Agr. F.Silvestri. (56) 3-11.

- Baum, H. 1970.** Untersuchungen zum Wurzelschmierlauscomplex von *Planococcus citri* (Risso) in *Coffea arabica* in Kenia/Ostafrika. Zeitschrift für Angewandte Entomologie. 65 (3): 295-304.
- Bedford, E. C. G. 1976.** Citrus pest management in South Africa. Conference Title: Tall Timbers Research Station: Proceedings Tall Timbers Conference on Ecological Animal Control by Habitat Management. 6: 19-42.
- Ben-Dov, Y. 1989.** The scale insects (Homoptera: Coccoidea) of citrus in Israel: diversity and pest status. Eds. Goren, R., Mendel, K. Citriculture. Proc. 6th Int. Citrus Congr, Tel Aviv, 1988. Margraf Publ, Weikersheim, 1075-1082.
- Berlinger, M.J., Gol'berg, A.M. 1978.** The effect of the fruit sepals on the citrus mealybug population and on its parasite. Entomol. Exp. Appl. (24): 38-43.
- Bielza, P., Guerrero, M.M., Torro, F., Alcazar, A. 2000.** Presencia del melazo gris *Pseudococcus affinis* Makell 1894 en los cultivos de pimiento en invernadero. Levante Agrícola. 2: 241-247.
- Bigger, M. 1977.** Recent work on the mealybug vectors on cocoa swollen shoot virus. Conference Title: Proceedings of the 4th Conference of West African Cocoa Entomologists, Zoology Department, University of Ghana, Legon, Ghana, 9th-13th December. 62-66.
- Binns, M. R., Bostanian, N. J. 1990.** Robustness in empirically based binomial decision rules for integrated pest management. J. Econ. Entomol. 83: 420-427.
- Bivins, J. L., Deal, A. S. 1973.** Systemic insecticides for control of Citrus mealybug in gardenias. California Agriculture. 27 (8): 5-6.
- Bliss, C. I., Fisher, R. A. 1953.** Fitting the negative binomial distribution to biological data. Biometrics. 9: 176-200.

- Blumberg, D., Klein, M., Mendel, Z. 1995.** Response by encapsulation of four mealybug species (Homoptera; Pseudococcidae) to parasitization by *Anagyrus pseudococci*. *Phytoparasitica*. 2 (23): 157-163.
- Bodenheimer, F. S. 1935.** Citrus Entomology in Spain. Hadar, Monthly journal devoted to the citrus industry in Palestine. M. Shoham's Press, Jaffa, Tel. 239.
- Bodenheimer, F. S. 1951.** Citrus Entomology in the middle East. Hoitsema Brothers-Groningen (Holland). 396-454.
- BOJA núm. 119 de 20 de octubre de 1998.** Consejería de Agricultura y Pesca. Orde de 6 de octubre de 1998, por la que se aprueba el Reglamento Específico de Producción Integrada de Cítricos.
- BORM núm. 150 de 2 de julio de 1998.** Consejería de Medio Ambiente, Agricultura y Agua. Orden de 24 de junio de 1998, por la que se regulan las normas técnicas de producción integrada en el cultivo de los cítricos.
- Brink, T., Hewitt, P. H. 1994.** The relationship between the white powdery scale, *Cribrolecanium andersoni* (Hemiptera: Coccidae) and sooty mould and the effect on photosynthetic rates of citrus. *Fruits* 47(3): 413-417.
- Cadee, N., Van Alphen, J. J. M. 1997.** Host selection and sex allocation in *Leptomastidea abnormis*, a parasitoid of the citrus mealybug *Planococcus citri*. *Entomol. Exp. Appl.* 83: 277-284.
- Carrero, J. M. 1980.** Entomophagous de coccides des agrumes dans la province de Valencia. Proceedings International symposium of IOBC/WPRS on integrated control in agriculture; forestry. Vienna, 8th-12th October 1979. Russ, K., Berger, H. Ed: International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants, West Palearctic Regional Section. Vienna, Austria. 521-526.
- Carvalho, C. J., Silva, E. B., Franco, J. C., Mexía, A. 1997.** Utilização de *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) na limitação de *Planococcus citri* (Risso)

(Homoptera: Pseudococcidae) em Portugal continental. Universidade Dos Açores. Departamento de Ciências Agrárias. IV Encontro Nacional de Protecção Integrada. “A importância da protecção integrada numa agricultura sustentável”. 553-558.

Ceballo, F. A., Papacek, D., Walter, G. H. 1998. Survey of mealybugs and their parasitoids in south-east Queensland citrus. *Australian Journal of Entomology*. 37 (3): 275-280.

Chacko, M. J. 1976. Pests on robusta coffee. *Indian Coffee*. 40(1): 28-35.

Chandler, L. D., Meyerdick, D. E., Hart, W. G., Garcia, R. G. 1980. Laboratory studies of the development of the parasite *Anagyrus pseudococci* (Girault) on insectary reared *Planococcus citri*. *The Sout. Ent.* 2 (5): 99-103.

Copland, M. J. W., Tingle, C. C. D., Saynor, M., Panis, A. 1985. Biology of glasshouse mealybugs and their predators and parasitoids. 82-86. *Biological Pest Control: the glasshouse experience*. Ed. N. W. Hussey and N. E. A. Scopes, Blandford Press, U. K. 240 pp.

Costa, J., Rodriguez, J. M., Alonso, A. 1999. Eficacia de varios productos sobre piojo rojo de California (*Aonidiella aurantii*), serpeteta (*Cornuaspis beckii*) y cotonet (*Planococcus citri*). *Levante Agrícola*. 33-38.

De Bach, P., Rosen D. 1991. *Biological control by natural enemies*. Cambridge University Press. Pp. 440.

Dean, H. A., Hart, W. G., Ingle, S. 1971. Citrus mealybug a potential problem on Texas grapefruit. *Journal of the Rio Grande Valley Horticultural Society*. 25: 46-53.

Delrio, G., Ortu, S., Prota, R. 1981. Prospettive di lotta integrata nell'agrumicoltura sarda. *Studi Sassaesi*. 27: 205-232.

- Del Rivero, J. M. 1994.** Efecto de los factores naturales y de origen mixto sobre los cítricos. Departamento de Producción Vegetal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia. Ed. Servicio de publicaciones.
- Dent, D. R., Walton, M. P. 1997.** Methods in Ecological and Agricultural Entomology. CAB International. Pp. 387.
- Departamento de Producción Vegetal. 1994.** ETSIA. Efecto de factores naturales y de origen mixto sobre los cítricos. Universidad Politécnica de Valencia. Ed. Servicio de publicaciones. Pp 328.
- Departamento tecnico de Comercial Quimica Masso, S.A. 2000.** Estrategias de tratamientos con Atominal 10 EC para el control de poblaciones my altas e cochinitas diaspinas en citricos. Levante Agrícola. 33-38.
- DOGC núm. 2068 de 28 de junio de 1995.** Direcció General de Producció i Industria Agroalimentàries. Resolució de 18 de novembre de 1994 per la qual s'aprova les Normes Tècniques de la Denominació Genèrica de la Producció Integrada en Cítrics.
- DOGV núm 3066 de 28 de agosto de 1997.** Resolució de 31 de juliol de 1997 del Director General d'Investigació, Desenvolupament Tecnològic i Sanitat Vegetal, per la qual s'estableix les normes per a la producció integrada en cítrics en el àmbit de la Comunitat Valenciana.
- Dunkelblum, E., Goldschmidt, Z. 1986.** Synthesis and field bioassay of the sex pheromone and some analogues of the citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso). Boll. Lab. Ent. Agr. F.Silvestri. 149-154.
- Dunkelblum, E., Ben-dov, Y., Goldschmidt, Z. 1987.** Synthesis and field bioassay of some analogs of sex pheromone of Citrus mealybug, *Planococcus citri* (Risso). J. Chem. Ecol. 4 (13): 863-871.
- Ebeling, W. 1959.** Subtropical Fruit Pests. University of California. Division of Agricultural Sciences. 176-121.

- El-Rahim, W. A. A., Salam, M. A., Wahab, A. A., Kedr, H. 1977.** Evaluation of some insecticides for the control of pomegranate butterfly and citrus mealy-bug and their effects on physical and chemical characteristics. *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 44 (12): 862-865.
- Fernandes, M. 1983.** Contribuição para o conhecimento da quermofauna do arquipélago dos Açores. *Zoologia*. 10 (1/2): 47-50.
- Franco, J.C. 1992.** Citrus phenology as a basis to study the population dynamics of the Citrus Mealybug complex in Portugal. *Proc. Int. Soc. Citr.* 3: 929-930.
- Franco, J. C., Borges da Silva, E., Passos de Carvalho, J. 2000.** Cochonilhas-algodão (Hemiptera, Pseudococcidae) associadas aos citrinos em Portugal. ISA Press, Lisboa.
- Franco, J. C., Magro, A., Raimundo, A. 1992.** Estudo comparativo da dinâmica de populações de coccinelídeos em pomares de citrinos no sul de Portugal. *Bol. San. Veg. Plagas*. (18) 69-80.
- French, J. V., Reeve, R. J. 1978.** Relationship of vines to management of other pests on Texas citrus. *Journal of the Rio Grande Valley Horticultural Society*. 32: 67-70.
- Fronteddu, F., Canu, D., D'Amico, R., Delpiano, N., Fancello, F., Nanni, G. 1996.** Applicazioni di metodologie di controllo integrato in agrumicoltura: lotta biotecnica contro *Ceratitis capitata* e controllo biologico del *Planococcus citri*. *Informatore fitopatologico*. 11: 34-39.
- Garrido, A., del Busto, T. 1987.** Algunas cochinillas no protegidas que pueden originar daños en los cítricos españoles, II: *Pseudococcus adonidum* (L), *Pseudococcus maritimus* (Ehrhorn) y *Planococcus citri* (Risso) (Subfamilia: Pseudococcinae). *Levante Agrícola*, 257-267.
- Garrido, A., del Busto, T. 1988.** ¿Cómo controlar las cochinillas pseudococcidae en los cítricos españoles?. *Levante Agrícola*. 155-166.

- Garrido, A. 1991.** Las cochinillas de los cítricos. Hortofruticultura. 9: 57-65.
- Garrido, A. 1999.** Fauna útil en cítricos: control de plagas. Levante agrícola 347: 153-169.
- Georgala, M. B., Buitendag, C. H., Hofmeyr, J. H. 1972.** Citrus Grower and Sub-tropical Fruit Journal 464: 16-22.
- Gerrard, D. J., Chiang, H. C. 1970.** Density estimation of corn rootworm egg population based upon frequency of occurrence. Ecology. 51: 237-245.
- Godfray, H. C. J. 1994.** Parasitoids. Behavioral and Evolutionary Ecology. Princeton University Press. Princeton, New Jersey. 473 pp.
- Gómez-Clemente, F. 1928.** Aclimatación en España del *Cryptolaemus montrouzieri* Muls., para combatir el cotonet del naranjo. Bol. de Patol. Veg. y Ent. Agr. 18. 106-123.
- Gómez-Clemente, F. 1943.** Cochinillas que atacan a los agrios en la región de Levante. Bol. Pat. Veg. Ent. Agr. XII 299-328.
- Gómez-Clemente, F. 1950.** Ensayos de aclimatación de *Leptomastix dactylopii* Howard, parásitos del “cotonet” o “algodón” de los agrios (*Pseudococcus citri* Risso). Boletín de patología y entomología agrícola. Vol XVIII. 21-28.
- Gómez-Menor. 1937.** Cócidos de España. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Estación Fitopatológica Agrícola de Almería. 332-345.
- Gonzalez-Sicilia, E. 1963.** El cultivo de los agrios. Ministerio de Agricultura- Dirección general de agricultura. Madrid. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. 712-715.
- Grasswitz, T. R., Burts, E. C. 1995.** Effect of native natural enemies on the population dynamics of the grape mealybug, *Pseudococcus maritimus* (Hom: Pseudococcidae), in apple and pear orchards. Entomophaga. 40: 105-117.

- Grawitz, N., Willson, C. 1968.** A sex pheromone from the citrus mealybug. J. Econ. Entomol. 61: 1458-1459.
- Gray, H. E. 1954.** The development of the citrus mealybug. J. Econ. Entomol. 47: 174-176.
- Green, R. H. 1970.** On fixed precision level sequential sampling. Res. Popul. Ecol. 12: 249-241.
- Hamdy, M. K. 1984.** On the effectiveness of Altosid against the citrus mealybug *Planococcus citri* (Risso)(Hom.,Pseudococcidae). Zeitschrift fur Angewandte Entomologie. 97 (2):162-167.
- Hamid, H. A., Michelakis, S. 1994.** The importance of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Col., Coccinellidae) in control of the citrus mealybug *Planococcus citri* (Risso) (Hom., Coccidea) under specific conditions. J. Appl. Ent. 118. 17-22.
- Harlan, D. P., Hart, W. G., Ingle, S. J., Meyerdirk, D. E. 1977.** Citrus Mealybug: Population in the Lower Rio Grande Valley of Texas. Journal Rio Grande Valley Horticultural Society. 31: 33-36.
- Hatting, V., Tate, B. A. 1997.** The pest status of mealybugs in citrus on Southern Africa. Proc. Int. Soc. Citric, Sun City, 1996. 560-563.
- Hennekan, M. M. B., Kole, M., Opzeeland, K. van., Alphen, J. J. M. van. 1987.** Biological control of citrus-mealybug in a commercial crop of ornamental plants in the Netherlands. Med. Fac. Landbouwwet Rijksuniv Gent. 52 (2a): 329-338.
- <http://www.sel.barc.usda.gov/catalogs/Pseudococo/Planococcuscitri.html>. 1992.
Nomenclature, Common names, Hosts, Distribution, Biology, General Remarks, Structure, Systematics, Economic Importance and Control.
- IOBC/WPRS Bulletin. 1993.** Integrated Production. Principles and Technocal Guidelines. Edited by El Titi, A., E. F. Boller & J. P. Gendrier. Vol 16 (1).

- Islam, K. S., Jahan, M. 1993.** Oviposition and development of the mealybug parasitoid *Anagyrus pseudococci* (Girault) at different constant temperatures. Pak. J. Sci. Ind. Res. 8 (36): 322-324.
- Islam, K. S., Copland, M. J. W. 1997.** Host Preference and Progeny Sex Ratio in a Solitary Koinobiont Mealybug Endoparasitoid, *Anagyrus pseudococci* (Girault), in Response to its Host Stage. Bioc. Sci. And Tech. (7) 449-456.
- Islam, K. S., Perera, H. A. S., Copland, M. J. W. 1997.** The effects of parasitism by an encyrtid parasitoid, *Anagyrus pseudococci* on the survival, reproduction and physiological changes of the mealybug, *Planococcus citri*. Entomol. Exp. Appl. 34: 77-83.
- Katsoyannos, P. 1996.** Integrated Insect Pest Management for Citrus In Northern Mediterranean Countries. Benaki Phytopatological Institute.
- Kenten, R. H., Woods, R. D. 1976.** A virus of the cocoa swollen shoot group infecting cocoa in North Sumatra. PANS. 22 (4): 488-490.
- Khalilov, B. B. 1972.** Pests of grape vines in Azerbaidzhan. Zashchita Rastenii 17: (2): 36-40.
- Knapp, J. L. 1981.** Conference Title: Johnson, D. T. (Organiser): Tree fruit and nut pest management in the southeastern United States. Miscellaneous Publications of the Entomological Society of America. 12: 91-98.
- Kono, T., Sugino, T. 1958.** On the estimation of the density of rice stems infected by the rice stem borer. Jpn. J. Appl. Entomol. Zool. 2: 184-188.
- Krishnamoorthy, A., Singh, S.P. 1987.** Biological control of citrus mealybug, *Planococcus citri* with an introduced parasite, *Leptomastix dactylopii* in India. Entomophaga. 32 (2): 143-148.

- Krishnamoorthy, P., Chacko, M. J., Sreedharan, K. 1983.** Biology of the Ladybird beetle, *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, a predator of mealybugs. J. Coffee Res. 221-226.
- Kuno, E. 1986.** Evaluation of statistical precision and design of efficient sampling for the population estimation based on frequency of occurrence. Res. Popul. Ecol. 28: 305-319.
- Laroussilhe, F. De. 1980.** Le manguier. Ed. G. P. Maisonneuve and Larose. Paris, France. 312 pp.
- Laudonia, S., Viggiani, G. 1986.** Natural enemies of the Citrophilus mealybug (*Pseudococcus calceolariae* Mask.) in Campania. Boll. Lab. Ent. Agr. F.Silvestri. 67-71.
- Lewis, W. J., Nordlund, D. Q., Gueldner, R. C., Teel, P. D., Tumlinson, J. H. 1982.** Kairomones and their use for management of entomophagous insects. XIII. Kairomonal activity for *Trichogramma* spp. Of abdominal tips, feces and a synthetic sex pheromone blend of *Heliothis zea* (Boddie) moths. Journal of Chemical Ecology 8: 1323-1332.
- Liotta, G., Mineo, G., Ragusa, S. 1977.** Sur l'état actuel des connaissances concernant certains arthropodes nuisibles aux agrumes en Sicile. Boll. Ist. Entomol. Agrar. Oss. Fitopatol. Palermo. 10: 29-68.
- Llorens Climent, J.M. 1990.** Homoptera I: Cochinillas de los cítricos y su control biológico: *Planococcus citri* (Risso). 149-163.
- Llorens, J. M., Vinaches, V., Esteve, R., Marcos, F. (Sección de Sanidad y Certificación Vegetal. Alicante). 2000.** Informe de la reunión anual del grupo de trabajo de cítricos y subtropicales. Reuniones anuales de los grupos de trabajo fitosanitarios 2000, pp: 33-42. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. ISBN: 84-491-0509-9.
- Longo, S., Russo, A. 1985.** Distribution and density of scale insects (Homoptera, Coccoidea) on citrus-groves in Eastern Sicily and Calabria. Integrated Pest Control in

-
- Citrus-Groves. Comission of the European Communities Proceedings of the Experts' Meeting/Acireale/26-29 March. 41-49.
- Lotto, G. De. 1975.** Notes on the vine mealybug (Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae). Journal of the Entomological Society of Southern Africa. 38 (2): 125-130.
- Luck, R. F., Merle, B., Kenmoore, P. E. 1988.** Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. Annu. Rev. Entomol. 33: 367-391.
- Luck, R. F., Morse, J. G., Moreno, D. S. 1986.** Current status of integrated pest management in California citrus-groves. Proc. Experts' Meeting, Acireale, 1985. AA Balkema, Rotterdam. 533-543.
- Martinez, M. de los A., Suris, M. 1986.** Notas aclaratorias acerca de la sinonimia de *Planococcus citri* en el cultivo del cafeto en Cuba. Ciencia y Tecnica en la Agricultura, Cafe y Cacao. 8 (2): 5-10.
- Mendel, Z., Blumberg, D., Wysoki, M. 1992.** Biological control of four Homopterans in Israeli horticulture: Achieves and problems. Phytoparasitica. 20. 49.
- Mendel, Z., Gross, S., Steinberg, S., Cohen, M., Blumberg, D. 1999.** Trials for the control of citrus mealybug in citrus orchards by augmentative release of two encyrtid parasitoids. Proceedings of the VIII International Symposium on Scale Insect Studies ISSIS-VIII. Wye (UK).
- Merlin, J., Lemaitre, O., Grégoire, J. C. 1996.** Oviposition in *Cryptolaemus montrouzieri* stimulated by wax filaments of its prey. Entomol. Exp. Appl. (79) 141-146.
- Meyerdirk, D. E., Chandler, L. D., Summy, K. R., Hart, W. G. 1981.** Spatial distribution of Citrus mealybug on grapefruit trees. J. Econ. Entomol. 74: 662-664.
- Meyerdirk, D. E., French, J. V., Hart, W. G., Chandler, L. D. 1979.** Citrus mealybug: effect of pesticide residues on adults of the natural enemy complex. J. Econ.Entomol. 72 (6): 893-895.

- Milne, A. 1957.** The natural control of insect populations. *The Canadian Entomologist*. 89 (5): 193-213.
- Mineo, G., Viggiani, G. 1976. (a).** Sull'acclimatazione in Italia di *Leptomastix dactylopii* parassita del cotonello degli agrumi. *Informatore fitopatologico*. 5: 13-15.
- Mineo, G., Viggiani, G. 1976. (b).** Su un esperimento di lotta integrata negli agrumenti in Sicilia. *Boll. Lab. Ent. Agr. F. Silvestri*. 33: 219- 213.
- Moreno, D. S., Fargerlund, J., Ewart, W. H. 1984.** Citrus mealybug (Homoptera: Pseudococcidae): Behavior of males in response to sex pheromone in laboratory and field. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 77: 32-38.
- Murray, D. A. H. 1976.** Insect pests on passion fruit. *Queensland Agricultural Journal*. 102 (2): 145-151.
- Nachman, G. 1984.** Estimates of mean population density and spatial distribution of *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acarina: Phytoseiidae) base upon the proportion of empty sampling units. *J. Appl. Ecol.* 21: 903-913.
- Nagarkatti, S., Singh, S. P., Jayanth, K. P. 1992.** Introduction and stablishment of *Leptomastix dactylopii* How. against *Planococcus* spp. in India. *Indian Journal Plant Protection*. 19: 102-104.
- Nelson-Rees, W. A. 1960.** A study of sex predetermination in the mealybug *Planococcus citri* (Risso). *J. Exp. Zool.* 144 (2): 111-137.
- Nestel, D., Cohen, H., Saphir, N., Klein, M, Mendel, Z. 1985.** Spatial distribution os scale insects: comparative study using Taylor's power law. *Environ. Entomol.* 24 (3): 506-512.

- Niyazov, O. D. 1972.** The food relationships of *Planococcus citri* (Risso) in Turkmenia. Izvestiya Akademii Nauk Turkmenskoi SSR. Biologicheskikh Nauk. 4: 68-71.
- Niyazov, O. D. 1976.** Revision of the list of parasites of the vine mealybug. Ecology and economic importance of the insects of Turkmenia. Ekologiya i khozyaistvennoe znachenie nasekomykh Turkmenii. 117-124.
- Nyrop, J. P., Binns, M. R. 1992.** Algorithms for computing operating characteristic and average sample number functions for sequential sampling plans based on binomial count models and revised plans for european red mite (Acari: Tetranychidae) on apple. J. Econ. Entomol. 85: 1253-1273.
- Oetting, D. 1978.** Insect pest management on newly established plants. Combined Proceedings of the International Plant Propagators' Society. 27: 141-148.
- Onillon, J. C. 1988.** Lutte biologique et intégrée dans les vergers de citrus en zone méditerranéenne. Entomophaga. 33. (4) 481-494.
- Ortu, S. 1982.** Osservazioni su *Planococcus citri* (Risso) nelle coltivazioni agrumicole della sardegna. St. Sassaesi. (29) 199-209.
- Ortu, S. 1985.** *Planococcus citri* (Risso) control in Sardinia. Integrated Pest Control in Citrus-Groves. Commission of the European Communities Proceedings of the Experts' Meeting/Acireale/26-29 March. 411-416.
- Ortu, S., Delrio, G. 1982.** Osservazioni sull'impiego in campo del feromone di sintesi di *Planococcus citri* (Risso) (Homoptera, Coccoidea). Estratto da REDIA. (65) 341-353.
- Ortu, S., Prota, R. 1983.** Brevi considerazioni sulle recenti introduzioni in Sardegna di entomofagi a protezione della coltura agrumicola. Frust. Ent. (7-8) 115-123.
- Panis, A. 1969.** Observations faunistiques et biologiques sur quelques Pseudococcidae (Homoptera: Coccoidea) vivant dans le midi de la France. Ann. Zool. Ecol. Anim. 3: 211-244.

- Panis, A. 1977.** Pseudococcidos (Homoptera, Coccoidea, Pseudococcidae) en el marco de la lucha integrada en cultivos de agrios del entorno mediterráneo. Bol. Serv. Plagas. 3: 139-145.
- Panis, A. 1981.** Mealybugs (Homoptera, Coccoidea: Pseudococcidae) within the framework of integrated control in Mediterranean citrus-growing. Pseudococcines (Homoptera, Coccoidea: Pseudococcidae) dans le cadre de la lutte integree en agrumiculture mediterraneenne. Revue de Zoologie Agricole et de Pathologie Vegetale. 78(3): 88-96.
- Papacek, D., Smith, D. 1994.** Integrated pest management of citrus in Queensland, Australia. Recents developments and current status. Proc. Int. Soc. Citric. Acireale, 1992. MCS Congress, Catania. 973-977.
- Paulech, C., Herrera, S. 1971.** The influence of the fungus *Capnodium citri* Berk. et Desm. on the photosynthesis and and transpiration of sour orange leaves. Biologia. 26 (7): 501-505.
- Pyle, K. R. 1979.** Integrated control of citrus pests in Zimbabwe Rhodesia. Zimbabwe Rhodesia Agricultural Journal. 76(4): 171-179.
- Quayle, H.J. 1941.** Insects of citrus and other subtropical fruits. Ithaca, New York. Comstock Publishing Company, Inc. 76-97.
- Raciti, E., Tumminelli, R., Marano, G., Conti, F., Barraco, D., Dinatale, A., Fisicaro, R., Schiriliro, E. 1997.** A strategy of integrated pest management in Eastern Sicily citrus: first results and economic evaluation. Proc. Int. Soc. Citric. Sun City, 1996. Nelspruit. 652-658.
- Ripollés, J. L. 1986.** Programas Integrados en los cítricos de España. Integrated Pest Management in Citrus. Parasitis 86. Ginebra. 11 pp.

- Ripollés, J.L. 1990.** Las cochinillas de los agrios. 4º Symposium Nacional de Agroquímicos. Sevilla 1990. Levante Agrícola. (1) 297-298.
- Ripollés, J. L., Marsá, M., Martínez, M. 1995.** Desarrollo de un programa de control integrado de las plagas de los cítricos en las comarcas del Baixebre y Montsiá. Levante Agrícola. 3^{er} Trimestre. 232-248.
- Rosen, D. 1974.** Current status of integrated control of Citrus pests in Israel. Bulletin, Organisation Europeenne et Mediterraneenne pour la Protection des Plantes. 4(3):363-368.
- Rotundo, G., Tremblay, E. 1975.** Sull'attrattività delle femmine vergini di due specie di Pseudococcidi (Homoptera Coccoidea) per un Imenottero parassita (Hymenoptera Chalcidoidea). Boll. Lab. Ent. Agr. F.Silvestri. 32: 172-179.
- Rotundo, G., Tremblay, E., Giacometti, R. 1979.** Final results of mass captures of the Citrophilous Mealybug males (*Pseudococcus calceolariae* Mask.) (Homoptera Coccoidea) in a citrus grove. Boll. Lab. Ent. Agr. F.Silvestri. 36: 266-274.
- Ruiz Castro, A. 1941.** El "melazo" (*Pseudococcus citri* Risso) en los parrales de Almería. Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola, vol. X.
- Ruiz Castro, A. 1965.** Plagas y Enfermedades de la vid. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid, 757 pp.
- Santorini, A. P. 1977.** Etude de quelques caractères de *Planococcus citri* (Risso) en Grèce (Homoptera, Coccoidea, Pseudococcidae). Fruits. 10 (32) 611-612.
- SAS Institute Inc. 1999-2000.** SAS/STAT. Release 8.01. Level 01m0. Cary, NC, USA.
- Schaalje, G. B., Butts, R. A., Lysks, T. J. 1991.** Simulation studies of binomial sampling: a new variance estimator and density predictor, with special reference to the russian wheat aphid (Homoptera: Aphididae). J. Econ. Entomol. 84: 140-147.

- Serghiou, C.S. 1983.** The Citrus mealybug, *Planococcus citri* Risso, Carob moth, *Ectomyelois ceratoniae* Zeller, Pest complex on grapefruit and its chemical control. Tec. Bull. Agr. Res. Inst. 56. 1-17.
- Silva, E.B., Mexía, A. 1997.** The damage caused by *Planococcus citri* (Risso) on citrus groves. Crop Protection. 7 (20): 26-31.
- Smith, D., Beattie, G. A. C., Broadley R. (Eds). 1997.** Citrus pests and their natural enemies: integrated pest management in Australia. Queensland DIP & HRDC, Brisbane.
- Smith, D., Papacek, D., Murray, D. A. H. 1988.** The use of *Leptomastix dactylopii* Howard (Hymenoptera: Encyrtidae) to control *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae) in Queensland citrus orchards. Qld. J. Agric. Anim. Sci. 45 (2): 157-164.
- Snedecor y Cochran. 1989.** Métodos estadísticos pp. 528-535.
- Southwood, T. R. E. 1978.** Ecological Methods, with particular reference to the study of insect populations. Chapman y Hall, London. 524 pp.
- Spicciarelli, R., Battaglia, D., Tranfaglia, A. 1992.** Biological control of *Planococcus citri* (Risso) by *Leptomastix dactylopii* Howard in citrus grove in Metapontum area. Proc. Int. Soc. Citr. 615. 1-14.
- Sternlicht, M. 1973.** Parasitic wasp attracted by the sex pheromone of their coccid host. Entomophaga, 18 (4): 339-342.
- Summy, K. R., French, J.V., Hart, W. G. 1986.** Citrus mealybug (Homoptera: Pseudococcidae) on Greenhouse Citrus: Density-dependent Regulation by an Encyrtid Parasite Complex. J. Econ. Entomol. 4 (79): 891-895.
- Taylor, L. R. 1961.** Aggregation, variance and the mean. Nature. 189: 732-735.

- Taylor, L. R. 1984.** Assessing and interpreting the spatial distributions of the insect populations. *Ann Rev. Entomol.* 29: 321-357.
- Taylor, L. R., Perry, J. N., Woiwod, I. P., Taylor, R. A. J. 1988.** Specificity of the spatial power-law exponent in ecology and agriculture. *Nature.* 332: 721.
- Tingle, C. C. D., Copland, M. J. W. 1988. (a).** Effects of temperature and host-plant on regulation of glasshouse mealybug (Hemiptera: Pseudococcidae) populations by introduced parasitoids (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bull. Entomol. Res.* 78: 135-142.
- Tingle, C. C. D., Copland, M. J. W. 1988. (b).** Predicting development of the mealybug parasitoids *Anagyrus pseudococci*, *Leptomastix dactylopii* and *Leptomastidea abnormis* under glasshouse conditions. *Entomol. Exp. Appl.* 46: 19-28.
- Tingle, C. C. D., Copland, M. J. 1989.** Progeny production and adult longevity of the mealybug parasitoids *Anagyrus pseudococci*, *Leptomastix dactylopii* and *Leptomastidea abnormis* (Hym: Encyrtidae) in relation to temperature. *Entomophaga.* 2 (34): 111-120.
- Tokeshi, M. 1985.** Life-cycle and production of the burrowing mayfly, *Ephemera danica*: a new method for estimating degree-days required for growth. *Journal of Animal Ecology.* 54: 919-930.
- Toledo, J. 1965.** Los parasitos de la vid. Melazo o cochinilla algodonosa. (*Pseudococcus citri* (Risso). Ed. Mundiprensa. 58-61.
- Tormos, J. M. 1996.** Efectos secundarios de algunos I. R. C. I. Sobre *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. Trabajo fin de carrera. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Valencia.
- Tranfaglia, A., Viggiani, G. 1986.** Scale insects of economic importance and their control in Italy. *Boll. Lab. Ent. Agr. F.Silvestri.* 215-221.
- Tsaley, M. 1970.** On some mealybug species, *Pseudococcus* spp., in Bulgaria. *Ovoshcharstvo.* 17 (12): 20-24.

- Tumminelli, R., Saraceno, F., Conti, D. 1997.** Le formiche nell'agrumeto. *L'Informatore agrario*. 11. 57-60.
- Uygun, N., Karaca, I., Ulusoy, M. R., Tekeli, N. Z. 1995.** Status of citrus pests and their control in Turkey. *Crop Protection*. 18. (5) 171-183.
- Viggiani, G. 1975.** La lutte intégrée dans les vergers sur le "contrôle" de *Planococcus citri* Risso. *Fruits*. 4 (30): 261-265.
- Viggiani, G. 1976.** Recherches sur les cochenilles des agrumes. Conference Title: Organisation Internationale de Lutte Biologique: Working Group, Biological Control of Citrus Coccids and Aleurodids. Report of the meeting held from 18 to 23 September at Athens. *Bulletin SROP (Section Regionale Ouest Palearctique)* 3: 117-120.
- Welter, S. C. 1989.** Arthropod impact on plant gas exchange. *Insect-plant interactions*. Vol 1. Eds. Bernays, E. A. CRC Press, Boca Ratón, 136-150.
- Wilson, L. T., Room, P. M. 1983.** Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling. *Environ. Entomol.* 12: 50-54.
- Wysocki, M. 1978.** Insect pests of macadamia in Israel. *Phytoparasitica*. 5 (3): 187-188.

FOTOGRAFÍAS



Estados fenológicos de los cítricos:
plena floración y fruto cuajado.



Experiencia de exclusión de enemigos naturales



Daños de *Planococcus citri* sobre el fruto: presencia del insecto, melaza y negrilla



Planococcus citri en el ombligo de la naranja



Planococcus citri debajo del cáliz



Planococcus citri sobre el fruto



Planococcus citri en el tronco y ramas principales



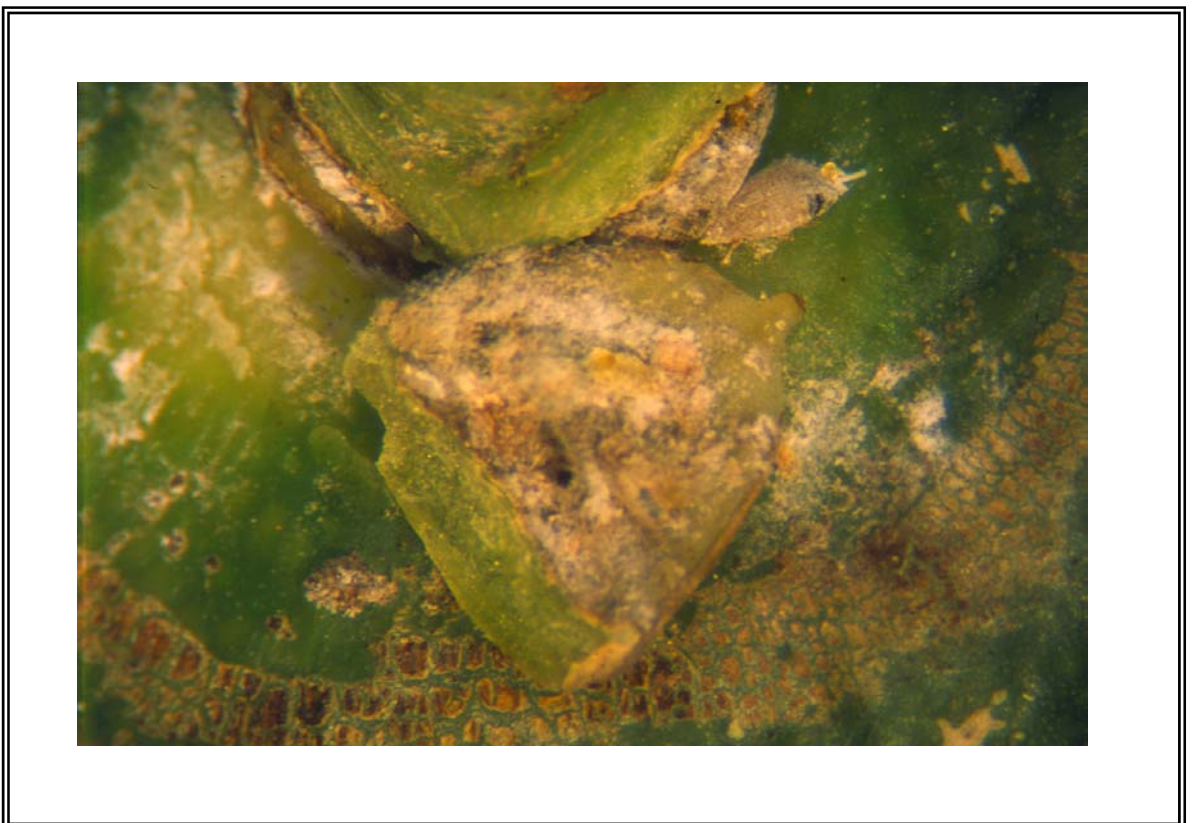
Leptomastix dactylopii realizando la puesta en una hembra de *P. citri*



Anagyrus pseudococci realizando la puesta en una hembra de *P. citri*



P. citri debajo del cáliz del fruto



P. citri parasitado debajo del cáliz del fruto



Cryptolaemus montrouzieri adulto alimentándose de huevos y larvas de *P. citri*



Larvas de *Cryptolaemus montrouzieri* alimentándose de huevos y larvas de *P. citri*