

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA



**Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio
Natural**

Departamento de Ecosistemas Agroforestales

**Comparación de la abundancia y biodiversidad de artrópodos
auxiliares entre parcelas de cultivo ecológico y convencional,
en plantaciones de cítricos, caqui y nectarina**



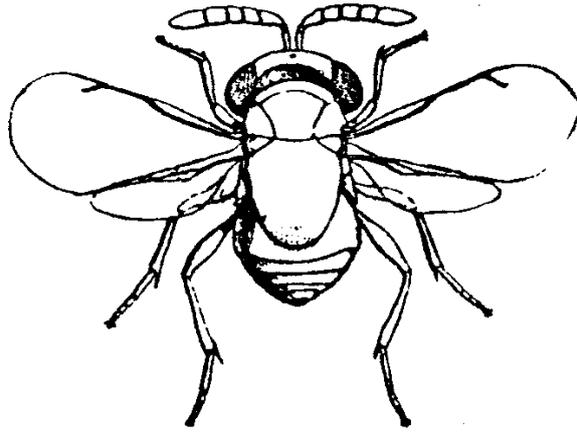
TESIS DOCTORAL

Presentada por Rafael Laborda Cenjor

Dirigida por el Dr. Ferran Garcia Marí

Valencia mayo 2012

A mi padre



Poco o nada se ha hecho en España en este sentido, porque entre nosotros es opinión corriente la de que bastan los insecticidas bien aplicados para contener el desarrollo de una especie perjudicial, allí donde aparezca ésta; olvidando que las preparaciones y las mezclas y los productos que matan a los insectos no han servido en ninguna parte del mundo para detener las grandes invasiones de artrópodos, y que, inversamente, el método natural de la lucha del insecto contra el insecto ha producido, allí donde pudo aplicarse, éxitos por encima de toda ponderación.

Claro es que entre un procedimiento y otro hay una diferencia enorme, pues mientras el empleo de los insecticidas apenas requiere estudio ni conocimiento alguno particular, y puede llevarse a cabo por el intermedio de personas indoctas, el método de utilización de unos insectos contra otros necesita del concurso de los verdaderos entomólogos y exige para ser aplicado una preparación especial.

Ricardo García Mercet

Nota sobre un insecto '*Scutellista cyanea*', beneficioso para la agricultura.
Revista de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de Madrid
9:185-192

Agraïments

Primer que tot voldria agrair a Ferran Garcia Marí, el meu director de tesi, que ja ho va ser del meu treball de fi de carrera. Gràcies a ell vaig començar la meua relació amb la investigació i amb la docència i ara m'ha tornat a acollir quasi trenta anys després. Gràcies a Alejandro Tena, ell em va donar un impuls fonamental per poder convertir un grapat de trampes en aquesta tesi. La llista d'agraïments podria ser immensa, perquè per acabar aquesta tesi he tingut que demanar ajuda física, intel·lectual i psicològica a molta gent. Companys del departament d'Ecosistemes Agroforestals que preguntaven com anava la tesi, de l'assignatura (in memoriam) de Protecció de Conreus de l'antiga escola de "Agrícoles" (les xiques que alegren i netegen, les xiques de secretaria, les bibliotecàries, el fotocopies, els professors,...), de la nova i antiga unitat docent d'Entomologia, nous amics de la nova escola reunificada i de la Universitat de València amb els quals ja hem encetat noves batalles per una Universitat millor al servei de la societat, tots els que han passat pel laboratori de protecció de conreus que han fet comptejos, revisat bibliografia o aguantat les meues manies. Els "companys" de doctorat que en algun moment m'han fet creure que se podia viatjar a través del temps, Els meus amics de "sempre", que sempre estan (quina tranquil·litat). El projecte d'Altea i la gent que hi participa, que m'ha permés veure cap a on podria anar la meua tesi, i d'Altea cap a Marques de Zenete, passant per Benidorm. Gràcies a ma mare, ma tia, la meua filla, la meua companya i a la resta de la família pel seu recolzament i paciència. Per últim un recordatori a Josep Costa, i un agraïment a Rafa Ruano per la seua amistat i el seu exemple.

Índice

Resumen	I
Resum	III
Summary	V
1 INTRODUCCIÓN	1
1.1 La agricultura sostenible como idea de futuro	1
1.2 Manejo del sistema como instrumento esencial en la protección de cultivos .	3
1.3 Agricultura Ecológica y Producción Integrada	4
1.4 Influencia del sistema de manejo en la biodiversidad y abundancia de artrópodos	7
1.5 Índices de biodiversidad	9
1.6 Métodos de estudio de la fauna auxiliar	11
1.7 Fitófagos presentes en cultivos frutales.....	14
1.8 Fauna de enemigos naturales asociada a cultivos frutales.....	16
1.8.1 Depredadores	16
1.8.2 Parasitoides	19
2 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS	25
3 MATERIAL Y MÉTODOS	27
3.1 Parcelas	27
3.2 Manejo fitosanitario de las parcelas	29
3.3 Muestreo en campo, procesado de muestras y conservación	30
3.4 Análisis de las muestras e identificación.....	32
3.5 Análisis de datos	33
4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	35
4.1 Órdenes identificados	35
4.1.1 Abundancia	35
4.1.2 Índices de biodiversidad	40

4.1.3	Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas	42
4.1.4	Evolución estacional	43
4.1.5	Comparación de métodos de muestreo	45
4.2	Familias de artrópodos fitófagos	49
4.2.1	Abundancia	49
4.2.2	Índices de biodiversidad	53
4.2.3	Relación abundancia-porcentaje de muestreos con presencia	54
4.2.4	Evolución estacional de fitófagos	55
4.2.5	Comparación de métodos de muestreo	58
4.3	Coccinélidos	63
4.3.1	Abundancia	63
4.3.2	Índices de biodiversidad	67
4.3.3	Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas	69
4.3.4	Correlación de abundancia entre <i>Stethorus punctillum</i> y ácaros	70
4.3.5	Evolución estacional de coccinélidos	72
4.3.6	Comparación entre métodos de muestreo	75
4.4	Afelínidos	79
4.4.1	Abundancia	79
4.4.2	Índices de biodiversidad	83
4.4.3	Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas	84
4.4.4	Correlación de abundancia entre plagas y enemigos naturales	85
4.4.5	Evolución estacional de afelínidos	86
4.5	Encírtidos	89
4.5.1	Abundancia	89
4.5.2	Índices de biodiversidad	93
4.5.3	Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas	94
4.5.4	Evolución estacional de encirtidos	95
4.6	Eulófidos	97
4.6.1	Abundancia	97

4.6.2	Índices de biodiversidad	101
4.6.3	Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas	102
4.6.4	Correlación de abundancia entre plagas y enemigos naturales	103
4.6.5	Evolución estacional de eulófidos	105
4.7	Mimáridos.....	107
4.7.1	Abundancia	107
4.7.2	Índices de biodiversidad	111
4.7.3	Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas	112
4.7.4	Correlación de abundancia entre plagas y enemigos naturales	113
4.7.5	Evolución estacional de mimáridos	116
4.8	Pteromálidos	119
4.8.1	Abundancia	119
4.8.2	Índices de biodiversidad	121
4.8.3	Relación abundancia -porcentaje de parcelas ocupadas	123
4.8.4	Evolución estacional	123
4.9	Evaluación general de enemigos naturales.....	125
4.9.1	Abundancia	125
4.9.2	Índices de biodiversidad calculados a partir de todas las especies	129
4.9.3	Relación entre índices de biodiversidad calculados a nivel de especie y de familia.....	133
4.9.4	Relación abundancia-ocupación	134
5	DISCUSIÓN GENERAL	135
5.1	Identidad y abundancia relativa de especies de enemigos naturales	135
5.2	Comparación entre sistemas de cultivo ecológico y convencional	138
5.2.1	Tipo de organismo y nivel trófico	138
5.2.2	Tipo de cultivo	140
5.2.3	Arquitectura del árbol	144
5.2.4	Escala a la que se realiza el estudio	145

5.3	¿Por qué se produce un incremento de biodiversidad en agricultura ecológica?	147
5.4	¿Es la diversidad un beneficio para el control biológico?	151
5.5	Uso de auxiliares como bioindicadores	152
6	CONCLUSIONES.....	153
7	BIBLIOGRAFÍA	155

Resumen

El desarrollo de la agricultura en la actualidad evoluciona hacia sistemas sostenibles de gestión de plagas en los que los plaguicidas orgánicos de síntesis dejan de ser esenciales en la lucha contra plagas, tendiéndose a reducir su empleo, como en los métodos de gestión integrada de plagas, o a eliminarlos totalmente, como en la agricultura ecológica. En su lugar aparecen metodologías relacionadas con el conocimiento de la fisiología de los insectos, como la confusión sexual, o con la comprensión y manejo del agrosistema, como la lucha biológica. Actualmente en Europa se propugna la gestión de plagas siguiendo distintas normativas que priorizan los métodos de manejo no contaminantes y la protección de la biodiversidad. Sin embargo, existen pocos trabajos en los que se evalúa el efecto de los diferentes sistemas de manejo de plagas sobre la fauna auxiliar y la biodiversidad en cultivos arbóreos mediterráneos.

Con el objetivo de evaluar el efecto del sistema de manejo de plagas del cultivo sobre la abundancia de artrópodos y la diversidad de especies beneficiosas hemos muestreado periódicamente entre 2006 y 2008 en la comarca de La Ribera Alta (Valencia) 41 parcelas de tres cultivos frutales, caqui, cítricos y nectarina, cultivadas mediante dos sistemas de cultivo, ecológico y convencional. Del total de parcelas, 14 eran de caqui, de las cuales 9 eran de cultivo convencional y 5 ecológicas, 15 de cítricos (9 convencionales y 6 ecológicas) y 12 de nectarina (9 convencionales y 3 ecológicas). Como métodos de muestreo se ha empleado el aspirador, las trampas amarillas pegajosas y el embudo de Berlese.

Los órdenes de artrópodos más abundantes en general en todos los cultivos y sistemas de cultivo han sido himenópteros, dípteros y hemípteros. Las familias de fitófagos más abundantes en cultivo ecológico han sido la de los trípidos en los tres cultivos, mientras que en cultivo convencional los trípidos son mayoritarios en nectarina, los tefrítidos en caqui y los afídidos en cítricos.

Entre los calcidoideos las familias más abundantes han sido encírtidos, afelínidos, mimáridos, eulófidos, pteromálidos y tricogramátidos. Las especies más

abundantes han sido *Metaphycus flavus*, *Aphytis melinus*, *Stethynium triclavatum*, *Cales noacki*, *Syrphophagus aphidivorus*, *Anagrus atomus*, *Alaptus* spp., *Ceranisus lepidotus* y *Metaphycus helvolus*. Como representante de los depredadores se ha estudiado la familia de los coccinélidos, siendo las especies más abundantes en ella *Stethorus punctillum*, *Scymnus* spp., *Rodolia cardinalis* y *Propylea quatuordecimpunctata*.

Cuando analizamos todas las especies conjuntamente, el sistema de cultivo ecológico incrementa significativamente la abundancia de insectos auxiliares, en niveles próximos al 50%, así como su riqueza y su biodiversidad, en niveles aproximadamente del 25%, respecto al sistema de cultivo convencional. Este incremento es variable según el cultivo, mayor en caqui y nectarina que en cítricos, y según el grupo funcional de insecto auxiliar, mayor en depredadores que en parasitoides. Al considerar por separado las distintas familias el incremento de abundancia se mantiene de forma significativa en el caso de coccinélidos y mimáridos, y la biodiversidad se incrementa de forma significativa sólo en coccinélidos.

Hemos comprobado que existe una correlación positiva entre abundancia de enemigos naturales y de fitófagos en el caso del coccinélido *Stethorus punctillum* con el ácaro tetraníquido *Tetranychus urticae*, de los mimáridos *Stethynium triclavatum* y *Anagrus atomus* con los cicadélidos, y del género de eulófidos *Ceranisus* con los tisanópteros.

Se ha podido demostrar una buena correlación entre los índices basados en la riqueza y uniformidad obtenidos a nivel de especies y los obtenidos a nivel de familias, por lo que la utilización del taxón familia para realizar estudios de biodiversidad puede ser una alternativa válida para simplificar futuros estudios.

Algunas especies de enemigos naturales son mucho más abundantes en parcelas de cultivo ecológico, con independencia del tipo de cultivo, y serían por tanto buenos candidatos para su empleo como indicadores de calidad o sostenibilidad ambiental. Éstas especies son *Scymnus* spp., *Encarsia perniciosi*, *Anagrus atomus* y *Stethynium triclavatum*.

Resum

El desenvolupament de l'agricultura en l'actualitat evoluciona cap a sistemes sostenibles de gestió de plagues en els quals els plaguicides orgànics de síntesi deixen de ser essencials en la lluita contra plagues, tendint-se a reduir la seua utilització, com en els mètodes de gestió integrada de plagues, o a eliminar-los totalment, com en l'agricultura ecològica. En el seu lloc apareixen metodologies relacionades amb el coneixement de la fisiologia dels insectes, com la confusió sexual, o amb la comprensió i maneig de l'agrosistema, com la lluita biològica. Actualment a Europa es propugna la gestió de plagues seguint diferents normatives que prioritzen els mètodes de maneig no contaminants i la protecció de la biodiversitat. No obstant açò, existeixen pocs treballs en els quals s'avalua l'efecte dels diferents sistemes de maneig de plagues sobre la fauna auxiliar i la biodiversitat en cultius arboris mediterranis.

Amb l'objectiu d'avaluar l'efecte del sistema de maneig de plagues del cultiu sobre l'abundància d'artròpodes i la diversitat d'espècies beneficioses hem mostrejat periòdicament entre 2006 i 2008 en la comarca de la Ribera Alta (València) 41 parcel·les de tres cultius fruiters, caqui, cítrics i nectarina, cultivades mitjançant dos sistemes de cultiu, ecològic i convencional. Del total de parcel·les, 14 eren de caqui, de les quals 9 eren de cultiu convencional i 5 ecològiques, 15 de cítrics (9 convencionals i 6 ecològiques) i 12 de nectarina (9 convencionals i 3 ecològiques). Com a mètodes de mostreig s'han emprat l'aspirador, les trampes grogues apegaloses i l'embut de Berlese.

Els ordres d'artròpodes més abundants en general en tots els cultius i sistemes de cultiu han sigut himenòpters, dípters i hemípters. Les famílies de fitòfags més abundants en cultiu ecològic han sigut la dels trípids en els tres cultius, mentre que en cultiu convencional els trípids són majoritaris en nectarina, els tefrítids en caqui i els afídids en cítrics.

Entre els Chalcidoidea les famílies més abundants han sigut encírtids, afelínids, mimàrids, eulòfids, pteromàlids i tricogramàtids. Les espècies més abundants han sigut *Metaphycus flavus*, *Aphytis melinus*, *Stethynium triclavatum*, *Cales noacki*, *Syrphophagus aphidivorus*, *Anagrus atomus*, *Alaptus* spp., *Ceraninus lepidotus* i

Metaphycus helvolus. Com a representant dels depredadors s'ha estudiat la família coccinèlids, sent les espècies més abundants en ella *Stethorus punctillum*, *Scymnus* spp., *Rodolia cardinalis* i *Propylea quatuordecimpunctata*.

Quan analitzem totes les espècies conjuntament, el sistema de cultiu ecològic incrementa significativament l'abundància d'insectes auxiliars, en nivells pròxims al 50%, així com la seua riquesa i la seua biodiversitat, en nivells aproximadament del 25%, respecte al sistema de cultiu convencional. Aquest increment és variable segons el cultiu, major en caqui i nectarina que en cítrics, i segons el grup funcional d'insecte auxiliar, major en depredadors que en parasitoids. Quan considerem per separat les diferents famílies l'increment d'abundància es manté de forma significativa en el cas de coccinèlids i mimàrids, i la biodiversitat s'incrementa de forma significativa només en coccinèlids.

Hem comprovat que existeix una correlació directa entre abundància d'enemics naturals i de fitòfags en el cas del coccinèlid *Stethorus punctillum* amb l'àcar tetraníquid *Tetranychus urticae*, dels mimàrids *Stethynium triclavatum* i *Anagrus atomus* amb els cicadèlids, i del gènere de eulòfids *Ceranisus* amb els tisanòpters.

S'ha pogut demostrar una bona correlació entre els índex basats en la riquesa i uniformitat obtinguts a nivell d'espècies i els obtinguts a nivell de famílies, per la qual cosa la utilització del taxó família per a realitzar estudis de biodiversitat pot ser una alternativa vàlida per a simplificar futurs estudis.

Algunes espècies d'enemics naturals són molt més abundants en parcel·les de cultiu ecològic, amb independència del tipus de cultiu, i serien per tant bons candidats per a la seua ocupació com a indicadors de qualitat o sostenibilitat ambiental. Aquestes espècies són *Scymnus* spp., *Encarsia perniciosi*, *Anagrus atomus* i *Stethynium triclavatum*.

Summary

Agriculture is currently progressing towards sustainable pest management systems in which synthetic organic pesticides are no longer essential in the fight against pests, with a tendency to reduce their usage, as in integrated pest management, or to eliminate them entirely, as in organic farming. Emphasis is placed in methodologies related to the knowledge of the physiology of insects, such as mating disruption, or the understanding and management of the agro-ecosystem, including biological control. Europe is currently advocating for different pest management regulations that would prioritize non pollutant management methods and the protection of biodiversity. However, few studies have evaluated the effects of different pest management systems on auxiliary fauna and biodiversity in Mediterranean tree crops.

We conducted a study based on periodical samples taken between 2006 and 2008 on 41 commercial orchards in the district of La Ribera Alta (Valencia), in order to evaluate the effect of pest management system on arthropod abundance and diversity of beneficial species. Of all the plots, 14 were persimmon, of which 9 were conventional and 5 organic farming; 15 were citrus (9 conventional and 6 organic) and 12 were nectarine (9 conventional and 3 organic). Samples were collected with an engine-powered vacuum-machine, yellow sticky traps and Berlese funnel.

The arthropod orders that were generally most abundant in crops and cropping systems were Hymenoptera, Diptera and Hemiptera. The phytophagous families found to be more abundant in organic farming were thripidae in the three crops, while in conventional farming, thripids were the most abundant in nectarine; tephritids the most numerous in persimmon; and aphids in citrus.

Among the Chalcidoidea, the most abundant families were encirtids, aphelinids, mymarids, eulophids, pteromalids and trichogramatids. The most abundant species were *Metaphycus flavus*, *Aphytis melinus*, *Stethynium triclavatum*, *Cales noacki*, *Syrphophagus aphidivorus*, *Anagrus atomus*, *Alaptus* spp., *Ceranisis lepidotus* and *Metaphycus helvolus*. As regards the predators, we studied the ladybird family, the

most abundant species being *Stethorus punctillum*, *Scymnus* spp. *Rodolia cardinalis* and *Propylea quatuordecimpunctata*.

When analyzing all species together, the organic farming system significantly increased the abundance of auxiliary insects by nearly 50%, while richness and biodiversity by approximately 25%, compared to the conventional farming system. This increase is variable depending on the crop, higher in persimmon and nectarine than in citrus, and on the other hand, depending on the functional group of the auxiliary insect, for example, higher in predators than in parasitoids. When considering the different families separately, abundance increased significantly in the case of coccinellids and mimarids, whereas biodiversity increased significantly only in coccinellids.

We found a significant relationship between the abundance of natural enemies and herbivores: is the case of the coccinellid *Stethorus punctillum* with tetranychid mite *Tetranychus urticae*; mimarids *Stethynium triclavatum* and *Anagrus atomus* with leafhoppers; and eulophid *Ceraninus* with thrips.

A good correlation was found between the indices based on richness and evenness obtained at the species level and those obtained at the family level, indicating that the use of the family taxon for biodiversity studies could be a valid alternative for simplifying future studies of a similar nature.

Some species of natural enemies are much more abundant in organic farming plots, regardless of crop type, and would thus be good candidates to be used as indicators of quality or environmental sustainability. These species are *Scymnus* spp., *Encarsia perniciosi*, *Stethynium triclavatum* and *Anagrus atomus*.

1 INTRODUCCIÓN

1.1 La agricultura sostenible como idea de futuro

La agricultura no tiene por qué ser una actividad impactante sobre el medio ambiente. Podemos diseñar o mantener sistemas agrarios con capacidad de autorregulación, que eviten la contaminación y degradación del ambiente, al mismo tiempo que podemos obtener productos de calidad.

El término de agricultura sostenible se ha convertido en un término popular, tanto en la Unión Europea como en otras zonas del mundo. Aunque no existe un consenso sobre la definición de este término (Edwards *et al.*, 1993; Smit y Smithers, 1993; Sydorovych y Wossink, 2008), una formulación sencilla pero al mismo tiempo integradora de las distintas dimensiones ecológicas, económicas y sociales la proporcionan Tilman *et al.* (2002): “prácticas compatibles con una vida saludable que permiten satisfacer las necesidades actuales y futuras de alimento y de fibras y de servicios al ecosistema, maximizando de esta manera el beneficio neto a la sociedad cuando todos los costes y beneficios de esas prácticas hayan sido considerados”.

La idea de sostenibilidad, al menos en lo que se refiere a agricultura y recursos naturales, no es nueva. A través de la historia, el ser humano ha afrontado el desafío de equilibrar la producción de alimentos con la protección del medioambiente. Desde mediados del siglo XX, el interés por la sostenibilidad se ha incrementado como respuesta a la crisis medioambiental y a los riesgos para la salud. El libro *La Primavera Silenciosa* centró la atención en la toxicidad indiscriminada de las primeras generaciones de plaguicidas (Carson, 1962).

La trascendencia política del término “desarrollo sostenible” se deriva de la Declaración de Río, adoptada en el seno de la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo en 1992 (Naciones Unidas, 1992). Esta Declaración constituye un documento base de estrategia global que contempla, por primera vez y con rango internacional, una política ambiental integrada y de desarrollo, teniendo presente no sólo los habitantes actuales del planeta sino también las generaciones futuras.

La Cumbre de la Biodiversidad de Río supuso colocar los problemas medioambientales en el centro de la discusión política, destacando el impacto de las actividades de producción y servicios sobre el medio ambiente y la biodiversidad (Simon *et al.*, 2010). La mayor parte de los riesgos medioambientales en la agricultura están relacionados con la contaminación de la atmósfera, del suelo y de la capa freática debido al uso y lixiviación de productos químicos, la destrucción de la fauna beneficiosa (polinizadores, enemigos naturales y habitantes del suelo) por el uso indiscriminado de plaguicidas y el desarrollo de resistencias a los plaguicidas por parte de las plagas (Aubertot *et al.*, 2005).

Otros problemas asociados a la agricultura convencional, son actualmente reconocidos como costes ocultos de la agricultura moderna industrializada, costes que hasta ahora han sido todos justificados por el espectacular aumento de la producción de alimentos durante este siglo. Estos problemas son los siguientes:

- Riesgos para la salud y seguridad de los agricultores al aplicar los productos químicos (Palis *et al.*, 2006; Beseler *et al.*, 2008).
- Peligro para la salud humana y animal debido a los residuos de plaguicidas en los alimentos (Baldi *et al.*, 1998; Alavanja *et al.*, 2004).
- Pérdida de la diversidad genética en plantas y animales, reduciendo por tanto, las oportunidades para el control biológico de plagas (Geiger *et al.*, 2010).
- Compactación del suelo debido al uso de maquinaria y equipamientos pesados, lo que, unido al laboreo profundo, provoca una reducción de la biomasa y diversidad de los organismos del suelo (Paoletti, 1999).

Además, el uso repetido de los productos químicos de síntesis puede tener consecuencias dañinas, aparentemente no relacionadas con los productos químicos. Por ejemplo, los plaguicidas de síntesis y fertilizantes permiten a los agricultores cultivar la misma especie de planta en el mismo campo año tras año, como si fuera una fábrica; mientras estas prácticas a menudo empujan la eficiencia y producción, también inducen a riesgos de especialización medioambiental y económica y a una excesiva dependencia en los gastos adicionales de cultivo.

1.2 Manejo del sistema como instrumento esencial en la protección de cultivos

La expansión de una agricultura basada en grandes tamaños de explotación ha provocado una simplificación del paisaje agrícola en el cual permanecen tan sólo pequeños fragmentos de los hábitats naturales (Bianchi *et al.*, 2006). Estos cambios en el uso del territorio, en combinación con los elevados inputs de agroquímicos en los campos de cultivo, son la causa principal del rápido descenso de biodiversidad en muchos de los paisajes (Benton *et al.*, 2003).

Los monocultivos buscan la rentabilidad económica, eliminando la competencia entre especies, y como consecuencia conllevan a una reducción de la diversidad. Desde la perspectiva opuesta, un paisaje agrícola diversificado limita la aparición y propagación de plagas y enfermedades, resultado del incremento del control natural (Ives *et al.*, 2000; Gurr *et al.*, 2003).

Un claro ejemplo es el manejo de las cubiertas vegetales no sólo en la lucha contra la erosión del suelo y aporte de materia orgánica, sino en su repercusión sobre la compactación del suelo, infiltración y capacidad de retención del agua, factores que están relacionados con la salud de la planta. Desde una perspectiva más amplia el “manejo del hábitat” es considerado como una forma de control biológico de conservación, además de proporcionar otros servicios desde el punto de vista cultural, ecológico e incluso turístico (Fiedler *et al.*, 2008).

Landis *et al.* (2000) consideran que el manejo del hábitat es un método que optimiza la disponibilidad de los recursos que necesitan los enemigos naturales de las plagas. Según estos autores el manejo del hábitat se puede abordar a nivel de la parcela, de la explotación o del paisaje. En los últimos años se ha publicado una gran cantidad de estudios sobre el papel que pueden cumplir los distintos componentes del sistema agrícola, tales como las cubiertas vegetales (Bugg y Waddington, 1994; Wyss *et al.*, 1995; Sirrine *et al.*, 2008; Gámez-Virués *et al.*, 2009; Silva *et al.*, 2010), los márgenes de los cultivos (Rieux *et al.*, 1999; Holland y Fahrig, 2000; Olson y Wäckers, 2007), los corredores vegetales (Nicholls *et al.*, 2001) y, en general, las

denominadas áreas no cultivadas (Gurr *et al.*, 2003; Boller *et al.*, 2004; Bianchi *et al.*, 2006).

1.3 Agricultura Ecológica y Producción Integrada

La agricultura ecológica u orgánica es un sistema holístico de gestión de la producción que fomenta y mejora la salud del agroecosistema, y en particular la biodiversidad, los ciclos biológicos, y la actividad biológica del suelo. Hace hincapié en el empleo de prácticas de gestión prefiriéndolas respecto al empleo de insumos externos a la explotación, teniendo en cuenta que las condiciones regionales requerirán sistemas adaptados localmente. Esto se consigue empleando, siempre que sea posible, métodos culturales, biológicos y mecánicos, en contraposición al uso de materiales sintéticos, para cumplir cada función específica dentro del sistema (Comisión del Codex Alimentarius, 2001).

Por otra parte, la Organización Internacional de Lucha Biológica e Integrada (2004) define la producción integrada como “un sistema de producción de alimentos que utiliza al máximo los recursos y los mecanismos de regulación naturales y asegura a largo plazo, una agricultura viable. La producción integrada da prioridad a la utilización selectiva de técnicas menos agresivas y productos menos perjudiciales, tanto para los humanos como para la flora y la fauna silvestres. La alta calidad de sus productos se evalúa con parámetros de calidad externa e interna y con aspectos como el proceso de producción y la seguridad alimenticia.

La agricultura ecológica ha experimentado un rápido crecimiento durante las últimas décadas. Más de 37,2 millones de hectáreas se cultivan en más de 160 países. Sin embargo, esta superficie representa alrededor del 0,9% del área cultivada de estos países. El mercado mundial para los productos ecológicos se estima en 54.900 millones de dólares (Willer y Kilcher, 2011). A pesar de esta situación favorable para el desarrollo de la agricultura ecológica, hay una falta de investigación básica y aplicada que permita entender los mecanismos que están actuando en los sistemas de agricultura ecológica, incluidos los relacionados con la sanidad vegetal.

La superficie dedicada a la agricultura ecológica en España ha aumentado de manera espectacular, ya que desde el año 1991 a 2010 la superficie cultivada se ha multiplicado 400 veces (MMARM, 2011) (figura 1). En la Comunidad Valenciana, la evolución ha sido importante, 56.627 ha cultivadas en 2010 (ocupando el 7º puesto) frente a las 1.183 ha existentes en el año 1995. A pesar de que actualmente España es uno de los países de la UE con mayor aumento de la superficie cultivada ecológicamente, hay que considerar que la agricultura ecológica en el conjunto del sector agrario español continúa siendo una actividad minoritaria (Rivera, 2005).

En los años 80 los investigadores entomólogos de Europa empezaron a desarrollar conceptos holísticos y ecológicos para controlar las plagas en los ecosistemas agrícolas. Hoy el manejo de plagas producidas por artrópodos en la agricultura ecológica incluye la adopción de estrategias basadas en principios ecológicos y científicos que han sido recogidas en diversos reglamentos nacionales e internacionales (Comisión del Codex Alimentarius, 2001; DOUE, 2007; DOCV, 2010). En estos reglamentos se pone especial énfasis en el uso de múltiples tácticas incorporadas en el diseño del sistema agrícola para prevenir niveles dañinos de plagas, minimizando de esta manera las soluciones curativas.

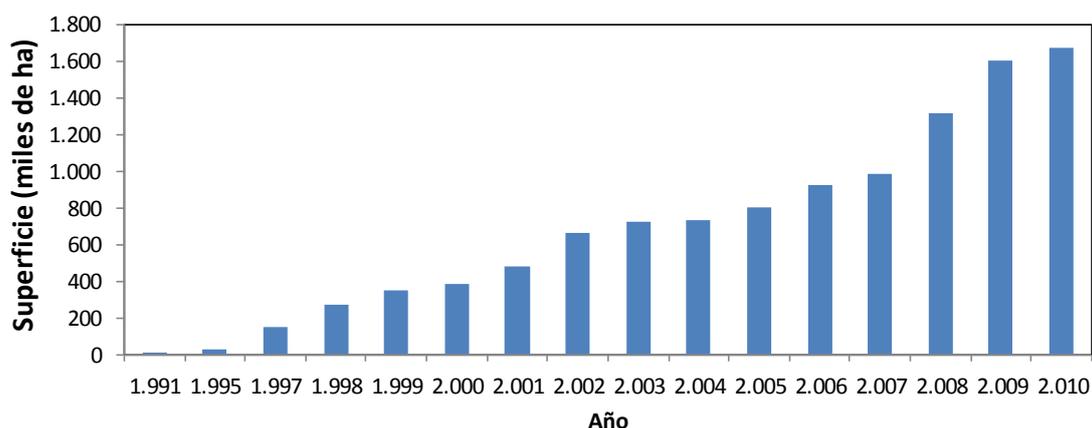


Figura 1. Evolución de la superficie de agricultura ecológica en España (a partir de MMARM, 2010).

En su perspectiva histórica del manejo integrado de plagas (MIP), Kogan (1998) recuerda que también en los inicios del manejo integrado de plagas se proponía un enfoque ecológico para establecer soluciones más perdurables a los problemas de plagas. Sin embargo, en la mayor parte de los casos el MIP ha quedado como un

programa de tratamientos basados en umbrales, en otros casos se han adoptado medidas alternativas a la lucha química con la única ventaja de no perturbar o perturbar poco el medio ambiente (Delucchi, 1993).

Otro aspecto que complica el enfoque integrado es que en muchos casos se llega a él cuando la situación es insostenible (p.e. cuando fallan los métodos químicos), es decir, en situaciones muy alteradas ecológicamente (Delucchi, 1993). En general, se le da una importancia capital a los aspectos económicos, olvidando que la agricultura es, antes que nada, un proceso ecológico, que de económico tiene exclusivamente la finalidad.

Wyss *et al.* (2005) proponen un modelo conceptual para el desarrollo de un programa de manejo de plagas para la producción ecológica. En la primera fase de este modelo las medidas preventivas indirectas tienen la máxima prioridad tal como se representa en la figura dos.

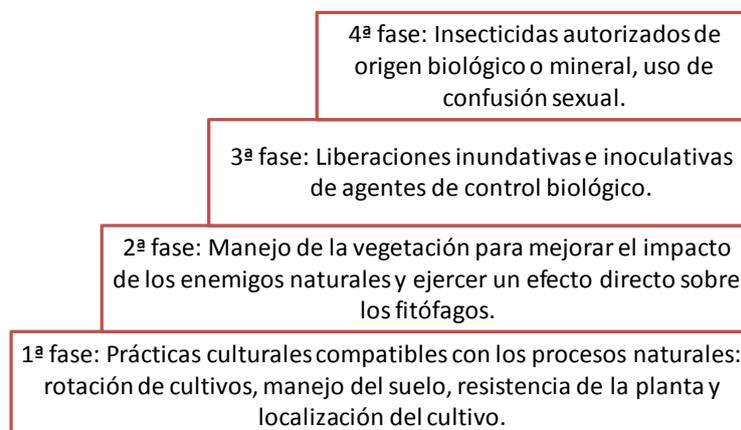


Figura 2. Representación esquemática de las estrategias de manejo de plagas en cultivo ecológico. La prioridad es para las estrategias preventivas y en caso de no ser suficientes se adoptan medidas más directas (Basado en Wyss *et al.*, 2005).

La segunda fase tiene como objetivo el incremento del nivel de biodiversidad en el agrosistema. Este incremento puede producirse en el primer nivel trófico o en niveles superiores. El aumento de la diversidad de plantas puede producir un efecto directo de reducción de la densidad de fitófagos a través de la hipótesis de concentración de recursos. También puede incrementar el tercer nivel trófico (enemigos naturales de las plagas) y de esta manera colaborar en la disminución de los fitófagos (Hesler *et al.*, 1993; Drinkwater *et al.*, 1995; Wyss *et al.*, 1995).

Las fases tercera (introducción de enemigos naturales exóticos y lucha biológica inundativa) y cuarta (uso de plaguicidas botánicos o minerales y confusión sexual) son consideradas medidas curativas y sólo se deberían utilizar cuando las medidas indirectas implementadas durante las dos primeras fases no son suficientemente eficaces (Zehnder *et al.*, 2007).

1.4 Influencia del sistema de manejo en la biodiversidad y abundancia de artrópodos

Existen abundantes estudios en los que se compara el impacto de los sistemas de cultivo ecológico y convencional en la entomofauna benéfica (Suckling *et al.*, 1999; Bengtsson *et al.*, 2005; Simon *et al.*, 2007), aunque pocos de ellos están referidos a los cultivos de cítricos, nectarina o caqui. En estos trabajos se suele medir la abundancia o la diversidad de diversos grupos taxonómicos como los carábidos o grupos funcionales como los insectos depredadores.

En relación a la abundancia, aunque los resultados pueden variar entre grupos taxonómicos y funcionales, la abundancia de artrópodos auxiliares es generalmente superior en el sistema ecológico frente al convencional. Así por ejemplo, Simon *et al.* (2007) estudian el efecto de tres sistemas de manejo de la polilla del manzano, *Cydia pomonella* L. (Lepidoptera: Tortricidae), (convencional, integrado y ecológico) en los enemigos naturales de las plagas del manzano. La abundancia de artrópodos beneficiosos fue mayor en las parcelas ecológicas que en las convencionales y las de manejo integrado.

Sin embargo, algunas especies de auxiliares pueden ser más abundantes en parcelas convencionales. *Stethorus punctum picipes* Casey fue el coccinélido más capturado, especialmente en parcelas tratadas con insecticidas en parcelas de manzano en EE.UU (Brown y Schmitt, 2001), que a su vez eran las que tenían niveles más importantes de tetraníquidos.

En relación con la biodiversidad, Bengtsson *et al.* (2005) realizan una revisión bibliográfica de numerosas publicaciones relacionadas con el efecto de la agricultura ecológica comparada con el sistema de cultivo convencional. Llegan a la conclusión

de que los métodos de la agricultura ecológica tienden a incrementar la riqueza de plantas adventicias y de enemigos naturales. En la mayoría de estudios publicados el grupo de insectos que se estudian es limitado ya que suelen analizarse sólo los carábidos como enemigos naturales. Como media el incremento en la riqueza de especies está alrededor del 30% comparado con la agricultura convencional.

Suckling *et al.* (1999) analizan el impacto ecológico de tres sistemas de manejo de plagas del manzano (convencional, integrado y ecológico) en Nueva Zelanda, así como su capacidad para asegurar una producción de calidad. La diversidad de depredadores fue mucho mayor en cultivo ecológico que en integrado, y en éste último que en el convencional.

Sin embargo, Simon *et al.* (2007) indican que en el cultivo del manzano la riqueza de especies y los índices de biodiversidad fueron ligeramente menores en las parcelas ecológicas, concluyendo que la diversidad no era afectada por las aplicaciones de productos fitosanitarios. Estos autores explican este resultado a partir de la dimensión de las parcelas experimentales (90 x 75 m), que permiten ser colonizadas por artrópodos de zonas colindantes.

Además del efecto de las prácticas agrícolas de las parcelas individuales sobre la abundancia y diversidad de artrópodos beneficiosos, los hábitos regionales (por ejemplo, aplicación de plaguicidas a grandes superficies) y la heterogeneidad y estructura del paisaje también contribuyen a la biodiversidad en las áreas agrícolas (Weibull y Östman, 2003). Así, en Suecia se comprobó que el efecto de la heterogeneidad del paisaje fue mayor que el impacto de la agricultura ecológica o convencional en la diversidad de las mariposas, de insectos depredadores y de plantas en los márgenes de las parcelas agrícolas (Weibull y Östman, 2003). Según ello, las áreas no cultivadas, tales como los márgenes de los cultivos, pastos naturales, acequias, canales, charcas y otros pequeños hábitats, tienen una importante función como refugio de muchos organismos (Olson y Wäckers, 2007) por lo que el mantenimiento de la biodiversidad en los paisajes agrícolas dependerá de la preservación, restauración y manejo de tales áreas (Stopes *et al.*, 1995; Baudry *et al.*, 2000; Tschardtke *et al.*, 2002).

1.5 Índices de biodiversidad

La biodiversidad puede ser considerada como un concepto general (en el sentido de un paradigma ecológico), una tendencia de pensamiento político (para intensificar los esfuerzos de conservación) o una entidad medible (Gaston, 1996; Green *et al.*, 2005).

El concepto de biodiversidad implica que todos los ambientes tienen una riqueza de diferentes organismos y pueden ser interpretados como sistemas en los cuales las especies circulan e interactúan. La estructura, escala y características del paisaje también entran en la definición de biodiversidad (Paoletti, 1999). Aunque las actividades humanas no actúan irremediablemente contra la biodiversidad, en general la reducen.

Aunque a menudo han sido criticados, los índices de biodiversidad permiten describir la diversidad de una manera sintética y son una herramienta útil para evaluar, vigilar y conservar ecosistemas (Mouillot y Laprêtre, 1999). El número de especies (riqueza) es la medida más simple y la más utilizada, ya que su significado es fácilmente entendido. La uniformidad es una medida de la homogeneidad de la abundancia de las distintas especies, independientemente del número de especies. Entre los índices de uniformidad más utilizados se encuentran el índice de Camargo (E) y el de Pielou (R). Por último, los índices de diversidad, combinan la riqueza de especies y la uniformidad a través de una forma matemática (Colwell, 2009). Los más comunes son el índice de Shannon (H) y el índice de Simpson (C) (Mouillot y Laprêtre, 1999).

En la agricultura la productividad ha sido asociada de manera casi invariable al monocultivo (Odum, 1984; Paoletti *et al.*, 1989; Paoletti y Pimentel, 1992). Durante las últimas décadas del siglo XX, la intensificación de los sistemas de producción agrícola han provocado un cambio importante en el paisaje agrícola de Europa y Estados Unidos (Robinson y Sutherland, 2002). Esta intensificación e industrialización de la agricultura está provocando según algunos autores una “segunda Primavera Silenciosa”, mucho más sutil que la primera (Krebs *et al.*, 1999). La expansión de

cultivos anuales y el aumento de escala de las explotaciones conllevan a una simplificación del paisaje agrícola que contiene sólo pequeños fragmentos de hábitats naturales (Krebs *et al.*, 1999; Bianchi *et al.*, 2006).

Los cambios en el uso del territorio, combinados con los elevados insumos de agroquímicos en las explotaciones agrícolas son la causa principal del rápido descenso de la biodiversidad en muchos de estos paisajes (Robinson y Sutherland, 2002; Benton *et al.*, 2003).

Además del valor intrínseco de la biodiversidad, la disminución de la biodiversidad lleva implícita una pérdida de servicios generales del ecosistema como la productividad, la sostenibilidad, la estabilidad y la resiliencia (Tilman *et al.*, 2002; Brown, 2011), así como de servicios particulares como el control biológico de plagas (Ives *et al.*, 2000; Wilby y Thomas, 2002; Gurr *et al.*, 2003).

Por otra parte, el incremento de la heterogeneidad del paisaje puede afectar de manera directa a los fitófagos. Östman *et al.* (2001) encuentran que, independientemente del sistema de cultivo, ecológico o convencional, los paisajes con márgenes abundantes y plantas perennes están asociados a bajos niveles de pulgón, *Rhopalosiphum padi* L. (Hemiptera: Aphididae), en cereales de Suecia.

Las políticas agro-ambientales europeas intentan contrarrestar los efectos de la agricultura actual sobre el medio ambiente, proporcionando a los agricultores estímulos económicos para adoptar prácticas compatibles con el medio ambiente. Estas medidas medioambientales están consideradas como los instrumentos políticos más importantes para proteger la biodiversidad en Europa (European Environment Agency, 2004). Sin embargo, es difícil imaginar los beneficios que pueden aportar las políticas ambientales sin tener instrumentos adecuados para evaluar el impacto de estas políticas (Paoletti, 1999).

En las últimas décadas diversos trabajos han intentado evaluar el efecto de las políticas agroambientales europeas sobre la biodiversidad. Uno de los posibles instrumentos para esta evaluación es el uso de bioindicadores. Éstos son componentes

vivos del ecosistema en estudio que utilizamos para evaluar los efectos positivos o negativos que tienen diversas prácticas sobre el ecosistema (Paoletti, 1999).

Los estudios basados en bioindicadores deben ser simples y fácilmente repetibles en diferentes situaciones. El uso de pequeños invertebrados como herramienta para evaluar el impacto de diversas prácticas en los agrosistemas (plaguicidas, laboreo, fertilización, monocultivo) puede ser una buena estrategia.

Kleijn *et al.* (2006) comparan la diversidad de plantas, pájaros, abejas, saltamontes, grillos y arañas entre parcelas convencionales y otras manejadas según esquemas medioambientales en cinco países europeos, llegando a la conclusión de que las medidas agroambientales han tenido en todos los países un efecto escaso a moderadamente positivo sobre la biodiversidad según estos bioindicadores.

1.6 Métodos de estudio de la fauna auxiliar

La evaluación de los artrópodos auxiliares se puede realizar mediante diferentes métodos de muestreo. En general, asociamos a cada grupo taxonómico un método. Sin embargo, algunos grupos son susceptibles de ser evaluados por diversos métodos. Para los estudios de auxiliares en general se utiliza el aspirador entomológico en cultivos hortícolas (Berry *et al.*, 1996), en arroz (Li *et al.*, 2007) y en frutales (Sirrinc *et al.*, 2008); el golpeo en peral y manzano (Rieux *et al.*, 1999; Suckling *et al.*, 1999; Simon *et al.*, 2007) y la trampa Malaise y las trampas adhesivas en manzano (Suckling *et al.*, 1999) y en viña (Nicholls *et al.*, 2001). Otros métodos utilizados son las trampas de intercepción (Wickramasinghe *et al.*, 2004) y la manga entomológica (Rieux *et al.*, 1999; Wickramasinghe *et al.*, 2004).

Algunos estudios comparan el aspirador entomológico con la manga entomológica a la hora de estudiar la fauna auxiliar en general. Ellington *et al.* (1984) afirman que el primero proporciona una mejor estimación de las densidades de distintos grupos de insectos, entre los que se encuentran los coccinélidos, sírfidos, crisópidos, calcidoideos e icneumónidos. Buffington y Redak (1998) concluyen que para un esfuerzo de muestreo similar, el aspirador entomológico permite recolectar un

mayor número de especies de dípteros e himenópteros que la manga entomológica. Sin embargo, ambos métodos proporcionan índices similares para coleópteros y arañas.

Los depredadores son evaluados en el cultivo de cítricos mediante trampas adhesivas (Soler, 2000; Alonso, 2003; Bru y Garcia-Marí, 2008), aspirador entomológico (Alvis, 2003) o golpeo (Franco *et al.*, 1992; Liang *et al.*, 2010), así como mediante muestreo visual en frutales (Brown, 2011). El muestreo visual es una técnica utilizada para depredadores grandes y que no tengan tendencia a ocultarse. Según Biddinger *et al.* (2009) cuando las poblaciones de ácaros fitófagos son bajas el muestreo de *Stethorus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae) es más efectivo mediante trampas adhesivas que mediante conteos visuales.

Musser *et al.* (2004) consideran que para la evaluación de depredadores en maíz, el conteo directo en campo es el método más preciso, ya que los coeficientes de variación son consistentemente inferiores a los obtenidos mediante las trampas amarillas. Además, presenta la ventaja de poder evaluar también los estados inmaduros de los insectos. Sin embargo, estos mismos autores consideran que las capturas mediante observación visual podrían estar influenciadas por el momento del día en el que se realice la observación.

Los sírfidos se diferencian del resto de depredadores en cuanto a técnicas de muestreo, ya que son capturados mediante trampas adhesivas pero sólo si la posición de éstas es horizontal (Bru y Garcia-Marí, 2008). Sin embargo, el aspirador entomológico, la manga entomológica y el golpeo no son efectivos para muestrear esta familia de depredadores (Wyss, 1996; Alvis, 2003).

La trampa de caída (*pitfall*) se utiliza para estudiar la fauna general del suelo (Urbaneja *et al.*, 2006; Biaggini *et al.*, 2007) o para taxones determinados como arañas (Brugisser *et al.*, 2010), hormigas (Wang *et al.*, 2001; Cerdá *et al.*, 2009) y carábidos y estafilínidos (Monzó *et al.*, 2005).

En el caso de los parasitoides se utilizan diversos métodos para medir su abundancia como son las trampas adhesivas en el caso de afelínidos (Troncho *et al.*, 1992; Rodrigo *et al.*, 1996; Asplanato y Garcia-Marí, 2002; Sorribas *et al.*, 2008;

Liang *et al.*, 2010), encírtidos (Stathas *et al.*, 2003), eulófidos (Lacasa *et al.*, 1996; Loomans, 2006) y mimáridos (Baquero y Jordana, 2002; Yang *et al.*, 2002). El aspirador entomológico ha sido utilizado para muestrear diversas especies de calcidoideos (Hymenoptera: Chalcidoidea) (García-Marí *et al.*, 2004; Tena *et al.*, 2008; Gámez-Virués *et al.*, 2009) y el método de golpeo para el estudio de parasitoides de trips (Loomans, 2006).

Según Triapitsyn y Berezousky (2001) para el estudio de los mimáridos las trampas amarillas requieren un mayor esfuerzo de mantenimiento que las trampas Malaise pero producen un diferente espectro de taxones.

Una de las formas de evaluar los parasitoides consiste en recoger muestras de sus hospedantes característicos y dejarlos a evolucionar en el laboratorio. Este sistema es utilizado para estudiar los parasitoides de cóccidos (Sengonca *et al.*, 1998; Sorribas *et al.*, 2008), de minadores de hojas (Urbaneja *et al.*, 1998; Villanueva-Jiménez *et al.*, 2000; Massa *et al.*, 2001) y de pulgones (Kavallieratos *et al.*, 2002; Michelena *et al.*, 2004; Roschewitz *et al.*, 2005).

La observación directa es una técnica frecuente en el caso de los parasitoides de cóccidos diaspídidos (Hemiptera: Diaspididae). Para identificar y evaluar los parasitoides se levanta el escudo de la cochinilla con la ayuda de un alfiler entomológico (Troncho *et al.*, 1992; Rodrigo *et al.*, 1996; Pina y Verdú, 2007; Sorribas *et al.*, 2008; Liang *et al.*, 2010).

Una técnica más elaborada es la descrita por Brown (2011) para determinar la tasa de parasitismo. Consiste en colocar larvas de *Platynota idaeusalis* (Walker) (Lepidoptera: Tortricidae) obtenidas de una cría artificial en hojas de manzano no tratadas. Una vez las larvas han formado su “nido”, son colocadas en parcelas de manzano durante una semana. Posteriormente son recogidas y conservadas hasta la emergencia de los adultos de lepidópteros o de parasitoides. Kapranas *et al.* (2007) utilizan un método similar para prospectar los parasitoides de *Coccus hesperidum* L. (Hemiptera: Coccidae) en cítricos del sur de California.

1.7 Fitófagos presentes en cultivos frutales

El caqui, los cítricos y la nectarina son afectados por un gran número de artrópodos fitófagos. En cítricos hay descritas al menos 80 especies en España (Garrido y Ventura, 1993), mientras que en caqui y nectarina el número de especies descritas es mucho menor (Alonso *et al.*, 2004; Alvarado *et al.*, 2004).

Las especies de ácaros que causan importantes daños en frutales pertenecen a la familia tetraníquidos (Acari: Tetranychidae) *Tetranychus urticae* Koch en los tres cultivos, *Panonychus citri* (McGregor) en cítricos y *Panonychus ulmi* Koch en el género *Prunus* (Ferragut *et al.*, 1988; Iraola *et al.*, 1994). También los eriófidos (Acari: Eriophyidae), pueden afectarlos produciendo pelos hipertrofiados (eriosis), deformaciones en hojas y brotes y producción de agallas.

Los tisanópteros (Insecta: Thysanoptera) están citados como plagas de los tres cultivos, aunque donde provocan mayores daños es en la nectarina (Lacasa *et al.*, 1993b). En este cultivo, *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) y *Thrips angusticeps* Uzel (Thysanoptera: Thripidae) son las especies predominantes cuando se realiza el seguimiento mediante trampas amarillas (Gonzalez *et al.*, 1994). En cítricos las especies predominantes son *Frankliniella occidentalis*, *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) y *Melanthrips fuscus* (Sulzer) (Thysanoptera: Aeolothripidae) (Navarro *et al.*, 2008). *Pezothrips kellyanus* es de reciente aparición en España y, aunque los niveles poblacionales son muy inferiores a los anteriormente citados, pueden causar daños importantes en naranjo y limón (Navarro *et al.*, 2008; Tena *et al.*, 2009).

La afidofauna (Hemiptera: Aphididae) de los cítricos es bien conocida debido a numerosos estudios realizados desde diversos puntos de vista (Melià, 1982, 1995; Hermoso de Mendoza y Moreno, 1989). En los cítricos han sido identificadas ocho especies de pulgones, siendo las más abundantes: *Aphis fabae* Scopoli; *Aphis gossypii* Glover; *Aphis spiraecola* Patch; *Myzus (Nectarosiphon) persicae* Sulzer y *Toxoptera aurantii* (Boyer de Fonscolombe). En un estudio sobre los áfidos que atacan a los frutales en la Comunidad Valenciana realizado por Avinent *et al.* (1991), las especies

más abundantes fueron *Aphis gossypii*, *Aphis spiraecola*, *Hyalopterus pruni* (Geoffroy), *Myzus persicae* y *Toxoptera aurantii*. *Aphis gossypii* es también el pulgón más abundante en caqui (Alonso *et al.*, 2004).

Entre los cicadélidos (Hemiptera: Cicadellidae) citados en España se encuentran *Asymmetrasca decedens* (Paoli) en cítricos y frutales de hueso (Torres *et al.*, 2000), *Empoasca decipiens* Paoli y *Empoasca pteridis* (Dahlbom) en cítricos (Alvarado *et al.*, 1994) y *Frutioidea bisignata* (Mulsant y Rey) y *Zygina flammigera* (Fourcroy) en especies del género *Prunus* (Torres *et al.*, 2000). El daño producido por los cicadélidos es especialmente importante en plantas en crecimiento, siendo mucho menor en plantas en producción (Torres *et al.*, 2000).

Entre las cochinillas (Hemiptera: Coccoidea) destacan el piojo blanco *Aspidiotus nerii* Bouche, el piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Maskell), la serpeta gruesa *Lepidosaphes beckii* (Newman), el piojo gris *Parlatoria pergandii* Comstock, la cochinilla acanalada *Icerya purchasi* Maskell, el cotonet *Planococcus citri* (Risso) y la caparreta negra *Saissetia oleae* (Olivier) en cítricos (Jacas *et al.*, 2010) y *Aspidiotus nerii*, *Parlatoria oleae* Colvee, *Saissetia oleae*, *Parthenolecanium corni* (Bouche), *Ceroplastes sinensis* Del Guercio, *Coccus hesperidum* L. y *Planococcus viburni* Signoret en caqui (Alonso *et al.*, 2004). En nectarina los cóccidos más importantes son *Pseudaulacaspis pentagona* (Targioni Tozzetti) (Benassy, 1977) y el piojo de San José *Quadraspidiotus perniciosus* (Comstock) (Lacasa *et al.*, 1993a).

Los aleiródidos (Hemiptera: Aleyrodidae) están presentes de manera exclusiva en cítricos. Las especies más importantes son: la mosca blanca algodonosa *Aleurothrixus floccosus* (Maskell), la mosca blanca japonesa *Parabemisia myricae* (Kuwana) y la mosca blanca de los cítricos *Dialeurodes citri* (Ashmead) (Llorens y Capilla, 1994; Soto *et al.*, 2001).

Por último, entre los lepidópteros (Lepidoptera) están citados *Prays citri* (Millière) (Yponomeutoidea), *Ectomyelois ceratoniae* (Zeller) (Pylalidae), *Cacoecimorpha pronubana* (Hubner) (Tortricidae) y *Phyllocnistis citrella* Stainton (Gracillariidae) en cítricos (Jacas *et al.*, 2010); *Cydia molesta* (Busck) (Tortricidae) y

Anarsia lineatella Zeller (Gelechiidae) en nectarina (Malavolta *et al.*, 2003); *Cryptoblabes gnidiella* (Millière) (Pyralidae) en cítricos y caqui (Alonso *et al.*, 2004).

La mosca del mediterráneo *Ceratitis capitata* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae) está considerada como una plaga clave en los tres cultivos (Gómez Clemente y Planes, 1952; Alonso *et al.*, 2004).

1.8 Fauna de enemigos naturales asociada a cultivos frutales

Los principales enemigos naturales de las plagas se incluyen en las clases Insecta y Arachnida. Los más importantes se engloban en distintos órdenes y familias.

1.8.1 Depredadores

Entre los principales grupos encontrados destacan, dentro de los insectos, los órdenes Neuroptera (con las familias Chrysopidae y Coniopterygidae), Coleoptera (con la familia Coccinellidae), Diptera (con las familias Syrphidae y Cecidomyiidae) y Hemiptera (con las familias Anthocoridae y Miridae). Entre los arácnidos tenemos a la subclase Acari (ácaros, con la familia Phytoseiidae), y al orden Araneae (arañas, con diversas familias).

Fitoseidos (Acari: Phytoseiidae)

La familia Phytoseiidae es la más importante de ácaros depredadores sobre las plantas cultivadas en general, y también en los cultivos de frutales. Se han publicado estudios bastante completos sobre presencia de ácaros fitófagos y depredadores en diversos cultivos y zonas geográficas: Asturias en arándano, avellano, castaño, cerezo, kiwi y manzano (Miñarro *et al.*, 2002); Cataluña en manzano (Costa-Comelles, 1990) y avellano (Villaronga y Garcia-Marí, 1992) y Valencia en cítricos (Ferragut *et al.*, 1988).

La especie más frecuente en los cítricos de Valencia y Andalucía es *Euseius stipulatus* Athias-Henriot, que se encuentra en la mayoría de parcelas. La segunda especie en abundancia es *Typhlodromus phialatus* Athias-Henriot. Otras especies aparecen de forma ocasional, como *Neoseiulus californicus* (McGregor), *Phytoseiulus*

persimilis Athias-Henriot y *Proprioseiopsis bordjelaini* (Athias-Henriot) (García-Marí *et al.*, 1986; Abad-Moyano *et al.*, 2009).

Euseius stipulatus y *Neoseiulus californicus* son las especies más abundantes en frutales de Navarra (Iraola *et al.*, 1994) y La Rioja (Pérez Moreno, 1998). La especie más frecuente en la zona frutera de Lleida es *Amblyseius andersoni* (Chant]) (Costa-Comelles *et al.*, 1986) y en la zona frutera de Girona, *N. californicus* (Rost *et al.*, 1987).

Coccinélidos (Coleoptera: Coccinellidae)

Los coleópteros coccinélidos son comunes en los ecosistemas agrarios, siendo depredadores de afídidos, cochinillas, ácaros y aleiródidos (Iperti, 1999). Esta familia tiene una particular relevancia dentro de la historia del control biológico. *Rodolia cardinalis* (Mulsant) constituye el primer caso de introducción biológica con éxito ya que es un depredador muy eficaz de la cochinilla acanalada *Icerya purchasi*. *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant se aplica en liberaciones inoculativas para el control biológico del cotonet *Planococcus citri* (Debach y Rosen, 1991). En la Península Ibérica la mayoría de coccinélidos encontrados en cítricos pertenecen a los géneros *Scymnus* Kugelann y *Stethorus* Weise (Magro *et al.*, 1999; Alvis *et al.*, 2002; Franco *et al.*, 2006).

Rhyzobius lophanthae (Blaisdell) fue introducido a principios del siglo XX para el control de diaspídidos. Se conoce desde hace tiempo que *Clitostethus arcuatus* (Rossi) se alimenta de mosca blanca (Llorens y Garrido, 1992) y que *Stethorus punctillum* (Weise) es un depredador importante de ácaros tetraníquidos (García-Marí *et al.*, 1983).

Neurópteros (Neuroptera: Coniopterygidae y Chrysopidae)

La mayoría de neurópteros están incluidos en dos familias, Coniopterygidae y Chrysopidae. Monserrat (1984) y Marín y Monserrat (1995) identificaron distintas familias de neurópteros en cítricos de la Comunidad Valenciana, siendo la familia Coniopterygidae la más abundante, tanto en número de especies como de ejemplares colectados. La especie más común de las capturadas con aspirador es *Semidalis*

aleyrodiformis Stephens, mientras la más común de las capturadas en trampas amarillas es *Conwentzia psociformis* (Curtis). Una tercera especie de coniopterígido, *Coniopteryx* sp., está presente sobre *Citrus* y *Prunus* de la Comunidad Valenciana e Islas Baleares (Monserrat, 2005; Bru y Garcia-Marí, 2008).

Conwentzia psociformis y *S. aleyrodiformis* emplean como presa a los ácaros *Tetranychus urticae* y *Panonychus citri* (Garcia-Marí *et al.*, 1983; León y Garcia-Marí, 2005) y también depredan huevos de *Aleurothrixus floccosus* (Ripollés y Meliá, 1980; Monserrat, 1984; León y Garcia-Marí, 2005). Alvis (2003) encuentra una correlación positiva entre la abundancia de *C. psociformis* y la del ácaro *Panonychus citri*.

Entre los crisópidos predomina *Chrysoperla carnea* Stephens, especie que ha sido citada en los cítricos españoles como depredadora de *Panonychus citri* (Garcia-Marí *et al.*, 1991), de pulgones (Llorens, 1990b), de la mosca blanca *A. floccosus* (Llorens y Garrido, 1992) y del minador de hojas *P. citrella* (Urbaneja *et al.*, 2000). *Chrysoperla carnea*, *Chrysopa septempunctata* Wesmael y *Chrysopa flavifrons* Brauer son citados como depredadores generalistas en parcelas de melocotonero de Cataluña (Celada, 1997).

Dípteros (Diptera: Syrphidae y Cecidomyiidae)

En el caso de los sírfidos es la larva la que presenta hábito depredador, mientras que los adultos son florícolas. Sus presas son sobre todo pulgones, aunque también pueden alimentarse de otros hemípteros (Llorens, 1990b; Rojo, 1995; Michelena y Sanchis, 1997). En trampas pegajosas colocadas en parcelas de cítricos, Bru y Garcia-Marí (2008) encuentran que el 50% de las capturas de sírfidos pertenecían a la especie *Eupeodes corollae* (Fabricius) y el 25% a *Episyrphus balteatus* (De Geer). *Episyrphus balteatus* es el principal sírfido en las parcelas de melocotonero de Tarragona (Celada, 1997).

Los cecidómidos adultos son insectos frágiles y de pequeño tamaño. Algunos tienen hábitos depredadores en estado larvario, alimentándose de diversos tipos de presas según la especie. Existen especies depredadoras de pulgones, como *Aphidoletes*

aphidimyza (Rondani), citada con frecuencia en cítricos (Llorens, 1990b; Garrido y Ventura, 1993) y melocotonero (Celada, 1997), mientras que otras son depredadoras de cochinillas, como *Lestodiplosis aonidiellae* Harris depredador de *Aonidiella aurantii* (Sorribas *et al.*, 2008) o *Feltiella acarisuga* (Vallot) depredador de ácaros (Abad-Moyano *et al.*, 2009).

Hemípteros (Hemiptera: Anthocoridae y Miridae)

Los hemípteros de la familia Anthocoridae están considerados importantes depredadores de numerosas plagas agrícolas, siendo insectos comunes en numerosas plantas tanto espontáneas como cultivadas (Pericart, 1972; Lattin, 1999). En nuestro país se ha citado a *Orius laevigatus* (Fieber) en naranjo (Ferragut y González-Zamora, 1994) y se ha observado a *Orius* sp. alimentándose del minador de hojas de cítricos *P. citrella* (Urbaneja *et al.*, 2000). Alvis (2003) identifica cinco especies de antocóridos en los cítricos valencianos, destacando por su abundancia *Cardiastethus fasciiventris* (Garbiglietti), *Orius albidipennis* (Reuter) y *O. laevigatus*. Ferragut y González-Zamora (1994) encuentran *Orius majusculus* (Reuter) en melocotonero en las provincias de Alicante y Valencia.

Dentro de la familia Miridae, Ribes *et al.* (2004) destacan por orden de abundancia las especies *Deraeocoris lutescens* (Schilling) y *Pilophorus perplexus* Douglas y Scott. Bru (2006) y Orts (2008) encuentran como especie más importante de mírido polífago a *Campyloneura virgula* (Herrich-Schaeffer) seguida del mírido fitófago *Closterotomus trivialis* (Costa). *Deraeocoris lutescens* también ha sido citado en *Prunus padus*, *Coryllus avellana* y *Juglans regia* en la península ibérica (Patanita *et al.*, 2006; Goula *et al.*, 2010).

1.8.2 Parasitoides

Los himenópteros parasitoides se encuentran entre los enemigos naturales más abundantes en cultivos arbóreos (Viggiani, 2000). Muchas especies pertenecen a Ichneumonoidea, Chalcidoidea y Proctotrupoidea. Dentro de Ichneumonoidea, Ichneumonidae se desarrolla en fitófagos “grandes” (principalmente larvas de

Lepidoptera y Coleoptera). Entre los Braconidae, los Aphidiinae, especializados en el parasitismo de pulgones, son los más importantes. Chalcidoidea incluye a las familias Aphelinidae, Encyrtidae, Eulophidae, Mymaridae, Pteromalidae y Trichogrammatidae.

Himenópteros (Hymenoptera: Ichneumonidae y Braconidae)

Michelena *et al.* (1994) realizan un estudio sobre los afidiíinos (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae) parásitos de pulgones de frutales en la Comunidad Valenciana. *Aphidius colemani* Viereck es el bracónido más importante que parasita a *Hyalopterus pruni* sobre almendro y melocotonero. *Praon volucre* (Haliday) también se ha encontrado parasitando a esta especie de pulgón, así como *Aphidius matricariae* Haliday sobre *Myzus persicae*. Miñarro y Dapena (2004) en un estudio sobre los parasitoides de *Cydia pomonella* en plantaciones de manzano de Asturias encuentran las especies *Ascogaster quadridentata* Wesmael, *Pristomerus vulnerator* (Panzer), *Liotryphon caudatus* (Ratzeburg) y *Trichomma enecator* (Rossi) (Hymenoptera: Ichneumonidae).

En los cítricos valencianos se han identificado como especies de bracónidos más abundantes a *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson), *Trioxys angelicae* (Haliday) y *Aphidius matricariae* (Michelena y Sanchis, 1997; Soler, 2000; Alonso, 2003). Los tres son parasitoides de pulgones. *Lysiphlebus testaceipes*, nativo de Norteamérica, se introdujo en España en 1976 a fin de controlar al pulgón verde *Aphis spiraecola*, aunque actualmente se encuentra parasitando también al resto de especies de pulgones de los cítricos (Michelena *et al.*, 1994).

Afelínidos (Hymenoptera: Aphelinidae)

La familia Aphelinidae es una de las que más ejemplos aportan como agentes de control biológico. La mayoría de los afelínidos son parasitoides de Hemiptera (Coccidae, Aleyrodidae, Aphididae), aunque algunos son parasitoides o hiperparasitoides de huevos de Lepidoptera, Orthoptera y Diptera. Incluye numerosas especies de gran interés en control biológico de plagas de cítricos, como *Cales noacki* Howard, enemigo natural de mosca blanca algodonosa *Aleurothrixus floccosus*, que es

quizás el himenóptero parasitoide más abundante en nuestros cítricos (Soler, 2000; Alonso, 2003).

Varias especies del género *Aphytis* son parasitoides de diaspídeos, como *Aphytis melinus* DeBach y *Aphytis chrysomphali* (Mercet), parasitoides del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Llorens, 1990a; Rodrigo *et al.*, 1996). *Aphytis melinus* es considerado el parasitoide más efectivo en el control de *A. aurantii* y ha desplazado a las especies nativas en casi todas las áreas cítricas del mundo donde ha sido introducido (Asplanato y Garcia-Marí, 2002). En España ha sido introducido desde los años 70 a partir de crías artificiales desde el insectario del Servei de Protecció de Vegetals de Almassora (Castellón) (Ripollés, 1986).

Aphytis hispanicus Mercet es común sobre *Parlatoria pergandii* (Limón *et al.*, 1976a; Troncho *et al.*, 1992; Rodrigo *et al.*, 1996) y anecdótico sobre *A. aurantii* (Pina y Verdú, 2007). *Aphytis lepidosaphes* Compere es parasitoide de serpeta gruesa *Lepidosaphes beckii* (Limón *et al.*, 1976a; Ripollés *et al.*, 1995). Se introdujo en España en 1976-77 en los insectarios de Castellón y Valencia, estableciéndose con rapidez y alcanzando buena eficacia y elevados niveles de parasitismo (Carrero, 1980; Meliá y Blasco, 1980). Fuera de España, Saber *et al.* (2010) encuentran que *Aphytis* sp. es el principal factor de mortalidad de *Pseudaulacaspis pentagona* en melocotoneros egipcios.

En el género *Encarsia* tenemos entre otros a *Encarsia strenua* (Silvestri), parasitoide de la mosca blanca *Dialeurodes citri*, *Encarsia inquirenda* (Silvestri), parasitoide de piojo gris (Limón *et al.*, 1976a; Rodrigo *et al.*, 1996), *Encarsia citrina* (Craw), parasitoide de *Aspidiotus nerii* (Llorens, 1990a) y *Encarsia herndoni* (Girault), parasitoide de serpeta fina *Lepidosaphes gloverii* (Packard) (Verdú, 1985). Entre los parasitoides de cochinillas diaspinas en frutales, tenemos a *Encarsia perniciosi* Tower endoparásito del piojo de San José, que apareció espontáneamente en España en 1949 (Jacas *et al.*, 2006).

En el género *Eretmocerus* destacan *Eretmocerus debachi* Rose y Rosen, parasitoide de la mosca blanca japonesa *Parabemisia myricae* y *Eretmocerus mundus*

Mercet (Soto *et al.*, 1999). Por último, se encuentran también especies del género *Coccophagus*, como *Coccophagus lycimnia* (Walker) y *Coccophagus scutellaris*, parasitoides de *Saissetia oleae* (Carrero *et al.*, 1977; Tena *et al.*, 2008) y del género *Aphelinus*, como *Aphelinus mali* (Haldeman) que fue introducido en distintas provincias españolas a partir del año 1927 (Nonell, 1939).

Encírtidos (Hymenoptera: Encyrtidae)

Según los datos de Soler (2000) y Alonso (2003), la familia Encyrtidae es la segunda en abundancia entre los calcidoideos cuando se realizan capturas de adultos en trampas amarillas en cítricos. La gran mayoría de insectos de esta familia encontrados por dichos autores pertenecen al género *Metaphycus*, como los autóctonos *Metaphycus flavus* (Howard) y *Metaphycus lounsburyi* (Howard), así como el introducido *Metaphycus helvolus* (Compere). El primero de ellos descrito en cítricos de nuestro país fue *M. flavus* (Salas Amat, 1912). Las especies de este género son parasitoides de cóccidos como la caparreta negra *Saissetia oleae*, *Coccus hesperidum* L. (Hemiptera: Coccidae) y *Coccus pseudomagnoliarum* (Kuwana) (Hemiptera: Coccidae) (Limón *et al.*, 1976b; Llorens, 1990a; Garrido y Ventura, 1993; Ripollés *et al.*, 1995; Tena *et al.*, 2008; Tena y Garcia-Marí, 2008). También se encuentran en esta familia *Anagyrus pseudococci* (Girault) y *Leptomastidea abnormis* (Girault), parasitoides del cotonet *P. citri* (Llorens, 1990a; Martínez Ferrer, 2003).

Eulófidos (Hymenoptera: Eulophidae)

La mayoría de especies descritas en cítricos son parasitoides de minadores. Antes de la introducción del minador de hojas de cítricos *Phyllocnistis citrella* en la cuenca mediterránea en 1993, los eulófidos procedían en su mayoría de los minadores de hierbas espontáneas que se encontraban en las parcelas. A raíz de la aparición de la nueva plaga se llevó a cabo un programa de introducción de enemigos naturales exóticos, la mayoría eulófidos. Uno de ellos se estableció y se ha convertido en la especie de eulófido más abundante. Se trata de *Citrostichus phyllocnistoides* (Narayanan) (Garcia-Marí *et al.*, 2004).

Algunas especies que son abundantes al muestrear poblaciones de eulófidos en la copa apenas aparecen cuando se muestrean directamente los eulófidos que parasitan a *P. citrella*. Es el caso de *Diglyphus* sp., *Chrysocharis pentheus* (Walker) y *Neochrysocharis formosa* (Westwood). Sin embargo, otras especies autóctonas, como *Pnigalio* sp., *Sympiesis gregori* Boucek y *Cirrospilus vittatus* Walker, se adaptaron con rapidez al nuevo hospedante. La especie *Cirrospilus brevis* Zhu, LaSalle y Huang parece ser una introducción espontánea como consecuencia de la expansión de *P. citrella*, ya que no se encontraba en cítricos antes de la aparición de la nueva plaga (Vercher *et al.*, 2006).

En plantaciones de manzano de Lleida, entre los parasitoides de los minadores de hojas *Phyllonorycter corylifoliella* (Hübner) y *Phyllonorycter mespilella* (Hübner) las especies más abundantes y frecuentes pertenecen a la familia Eulophidae: *Sympiesis gordius* Walker, *Sympiesis sericeicornis* Nees y *Sympiesis acalle* Walker (Bellostas *et al.*, 1998).

Mimáridos (Hymenoptera: Mymaridae)

Los mimáridos pueden encontrarse en todos los hábitats terrestres y estanques de agua fresca y corrientes. Todos los mimáridos son parasitoides de huevos de insectos, colocados en su mayoría en situaciones protegidas aunque no se conocen los huéspedes de, al menos, la mitad de los géneros. Los mimáridos son bastante oportunistas en la selección de hospederos, al punto que no hay especificidad sobre un sólo hospedero, como máximo puede darse una relación de género de mimárido a género de huésped (Huber, 2006). La mayoría de registros son para Hemiptera, particularmente Auchenorrhyncha (Cicadellidae, Delphacidae, Membracidae) pero también hay registros en Psocoptera, Coleoptera, Orthoptera y Diptera. *Anagrus* Haliday, *Anaphes* Haliday y *Gonatocerus* Nees contienen la mayoría de especies económicamente importantes, algunas de las cuales se han usado exitosamente en control biológico (Huber, 2006).

No existen citas en España sobre especies de mimáridos que parasiten plagas de los cítricos, aunque Smith *et al.* (1997) citan a *Stethynium* Enock y *Anagrus* Haliday

como parasitoides de cicadélidos de cítricos en Australia. En frutales de la Comunidad Valenciana, Torres *et al.* (2000) afirman que los parasitoides más importantes de cicadélidos sobre el género *Prunus* son himenópteros pertenecientes a la familia Mymaridae, aunque no especifican las especies concretas. *Stethynium triclavatum* Enock y *Anagrus atomus* (L.) están citados como parasitos de huevos de cicadélidos, como *Empoasca vitis* (Gothe) (Hemiptera: Cicadellidae) en viñedos alemanes (Böll y Herrmann, 2004) e italianos (Viggiani *et al.*, 2003).

Alaptus Westwood está considerado como parasitoide de huevos de especies de la familia psócidos. *Camptoptera* Förster es parasitoide de algunas familias de Coleoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Neuroptera y Thysanoptera (Huber y Lin, 1999; Noyes, 2011) y *Gonatocerus* está citado como parasitoide de especies de las familias Cicadellidae y Membracidae (Mathews, 1986; Huber, 1988).

Pteromálidos (Hymenoptera: Pteromalidae)

Entre los Pteromalidae se encuentra con frecuencia el hiperparasitoide *Pachyneuron* Walker, así como *Scutellista caerulea* (Fonscolombe), cuya larva es depredadora de huevos de cóccidos como *Saissetia oleae* y *Ceroplastes sinensis* (Salas Amat, 1912; Gómez Clemente, 1951; Limón *et al.*, 1976b).

2 JUSTIFICACIÓN Y OBJETIVOS

El amplio desarrollo de las medidas agroambientales asociadas a la Producción Integrada y la Agricultura Ecológica nos coloca en un nuevo escenario que nos obliga a profundizar más en el conocimiento de la ecología de los insectos auxiliares en relación a sus hábitats. Por ello interesa realizar estudios “globales” en los que se pueda tener una visión general de los insectos auxiliares a nivel de una zona geográfica amplia, en el que estén incluidos varios cultivos, y diversas formas de manejo. Por otra parte, desde las autoridades españolas y europeas se insta al desarrollo de indicadores agro-ambientales que puedan aportar información a la hora de evaluar el impacto de las políticas agrícolas y medioambientales en la gestión de las explotaciones.

Uno de los problemas para realizar este tipo de estudios es que las técnicas de cultivo, entre las que se encuentra el uso de plaguicidas y el manejo del hábitat, pueden afectar a la abundancia y diversidad de los artrópodos, lo que confiere una cierta “coyunturalidad” a los resultados. Por lo tanto, es importante elegir las situaciones en las que el sistema esté lo menos alterado posible para conocer la abundancia y diversidad “climax” de los auxiliares de un cultivo. Aunque tanto la Producción Integrada como la Agricultura Ecológica mantienen entre sus principios originales la utilización de infraestructuras que aumenten la biodiversidad de los cultivos como una de las técnicas de lucha contra plagas, las normativas actuales de Producción Integrada, sólo lo sugieren, mientras que para la Agricultura Ecológica éstas son una prioridad. Además en las normativas de Producción Integrada los plaguicidas de síntesis, aunque limitados, siguen siendo la base de la lucha contra plagas, mientras que en las normativas de Agricultura Ecológica el uso de plaguicidas de síntesis está prohibido.

En las principales zonas productoras de cítricos de todo el mundo se han realizado numerosos estudios sobre la identidad de los insectos auxiliares presentes en el cultivo de los cítricos. Sin embargo, estos estudios han sido parciales en cuanto al objeto de estudio al realizarse en plantaciones convencionales sometidas de forma regular a la aplicación de productos fitosanitarios. Además, generalmente han estado focalizados en determinados artrópodos auxiliares autóctonos o introducidos (caso de

Cales noacki, *Cryptolaemus montrouzieri*, *Rodolia cardinalis*, *Citrostichus phyllocnistoides*), en el complejo de enemigos naturales de alguna plaga presente de difícil control (*Ceratitis capitata*, *Saissetia oleae*, *Tetranychus urticae*) o de reciente introducción (*Aleurothrixus floccosus*, *Panonychus citri*, *Aonidiella aurantii*, *Phyllocnistis citrella*) o en determinados grupos taxonómicos (fitoseidos, coccinélidos, afidiíinos,...) o funcionales (depredadores). Apenas existen trabajos previos donde se haya comparado el complejo de depredadores y parasitoides de los cítricos de manera sistemática entre parcelas ecológicas y convencionales. Por otra parte, en nectarina y en caqui no se han realizado prácticamente trabajos para conocer la identidad y abundancia de insectos auxiliares, y aún menos por tanto comparaciones entre sistemas de cultivo ecológicos y convencionales.

Esto justifica el interés de estudiar parcelas de agricultura ecológica para ser comparadas con parcelas similares de agricultura convencional en las cuales el uso de plaguicidas de síntesis es el habitual en la zona.

Por todo ello los trabajos que se programan en la Tesis tienen los siguientes objetivos:

- Evaluar la fauna de artrópodos en general y la fauna auxiliar de los cultivos de caqui, cítricos y nectarina en dos sistemas de cultivo, ecológico y convencional, y analizar su evolución estacional.
- Determinar el efecto que produce el manejo ecológico sobre la abundancia de artrópodos y la diversidad de especies beneficiosas en los tres cultivos de frutales, comparando con parcelas de manejo convencional.
- Determinar si alguno de los grupos taxonómicos puede ser un indicador de diversidad asociado al sistema de cultivo estudiado.
- Comparar diversos métodos de captura para los taxones superiores de artrópodos y de manera concreta en el caso de coccinélidos.
- Ampliar nuestros conocimientos sobre el papel que juegan determinados depredadores y parasitoides en el agrosistema, relacionando su abundancia con la abundancia de sus posibles presas y hospedantes, que hayan sido también capturados por los métodos de muestreo utilizados.

3 MATERIAL Y MÉTODOS

3.1 Parcelas

Los estudios se han realizado durante los años 2006 y 2007 en 41 parcelas y durante 2008 en seis parcelas situadas en la comarca de la Ribera Alta. Esta comarca de la Comunidad Valenciana (España) se encuentra situada a unos 25 km al sur de Valencia, entre l'Horta Sud de Valencia al norte, la Costera al sur, al este la Ribera Baixa y al oeste La Canal de Navarrés. Las aguas con las que se riegan los cultivos de esta comarca provienen del río Xúquer. La producción está basada en la citricultura, aunque también se dedican al cultivo de frutales como el caqui, melocotonero y nectarina. En los últimos años se está observando una reconversión de cultivos, sustituyendo el cultivo de cítricos por el cultivo de caqui.

Las parcelas donde se realizaron los estudios eran relativamente pequeñas, de tamaño habitual en la zona (entre 0,2 y 3,5 ha) y similar superficie en los tres cultivos. En la tabla 1 se exponen las características de las parcelas. La mayor parte de las parcelas convencionales eran gestionadas con la supervisión de los técnicos de la Sociedad Cooperativa Valenciana Agrícola de Alginet (COAGRI) o la Cooperativa Agrícola San Bernardo de Carlet. Las parcelas ecológicas estaban todas inscritas en el Comité de Agricultura Ecológica de la Comunidad Valenciana. Mientras que en la mayor parte de las parcelas convencionales las adventicias eran controladas mediante herbicidas, en las parcelas ecológicas se mantuvo total o parcialmente una cubierta vegetal permanente.

Del total de parcelas, 14 eran de caqui (variedad Rojo Brillante), de las cuales 9 de cultivo convencional y 5 ecológicas, 15 de cítricos (mandarina variedad Marisol), de las cuales 9 convencionales y 6 ecológicas y 12 parcelas de nectarina (Nectarina Valenciana), de las cuales 9 convencionales y 3 ecológicas.

La superficie media del global de las parcelas es de 0,6 ha, siendo la superficie mínima con la que nos hemos encontrado de 0,1 ha y la máxima de 3,5 ha. La superficie media por parcela en cítricos es de 0,8 ha y en caqui y nectarina de 0,4 ha. El marco de plantación medio en cítricos es de 4,5 x 3 m, en caqui 4 x 3,5 m y en

nectarina 4,5 x 3,5 m. En cuanto a la edad de la plantación, la media es 10 años, con parcelas desde los 5 hasta los 15 años, siendo la mayoría de 10 años.

Tabla 1. Características de las 41 parcelas de frutales de la Comunidad Valenciana en donde se realizaron muestreos en 2006 y 2007. Con * las seis parcelas muestreadas también en 2008.

Nº	Sistema	Cultivo	Municipio	Superficie (ha)	manejo	
					línea	calle
1	convencional	Caqui	Alginet	0,3	herbicida	herbicida
2	convencional	Nectarina	Alginet	0,6	herbicida	herbicida
3	convencional	Cítricos	Alginet	0,3	herbicida	herbicida
4	convencional	Nectarina	Alginet	0,2	laboreo	herbicida
5	convencional	Caqui	Alginet	0,2	herbicida	herbicida
6	convencional	Caqui	Alginet	0,6	laboreo	herbicida
7	convencional	Caqui	Alginet	0,4	herbicida	herbicida
8	convencional	Nectarina	Algemesí	1	herbicida	herbicida
9	convencional	Cítricos	Algemesí	0,3	herbicida	herbicida
10	convencional	Cítricos	Alginet	0,7	herbicida	herbicida
11	convencional	Nectarina	Alginet	0,1	herbicida	herbicida
12	convencional	Cítricos	Alginet	0,5	herbicida	herbicida
13	convencional	Nectarina	Alginet	0,5	herbicida	herbicida
14	convencional	Cítricos	Alginet	3,5	herbicida	herbicida
15*	convencional	Nectarina	Alginet	0,5	herbicida	herbicida
16	convencional	Caqui	Alginet	0,2	herbicida	herbicida
17*	convencional	Caqui	Alginet	1,5	laboreo	herbicida
18*	convencional	Cítricos	Alginet	1,7	herbicida	herbicida
19	convencional	Cítricos	Carlet	2,1	herbicida	herbicida
20	convencional	Caqui	Carlet	0,2	herbicida	herbicida
21	convencional	Nectarina	Carlet	0,5	herbicida	herbicida
22	convencional	Cítricos	Carlet	0,3	herbicida	herbicida
23	convencional	Caqui	Benimodo	0,5	laboreo	herbicida
24	convencional	Nectarina	Benimodo	0,4	laboreo	herbicida
25	convencional	Cítricos	Carlet	0,5	laboreo	herbicida
26	convencional	Nectarina	Benimodo	0,3	herbicida	herbicida
27	convencional	Caqui	L'Alcudia	0,4	laboreo	herbicida
28	ecológico	Caqui	Alginet	0,2	cubierta	cubierta
29	ecológico	Cítricos	Alginet	0,4	cubierta	cubierta
30	ecológico	Nectarina	Alginet	0,4	cubierta	cubierta
31	ecológico	Cítricos	Alginet	0,5	cubierta	cubierta
32	ecológico	Cítricos	Alginet	0,3	cubierta	cubierta
33	ecológico	Nectarina	Alginet	0,3	cubierta	cubierta
34	ecológico	Caqui	Alginet	0,1	cubierta	cubierta
35*	ecológico	Nectarina	Alginet	0,4	cubierta	laboreo
36	ecológico	Caqui	Carlet	0,7	cubierta	cubierta
37	ecológico	Caqui	Carlet	0,3	cubierta	cubierta
38*	ecológico	Caqui	L'Alcudia	0,4	cubierta	cubierta
39	ecológico	Cítricos	L'Alcudia	0,3	cubierta	cubierta
40	ecológico	Cítricos	L'Alcudia	0,5	cubierta	cubierta
41*	ecológico	Cítricos	L'Alcudia	0,5	cubierta	cubierta

3.2 Manejo fitosanitario de las parcelas

En la tabla 2 aparecen los tratamientos que se han aplicado en las parcelas convencionales. En caqui los tratamientos tienen como objetivo la mosca de la fruta *Ceratitis capitata* y se suelen realizar de dos a cuatro aplicaciones durante el periodo de máxima sensibilidad de la fruta (finales de verano-principio de otoño).

Tabla 2. Aplicaciones fitosanitarias en las parcelas convencionales.

Cultivo	Materia activa	Actividad		g ma /ha
Caqui	Fosmet	Insecticida	*	750
	Malation	Insecticida		750
	Triclorfon	Insecticida	**	1000
Cítricos	Abamectina	Insecticida/Acaricida		13
	Aceite de verano	Insecticida		83000
	Clorpirifos	Insecticida		4800
	Dicofol	Acaricida	**	1440
	Lambda cihalotrin	Insecticida		20
	Malatión	Insecticida		375
	Piriproxifen	Insecticida		250
	Triclorfón	Insecticida	**	500
	Nectarina	Aceite de verano	Insecticida	
Acrinatrín		Insecticida/acaricida		6
Clorpirifos		Insecticida		720
Flusilazol		Fungicida		50
Penconazol		Fungicida		50
Imidacloprid		Insecticida		100
Metamidofos		Insecticida	**	500
Tiram		Fungicida		2000
Oxicloruro de cobre	Fungicida		1900	

* Actualmente no autorizado para este cultivo ** Producto actualmente cancelado

En el cultivo de cítricos los tratamientos tienen como objetivo el control de cóccidos diaspididos en primera generación (piriproxifen y clorpirifos en mayo-junio) o segunda (aceite de verano y clorpirifos), mosca de la fruta (malatión, triclorfón, lambda-cihalotrin) y ácaros (dicofol, abamectina).

En nectarina los tratamientos se inician mucho antes que en los otros dos cultivos. Entre diciembre y enero se realiza el tratamiento de invierno para el control

de formas invernantes de diaspídeos y hongos con aceite mineral y cobre y, en ocasiones, piriproxifen o clorpirifos. Durante el periodo vegetativo se realizan hasta el mes de junio tres o cuatro aplicaciones contra trips, pulgones y mosquito verde (metamidofos, acrinatrin, imidacloprid) y oídio, abolladura y cribado (tiram, flusilazol, penconazol).

3.3 Muestreo en campo, procesamiento de muestras y conservación

Durante el año 2006, primer año de muestreos, se realizaron un total de 6 visitas a las parcelas, espaciadas entre 45 y 50 días, entre los meses de abril y diciembre. Una vez analizados los datos obtenidos se programaron los muestreos correspondientes al año 2007, reduciendo el número de muestreos de 6 a 3 coincidiendo con las épocas del año anterior que presentaban mayor diversidad de grupos taxonómicos. Por otra parte, en 2008 se redujeron el número de parcelas a seis, una por cultivo y sistema de cultivo, ya que en años anteriores se había realizado un muestreo en un número elevado de parcelas. Además, durante 2008 se realizaron muestreos mensuales, a fin de obtener más información en relación a la evolución estacional a lo largo del año de las poblaciones de insectos auxiliares.

La forma de muestreo varió en función del objetivo perseguido. Para insectos y araneidos se han utilizado el aspirador portátil y las trampas cromáticas amarillas, mientras que para la evaluación de ácaros tetraníquidos se ha utilizado el embudo de Berlese.

Los artrópodos muestreados mediante aspirador han sido identificados hasta nivel de orden y algunas familias concretas. Los coccinélidos capturados mediante ambos sistemas fueron identificados hasta nivel de género o especie. Los calcidoideos capturados en trampas amarillas fueron identificados hasta nivel de familia y en la mayoría de los casos fueron identificados hasta nivel de género o especie.

Aspirador portátil

El muestreo de los artrópodos se realizó con un aspirador de motor de gasolina de 30 cm³, marca Tanaka modelo THV 200 con una capacidad de aspiración de 700 m³/hora. El aspirador se componía de un ventilador que realiza la succión del aire, conectado a un tubo cilíndrico, al final del cual se adaptaba una bolsa de malla fina donde se recogían los artrópodos. Por último, un cono en el interior del cual hay una malla metálica que impide la entrada de objetos grandes (hojas, flores,...) y que cumple la función de “abrazar” la zona del árbol que queremos muestrear.

El procedimiento seguido fue el de acercar el cono del aspirador a una zona del árbol y mantenerlo durante 4 segundos, repitiendo esta operación en la parte opuesta del mismo árbol. En cada una de las parcelas se realizó sobre un total de 10 árboles. El material succionado, quedaba recogido en una bolsa de malla, se identificaba con una tarjeta de plástico en la que se registraba el número de la parcela y la fecha de muestreo y se transportaba en una nevera al laboratorio. En el laboratorio las muestras se conservaron en el congelador durante al menos 48 horas a -20 ° C, ya que el frío mata los artrópodos sin dañarlos. A continuación se procedía a la separación de los artrópodos capturados de otros restos como tierra, hojas secas, etc. mediante unos tamices de diferente tamaño de luz de malla y se conservaron en el congelador en placas Petri de 5 cm de diámetro hasta el momento de su identificación.

Muestreo y extracción de ácaros

Se tomaron muestras de 40 hojas distribuidas al azar de cada parcela, las hojas eran colocadas en bolsas de papel, sobre las que se registra el número de la parcela y la fecha de muestreo y se transporta en una nevera al laboratorio. En el laboratorio, estas muestras fueron colocadas en un embudo de Berlese para la extracción de ácaros y otros pequeños microartrópodos según la metodología descrita por Costa-Comelles (1986).

Las muestras se dejaron 5 días en los embudos, tiempo suficiente para que los individuos presentes en las hojas sean recogidos en viales colocados en la parte

inferior del embudo con una mezcla de alcohol, glicerina y agua, donde se conservaron hasta que fueron identificados y contados.

Trampas cromáticas amarillas

En cada parcela se colocó una trampa adhesiva de color amarillo de un tamaño de 10 x 10 cm. Las trampas se colocaron en el árbol atándolas, con un hilo de alambre y por la perforación que posee en la parte superior, a una rama del árbol a una altura de 1,5 m. Estas trampas permanecieron durante siete días en el campo en los muestreos realizados en 2006 y 2007 y un mes en los muestreos realizados en 2008. Para recoger las trampas se emplearon dos láminas transparentes del mismo tamaño, una para cada cara, con el fin de no perder ningún individuo y poder manipularlas cómodamente. Cada trampa llevaba escrito en la cara que da al exterior del árbol el número de la parcela y la fecha de colocación y recogida de la misma. Las trampas amarillas se conservaron en nevera a una temperatura de 2° C, hasta el momento de la observación.

3.4 Análisis de las muestras e identificación

La mayor parte de los especímenes se han identificado mediante observación a través del microscopio estereoscópico. Algunos de los ejemplares capturados en trampas amarillas han debido ser extraídos de la trampa utilizando un líquido disolvente (Histo Clear II R).

La identificación de los ejemplares se realizó a nivel de orden en la mayor parte de los insectos, en algunos casos se llegó a identificar a nivel de familia. En el caso de coccinélidos se determinó el género y cuando fue posible la especie, bajo lupa binocular a partir de las características morfológicas señaladas por Alvis (2003).

La identificación de los calcidoideos requirió a menudo la realización de preparaciones microscópicas de los ejemplares. Para ello se procedía previamente a la digestión con el líquido de Nesbitt (agua destilada, 25 mL; hidrato de cloral, 40 g; ácido clorhídrico, 2.5 mL). El insecto se sumergía en la disolución durante unas horas hasta conseguir el efecto deseado. Para el montaje permanente se utilizó el medio Heinze-PVA (agua destilada, 80 mL; hidrato de cloral, 40 g; ácido láctico, 35 mL; alcohol polivinílico, 10 g; fenol del 15%, 25 mL; glicerina, 10 mL).

Las especies de calcidoideos fueron identificados mediante las claves propuestas por Rosen y De Bach (1979) y Hayat (1983, 1998) para los afelínidos, Guerrieri y Noyes (2000) y Rodríguez (2005) para los encírtidos, Schauff (1984) y Huber et al. (2009) para los mimáridos, Burks (2003) para los eulófidos y Gibson y Vikberg (1998) y Gibson (2001) para los pteromálidos.

3.5 Análisis de datos

Para la comparación de medias de la abundancia de especies o grupos de artrópodos se han realizado análisis de la varianza (ANOVA) multifactoriales con dos factores, el factor sistema de cultivo y el factor cultivo, utilizando el programa Statgraphics Plus 5.1 (Manugistics Inc., Rockville, MD, USA). Los valores de la abundancia de cada parcela previamente se han transformado por el log (x+1). Los valores de las medias se separaron mediante el test de diferencias mínimas significativas (LSD) con un nivel de significación $\alpha = 0,05$.

Se han calculado los índices S (riqueza de especies), F (índice de uniformidad de Hill) y H (índice de diversidad de Shannon) para examinar la estructura de las comunidades de las diferentes parcelas (Cerdá *et al.*, 2009).

El índice de diversidad de Shannon se ha calculado como $H = - \sum (p_i \log_e p_i)$, donde p_i es la proporción de individuos de cada especie durante el periodo de tiempo considerado. Para una mejor interpretación, se ha utilizado la potencia e^H para representar el índice de diversidad, ya que de esta manera su comprensión es mucho más fácil ($e^H = S$, cuando la uniformidad es máxima, $F=1$).

La uniformidad mide la homogeneidad entre la abundancia de las especies. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 2004). Se ha calculado a partir de la fórmula $F = \left| (1/\sum p_i^2) - 1 \right| / (e^H - 1)$, en la cual H es el índice de diversidad de Shannon (Cerdá *et al.*, 2009).

Se ha estudiado asimismo la relación entre la abundancia media de cada taxon y su presencia en las parcelas o en los distintos muestreos, mediante una gráfica que relaciona ambos parámetros para cada especie o taxón dentro de la agrupación.

La representación de la curva que relaciona la abundancia global de cada especie con el porcentaje de muestreos o parcelas con presencia puede ofrecernos información en relación a las pautas de agregación o dispersión entre parcelas de las distintas especies. Los valores por debajo de la curva mostrarán especies con un porcentaje de parcelas ocupadas inferior al que corresponde normalmente a su abundancia, es decir, especies que aparecen concentradas en unas pocas parcelas, aunque en ellas pueden ser muy abundantes.

Para determinar la relación de la abundancia entre dos especies o taxones superiores se han realizado un análisis de correlaciones, calculando el coeficiente de correlación.

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Órdenes identificados

4.1.1 Abundancia

Durante los años 2006-2007 se han contado e identificado a nivel de orden un total de 54.725 individuos. Por su abundancia los órdenes más importantes han sido himenópteros, dípteros, hemípteros y tisanópteros, que son siempre los cuatro órdenes con más individuos en cada cultivo y sistema de cultivo. Les siguen psocópteros, coleópteros, araneidos, neurópteros, lepidópteros y dermápteros (tabla 3). Aunque el taxon orden no proporciona tanta información como los taxones familia y especie, puede darnos algunas ideas sobre el papel que pueden desempeñar en el agrosistema los individuos encontrados.

Tabla 3. Número total de artrópodos capturados en trampas amarillas y mediante aspiración en diversos cultivos y sistemas de cultivo en muestreos realizados entre 2006 y 2007 en parcelas cultivadas de la Comunidad Valenciana. Entre paréntesis después del cultivo el número de parcelas muestreadas. Se han sumado los dos métodos de muestreo. Los valores no son directamente comparables entre cultivos ya que el número de parcelas es mayor en el sistema convencional que en el ecológico.

	Sistema						Total (41)
	Convencional			Ecológico			
Cultivo Orden	Caqui (9)	Cítricos (9)	Nectarina (9)	Caqui (5)	Cítricos (6)	Nectarina (3)	
Himenópteros	1380	4173	2079	1466	3377	1699	14174
Dípteros	2602	2642	2807	2000	2725	1229	14005
Hemípteros	1088	3963	977	1887	1360	1345	10620
Tisanópteros	1040	727	1849	1915	1557	1070	8158
Psocópteros	283	693	516	107	450	160	2209
Coleópteros	141	335	451	362	471	261	2021
Araneidos	169	295	244	161	431	172	1472
Neurópteros	116	247	301	79	202	245	1190
Lepidópteros	48	193	115	37	76	18	487
Dermápteros	39	114	85	23	81	47	389
Total	6906	13382	9424	8037	10730	6246	54725

Los himenópteros podemos considerarlos mayoritariamente como beneficiosos, ya que dentro de este orden encontramos la mayor parte de especies parasitoides de plagas de los cultivos. Los araneidos y neurópteros son siempre depredadores. Los tisanópteros, hemípteros y lepidópteros son en general fitófagos. Por último, el orden

dermápteros se puede alimentar de hongos y líquenes, incluso puede jugar un rol como depredador de pulgones y huevos de psila. Sin embargo, en frutales de hueso puede causar daños severos a los frutos cuando los ataca cerca de la madurez, ya que estas heridas son una vía de entrada para hongos productores de podredumbres que se desarrollan durante el almacenamiento (Mandrin, 2005).

Las proporciones entre los órdenes no varían excesivamente entre los dos sistemas de cultivo. En ambos casos la suma de himenópteros, dípteros, hemípteros y tisanópteros supone más del 80% de los individuos capturados. El orden tisanópteros es el que más varía entre los dos sistemas de cultivo, ya que en sistema ecológico la proporción de capturas de este orden es un 50% superior a las capturas en sistema convencional (figura 3).

Aunque en los tres cultivos los órdenes más abundantes son los mismos, la proporción entre los distintos órdenes varía considerablemente al comparar entre ellos (figura 4). En caqui y nectarina el orden dípteros es el predominante, mientras que en cítricos es el orden himenópteros. Igual que al comparar sistemas, el orden tisanópteros es el que más varía entre los cultivos, desde el 10% en cítricos hasta el 20% en caqui y nectarina.

El sistema de cultivo influye sobre la abundancia en la mayor parte de los órdenes (figura 5). La abundancia de los insectos capturados es muy superior en cultivo ecológico que en convencional en el caso de coleópteros (127% de incremento), araneidos (108%) y tisanópteros (98%), y algo superior para himenópteros (51%), neurópteros (53%), hemípteros (47%) y dípteros (43%). No existen diferencias significativas entre los dos sistemas de cultivo en psocópteros, lepidópteros y dermápteros (tabla 4).

Berry *et al.* (1996), también encuentran poblaciones más altas de himenópteros (69%) y neurópteros (79%) en parcelas de zanahorias ecológicas que en las convencionales. Sin embargo, no encuentran diferencias entre los dos sistemas para los araneidos.

Entre cultivos las diferencias son también importantes (figura 5). En general, el cultivo de caqui es el que tiene poblaciones menos abundantes de los distintos órdenes y el cultivo de cítricos el que mayor población de artrópodos alberga. Los órdenes dípteros y tisanópteros son los que presentan mayor homogeneidad entre los tres cultivos.

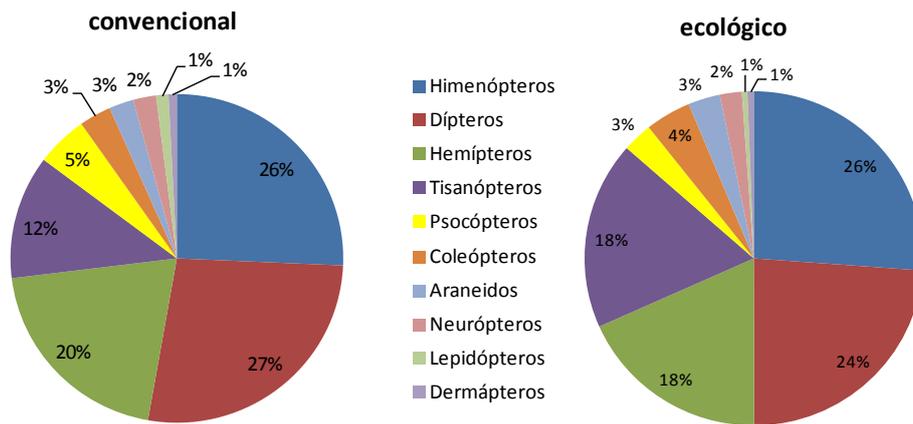


Figura 3. Proporción de capturas de individuos pertenecientes a los distintos órdenes en función del sistema de cultivo.

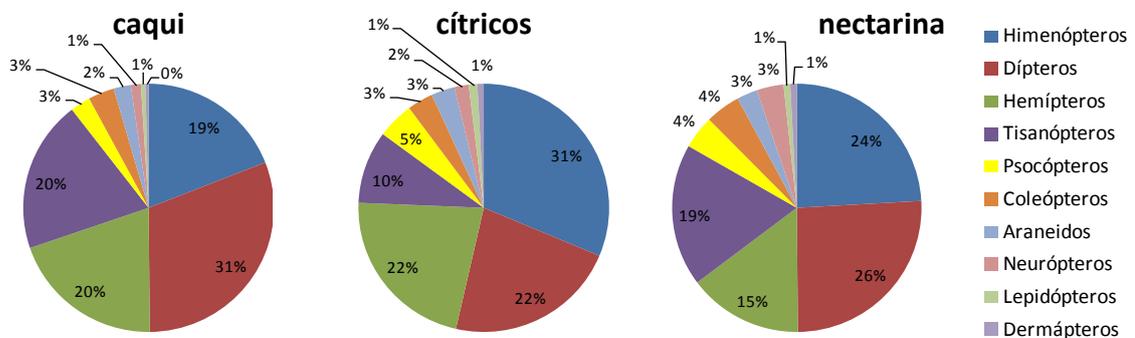


Figura 4. Proporción de capturas de individuos pertenecientes a los distintos órdenes en función de la especie de frutal cultivada.

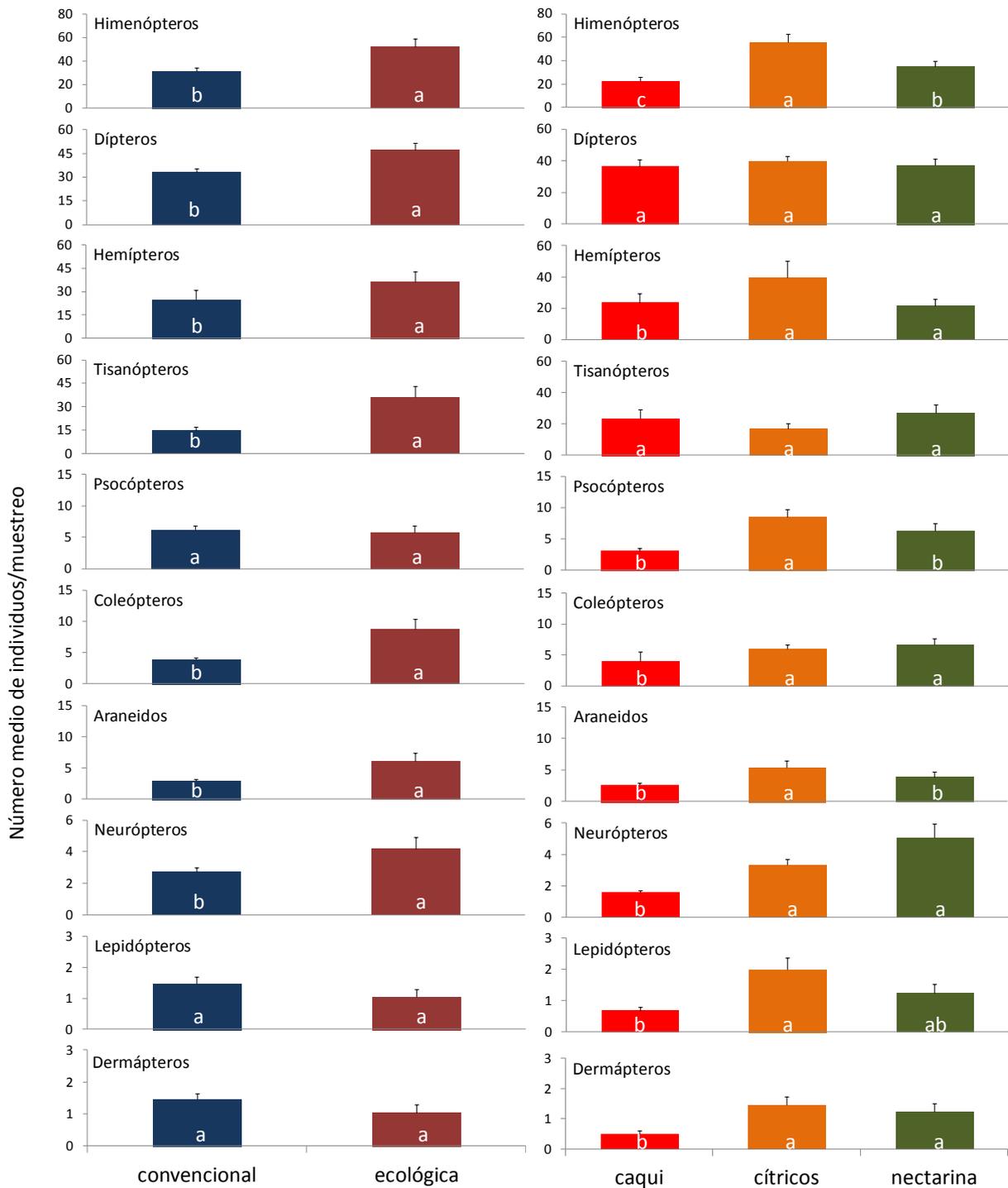


Figura 5. Número medio de individuos capturados por muestreo agrupados por órdenes en función del sistema de cultivo (izquierda) o del cultivo (derecha). Se han sumado las capturas de los dos métodos de muestreo para cada orden. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Tabla 4. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo en las poblaciones de los órdenes de artrópodos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado). A los valores se les ha aplicado la transformación $\log(x+1)$ antes del análisis.

Orden	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Himenópteros	sistema	1	4,421	23,68	0,000
	cultivo	2	3,289	17,62	0,000
	fecha	8	3,574	19,15	0,000
	sistema x cultivo	2	1,321	7,08	0,001
	sistema x fecha	8	0,085	0,45	0,887
	cultivo x fecha	16	0,594	3,18	0,000
Dípteros	sistema	1	3,593	18,93	0,000
	cultivo	2	0,380	2,00	0,137
	fecha	8	1,768	9,32	0,000
	sistema x cultivo	2	0,155	0,82	0,442
	sistema x fecha	8	0,409	2,16	0,031
	cultivo x fecha	16	0,765	4,03	0,000
Hemípteros	sistema	1	5,929	30,85	0,000
	cultivo	2	1,253	6,52	0,002
	fecha	8	4,459	23,21	0,000
	sistema x cultivo	2	1,793	9,33	0,000
	sistema x fecha	8	0,321	1,67	0,104
	cultivo x fecha	16	0,880	4,58	0,000
Tisanópteros	sistema	1	5,105	22,40	0,000
	cultivo	2	0,160	0,70	0,496
	fecha	8	10,088	44,26	0,000
	sistema x cultivo	2	0,212	0,93	0,396
	sistema x fecha	8	0,554	2,43	0,015
	cultivo x fecha	16	0,310	1,36	0,158
Psocópteros	sistema	1	0,174	1,45	0,230
	cultivo	2	1,784	14,84	0,000
	fecha	8	3,761	31,29	0,000
	sistema x cultivo	2	0,123	1,03	0,359
	sistema x fecha	8	0,103	0,86	0,554
	cultivo x fecha	16	0,349	2,90	0,000
Coleópteros	sistema	1	3,882	37,13	0,000
	cultivo	2	1,992	19,05	0,000
	fecha	8	2,131	20,37	0,000
	sistema x cultivo	2	0,000	0,00	0,998
	sistema x fecha	8	0,318	3,04	0,003
	cultivo x fecha	16	0,229	2,19	0,005
Araneidos	sistema	1	0,896	7,57	0,006
	cultivo	2	0,645	5,45	0,005
	fecha	8	1,406	11,89	0,000
	sistema x cultivo	2	0,096	0,81	0,445
	sistema x fecha	8	0,345	2,91	0,004
	cultivo x fecha	16	0,279	2,36	0,003
Neurópteros	sistema	1	0,498	4,61	0,032
	cultivo	2	1,356	12,55	0,000
	fecha	8	1,315	12,17	0,000
	sistema x cultivo	2	0,091	0,84	0,433
	sistema x fecha	8	0,289	2,68	0,007
	cultivo x fecha	16	0,602	5,57	0,000
Lepidópteros	sistema	1	0,265	3,58	0,059
	cultivo	2	0,361	4,88	0,008
	fecha	8	0,673	9,10	0,000
	sistema x cultivo	2	0,126	1,70	0,185
	sistema x fecha	8	0,080	1,08	0,375
	cultivo x fecha	16	0,125	1,68	0,048

Dermápteros	sistema	1	0,025	0,59	0,441
	cultivo	2	0,337	7,98	0,000
	fecha	8	1,844	43,67	0,000
	sistema x cultivo	2	0,046	1,10	0,334
	sistema x fecha	8	0,029	0,68	0,709
	cultivo x fecha	16	0,156	3,69	0,000

4.1.2 Índices de biodiversidad

Los índices de biodiversidad están basados generalmente en inventarios realizados a nivel de especie. Estos inventarios requieren un gran esfuerzo debido principalmente a la necesidad de amplios conocimientos taxonómicos. Para reducir tiempo y esfuerzo económico se han propuesto diversas opciones como reducir el análisis a diversos grupos de especies (como los carábidos), y/o realizar los muestreos en la época del año en la cuales la diversidad es mayor. Se han propuesto otros métodos alternativos que no requieren identificación a nivel de especies, como el uso de las morfoespecies, así como evaluar la biodiversidad con categorías taxonómicas más elevadas como las familias y los órdenes (Hoback *et al.*, 1999; Biaggini *et al.*, 2007).

En nuestro estudio hemos realizado una comparación de la biodiversidad entre cultivos y entre sistemas de cultivo calculada a nivel de órdenes de artrópodos. La riqueza en órdenes ha sido calculada a partir de los individuos pertenecientes a los distintos órdenes, para cada una de las parcelas y para cada fecha de muestreo, sumando los datos de trampas amarillas y aspiración.

Este análisis muestra que no existen diferencias significativas entre los dos sistemas de cultivo para ninguno de los índices comparados (figura 6, tabla 5). Tanto la uniformidad, como la riqueza y la diversidad en órdenes de artrópodos son similares, por tanto, en los dos sistemas, convencional y ecológico, cuando se evalúa la biodiversidad a nivel de órdenes de artrópodos.

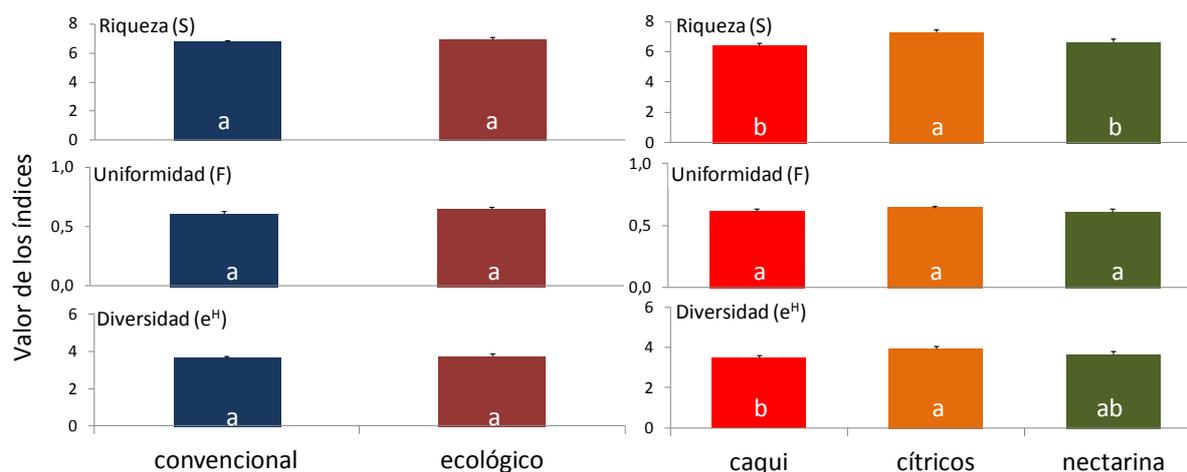


Figura 6. Valores de los índices de biodiversidad, expresados por el índice de Shannon (e^H) y de sus dos componentes la riqueza (S) y la uniformidad (F) en función del sistema de cultivo (izquierda) y del cultivo (derecha) considerando los artrópodos capturados a nivel taxonómico de orden. Se han sumado las capturas de los dos métodos de muestreo. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Tabla 5. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo sobre los índices de biodiversidad calculados a partir de los órdenes identificados. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado).

Índice	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Riqueza (S)	sistema	1	2,736	0,93	0,334
	cultivo	2	17,716	6,05	0,003
	fecha	8	35,967	12,28	0,000
	sistema x cultivo	2	10,420	3,56	0,030
	sistema x fecha	8	1,414	0,48	0,868
	cultivo x fecha	16	3,014	1,03	0,425
Uniformidad (F)	sistema	1	0,096	1,88	0,171
	cultivo	2	0,020	0,40	0,670
	fecha	8	0,250	4,88	0,000
	sistema x cultivo	2	0,001	0,01	0,986
	sistema x fecha	8	0,049	0,96	0,464
	cultivo x fecha	16	0,035	0,68	0,818
Diversidad (e^H)	sistema	1	0,234	0,11	0,745
	cultivo	2	6,005	2,72	0,067
	fecha	8	19,677	8,91	0,000
	sistema x cultivo	2	0,628	0,28	0,753
	sistema x fecha	8	1,996	0,90	0,513
	cultivo x fecha	16	2,013	0,91	0,556

Existen significativas diferencias en el índice de Shannon medido a nivel de órdenes entre cultivos, siendo el cultivo de cítricos el que alberga mayor diversidad biológica, y caqui el que menos, ocupando el cultivo de nectarinas una posición intermedia. Las diferencias son debidas a que la riqueza en órdenes es distinta, ya que el otro parámetro constituyente de la biodiversidad, la uniformidad, es muy similar en los tres cultivos.

4.1.3 Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas

Se ha representado la correlación entre la media del número de individuos pertenecientes a cada uno de los órdenes identificados en cada muestreo y el porcentaje de muestreos en los que han sido identificados especímenes de este orden. Todos los órdenes se ajustan bastante a la curva de tendencia. La excepción es el orden tisanópteros que está presente en menos muestreos de los que se podría predecir a partir de su abundancia. Esto es posiblemente debido a la elevada estacionalidad de los tisanópteros, lo que origina que sean muy abundantes en algunos muestreos y no se capturen en otros.

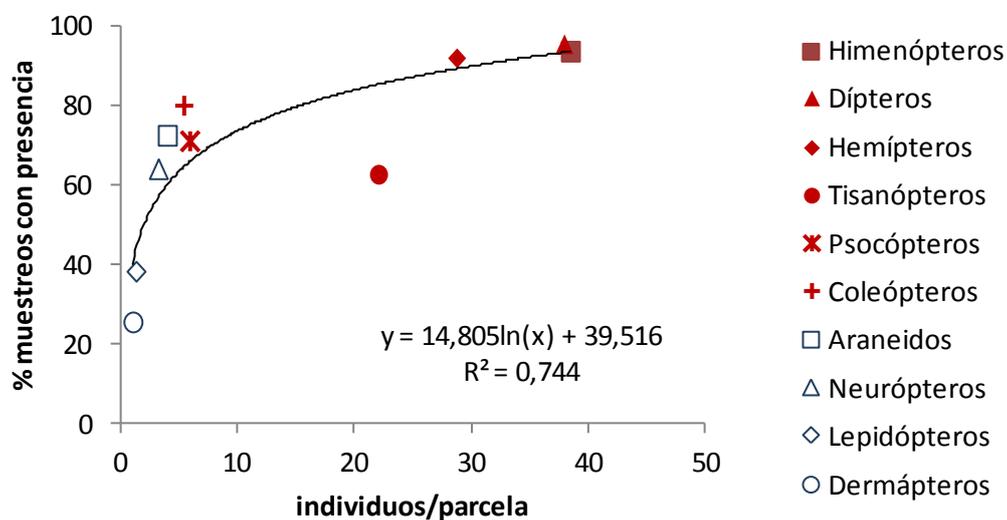


Figura 7. Gráfica de correlación entre la abundancia media por muestreo de los diferentes órdenes y la proporción de muestreos con presencia de cada uno de los órdenes.

4.1.4 Evolución estacional

Los órdenes más abundantes están presentes durante todo el año (figura 8). El orden dípteros es el que está representado de manera más uniforme a través del tiempo. Los órdenes tisanópteros y psicópteros son los más estacionales. Los tisanópteros son más abundantes en abril y septiembre en 2006, mientras los psicópteros presentan un máximo de población a finales de primavera tanto en 2006 como en 2008. Martins *et al.* (2002) también encuentran las poblaciones más elevadas de psicópteros en primavera en limoneros de Portugal.

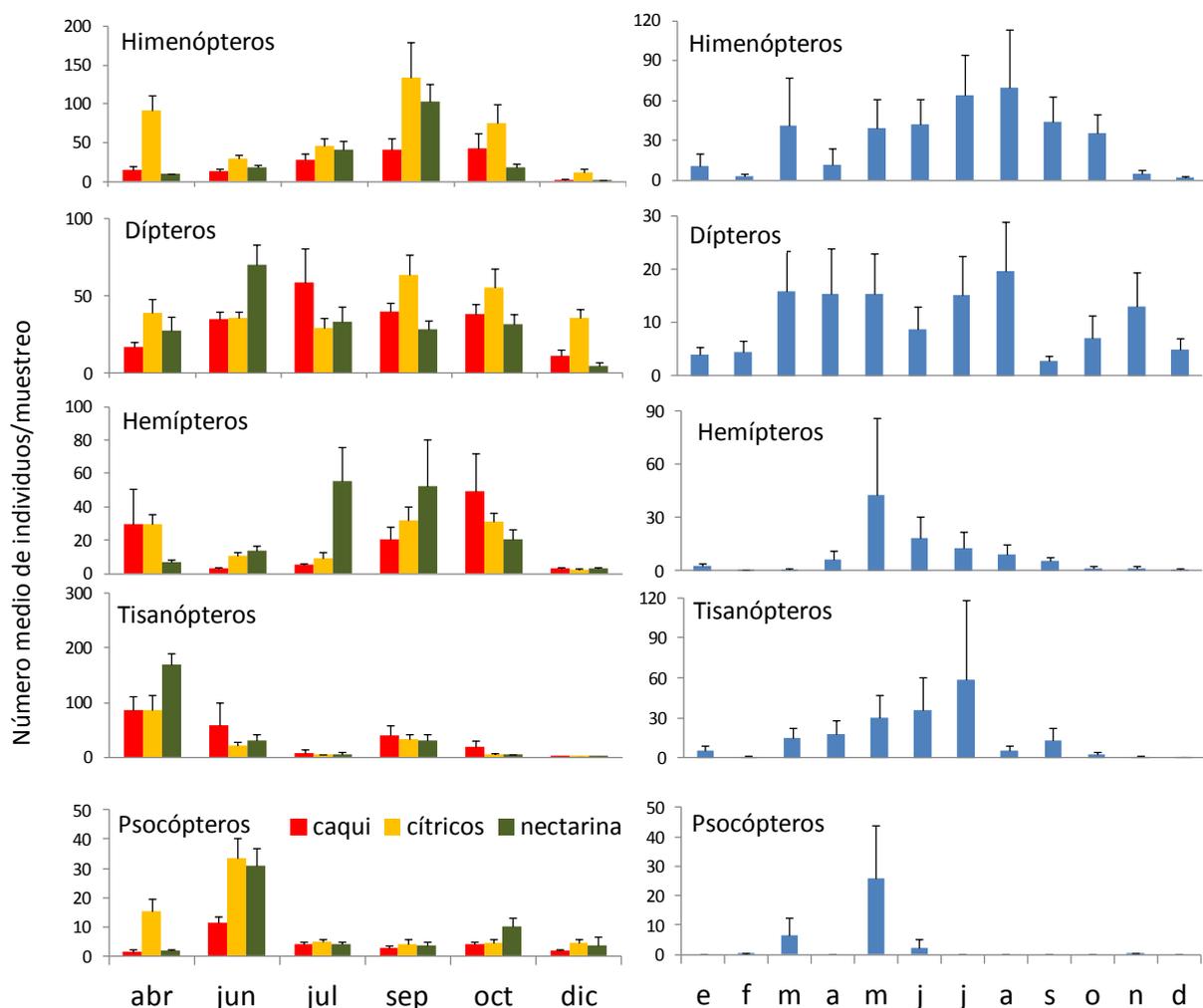


Figura 8. Evolución estacional de los órdenes más abundantes durante 2006 (izquierda) y 2008 (derecha). Las líneas verticales indican el error estándar. En 2006 se representan por separado los tres cultivos estudiados mientras que en 2008 se representa la media de las seis parcelas muestreadas.

Los coleópteros, araneidos y neurópteros también están presentes de manera continua a lo largo de la mayor parte de los muestreos (figura 9). James *et al.* (1999) y Alvis (2003) también encuentran arácnidos en las copas de los cítricos durante todo el año, aunque son más abundantes en verano y otoño. Los lepidópteros presentan máximos poblacionales en septiembre (año 2006) y junio (año 2008), mientras los dermápteros muestran poblaciones más elevadas en el mes de abril en ambos años.

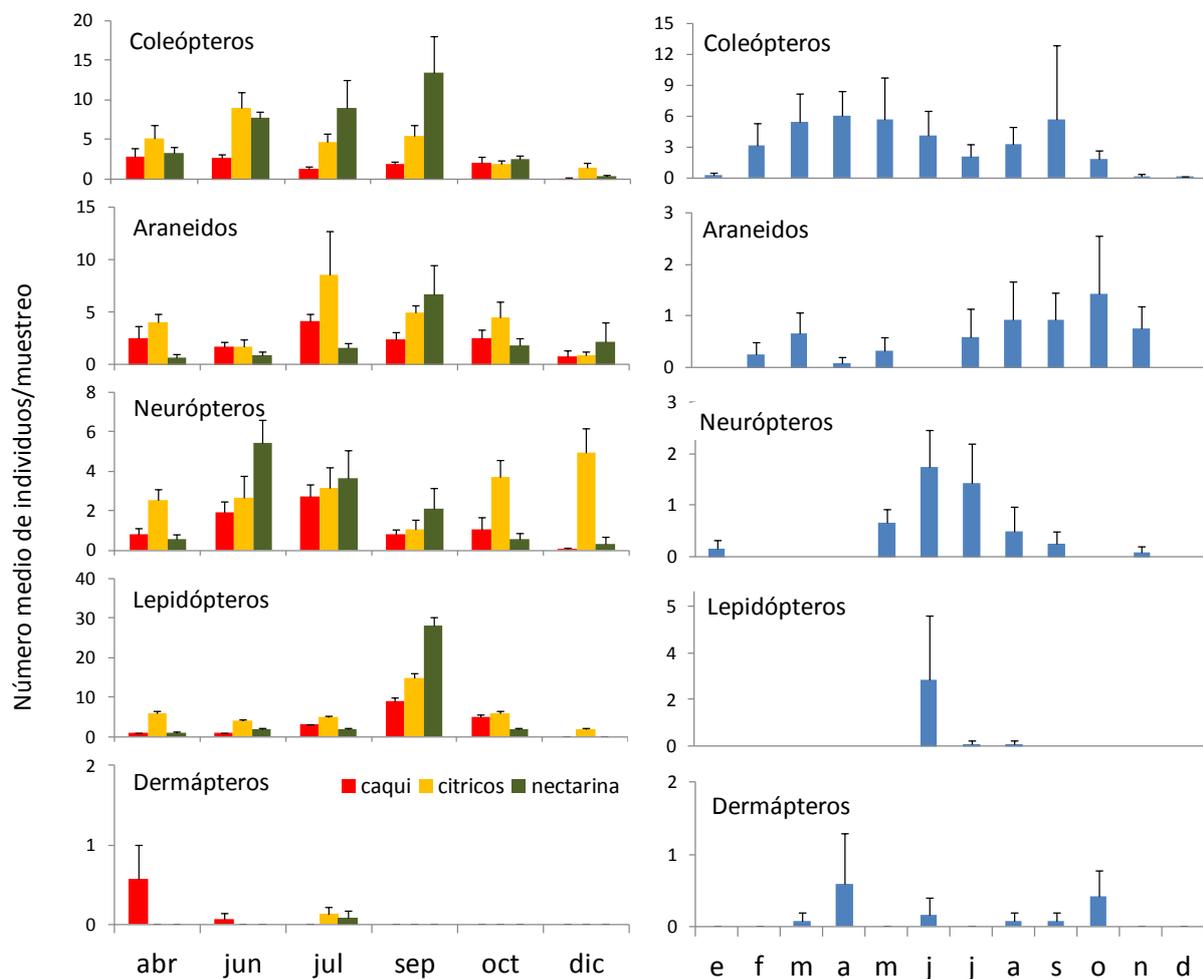


Figura 9. Evolución estacional de los órdenes menos abundantes durante 2006 (izquierda) y 2008 (derecha). Las líneas verticales indican el error estándar. En 2006 se representan por separado los tres cultivos estudiados mientras que en 2008 se representa la media de las seis parcelas muestreadas.

4.1.5 Comparación de métodos de muestreo

Cada uno de los métodos ha capturado distinto número de individuos pertenecientes a los distintos órdenes y las proporciones entre ellos también son distintas. En el caso de trampas amarillas el orden más numeroso es el de los himenópteros, con una media de $34 \pm 4,1$ individuos por trampa. Por debajo de ellos dípteros y hemípteros ($27 \pm 2,6$ y $23 \pm 4,3$ individuos por trampa respectivamente). En el caso de aspiración, los tres órdenes con más capturas son los mismos que en trampas (himenópteros, dípteros y hemípteros) pero varía su abundancia relativa. El orden más capturado es el de los dípteros, seguido de los hemípteros, pasando el orden himenópteros al tercer lugar en importancia.

En general, se capturan más individuos en estos tres órdenes más abundantes con trampas amarillas que con aspirador. Por el contrario, en el caso de los araneidos, neurópteros y lepidópteros las capturas con aspirador son mucho más elevadas que las obtenidas con trampas amarillas. De este último orden no hay prácticamente capturas mediante trampas amarillas.

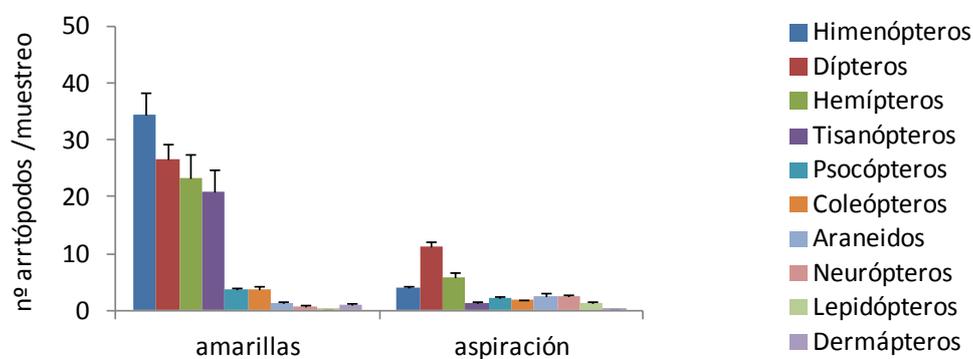


Figura 10. Abundancia media por parcela y fecha de muestreo para cada uno de los métodos de muestreo. Las líneas verticales indican el error estándar.

En todo caso, puede ser más interesante comparar la proporción relativa de cada orden respecto al total de capturas entre los dos métodos de muestreo. Al comparar las proporciones relativas se aporta más información sobre qué método es más eficaz para cada uno de los órdenes (figura 11) ya que las capturas absolutas dependen del esfuerzo de muestreo (número o tamaño de las trampas o tiempo de aspiración). Los órdenes himenópteros, hemípteros, tisanópteros y dermápteros están mejor

representados porcentualmente al muestrearlos mediante trampas amarillas mientras que los seis órdenes restantes presentan mayor abundancia relativa al ser muestreados mediante aspiración.

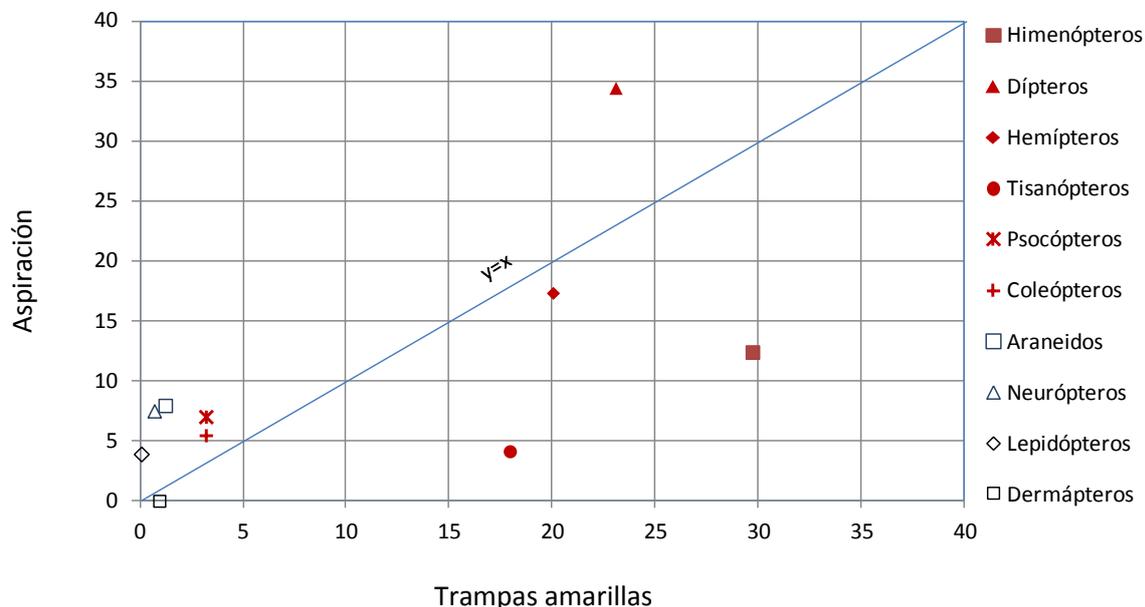


Figura 11. Comparación entre la media del porcentaje de capturas de un determinado orden de artrópodos sobre el total de artrópodos por parcela para cada uno de los métodos de muestreo.

El coeficiente de variación es similar entre los dos métodos de muestreo en los cinco órdenes de insectos más abundantes y en los neurópteros (tabla 6). En el resto de órdenes el coeficiente de variación es muy superior para las trampas amarillas en los órdenes coleópteros y lepidópteros, y para el método de aspiración en el caso de araneidos y dermápteros. Podrían existir varias causas para ello entre las que se encuentra la ausencia de capturas que da lugar a coeficientes de variación muy elevados.

Existe una correlación entre las capturas totales en cada parcela con trampas amarillas y las realizadas mediante aspiración en el caso de los órdenes que presentan capturas más elevadas: himenópteros, dípteros, hemípteros, psocópteros y coleópteros. En el caso de tisanópteros y el resto de órdenes no existe esta correlación entre las capturas totales entre ambos tipos de muestreo. Las causas de ello también pueden ser múltiples, siendo posiblemente la más importante la ineficiencia de uno de los dos métodos de captura.

Tabla 6. Comparación entre las capturas de diversos órdenes de artrópodos en cultivos frutales con trampas amarillas y con aspiración. \bar{x} =número medio de artrópodos de cada orden por parcela capturados mediante cada método de muestreo, s = desviación estándar; min= mínimo; max= máximo; CV= coeficiente de variación; r =coeficiente de correlación. Comparación de medias mediante test MDS ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; ns: no significativa; transformación log ($x+1$); n° de parcelas=41).

Orden	sistema muestreo	\bar{x}		s	min	max	CV	r	
Himenópteros	trampas amarillas	34,35	**	26,5	2,9	124,8	77,21	0,45	**
	aspiración	4,06		2,11	1,2	9,56	52,08		
Dípteros	trampas amarillas	26,71	**	16,7	3,4	83,11	62,64	0,32	*
	aspiración	11,24		5,75	2,9	27,67	51,12		
Hemípteros	trampas amarillas	23,16	**	27,7	1,4	146,9	119,7	0,36	*
	aspiración	5,65		7,16	0,2	38,44	126,8		
Tisanópteros	trampas amarillas	20,78	**	25,8	1,9	151,2	123,9	0,30	ns
	aspiración	1,33		1,51	0	6,56	113,1		
Psocópteros	trampas amarillas	3,71	**	2,39	0,7	10,56	64,37	0,71	**
	aspiración	2,28		1,54	0,4	7	67,62		
Coleópteros	trampas amarillas	3,71	**	3,95	0,2	20,67	106,5	0,49	**
	aspiración	1,77		1,04	0,4	4,33	58,55		
Araneidos	trampas amarillas	1,39	*	0,91	0,1	4	65,33	0,14	ns
	aspiración	2,6		3,11	0	16,33	119,4		
Neurópteros	trampas amarillas	0,77	**	0,68	0	3,22	88,66	0,24	ns
	aspiración	2,46		2,04	0,1	9,78	83,22		
Lepidópteros	trampas amarillas	0,04	**	0,12	0	0,67	285,1	0,18	ns
	aspiración	1,28		1,28	0,1	4,78	99,97		
Dermápteros	trampas amarillas	1,05	**	0,92	0	4,11	87,75	0,16	ns
	aspiración	0		0,02	0	0,11	640,3		

El número medio de órdenes identificados (riqueza) para cada parcela y fecha de muestreo mediante trampas amarillas es significativamente mayor al promedio obtenido mediante aspiración. Sin embargo, no parece que existan diferencias en el índice de uniformidad (F) ni en el índice de diversidad (e^H) a nivel de orden entre los dos métodos de muestreo (tabla 7).

Tabla 7. Influencia del sistema de muestreo sobre los índices de biodiversidad calculados a partir de los órdenes identificados. Valores medios de los índices calculados a partir de todos los muestreos en función de los dos sistemas de muestreo. Valor de p calculado a partir del análisis de la varianza ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; ns: no significativa).

Valores	Trampas amarillas	aspiración	significación
Riqueza (S)	5,62	4,80	**
Uniformidad (F)	0,63	0,63	ns
Diversidad (e^H)	3,21	3,27	ns

Otra manera de comparar los métodos de muestreo es comprobar cuál de ellos sirve para establecer diferencias de diversidad entre los sistemas o los cultivos estudiados. En el caso de las trampas amarillas se observan diferencias significativas al comparar la uniformidad entre los sistemas de cultivo y al comparar la riqueza entre los cultivos (tabla 8).

En el caso del método de aspiración las diferencias son significativas para la riqueza al comparar los sistemas de cultivo y para los tres índices estudiados al comparar los cultivos. Independientemente del sistema de muestreo, cuando hay diferencias en los índices de biodiversidad, éstas son siempre favorables al sistema ecológico y al cultivo de los cítricos.

Tabla 8. Influencia del sistema de muestreo sobre los índices de biodiversidad calculados a partir de los órdenes identificados, en función del cultivo y del sistema de cultivo. Valores medios de diversidad calculados a partir de todos los muestreos en función de los dos sistemas de muestreo, los dos sistemas de cultivos y los tres cultivos. Valor de p calculado a partir del análisis de la varianza.

Índice	Riqueza (S)		Uniformidad (F)		Diversidad (e^H)	
	amarillas	aspiración	amarillas	aspiración	amarillas	aspiración
Sistema						
convencional	5,53 ns	4,62 b	0,61 b	0,64 ns	3,11 ns	3,24 ns
ecológico	5,80 ns	5,13 a	0,66 a	0,62 ns	3,37 ns	3,32 ns
Valor p	0,194	0,027	0,036	0,502	0,115	0,645
Cultivo						
caqui	5,38 b	4,34 b	0,62 ns	0,63 ab	3,10 ns	3,12 b
cítricos	5,93 a	5,37 a	0,65 ns	0,68 a	3,33 ns	3,67 a
nectarina	5,51 ab	4,60 b	0,61 ns	0,57 b	3,16 ns	2,94 b
Valor p	0,050	0,000	0,426	0,008	0,419	0,001

4.2 Familias de artrópodos fitófagos

4.2.1 Abundancia

El análisis comparativo de los artrópodos fitófagos presentes en las parcelas se ha llevado a cabo agrupándolos por familias. En el caso de los tisanópteros, no se han identificado las familias de los individuos observados, por lo que a efectos de comparación entre familias de artrópodos fitófagos se han considerado todos de la familia trípidos, ya que esta familia constituye más del 80-90% del total de tisanópteros en frutales y cítricos en estudios realizados anteriormente (Lacasa *et al.*, 1993b; Gonzalez *et al.*, 1994; Navarro *et al.*, 2008). Los formícidos se han incluido dentro del grupo de artrópodos fitófagos, aunque no son estrictamente fitófagos sino que tienen un régimen de alimentación omnívoro y las especies más abundantes en las copas de los árboles preferentemente saprófagas. En total se han comparado ocho familias de artrópodos fitófagos: trípidos, afídidos, cicadélidos, tefrítidos, agromícidos, formícidos, aleiródidos y psílidos.

Tabla 9. Número total de fitófagos capturados, ordenados por familias, en trampas amarillas y mediante aspiración en diversos cultivos y sistemas de cultivo en muestreos realizados entre 2006 y 2007 en parcelas cultivadas de la Comunidad Valenciana. Entre paréntesis después del cultivo el número de parcelas muestreadas. Se han sumado los dos métodos de muestreo. Los valores no son directamente comparables entre cultivos ya que el número de parcelas es mayor en el sistema convencional que en el ecológico.

	Sistema						Total
	Convencional			Ecológico			
Cultivo	Caqui	Cítricos	Nectarina	Caqui	Cítricos	Nectarina	
Familia	(9)	(9)	(9)	(5)	(6)	(3)	(41)
Trípidos	1040	727	1849	1915	1557	1070	8158
Afídidos	869	3351	240	1604	731	112	6907
Cicadélidos	129	78	671	150	160	1194	2382
Tefrítidos	1111	241	391	97	44	65	1949
Agromícidos	206	394	243	119	435	93	1490
Formícidos	154	96	8	281	178	10	727
Aleiródidos	56	410	28	31	361	26	912
Psílidos	27	94	20	78	61	8	288
Total	3592	5391	3450	4275	3527	2578	22813

La familia de fitófagos más abundante ha sido la de los trípidos, seguida de afídidos, cicadélidos, tefrítidos y agromícidos (tabla 9). Las proporciones entre los fitófagos son diferentes tanto en función del sistema de cultivo como del cultivo. En cultivo ecológico los trípidos son mayoritarios en todas las especies de frutales,

mientras que en cultivo convencional, donde también se encuentran muchos trípidos, otros grupos se aproximan a ellos en abundancia o los superan, como los tefrítidos en caqui o los afídidos en cítricos.

Resulta sorprendente la gran diferencia que se observa en las capturas de tefrítidos entre los dos sistemas de cultivo, sobre todo en el cultivo del caqui. En sistema convencional las moscas de la fruta representan el 31% de las capturas realizadas en este cultivo mientras que en ecológico son tan sólo el 2,3%. También es destacable la gran abundancia de cicadélidos en nectarina, que son mucho menos abundantes en otros cultivos.

Podemos concluir que los trípidos, afídidos, cicadélidos, agromícidos, formícidos y aleiródidos son más abundantes en sistema de cultivo ecológico, mientras que los tefrítidos lo son en cultivo convencional. Por último en el caso de los psílidos no se aprecian diferencias entre ambos sistemas de cultivo (figura 12, tabla 10). Otros autores han comparado la abundancia de insectos entre parcelas ecológicas y convencionales utilizando el taxon familia. Wickramasinghe *et al.* (2004) identifican 58 familias de insectos en explotaciones agrícolas del sur de Inglaterra y Gales. El número total de insectos capturados fue mayor en las explotaciones ecológicas, sin embargo en muy pocas familias la comparación fue significativa.

En relación con la comparación entre cultivos, existen notables diferencias entre la abundancia de familias de artrópodos fitófagos, cosa esperable ya que muchas de las especies de fitófagos son específicas de determinados cultivos. Así, agromícidos y aleiródidos son más abundantes en cítricos, cicadélidos en nectarina y tefrítidos en caqui (figura 12, tabla 10).

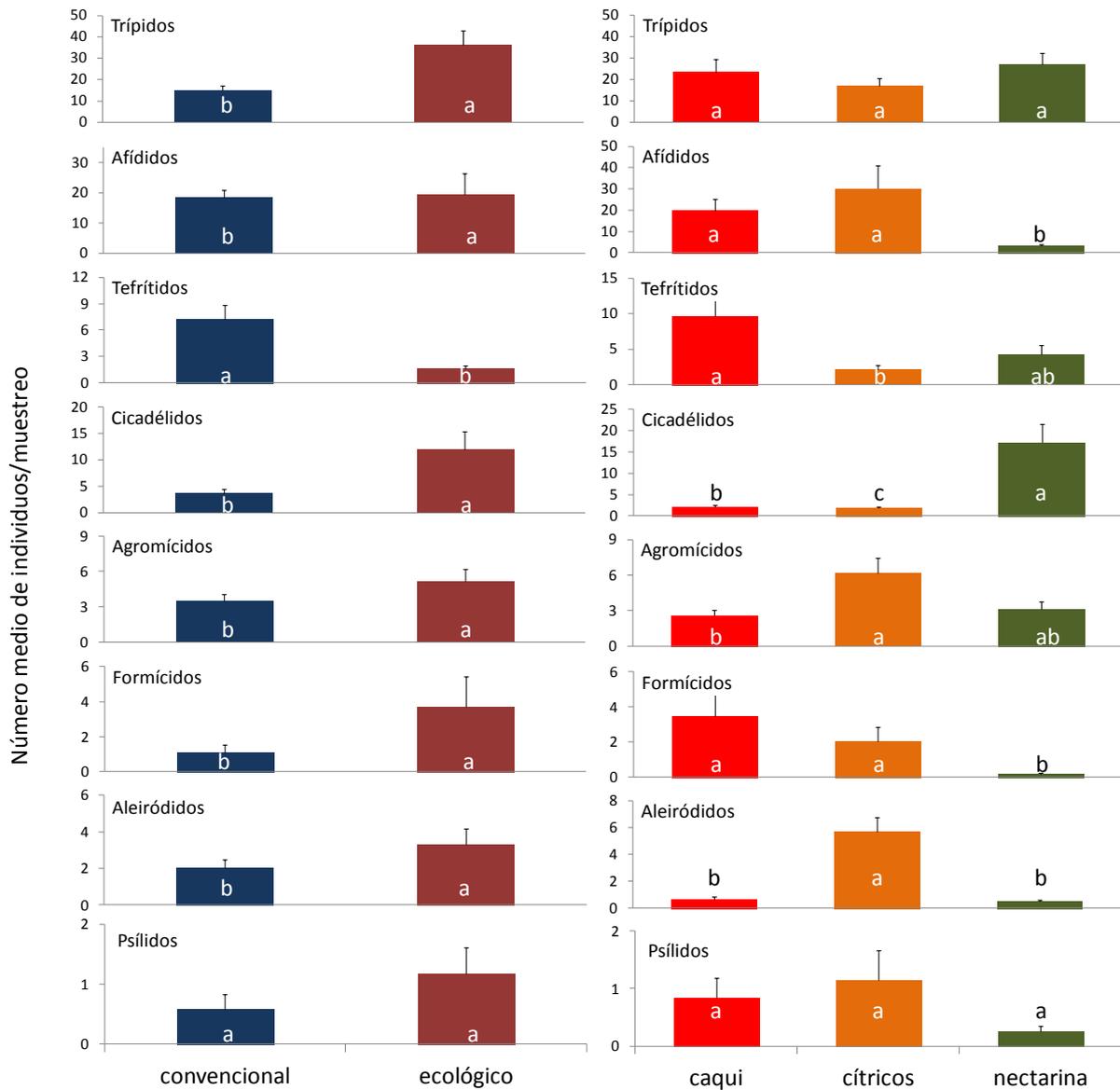


Figura 12. Número medio de individuos fitófagos capturados por muestreo agrupados por familias en función del sistema de cultivo (izquierda) o del cultivo (derecha). Se han sumado las capturas de los dos métodos de muestreo. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Tabla 10. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo en las poblaciones de las familias de fitófagos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado). A los valores se les ha aplicado la transformación $\log(x+1)$ antes del análisis.

Familia	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Trípidos	sistema	1	5,105	22,40	0,000
	cultivo	2	0,160	0,70	0,496
	fecha	8	10,088	44,26	0,000
	sistema x cultivo	2	0,212	0,93	0,396
	sistema x fecha	8	0,554	2,43	0,015
	cultivo x fecha	16	0,310	1,36	0,158
Afididos	sistema	1	0,754	5,44	0,020
	cultivo	2	1,952	14,06	0,000
	fecha	8	10,250	73,85	0,000
	sistema x cultivo	2	0,536	3,86	0,022
	sistema x fecha	8	0,090	0,65	0,736
	cultivo x fecha	16	0,615	4,43	0,000
Tefrítidos	sistema	1	1,432	10,12	0,002
	cultivo	2	0,478	3,38	0,035
	fecha	8	2,017	14,25	0,000
	sistema x cultivo	2	0,463	3,27	0,039
	sistema x fecha	8	0,299	2,12	0,034
	cultivo x fecha	16	0,570	4,03	0,000
Cicadélidos	sistema	1	7,308	61,29	0,000
	cultivo	2	10,566	88,61	0,000
	fecha	8	2,226	18,67	0,000
	sistema x cultivo	2	1,061	8,90	0,000
	sistema x fecha	8	0,322	2,70	0,007
	cultivo x fecha	16	0,395	3,32	0,000
Agromícidos	sistema	1	0,809	9,31	0,003
	cultivo	2	0,393	4,53	0,012
	fecha	8	5,278	60,75	0,000
	sistema x cultivo	2	0,031	0,36	0,700
	sistema x fecha	8	0,167	1,92	0,057
	cultivo x fecha	16	0,211	2,43	0,002
Formícidos	sistema	1	0,836	9,01	0,003
	cultivo	2	0,572	6,17	0,002
	fecha	8	0,488	5,27	0,000
	sistema x cultivo	2	0,083	0,89	0,411
	sistema x fecha	8	0,150	1,61	0,120
	cultivo x fecha	16	0,064	0,69	0,799
Aleiródidos	sistema	1	0,504	8,72	0,003
	cultivo	2	5,108	88,46	0,000
	fecha	8	1,874	32,44	0,000
	sistema x cultivo	2	0,119	2,06	0,129
	sistema x fecha	8	0,099	1,72	0,093
	cultivo x fecha	16	0,411	7,11	0,000
Psílidos	sistema	1	0,083	2,15	0,143
	cultivo	2	0,073	1,88	0,154
	fecha	8	0,855	22,11	0,000
	sistema x cultivo	2	0,075	1,93	0,146
	sistema x fecha	8	0,059	1,53	0,146
	cultivo x fecha	16	0,062	1,61	0,064

4.2.2 Índices de biodiversidad

El sistema de cultivo influye sobre la riqueza de las parcelas de frutales en familias de artrópodos fitófagos pero no sobre la uniformidad. La riqueza (número de familias) es superior en las parcelas de sistema ecológico que en convencional ($3,7 \pm 0,3$ familias/muestreo frente a $3,2 \pm 0,2$). El índice de diversidad en artrópodos fitófagos, que engloba los dos índices anteriores, no difiere al comparar sistema de cultivo ecológico frente al convencional (figura 13, tabla 11). Por otra parte, la especie de frutal cultivado tiene influencia sobre la uniformidad y la diversidad de familias. Ambos índices son mayores en las parcelas cultivadas con cítricos que en las parcelas de caqui y nectarina (figura 13, tabla 11).

La riqueza de las familias ha sido utilizada por diversos autores para comparar explotaciones agrícolas ecológicas frente a las convencionales. Wickramasinghe *et al.* (2004) comparan la riqueza de familias entre 24 pares de explotaciones agrícolas orgánicas y convencionales de Gran Bretaña. La abundancia y riqueza de especies de insectos fueron significativamente mayores en las explotaciones orgánicas que en las convencionales.

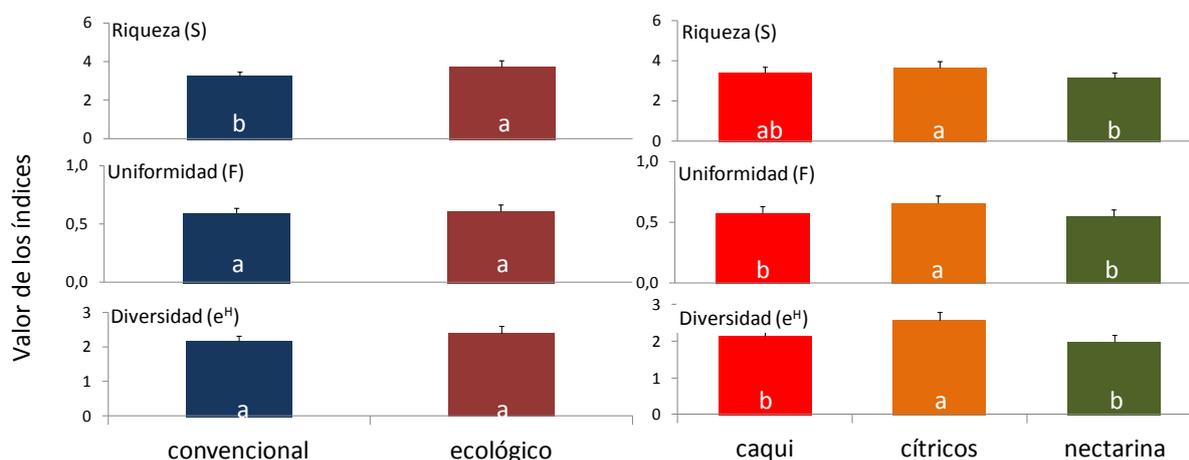


Figura 13. Valores de los índices de biodiversidad, expresados por el índice de Shannon (e^H) y de sus dos componentes, la riqueza (S) y la uniformidad (F), en función del sistema de cultivo (izquierda) y del cultivo (derecha) considerando los artrópodos capturados a nivel taxonómico de familia. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Tabla 11. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo sobre los índices de biodiversidad calculados a partir de las familias de artrópodos fitófagos identificadas. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado).

Índice	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Riqueza (S)	sistema	1	19,148	12,64	0,000
	cultivo	2	3,305	2,18	0,114
	fecha	8	40,098	26,47	0,000
	sistema x cultivo	2	2,845	1,88	0,154
	sistema x fecha	8	1,173	0,77	0,626
	cultivo x fecha	16	2,491	1,64	0,056
	Uniformidad (F)	sistema	1	0,000	0,00
	cultivo	2	0,347	4,30	0,014
	fecha	8	0,778	9,65	0,000
	sistema x cultivo	2	0,004	0,04	0,957
	sistema x fecha	8	0,083	1,03	0,413
	cultivo x fecha	16	0,077	0,95	0,510
Diversidad (e^H)	sistema	1	1,450	1,56	0,213
	cultivo	2	9,854	10,60	0,000
	fecha	8	19,577	21,05	0,000
	sistema x cultivo	2	0,040	0,04	0,958
	sistema x fecha	8	0,713	0,77	0,632
	cultivo x fecha	16	1,337	1,44	0,122

4.2.3 Relación abundancia-porcentaje de muestreos con presencia

Existe una buena correlación entre la abundancia media por muestreo de las distintas familias de fitófagos capturados y el porcentaje de muestreos con presencia de esas familias de fitófagos (figura 14). Los afídidos y los formícidos están presentes en menos muestreos de los que se podría esperar por su abundancia. La explicación a este hecho podría estar en la estacionalidad de estas dos familias y las poblaciones tan elevadas que se alcanzan durante determinados periodos del año. Por el contrario, los cicadélidos aparecen en más muestreos de los podría predecir su abundancia. Esta familia está bien representada a lo largo del año y además tiene hospedantes alternativos en las plantas adventicias, por lo que sus poblaciones son estables, sin embargo las poblaciones son elevadas tan sólo en nectarina por lo que la media poblacional es inferior a la de trípodos y afídidos.

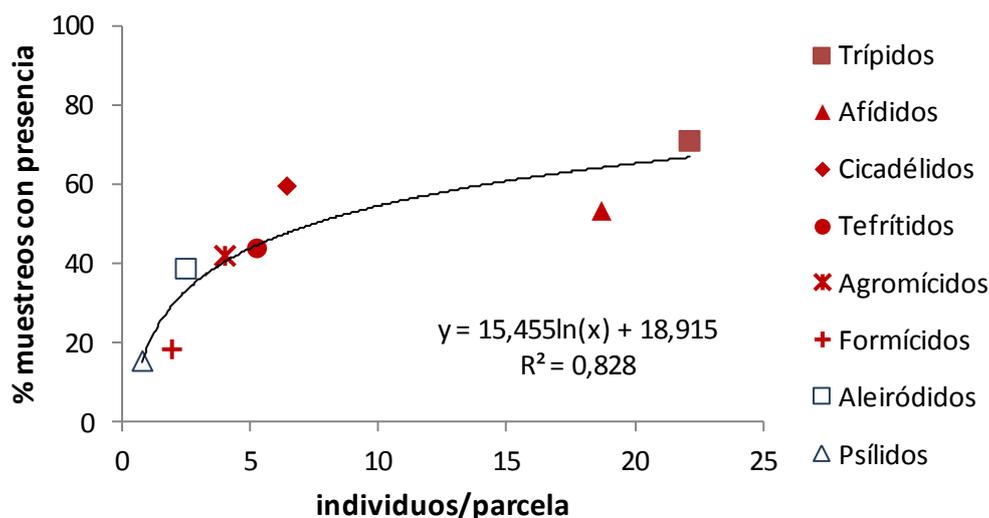


Figura 14. Gráfica de correlación entre la abundancia media por muestreo de las diferentes familias de fitófagos y la proporción de muestreos con presencia de la familia de fitófagos.

4.2.4 Evolución estacional de fitófagos

Los pulgones (afídidos) y trips (trípidos) mantienen una dinámica similar en los tres cultivos, con poblaciones máximas en primavera y otoño, y mínimas en verano (figura 15). En los cítricos el primer máximo es superior al segundo y se produce en el mes de abril, tanto en 2006 como en 2008. Martins *et al.* (2002) en un estudio de la entomofauna del limonero en Portugal y Soler (2000) en cítricos de Castellón y Valencia también observa las mayores poblaciones de pulgones en primavera, siendo mucho menos acusado el máximo de otoño. Meliá (1989) en un estudio sobre la actividad de vuelo de los pulgones en cítricos encuentra que el máximo de pulgones en trampas amarillas de agua se produjo en los meses de mayo y junio en todos los casos. En nectarina el máximo de pulgones de otoño es muy superior al de primavera. Wallis *et al.* (2005) describen varios máximos de pulgones en parcelas de melocotonero en Pennsylvania, cada uno ligado a una especie de pulgón. *Myzus persicae*, la especie dominante en nectarina, es más abundante durante los meses de otoño.

Navarro *et al.* (2008), en un estudio de los trips asociados a parcelas de cítricos de la Comunidad Valenciana, encuentran máximos poblacionales entre abril y mayo para la mayor parte de las especies. Sin embargo, *Melanthrips fuscus* y *Oxythrips ajugae* Uzel muestran una evolución estacional distinta, apareciendo en las trampas durante los meses más fríos. El ciclo de *M. fuscus* está ligado al de diversas crucíferas,

entre las que se encuentra *Diplotaxis erucoides*, muy abundante en invierno en las plantaciones de todo tipo de frutales (Lacasa y Llorens, 1998).

Los tefrítidos presentan un máximo muy claro en verano, que es mucho más evidente en el cultivo de caqui. Estos datos coinciden con los obtenidos por Navarro-Llopis *et al.* (2007) en cítricos de Alzira (Valencia) y por Alonso *et al.* (2004) en caquis de Carlet (Valencia).

Los cicadélidos son más abundantes en verano y otoño. En cítricos y caqui su presencia es meramente testimonial. Baspinar (1994) encuentra los mayores incrementos de cicadélidos en cítricos de Turquía a partir del mes de septiembre, cuando emigran desde otros hospedantes. Esto podría explicar las mayores poblaciones de cicadélidos en las parcelas ecológicas ya que probablemente llegarán desde las plantas adventicias del cultivo.

Alvarado *et al.* (1994) encuentran el máximo poblacional de cicadélidos en melocotonero en los meses de marzo y julio. Según estos autores la mayoría de individuos emigran después de este último máximo a otros cultivos, entre los que se encuentran los cítricos. Torres *et al.* (1998) en un estudio de cicadélidos en almendros de la provincia de Castellón, también encuentran mayores poblaciones durante los meses de julio a septiembre. Sin embargo, estos mismos autores en un estudio de cicadélidos sobre diferentes especies del género *Prunus*, indican la existencia de dos máximos poblacionales, en primavera y en otoño, en parcelas de melocotonero y nectarina (Torres *et al.*, 2000).

Los formícidos son más abundantes en los meses de verano. Alvis (2003) y Pekas *et al.* (2010) encuentran que las especies más abundantes en las copas de los cítricos desarrollan su mayor actividad durante los meses de verano: *Pheidole pallidula* (Nylander) (Myrmicinae) en julio y agosto, *Plagiolepis schmitzii* Forel (Formicinae) en junio y julio y *Lasius grandis* Forel (Formicinae) en junio y septiembre.

Los aleiródidos están presentes durante todas las fechas de muestreo, alcanzándose las poblaciones más elevadas en septiembre. Soto *et al.* (1999) observan tendencias bastante variables en la mosca blanca algodonosa *Aleurothrixus floccosus*,

desde máximos en primavera hasta agosto y octubre. Por otro lado Soler *et al.* (2002) encuentran máximos en julio y octubre.

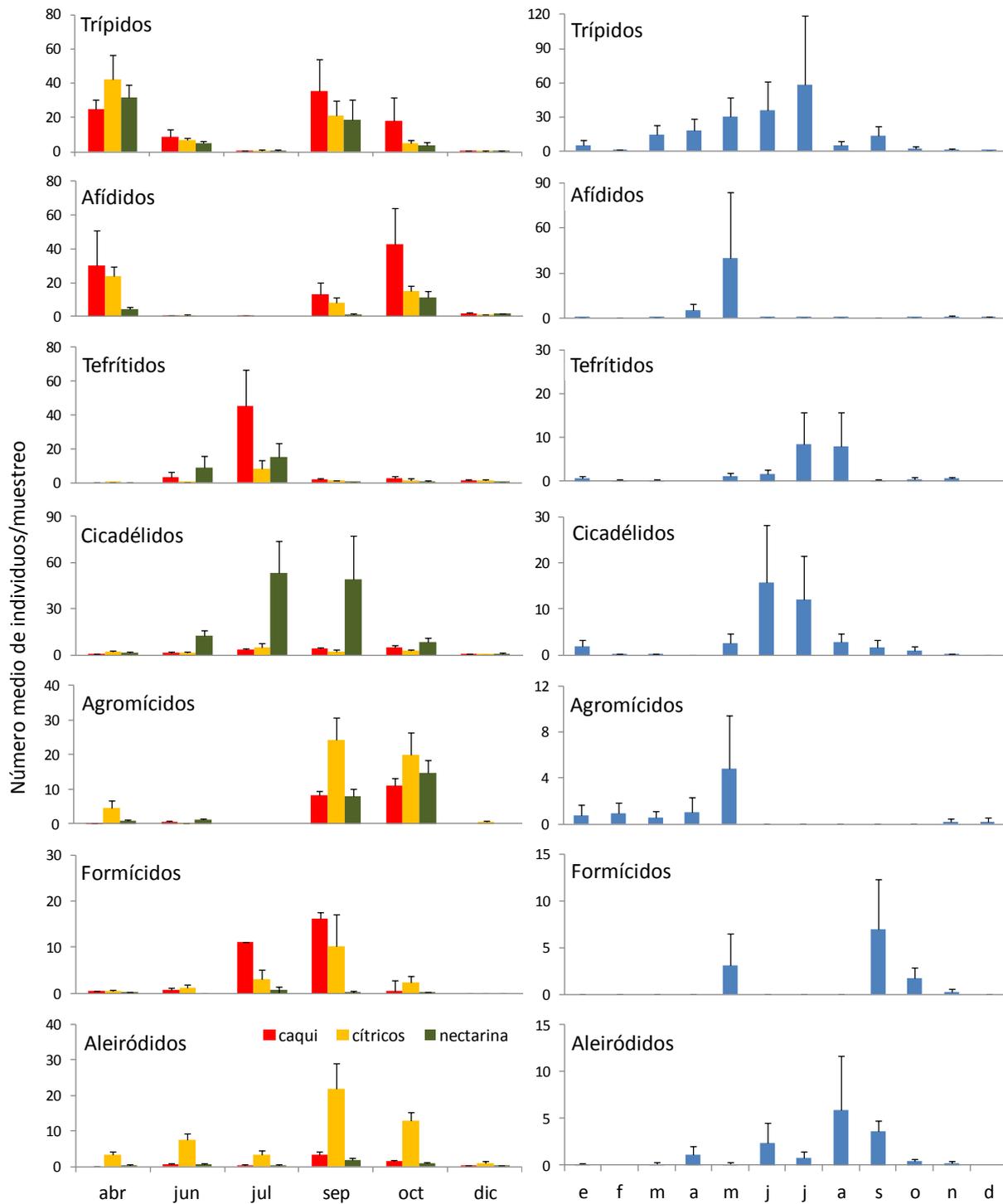


Figura 15. Evolución estacional de las familias de fitófagos durante 2006 (izquierda) y 2008 (derecha). Las líneas verticales indican el error estándar. En 2006 se representan por separado los tres cultivos estudiados mientras que en 2008 se representa la media de las seis parcelas muestreadas.

4.2.5 Comparación de métodos de muestreo

Las trampas amarillas están referenciadas en la literatura entomológica como uno de los métodos de muestreo más utilizados para el seguimiento de insectos fitófagos. Por el contrario, el método de aspiración parece más adecuado para el estudio de los insectos beneficiosos. Sin embargo, existen pocos estudios en los que se comparen ambos métodos en cuanto a su eficacia en la captura de insectos fitófagos.

En nuestro trabajo las capturas de fitófagos son mucho más abundantes mediante trampas amarillas (figura 16, tabla 12). La única familia en que la abundancia es similar entre ambos métodos es la de los cicadélidos.

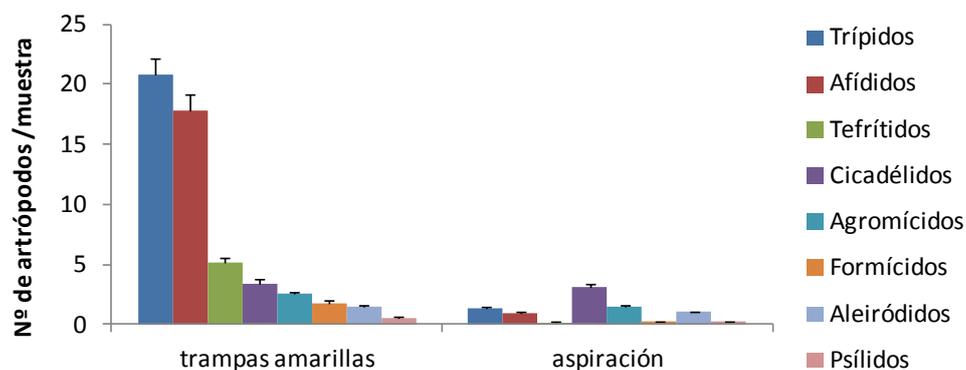


Figura 16. Abundancia media por parcela y fecha de muestreo para cada uno de los métodos de muestreo. Las líneas verticales indican el error estándar.

Las trampas amarillas capturan una mayor proporción de afídidos, tefrítidos y trípodos, que son las familias más abundantes (figura 17), repitiéndose la misma pauta que en el caso del estudio de los órdenes. En un estudio para comparar la influencia de la ubicación de las trampas y el color de éstas sobre las capturas de distintas familias de insectos, Hoback *et al.* (1999) encuentran a los cicadélidos, trípodos y afídidos como las familias de fitófagos más abundantes en trampas amarillas.

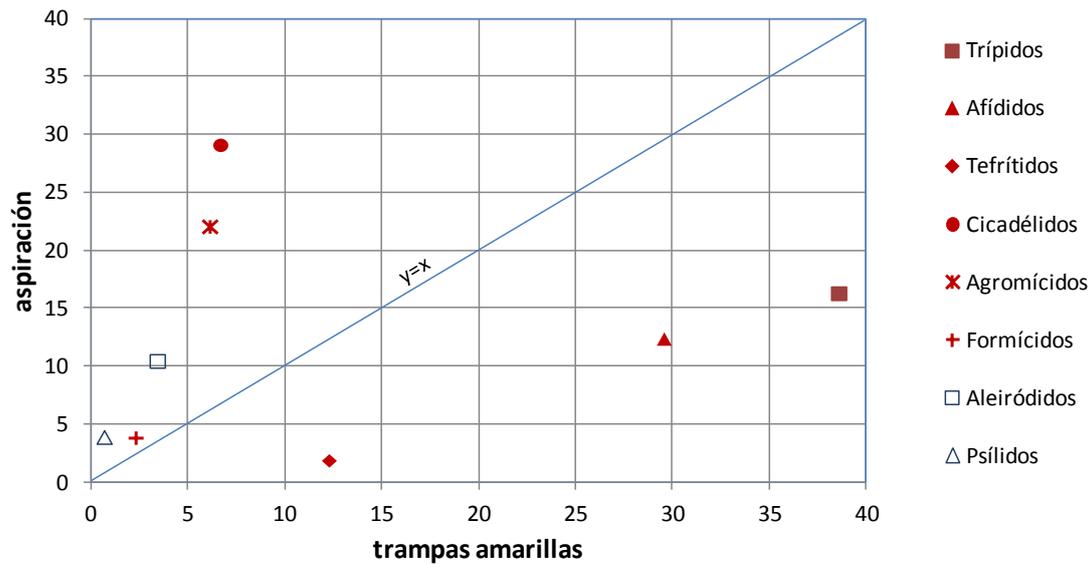


Figura 17. Comparación entre la media del porcentaje de capturas de una determinada familia de artrópodos sobre el total de artrópodos por parcela para cada uno de los métodos de muestreo.

La variabilidad de las capturas entre los diversos muestreos realizados, medida por el coeficiente de variación, es muy similar en los dos tipos de muestreo en los trípodos, afídidos, agromícidos, aleiródidos y cicadélidos, y muy superior en trampas amarillas que en aspiración en las familias formícidos y psílicos. En el caso de los tefrítidos el coeficiente de variación es mucho mayor para aspiración que para trampas amarillas (tabla 12).

Las pautas de evolución de los distintos fitófagos son diferentes según sean medidas por un método de muestreo u otro (figura 18). Los dos fitófagos que muestran correlaciones más elevadas entre ambos métodos, cicadélidos y aleiródidos, son los que muestran mayor similitud entre las dos curvas de evolución. Esto es así sólo en los cultivos en los que esos fitófagos son mayoritarios y/o específicos (cicadélidos en nectarina y aleiródidos en cítricos). En el caso de los pulgones existe una mayor similitud en los muestreos iniciales de primavera mientras que en los muestreos siguientes la evolución mostrada por los dos sistemas es distinta.

Tabla 12. Comparación entre las capturas de diversas familias de artrópodos en cultivos frutales con trampas amarillas y con aspiración. x=número medio de artrópodos de cada familia por parcela capturados mediante cada método de muestreo; s= desviación estándar; min= mínimo; max= máximo; CV= coeficiente de variación; r=coeficiente de correlación. Comparación de medias mediante test MDS ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; ns: no significativa; transformación log (x+1); nº de parcelas=41).

Familia	sistema muestreo	x	s	min	max	CV	r
Afididos	trampas amarillas	17,75	27,18	0,11	144,67	153,10	0,34 *
	aspiración	0,97 **	1,47	0,00	8,67	151,58	
Trípodos	trampas amarillas	20,78	25,75	0,46	151,22	123,93	0,30 ns
	aspiración	1,33 **	1,51	0,00	6,56	113,13	
Tefrítidos	trampas amarillas	5,15	8,83	0,05	45,56	171,55	0,03 ns
	aspiración	0,14 **	0,74	0,00	4,78	549,31	
Cicadélidos	trampas amarillas	3,43	7,37	0,00	43,22	215,08	0,80 **
	aspiración	3,03 ns	6,51	0,00	37,22	214,97	
Agromícidos	trampas amarillas	2,52	2,31	0,12	10,22	91,87	0,40 **
	aspiración	1,52 **	1,60	0,22	8,22	105,32	
Formícidos	trampas amarillas	1,73	4,58	0,00	24,78	264,69	0,45 **
	aspiración	0,24 *	0,39	0,00	1,89	163,49	
Aleiródidos	trampas amarillas	1,45	2,06	0,00	10,78	142,61	0,80 **
	aspiración	1,02 ns	1,70	0,00	7,11	166,05	
Psílidos	trampas amarillas	0,53	1,51	0,00	6,67	283,62	0,22 ns
	aspiración	0,25 ns	0,22	0,00	0,89	90,40	

Palumbo *et al.* (1995) encuentran también una relación entre los muestreos realizados con aspirador y trampas amarillas sobre la mosca blanca *Bemisia tabaci* en melón. Sus resultados muestran que las pautas de evolución son similares en aquellas parcelas no tratadas con plaguicidas, mientras que en las tratadas, las poblaciones de mosca blanca capturadas en trampas amarillas siguen dinámicas poblacionales distintas a las del método de aspiración y las de observación visual. Además, los coeficientes de correlación son mayores en las parcelas no tratadas que en las tratadas. En nuestro caso se puede observar algo similar en las familias aleiródidos y cicadélidos, ya que el coeficiente de correlación en las parcelas ecológicas es de 0,76 y 0,72 respectivamente, mientras que en las convencionales es de 0,55 en ambos casos (datos no representados).

En la figura 19 se representa la acumulación de familias a través de los sucesivos muestreos en función de los dos sistemas de muestreo. Según estas curvas el método de las trampas amarillas es más eficaz de cara a identificar el mayor número de familias en los tres tipos de cultivo y en los dos sistemas, ecológico y convencional.

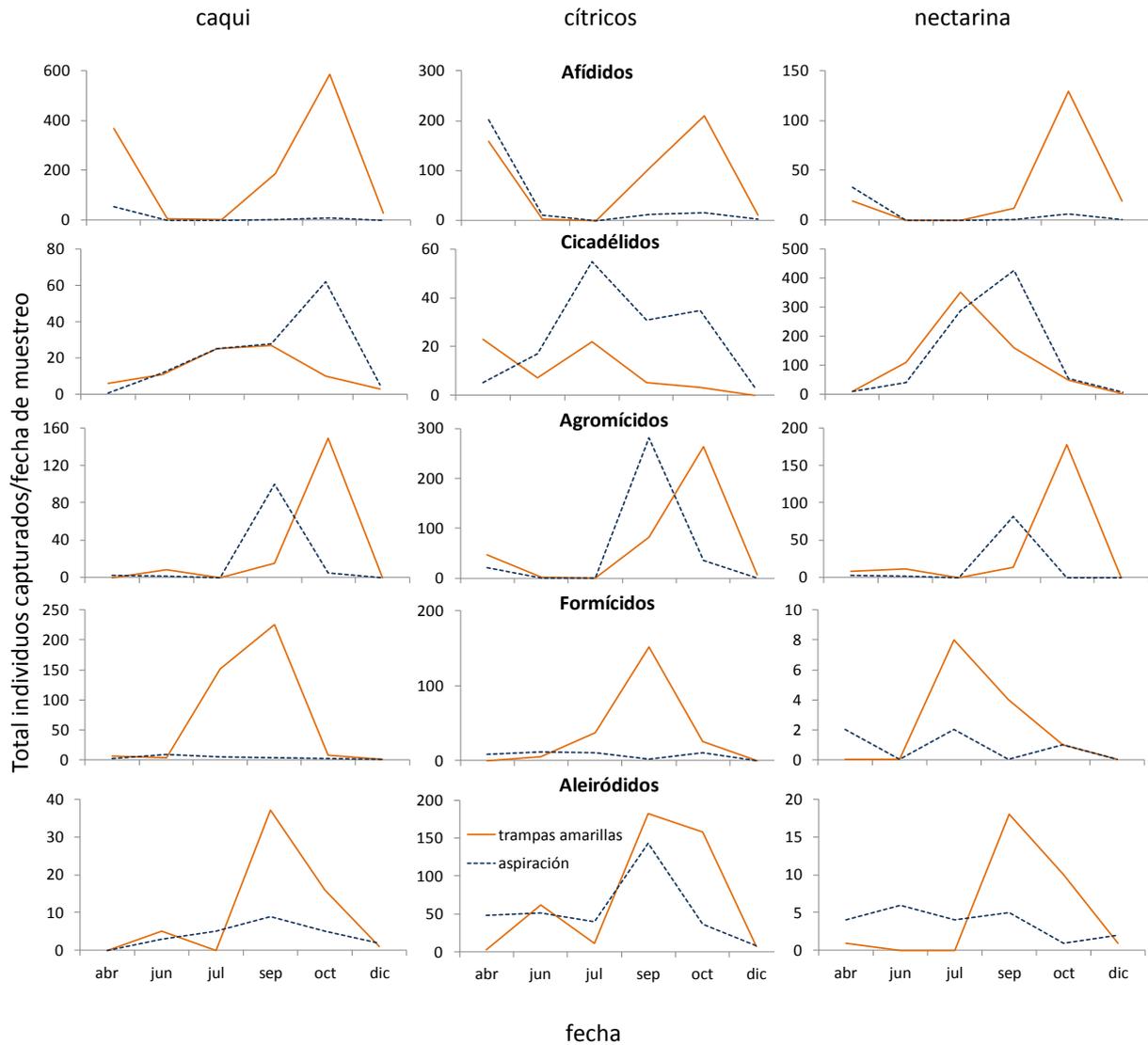


Figura 18. Evolución de las capturas de fitófagos durante el año 2006, en los tres cultivos estudiados, en función de los dos tipos de muestreo: trampas amarillas (línea continua) y aspiración (línea discontinua).

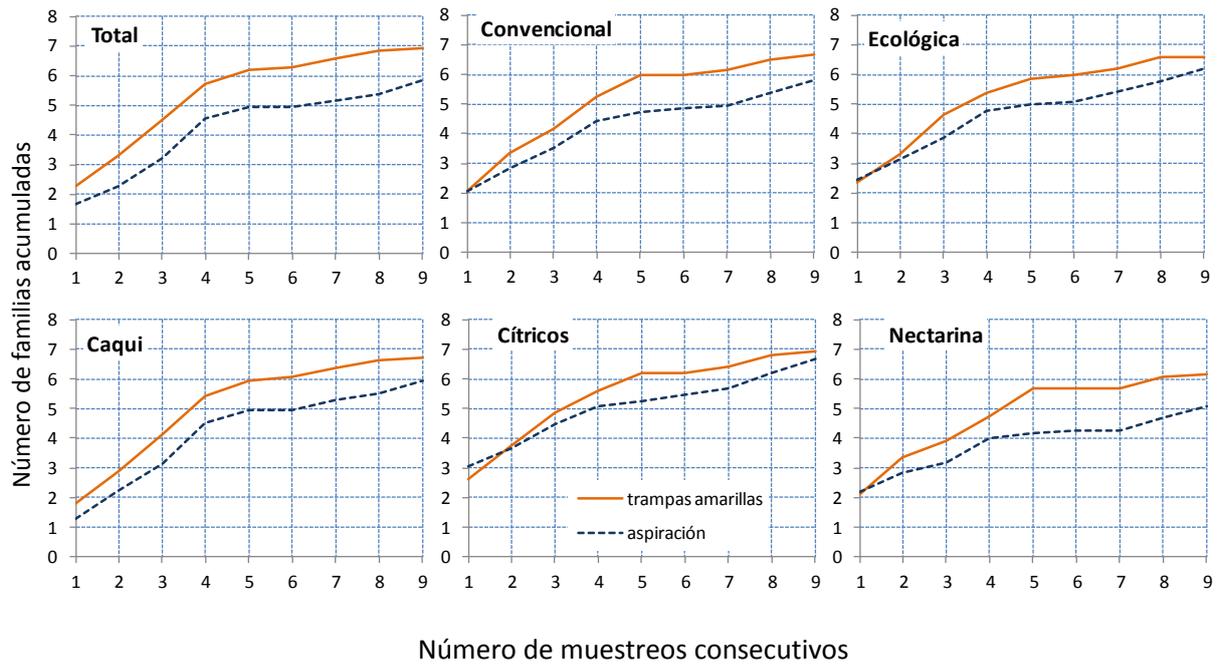


Figura 19. Curva de acumulación de familias según los muestreos realizados durante los años 2006 y 2007 y en función de los dos tipos de muestreo: trampas amarillas (línea continua) y aspiración (línea discontinua).

4.3 Coccinélidos

4.3.1 Abundancia

Dentro de la familia de los coccinélidos hemos identificado hasta seis especies de abundancia muy desigual. La especie más común es *Stethorus punctillum*. Le siguen en abundancia un grupo de tres: *Scymnus* spp. (se trata en realidad de varias especies de este género que no hemos llegado a identificar), *Rodolia cardinalis* y *Propylea quatuordecimpunctata*. Por último, dos especies aparecen como muy escasas: *Cryptolaemus montrouzieri* y *Coccinella septempunctata* (tabla 13).

Trabajos anteriores realizados en la zona valenciana se han llevado a cabo sobre todo en el cultivo de los cítricos (Soler, 2000; Alvis *et al.*, 2002; Alonso, 2003; Bru y Garcia-Marí, 2008).

Tabla 13. Número total de coccinélidos capturados en trampas amarillas y mediante aspiración en diversos cultivos y sistemas de cultivo en muestreos realizados entre 2006 y 2007 en parcelas cultivadas de la Comunidad Valenciana. Entre paréntesis después del cultivo el número de parcelas muestreadas. Se han sumado los dos métodos de muestreo. Los valores no son directamente comparables entre cultivos ya que el número de parcelas es mayor en el sistema convencional que en el ecológico.

Cultivo	Sistema						Total
	Convencional			Ecológico			
	Caqui (9)	Cítricos (9)	Nectarina (9)	Caqui (5)	Cítricos (6)	Nectarina (3)	
<i>Stethorus punctillum</i>	27	39	241	29	22	96	454
<i>Scymnus</i> spp.	21	36	30	9	85	21	202
<i>Rodolia cardinalis</i>	2	56	0	4	48	2	112
<i>P. quatuordecimpunctata</i>	7	30	11	12	39	3	102
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	3	2	1	0	3	7	16
<i>Coccinella septempunctata</i>	1	2	0	2	2	0	7
Total	61	165	283	56	199	129	893

En los cuatro estudios de campo citados, la especie más común si se emplean trampas amarillas es *Rodolia cardinalis* mientras que si se emplea el método del aspirador caen en mayor abundancia coccinélidos de menor tamaño como *Scymnus* spp. y *Stethorus punctillum*. En dichos estudios aparece también como especie frecuente *Propylea quatuordecimpunctata*. Se confirma por tanto en nuestro trabajo que las cuatro especies más comunes en los tres frutales son también las que aparecen con más frecuencia en trabajos previos.

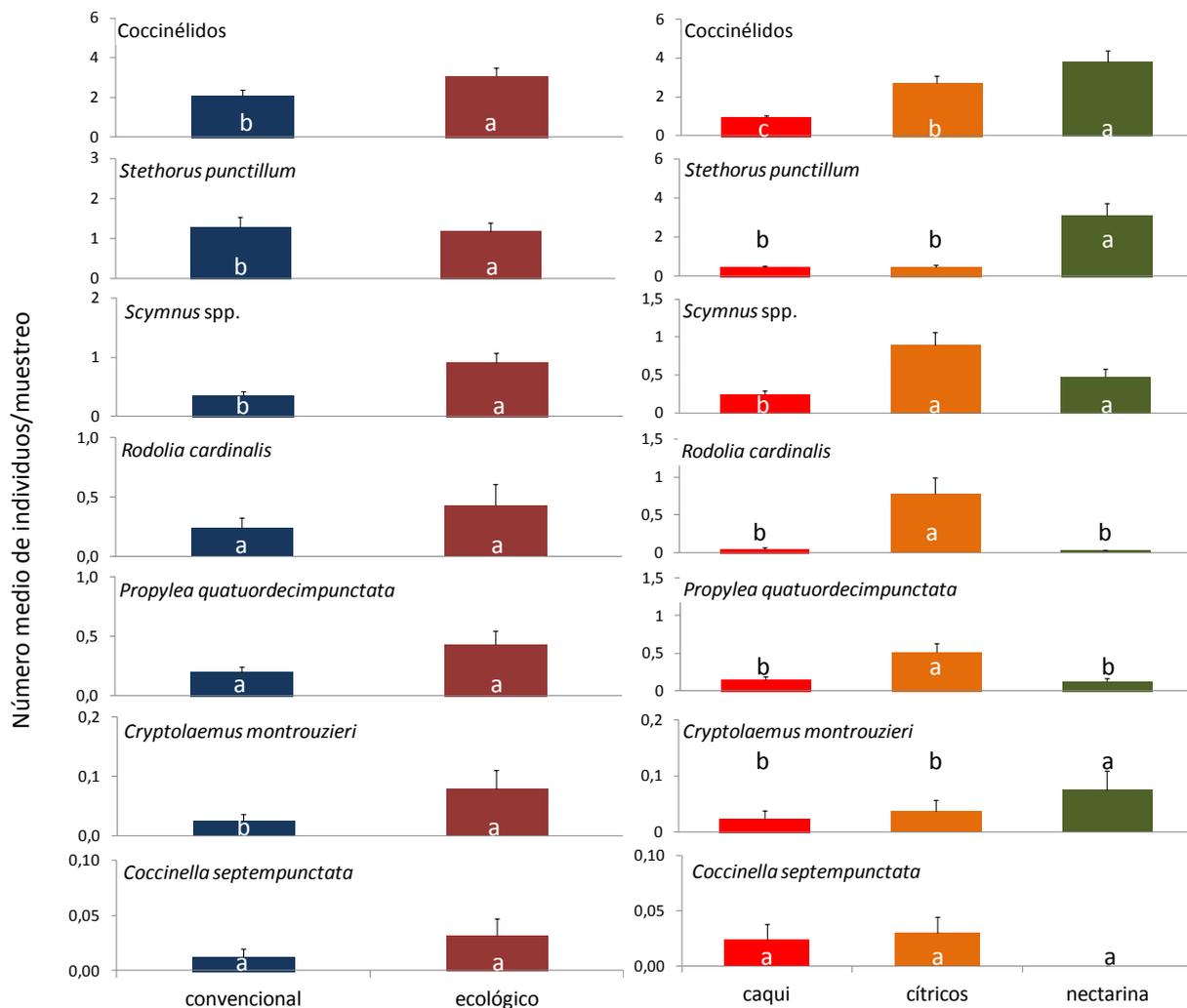


Figura 20. Número medio de coccinélidos capturados en función del sistema de cultivo (izquierda) o del cultivo (derecha). Se han sumado las capturas de los dos métodos de muestreo. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Aunque las seis especies de coccinélidos se encuentran presentes en los dos sistemas y los tres cultivos estudiados, existen importantes diferencias entre ellos. El factor más importante que condiciona la abundancia de los coccinélidos parece ser el cultivo más que el sistema de cultivo (figura 20, tabla 14). Así por ejemplo, en tres de las seis especies (*Stethorus punctillum*, *Rodolia cardinalis* y *Propylea quatuordecimpunctata*), una especie de coccinélido es mucho más abundante en uno de los tres cultivos (nectarina en el caso de *Stethorus punctillum* y cítricos en el caso de *Rodolia cardinalis* y *Propylea quatuordecimpunctata*).

Si consideramos a todos los coccinélidos conjuntamente, existen diferencias significativas entre los dos sistemas de cultivo ($3,1 \pm 0,4$ coccinélidos por trampa en sistema ecológico frente a $2,1 \pm 0,3$ en sistema convencional), lo que representa un incremento de más del 50%. Las seis especies de coccinélidos son más abundantes en cultivo ecológico que en convencional, aunque las diferencias son significativas sólo en el caso de *Stethorus punctillum*, *Scymnus* spp. y *Cryptolaemus montrouzieri*.

Según diversos autores, los coccinélidos son muy vulnerables a la densidad de presas, los cambios climáticos y el impacto de la contaminación, los plaguicidas y los fertilizantes (Iperti, 1999; Woin *et al.*, 2000). Cotes *et al.* (2010) también encuentran poblaciones más elevadas de coccinélidos en cultivo de olivos ecológicos que en convencionales en Andalucía.

Cryptolaemus montrouzieri muestra una interacción elevada entre el factor sistema y el factor cultivo lo que pone de manifiesto el hecho de que su abundancia no está relacionada con ambos factores por separado sino que hay que analizarlos de forma conjunta. La interacción es debida a que, siendo más abundante en parcelas ecológicas que en convencionales, esta mayor abundancia se observa sólo en el cultivo de nectarina. Por último, *Coccinella septempunctata* es muy poco abundante en cualquier sistema y en cualquier cultivo sin diferencias significativas en ningún caso.

Tabla 14. Influencia del cultivo y del sistema de cultivo en las poblaciones de coccinélidos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado). A los valores se les ha aplicado la transformación log (x+1) antes del análisis.

Especie	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Coccinélidos	sistema	1	1,510	16,26	0,000
	cultivo	2	2,006	21,59	0,000
	fecha	8	0,898	9,67	0,000
	sistema x cultivo	2	0,031	0,33	0,717
	sistema x fecha	8	0,125	1,35	0,220
	cultivo x fecha	16	0,225	2,42	0,002
<i>Stethorus punctillum</i>	sistema	1	0,237	4,24	0,040
	cultivo	2	2,881	51,59	0,000
	fecha	8	0,548	9,82	0,000
	sistema x cultivo	2	0,042	0,74	0,476
	sistema x fecha	8	0,106	1,90	0,059
	cultivo x fecha	16	0,189	3,38	0,000
<i>Scymnus spp.</i>	sistema	1	0,582	14,54	0,000
	cultivo	2	0,462	11,55	0,000
	fecha	8	0,168	4,20	0,000
	sistema x cultivo	2	0,298	7,44	0,001
	sistema x fecha	8	0,044	1,10	0,362
	cultivo x fecha	16	0,067	1,66	0,052
<i>Rodolia cardinalis</i>	sistema	1	0,023	0,98	0,322
	cultivo	2	0,367	15,50	0,000
	fecha	8	0,083	3,50	0,001
	sistema x cultivo	2	0,000	0,00	1,000
	sistema x fecha	8	0,016	0,68	0,708
	cultivo x fecha	16	0,088	3,71	0,000
<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	sistema	1	0,080	3,57	0,060
	cultivo	2	0,150	6,72	0,001
	fecha	8	0,100	4,48	0,000
	sistema x cultivo	2	0,031	1,38	0,252
	sistema x fecha	8	0,030	1,34	0,225
	cultivo x fecha	16	0,049	2,21	0,005
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	sistema	1	0,031	8,32	0,004
	cultivo	2	0,021	5,43	0,005
	fecha	8	0,017	4,56	0,000
	sistema x cultivo	2	0,031	8,21	0,000
	sistema x fecha	8	0,012	3,17	0,002
	cultivo x fecha	16	0,005	1,24	0,239
<i>Coccinella septempunctata</i>	sistema	1	0,002	0,93	0,336
	cultivo	2	0,002	1,46	0,234
	fecha	8	0,002	1,30	0,242
	sistema x cultivo	2	0,001	0,35	0,703
	sistema x fecha	8	0,001	0,52	0,844
	cultivo x fecha	16	0,002	1,10	0,351

4.3.2 Índices de biodiversidad

Los índices de biodiversidad de los coccinélidos se ven influidos tanto por el cultivo como por el sistema de cultivo (figura 21, tabla 15). En el caso de la riqueza de especies el número medio de especies de la familia coccinélidos que encontramos en cada parcela en el cultivo de caqui es de $1,15 \pm 0,11$ especies, mientras que en cítricos y nectarina este número es de $1,63 \pm 0,12$ y $1,71 \pm 0,11$ respectivamente.

El sistema de cultivo también muestra diferencias significativas en el número de especies, de forma que en las parcelas ecológicas se observan en promedio $1,83 \pm 0,12$ especies mientras que en las parcelas convencionales la riqueza se reduce a $1,32 \pm 0,08$. Liang *et al.* (2010) también encuentran diferencias en el número de especies de coccinélidos entre parcelas de cítricos tratadas con insecticidas fosforados y las que no fueron tratadas o lo fueron con aceite mineral. Nos encontramos de nuevo con diferencias significativas entre cultivos al calcular el índice de uniformidad de Hill, de forma que nectarina muestra mayor uniformidad que caqui y cítricos. Por otra parte, el sistema de cultivo también afecta a la uniformidad, ya que este índice es inferior en las parcelas convencionales ($F = 0,55 \pm 0,03$) que en las parcelas ecológicas ($F = 0,65 \pm 0,04$).

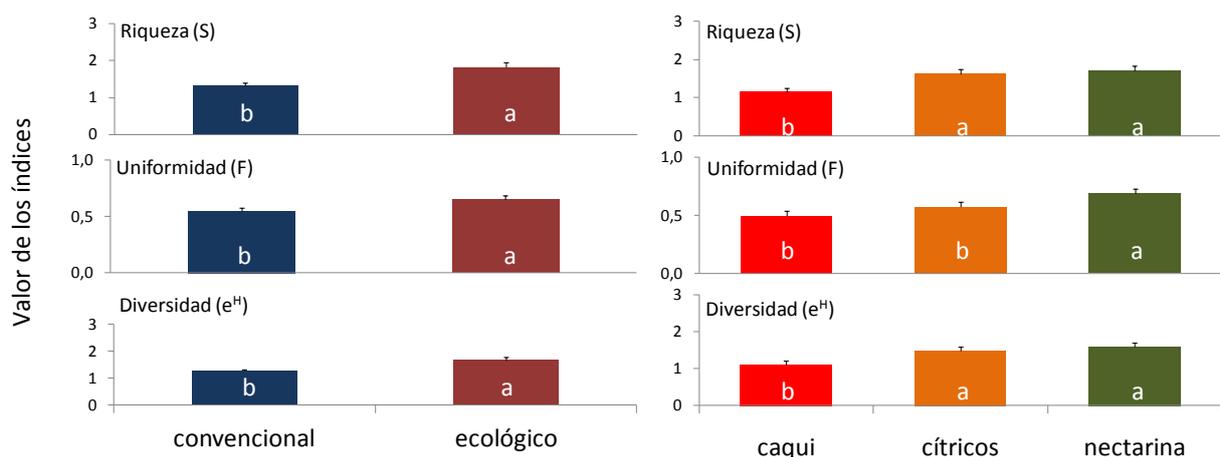


Figura 21. Valores de los índices de biodiversidad, expresados por el índice de Shannon (e^H) y de sus dos componentes la riqueza (S) y la uniformidad (F) en función del sistema de cultivo (izquierda) y del cultivo (derecha) considerando las especies de coccinélidos capturadas. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

El cálculo del índice de Shannon nos muestra que en dos de los cultivos, cítricos y nectarina, la diversidad de coccinélidos es más elevada, debido fundamentalmente a que presentan mayor riqueza de especies, mientras el valor más bajo se observa en caqui debido a la menor riqueza y la heterogeneidad en la abundancia de las diversas especies presentes. Por otra parte, el sistema de cultivo también influye en la diversidad de coccinélidos ya que hemos encontrado diferencias significativas en el índice de Shannon entre parcelas convencionales ($e^H = 1,25 \pm 0,07$) y parcelas ecológicas ($e^H = 1,66 \pm 0,11$).

Tabla 15. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo sobre los índices de biodiversidad de los coccinélidos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado).

Índice	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Riqueza (S)	sistema	1	22,746	16,70	0,000
	cultivo	2	12,011	8,82	0,000
	fecha	8	12,828	9,42	0,000
	sistema x cultivo	2	0,542	0,40	0,672
	sistema x fecha	8	2,363	1,73	0,089
	cultivo x fecha	16	1,411	1,04	0,418
Uniformidad (F)	sistema	1	1,066	5,81	0,016
	cultivo	2	0,917	5,00	0,007
	fecha	8	1,630	8,89	0,000
	sistema x cultivo	2	0,007	0,04	0,962
	sistema x fecha	8	0,123	0,67	0,716
	cultivo x fecha	16	0,237	1,29	0,199
Diversidad (e^H)	sistema	1	14,465	13,09	0,000
	cultivo	2	8,196	7,42	0,001
	fecha	8	10,584	9,58	0,000
	sistema x cultivo	2	0,199	0,18	0,836
	sistema x fecha	8	1,575	1,43	0,185
	cultivo x fecha	16	1,247	1,13	0,327

4.3.3 Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas

Las seis especies de coccinélidos identificadas muestran unas abundancias globales muy diferentes, siendo *Stethorus punctillum* la más común y la menos *Coccinella septempunctata*. Estos coccinélidos se han muestreado en un total de 41 parcelas a lo largo de todo el año y el porcentaje de dichas parcelas en las que se encuentra cada especie será lógicamente mayor al incrementarse la abundancia global de la especie.

Al relacionar la abundancia media por parcela de cada especie de coccinélido con el porcentaje de parcelas en que aparece dicha especie podemos observar que una de las seis especies de coccinélidos, *Rodolia cardinalis*, aparece por debajo de la curva de tendencia durante los dos años (figura 22). El número de individuos total de esta especie es similar al número de individuos observados de *Propylea quatuordecimpunctata*. Sin embargo, la proporción de parcelas con presencia de *R. cardinalis* está entre el 25 y el 35% según el año de estudio mientras que *P. quatuordecimpunctata* alcanza el 50% ambos años. *Rodolia cardinalis* por tanto, difiere en su comportamiento agregativo de las otras especies de coccinélidos, concentrándose en pocas parcelas.

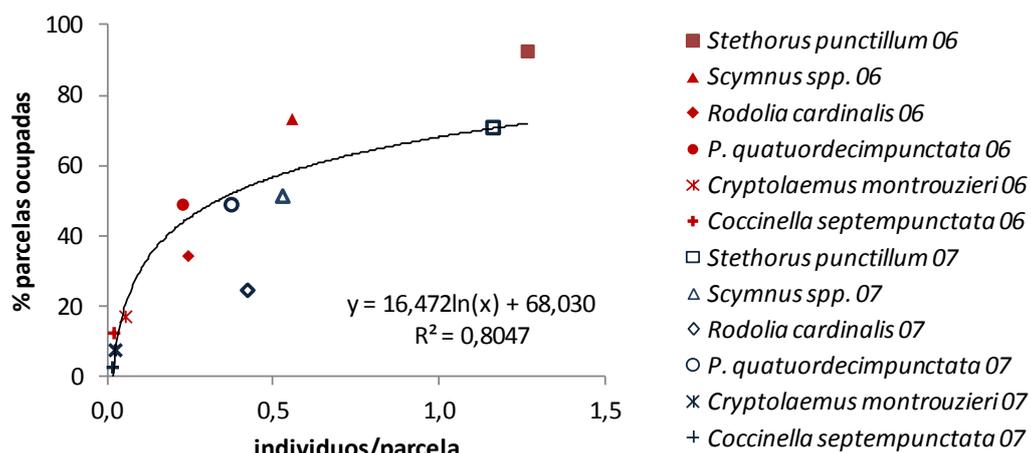


Figura 22. Gráfica de correlación entre la abundancia media por parcela de las diferentes especies de coccinélidos y la proporción de parcelas con presencia de la especie de coccinélido.

4.3.4 Correlación de abundancia entre *Stethorus punctillum* y ácaros

Se ha planteado esta comparación concreta porque se tienen datos muy precisos de ácaros, muestreados con el embudo de Berlese, y se sabe que *S. punctillum* es un coccinélido específico de este grupo de artrópodos.

La abundancia de *Stethorus punctillum* muestra una correlación positiva significativa con la abundancia de los tetraníquidos *Tetranychus urticae* y *Panonychus* spp. (tabla 16, figura 23). El género *Stethorus* está considerado como depredador especializado de ácaros tetraníquidos (Biddinger *et al.*, 2009). Cuando se separan por cultivos se puede observar que esta relación desaparece en el caso de aquellos cultivos que muestran poblaciones bajas de ambos (sobre todo en el caqui), pero se mantiene de forma muy estrecha en el cultivo de la nectarina, en las parcelas en que hay más *T. urticae* hay claramente más *S. punctillum* (figura 24).

Tabla 16. Valor del coeficiente de correlación entre la abundancia total por parcela de *Stethorus punctillum* y sus posibles presas, los ácaros fitófagos *Tetranychus urticae* y *Panonychus* spp. Se ha llevado a cabo la correlación para el total de parcelas muestreadas y agrupadas por sistema de cultivo (convencional y ecológico) y cultivo (caqui, cítricos y nectarina). Para el cálculo del coeficiente de correlación se ha aplicado la transformación $\log(x+1)$ a los valores de abundancia. Se han resaltado en negrita los valores que son significativos.

Sistema/ Cultivo	<i>Tetranychus urticae</i>	<i>Panonychus</i> spp.	Pares de datos	Valor crítico
Total	0,76	0,69	39	0,31
Convencional	0,84	0,74	25	0,39
Ecológico	0,55	0,57	14	0,53
Caqui	-0,46	-0,09	13	0,55
Cítricos	0,44	0,34	14	0,55
Nectarina	0,79	0,35	12	0,57

La relación entre *S. punctillum* y ácaros del género *Panonychus* es también significativamente elevada, tanto en el conjunto de parcelas como en las convencionales y en las ecológicas. Sin embargo, la correlación se pierde al separar las parcelas de los tres cultivos. Dentro de cada cultivo la abundancia de *S. punctillum* no está relacionada con la abundancia de *Panonychus* spp. y se cree que puede ser debido al bajo nivel poblacional de *Panonychus* spp.

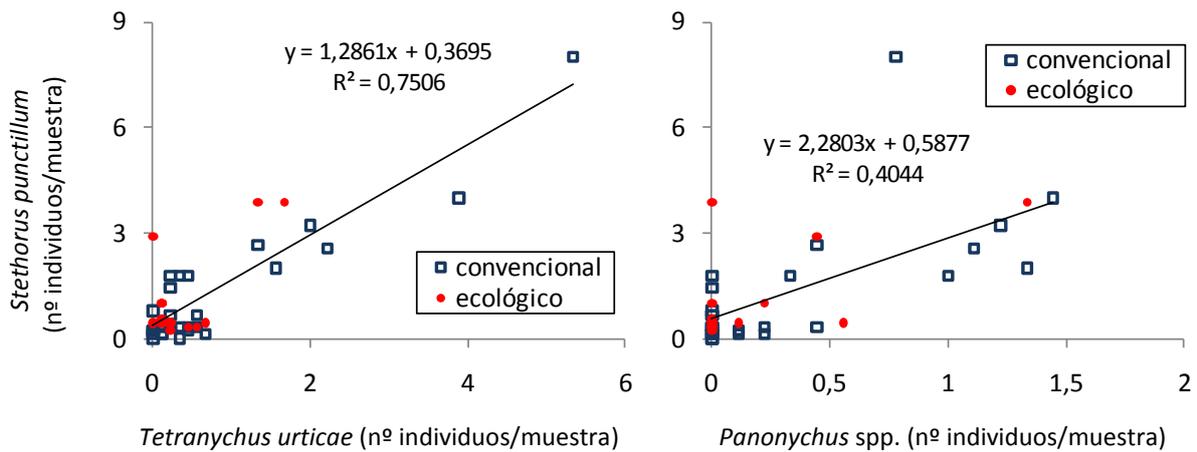


Figura 23. Correlación entre la abundancia media del depredador *S. punctillum* y los fitófagos *T. urticae* (izquierda) y *Panonychus* (derecha) en las 41 parcelas muestreadas.

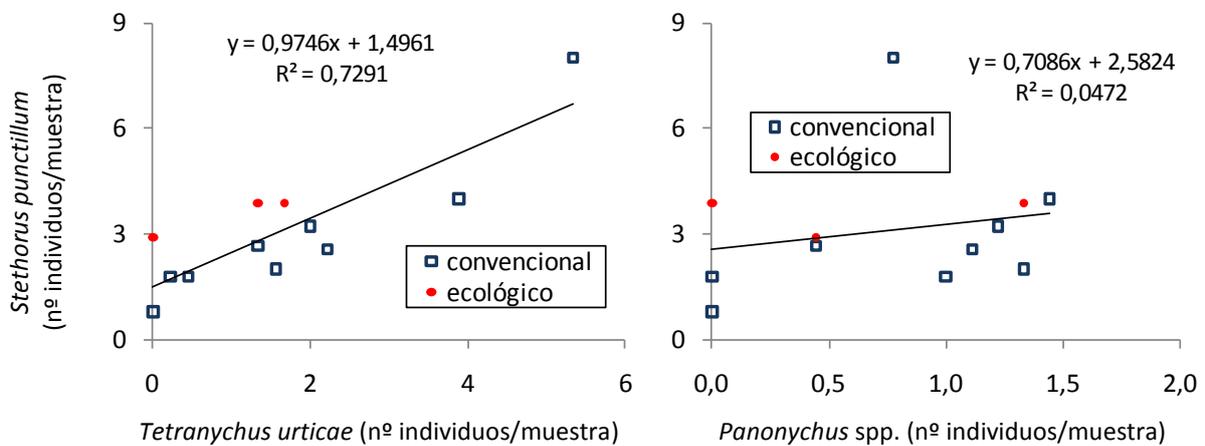


Figura 24. Correlación entre la abundancia media del depredador *S. punctillum* y los fitófagos *T. urticae* (izquierda) y *Panonychus* spp. (derecha) en las 12 parcelas de nectarina muestreadas.

La correlación positiva entre *S. punctillum* y *Panonychus* spp. que aparece globalmente cabe atribuirle al hecho de que ambos, presa y depredador, aparecen en mayor número en el cultivo de nectarina. Por otra parte, la abundancia de *S. punctillum* es independiente de la abundancia de *Panonychus* en las parcelas de cultivo de nectarina (figura 24). En consecuencia, parece que *S. punctillum* responde a incrementos poblacionales de *T. urticae*, y como éstos se producen más en parcelas de nectarina, abunda más en la nectarina. A su vez la nectarina alberga poblaciones más altas de *Panonychus* que los otros dos cultivos, de ahí la correlación significativa entre *S. punctillum* y *Panonychus*. Ello no implica que si los niveles de *Panonychus* fueran más elevados se encontraría esta correlación positiva, ya que se sabe que *S. punctillum*

es un depredador específico de ácaros tetraníquidos, pero sólo aparece cuando las poblaciones de sus presas son elevadas (Espinha y Torres, 1995). Por ello en nuestras experiencias sólo está relacionado con *T. urticae* que es el tetraníquido más abundante.

4.3.5 Evolución estacional de coccinélidos

Se ha representado la evolución estacional de las distintas especies de coccinélidos a partir de las 41 parcelas muestreadas en 2006 en las que se han realizado 6 muestreos, y las 6 parcelas de 2008 en las que se han realizado 12 muestreos (figura 25). Se comprueba en esta figura que las diferentes especies presentan una evolución estacional a lo largo del año muy distinta. Así, la especie más común, *Stethorus punctillum* presenta su máximo poblacional anual en septiembre, y esto se observa tanto en 2006 como en 2008. A su vez este máximo se observa en los tres tipos de frutales muestreados.

Otras dos especies, *Scymnus* spp. y *Propylea quatuordecimpunctata*, presentan máximos primaverales. Ambas están consideradas como depredadoras de pulgones. En el caso de *Scymnus* la evolución en 2006, aunque presenta un máximo en primavera, aparece más distribuida a lo largo del año que en 2008, año en que la mayor población se encuentra en marzo y en abril. Por otra parte, *Scymnus* parece presentar diferencias en evolución poblacional entre especies frutales. Así, el máximo en cítricos parece observarse entre abril y junio, mientras que en caqui el máximo es en octubre, y en nectarina entre junio y octubre. En el caso de *Propylea quatuordecimpunctata* y al igual que ocurría con *Scymnus* pueden observarse máximos poblacionales en otoño o final de verano además del máximo primaveral. En cualquier caso, las dos especies aparecen bastante distribuidas a lo largo del año cuando se muestrean un elevado número de parcelas como es el caso de 2006.

Rodolia cardinalis muestra una evolución estacional muy característica en 2006 y 2008. Corresponde a una mayor abundancia de adultos en los meses de junio y julio, siendo muy escasa el resto del año. *Cryptolaemus montrouzieri* es una especie relativamente poco frecuente, pero que también presenta una dinámica poblacional concentrada en verano.

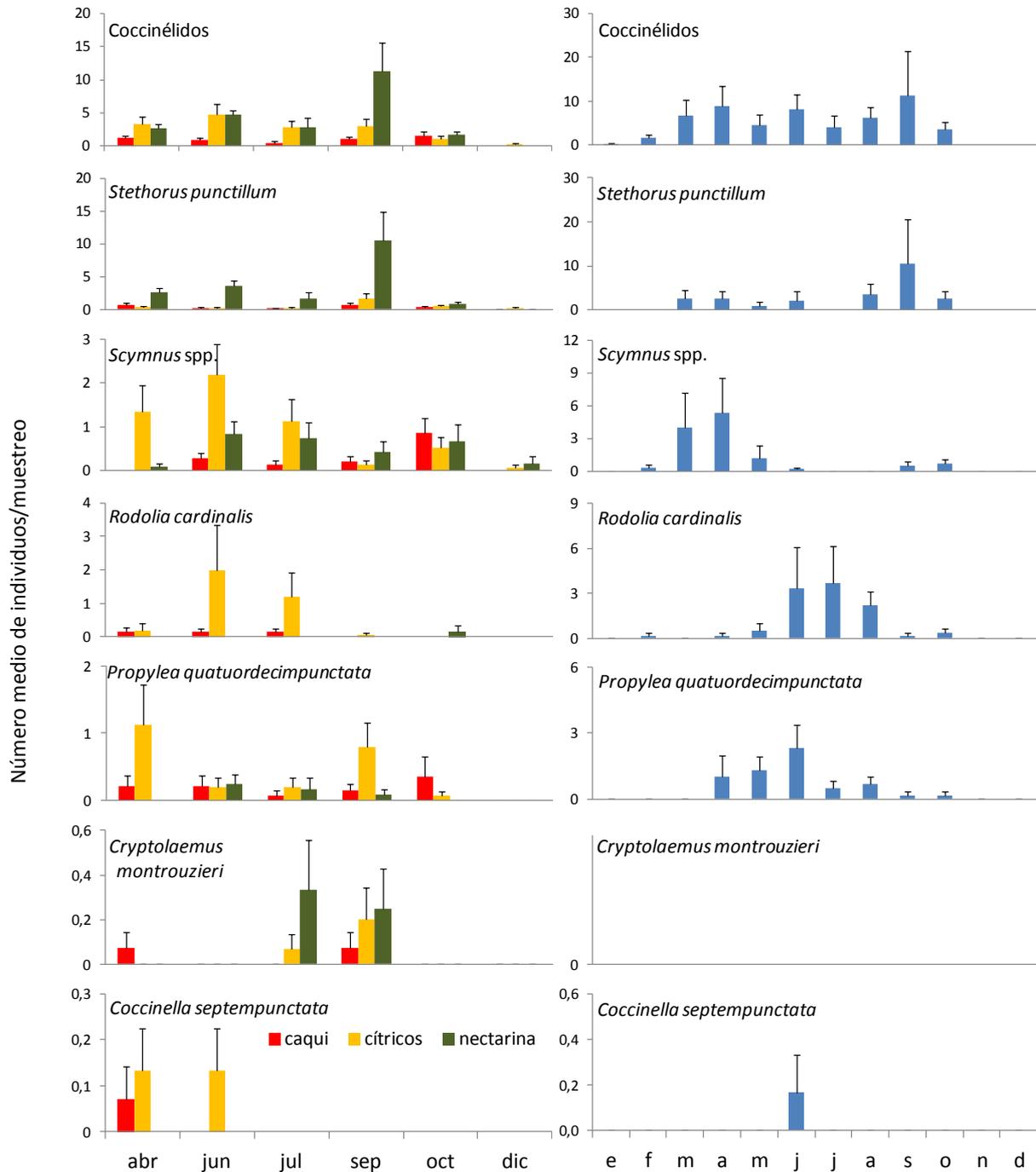


Figura 25. Evolución estacional de las especies de coccinélidos en 2006 (izquierda) y 2008 (derecha). Las líneas verticales indican el error estándar. En 2006 se representan por separado los tres cultivos estudiados mientras que en 2008 se representa la media de las seis parcelas muestreadas.

La dinámica observada está condicionada por las condiciones climáticas y la disponibilidad de presas preferidas para alimentarse. Esto se observa claramente en aquellas especies de coccinélidos que muestran claramente una preferencia elevada por algún tipo de presa que aparece en las parcelas concentrada en el tiempo. Es el caso de *Stethorus punctillum* cuyo máximo poblacional, septiembre, se explica por el incremento en esa época de su presa, los ácaros tetraníquidos (figura 26).

Esta relación ha sido descrita por Field (1979), quien encuentra que las poblaciones de *S. punctillum* están correlacionadas con las máximas densidades de *Panonychus ulmi* en manzanos de Nueva Zelanda. Una vez las poblaciones del tetraníquido descienden el depredador desaparece.

La evolución estacional de la abundancia observada en las distintas especies de coccinélidos es muy similar a la que se ha encontrado por otros autores en la zona valenciana. La mayoría de estudios previos se ha realizado en el cultivo de los cítricos. En el caso de *Stethorus punctillum*, Alvis *et al.* (2002) ponen de manifiesto que el máximo poblacional de esta especie se observa entre septiembre y noviembre en los tres años en que realizó un muestreo en 10 parcelas de cítricos. En este mismo estudio se observa, como en nuestros resultados, que *Propylea quatuordecimpunctata* incrementa sus poblaciones en mayo y junio y que *Rodolia cardinalis* aparece en junio y julio. Sus observaciones con *Scymnus* son similares en su evolución estacional a nuestros resultados de 2006 ya que los encuentran distribuidos a lo largo de todo el año entre marzo y octubre. Destaca en nuestros resultados la determinación de la época del año en que se capturan adultos de *C. montrouzieri* en el campo, en los meses de verano, época en que es mayor la abundancia de su presa el pseudocócido *Planococcus citri* Risso (Alvis, 2003; Pekas *et al.*, 2010).

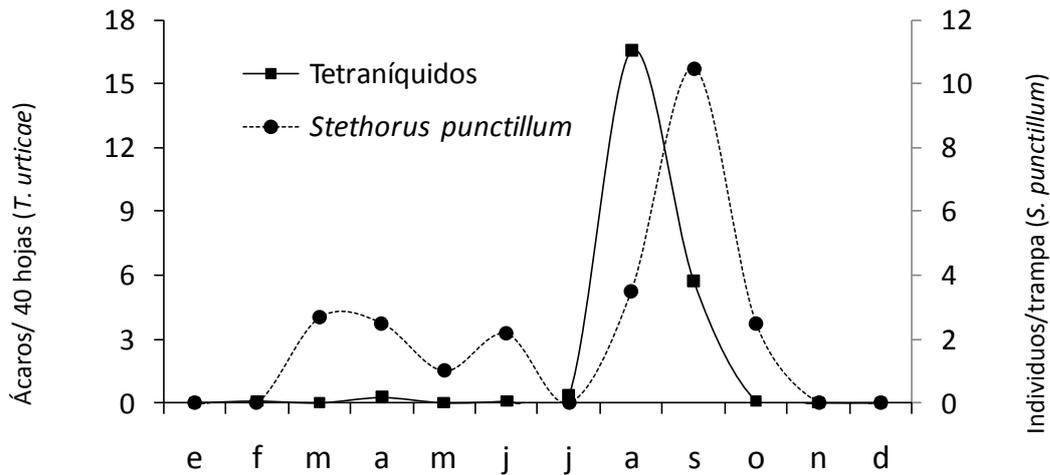


Figura 26. Evolución de las capturas de *Stethorus punctillum* en trampas amarillas y su presa, los ácaros tetraníquidos, en hojas durante el año 2008. Los valores representados son la media de las 6 parcelas muestreadas.

4.3.6 Comparación entre métodos de muestreo

Las trampas amarillas capturan más coccinélidos en valores absolutos que el aspirador entomológico (figura 27, tabla 17). Esto es así para todas las especies identificadas, que se capturan en número significativo. Al comparar las capturas relativas o proporción de las distintas especies frente al total mediante ambos métodos de muestreo se observa que la proporción entre especies es diferente según haya sido el método de muestreo (figura 28).

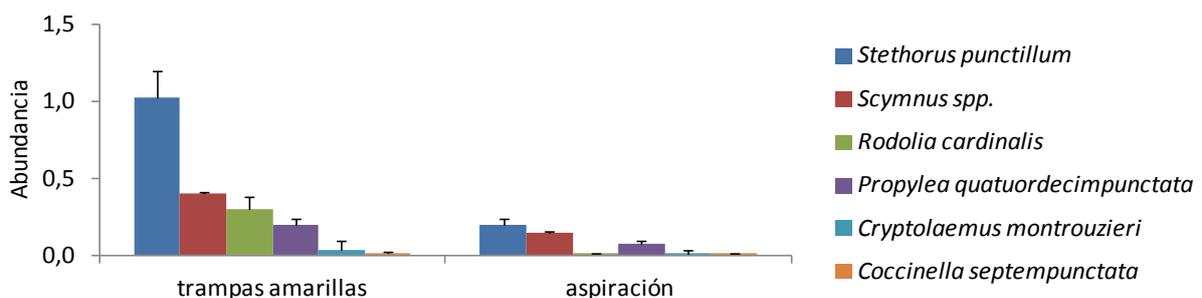


Figura 27. Abundancia media por parcela y fecha de muestreo para cada uno de los métodos de muestreo. Las líneas verticales indican el error estándar.

Stethorus punctillum es el coccinélido más capturado según ambos métodos y supone aproximadamente el 50% de las capturas. *Scymnus* y *Propylea quatuordecimpunctata* se capturan en proporción algo mayor con el aspirador. Por último, *R. cardinalis* se captura en mucha mayor proporción en trampas amarillas que

en aspirador. Las trampas amarillas son, por tanto, el mejor método para seguir las poblaciones de coccinélidos en general y de *Rodolia cardinalis* en particular.

Estas observaciones sobre *R. cardinalis* coinciden con las de anteriores trabajos realizados en cítricos. Bru y Garcia-Marí (2008) en un estudio realizado sobre los depredadores en cítricos encuentran que *Rodolia cardinalis* es el coccinélido más abundante (43% de las capturas en trampas amarillas), mientras que Alvis *et al.* (2002) en un estudio de coccinélidos de los cítricos valencianos realizado mediante aspirador, obtienen un porcentaje de *Rodolia cardinalis* inferior al 5% del total de coccinélidos.

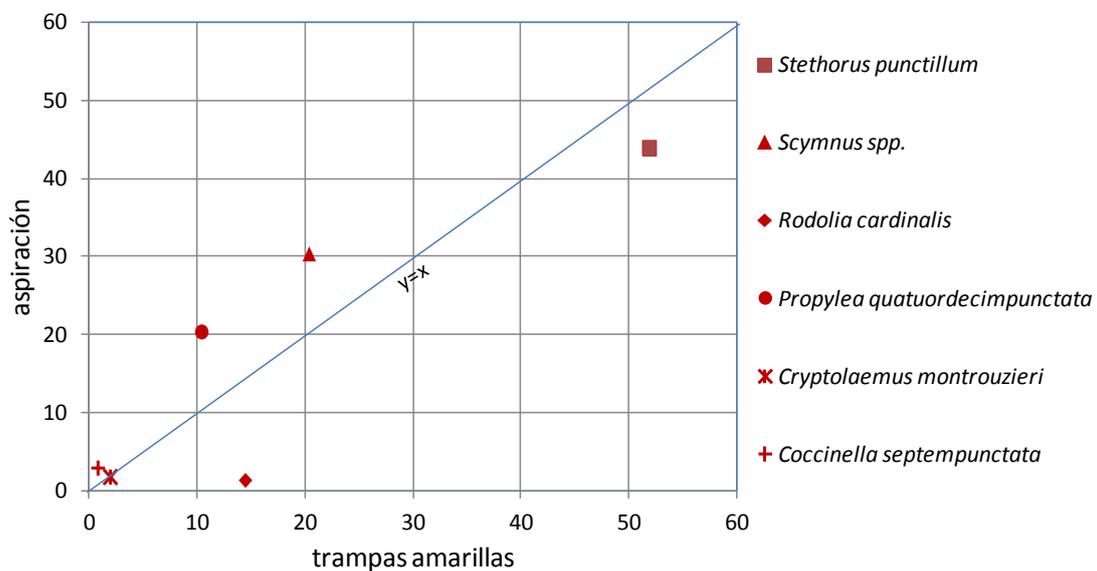


Figura 28. Comparación entre la media del porcentaje de capturas de una determinada especie de coccinélidos sobre el total de coccinélidos por parcela para cada uno de los métodos de muestreo.

Cryptolaemus montrouzieri no es prácticamente capturado por ninguno de los sistemas de muestreo, lo que indica que es una especie relativamente escasa en el campo. Este resultado coincide con los de otros trabajos realizados sobre coccinélidos en cítricos (Alvis *et al.*, 2002; Bru y Garcia-Marí, 2008).

Los coeficientes de variación de las trampas amarillas y de aspiración son similares para las especies que están bien representadas por ambos métodos de muestreo, *Stethorus punctillum*, *Scymnus* y *P. quatuordecimpunctata* (tabla 17). En el caso de *Rodolia cardinalis*, *C. montrouzieri* y *C. septempunctata* los coeficientes de variación son muy superiores para el método de aspiración, lo que sugiere que la

aspiración captura de forma más variable entre parcelas, mientras que las capturas con trampas son más estables. Por otra parte, en los cuatro coccinélidos más abundantes existe una correlación significativa al comparar las capturas totales por parcela según los dos métodos de muestreo (tabla 17).

Tabla 17. Comparación entre las capturas de especies de coccinélidos en cultivos frutales con trampas amarillas y con aspiración. x=número medio de coccinélidos por parcela capturados mediante cada método de muestreo; s= desviación estándar; min= mínimo; max= máximo; CV= coeficiente de variación; r=coeficiente de correlación. Comparación de medias mediante test MDS ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; ns: no significativa; transformación log (x+1); n° de parcelas=41).

Especie	Sistema muestreo	x	s	min	max	CV	r
<i>Stethorus punctillum</i>	trampas amarillas	1,03	**	1,38	0,00	6,67	133,52
	aspiración	0,20	**	0,26	0,00	1,33	130,66
<i>Scymnus spp.</i>	trampas amarillas	0,40	*	0,69	0,00	4,11	173,84
	aspiración	0,15	*	0,22	0,00	1,00	150,58
<i>Rodolia cardinalis</i>	trampas amarillas	0,30	**	0,67	0,00	3,00	225,31
	aspiración	0,01	**	0,05	0,00	0,33	640,31
<i>P. quatuordecimpunctata</i>	trampas amarillas	0,20	*	0,32	0,00	1,56	159,61
	aspiración	0,08	*	0,13	0,00	0,56	168,01
<i>Cryptolaemus montrouzieri</i>	trampas amarillas	0,04	*	0,09	0,00	0,44	241,58
	aspiración	0,01	*	0,02	0,00	0,11	447,07
<i>Coccinella septempunctata</i>	trampas amarillas	0,01	ns	0,04	0,00	0,22	327,75
	aspiración	0,01	ns	0,02	0,00	0,11	447,07

En la figura 29 se representa la evolución de las diferentes especies de coccinélidos según los dos sistemas de muestreo utilizados. En el caso de *S. punctillum* las dos curvas de evolución son bastante similares en el cultivo en el que esta especie es más abundante.

En el caso de *Scymnus spp.* las curvas de evolución en los tres cultivos parecen seguir una misma pauta, aunque en nectarina en los últimos muestreos se siguen capturando individuos en trampas amarillas mientras que mediante aspiración las capturas son mínimas. Como norma general, las capturas con trampa amarilla son superiores durante todo el periodo de muestreo, la única excepción es *P. quatuordecimpunctata*. Esta especie es más capturada por el sistema de aspiración en los últimos muestreos (figura 29).

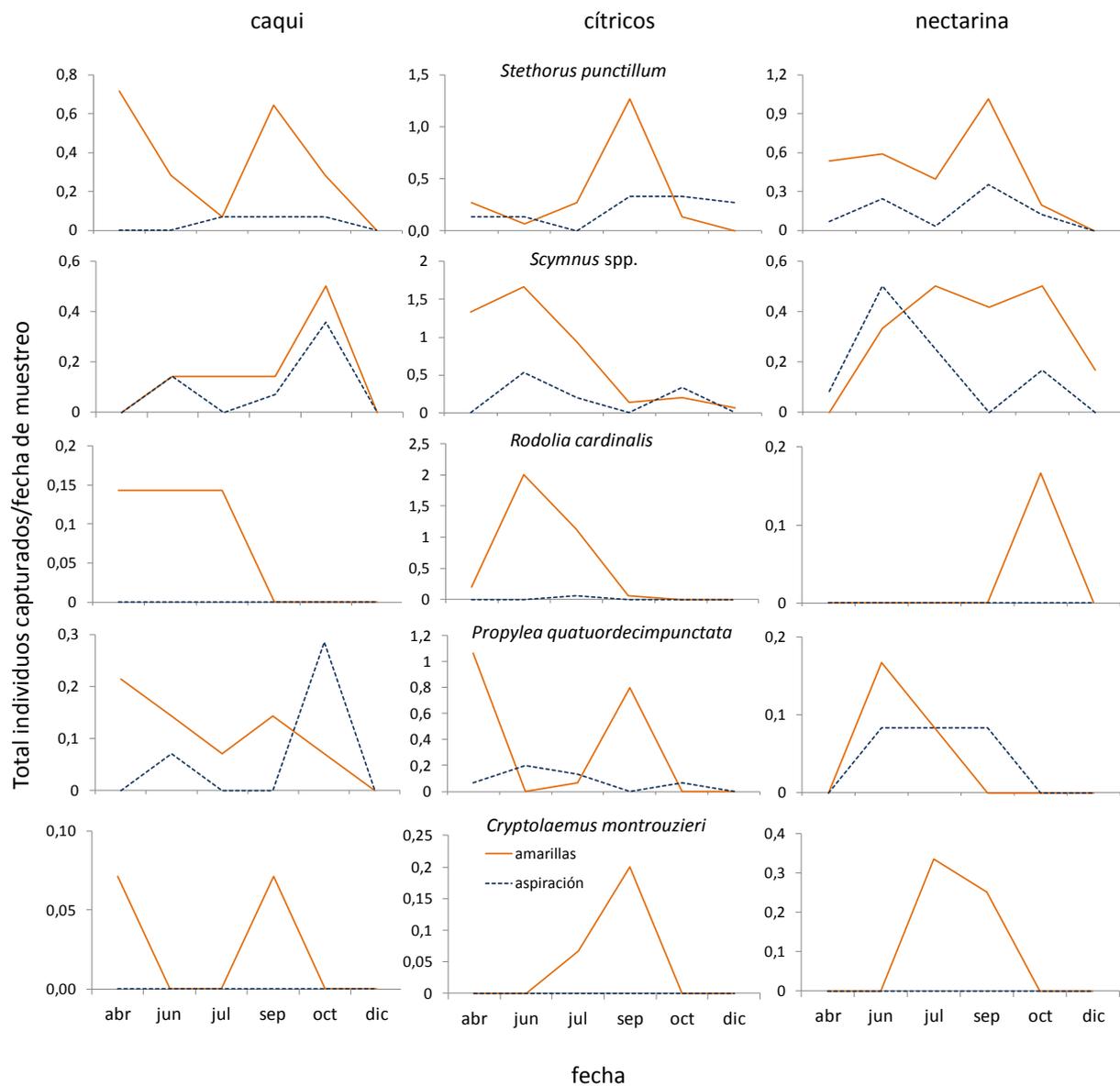


Figura 29. Evolución de las capturas de coccinélidos durante el año 2006, en los tres cultivos estudiados, en función de los dos tipos de muestreo: trampas amarillas (línea continua) y aspiración (línea discontinua).

4.4 Afelínidos

4.4.1 Abundancia

Se han identificado 17 morfoespecies de afelínidos, la mayor parte en cítricos donde por otra parte son más abundantes (tabla 18). Nueve de ellas, se han llegado a identificar a nivel de especie, mientras que en las restantes no se ha pasado del género o incluso de la familia. Las especies más comunes son *Aphytis melinus*, con 1427 individuos y *Cales noacki*, con 853. Ambas constituyen el 91% de los afelínidos capturados. *Encarsia perniciosi*, *Aphytis hispanicus*, *Encarsia lutea* (Masi) y *Aphytis chrysomphali* les siguen en abundancia.

Tabla 18. Número total de afelínidos muestreados en diversos cultivos y sistemas de cultivo en muestreos realizados entre 2006 y 2007 en parcelas cultivadas de la Comunidad Valenciana. Entre paréntesis después del cultivo el número de parcelas muestreadas. Los valores no son directamente comparables entre cultivos ya que el número de parcelas es mayor en el sistema convencional que en el ecológico.

Especie	Cultivo	Sistema						Total (41)
		Convencional			Ecológico			
		Caqui (9)	Cítricos (9)	Nectarina (9)	Caqui (5)	Cítricos (6)	Nectarina (3)	
<i>Aphytis melinus</i>		14	527	30	80	767	9	1427
<i>Cales noacki</i>		58	303	53	10	415	14	853
<i>Encarsia perniciosi</i>		6	5	32	5	3	36	87
<i>Aphytis hispanicus</i>		1	4	21	9	1	9	45
<i>Encarsia lutea</i>		5	13	0	6	11	1	36
<i>Aphytis chrysomphali</i>		4	7	1	0	4	2	18
Aphelinidae sp. 1		0	0	0	3	1	0	4
<i>Encarsia</i> sp. 1		2	0	0	0	1	0	3
<i>Encarsia</i> sp. 2		1	1	0	0	1	0	3
<i>Encarsia</i> sp. 3		0	0	0	2	1	0	3
<i>Encarsia</i> sp. 4		0	3	0	0	0	0	3
<i>Aphelinus semiflavus</i>		1	0	1	1	0	0	3
<i>Encarsia</i> sp. 5		0	1	0	0	1	0	2
Aphelinidae sp. 2		0	1	0	1	0	0	2
<i>Coccophagus lycimnia</i>		0	1	0	1	0	0	2
Aphelinidae sp. 3		0	0	0	1	0	0	1
<i>Marietta picta</i>		0	1	0	0	0	0	1
Total		92	867	138	119	1206	71	2493

El género *Aphytis* está representado por tres especies, *A. melinus*, *A. hispanicus* y *A. chrysomphali*. Destaca la clara predominancia de *A. melinus* frente al resto de especies del mismo género (96%). Troncho *et al.* (1992), en un estudio realizado en cítricos durante los años 1988 y 1990, encontraron unos porcentajes totalmente opuestos, en ese caso *A. chrysomphali* fue la especie más abundante seguida de *A.*

hispanicus y *A. lepidosaphes* mientras *A. melinus* era una especie testimonial (menos del 1%). Pina (2007) durante 1999-2000 encontró en parcelas de la comarca de la Ribera un 77% de *A. chrysomphali*. Sin embargo, Sorribas *et al.* (2008) encuentran que estas proporciones habían cambiado entre los años 2004 y 2007, siendo *A. melinus* la especie predominante (63% de capturas en trampas cromáticas y de feromonas). Otras especies que han sido identificadas son *Coccophagus lycimnia* (Walker), citada como parasitoide de *Saissetia oleae* en cítricos y olivos en la Comunidad Valenciana (Tena *et al.*, 2008), *Aphelinus semiflavus* Howard, parasitoide de pulgones (García-Mercet, 1930) y *Marietta picta* (André), considerado hiperparasitoide de otras especies de calcidoideos (Xu, 2002; Noguera *et al.*, 2003).

El sistema de cultivo que se lleva a cabo en las parcelas tiene poca influencia en la presencia y abundancia de afelínidos tal como puede verse en la figura 30. No se encuentran diferencias significativas entre los dos sistemas de cultivo tanto para el conjunto de afelínidos como para cuatro de las seis especies de afelínidos más abundantes. Sin embargo, dos especies de afelínidos son más abundantes en parcelas ecológicas. Se trata de *Encarsia perniciosi* y *Aphytis hispanicus*, cuyo número es un 97% y 41% mayor, respectivamente en parcelas ecológicas.

Al igual que en el caso de los coccinélidos, el factor más importante que determina la abundancia de afelínidos es el cultivo, ya sea en el conjunto de ellos o en cada una de las especies estudiadas. *Aphytis melinus* y *Cales noacki* están presentes casi exclusivamente en el cultivo de los cítricos ya que son parasitoides específicos de dos plagas de ese cultivo, piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* y mosca blanca algodonosa *Aleurothrixus floccosus* respectivamente (Rosen y Debach, 1979; Soto *et al.*, 2001). Un caso similar es el de *Encarsia perniciosi* que aparece casi exclusivamente en nectarina ya que está asociado presumiblemente a poblaciones de piojo de San José *Quadraspidotus perniciosus*, que es una importante plaga de este cultivo. *Encarsia perniciosi* también ataca a *Aonidiella aurantii* en el cultivo de los cítricos (Pina y Verdú, 2007), sin embargo, en la Comunidad Valenciana sólo aparece parasitando *A. aurantii* en la comarca de La Marina (Sorribas *et al.*, 2008). La explicación que se suele dar a este último hecho es que *E. perniciosi* no está bien

adaptada a las elevadas temperaturas de verano (Pina y Verdú, 2007). En nuestro estudio vemos que *E. perniciosi* está presente en la comarca de la Ribera y aparece en el cultivo de los cítricos, aunque a niveles muy bajos.

Parece en principio menos lógico que *A. hispanicus* aparezca en mayor número en las parcelas de nectarina ya que es un parasitoide de una plaga del cultivo de los cítricos, el piojo gris *Parlatoria pergandii* (Ferrière, 1965; Troncho *et al.*, 1992). Esta asociación podría deberse al hecho de que se encontrara parasitando a otro cóccido diaspídido presente en las nectarinas como *Quadraspidotus perniciosus* (Noyes, 2011) o bien que *P. pergandii* se desarrolle también en las nectarinas.

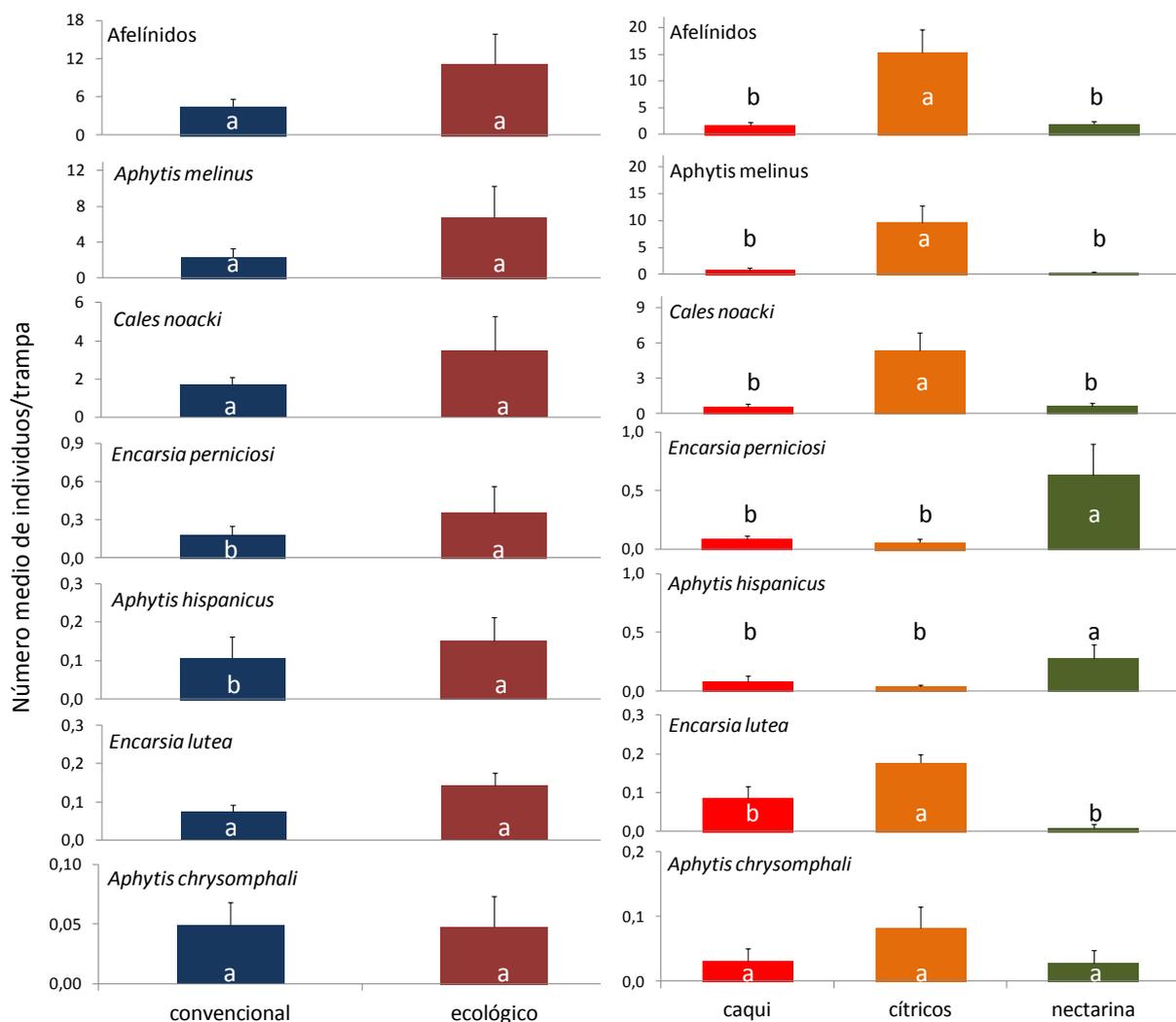


Figura 30. Número medio de afelínidos capturados por trampa en función del sistema de cultivo (izquierda) o del cultivo (derecha). Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Tabla 19. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo en las poblaciones de afelínidos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado). A los valores se les ha aplicado la transformación $\log(x+1)$ antes del análisis.

Especie	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Afelínidos	sistema	1	0,258	1,59	0,208
	cultivo	2	7,664	47,21	0,000
	fecha	8	2,166	13,34	0,000
	sistema x cultivo	2	0,141	0,87	0,421
	sistema x fecha	8	0,144	0,89	0,528
	cultivo x fecha	16	0,316	1,95	0,016
<i>Aphytis melinus</i>	sistema	1	0,203	1,44	0,232
	cultivo	2	5,895	41,63	0,000
	fecha	8	0,748	5,29	0,000
	sistema x cultivo	2	0,039	0,27	0,762
	sistema x fecha	8	0,072	0,51	0,852
	cultivo x fecha	16	0,283	2,00	0,013
<i>Cales noacki</i>	sistema	1	0,061	0,84	0,359
	cultivo	2	3,151	43,25	0,000
	fecha	8	1,166	16,01	0,000
	sistema x cultivo	2	0,005	0,07	0,930
	sistema x fecha	8	0,062	0,85	0,556
	cultivo x fecha	16	0,403	5,53	0,000
<i>Encarsia perniciosi</i>	sistema	1	0,080	4,36	0,038
	cultivo	2	0,365	19,75	0,000
	fecha	8	0,075	4,04	0,000
	sistema x cultivo	2	0,063	3,42	0,034
	sistema x fecha	8	0,016	0,89	0,525
	cultivo x fecha	16	0,043	2,34	0,003
<i>Aphytis hispanicus</i>	sistema	1	0,049	4,27	0,040
	cultivo	2	0,110	9,64	0,000
	fecha	8	0,028	2,41	0,015
	sistema x cultivo	2	0,023	2,04	0,131
	sistema x fecha	8	0,006	0,50	0,858
	cultivo x fecha	16	0,019	1,67	0,051
<i>Encarsia lutea</i>	sistema	1	0,015	1,91	0,167
	cultivo	2	0,060	7,42	0,001
	fecha	8	0,018	2,22	0,026
	sistema x cultivo	2	0,001	0,10	0,902
	sistema x fecha	8	0,007	0,83	0,579
	cultivo x fecha	16	0,004	0,55	0,920
<i>Aphytis chrysomphali</i>	sistema	1	0,000	0	0,9447
	cultivo	2	0,008	1,8	0,167
	fecha	8	0,009	2,01	0,0445
	sistema x cultivo	2	0,005	1,16	0,3136
	sistema x fecha	8	0,010	2,33	0,0193
	cultivo x fecha	16	0,005	1,2	0,267

Encarsia lutea está prácticamente ausente del cultivo de nectarina y aparece en los otros dos cultivos. *Encarsia lutea* ha sido citada como parasitoide de las moscas blancas *Bemisia tabaci* y *Trialeurodes vaporarorium* (Gómez-Menor, 1944; Ferrière, 1965; Rodríguez *et al.*, 1994; Polaszek *et al.*, 1999), así como de *Parabemisia myricae* (Evans, 2007). Su presencia en caqui y cítricos podría explicarse por encontrarse asociada a moscas blancas de hierbas espontáneas de las cubiertas vegetales de ambos cultivos.

4.4.2 Índices de biodiversidad

El cultivo es el único factor que muestra diferencias significativas en el ANOVA factorial al determinar la influencia de los factores sistema de cultivo y cultivo sobre los índices de biodiversidad (figura 31, tabla 20).

Los índices de biodiversidad calculados a partir de los datos de capturas de afelínidos en trampas amarillas no parecen estar influidos por el sistema en el que se encuentran. El número medio de especies por parcela es de $0,87 \pm 0,10$ en las parcelas de cultivo convencional y de $1,05 \pm 0,10$ en cultivo ecológico (figura 31). Tampoco difieren significativamente los valores del índice de uniformidad (convencional $F = 0,21 \pm 0,03$, ecológico $F = 0,24 \pm 0,03$), ni los del índice de Shannon (convencional $e^H = 0,51 \pm 0,08$, ecológico $e^H = 0,60 \pm 0,08$).

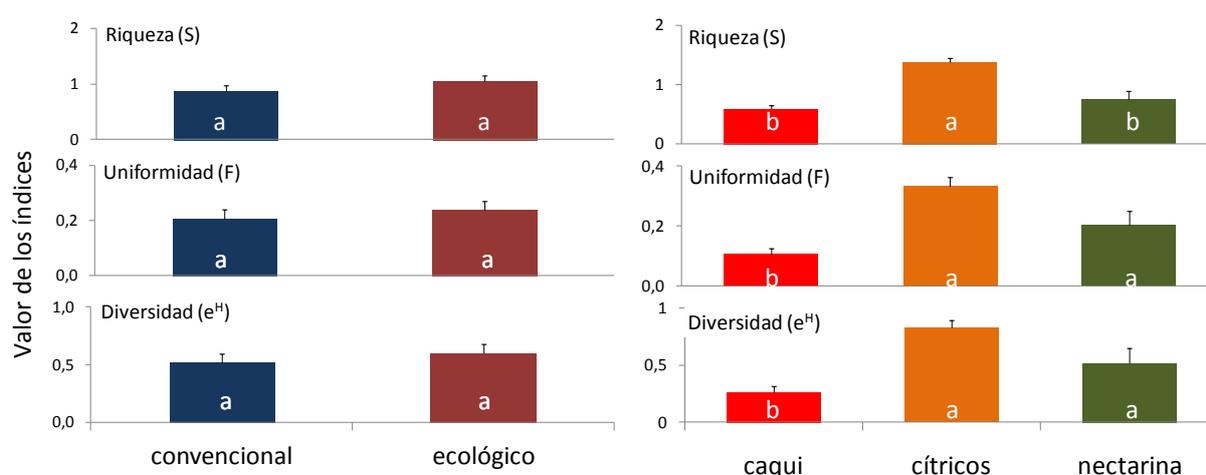


Figura 31. Valores de los índices de biodiversidad, expresados por el índice de Shannon (e^H) y de sus dos componentes la riqueza (S) y la uniformidad (F) en función del sistema de cultivo (izquierda) y del cultivo (derecha) considerando los afelínidos capturados. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Entre cultivos sí que se observan diferencias significativas. El de cítricos es el que mayor riqueza presenta ($S= 1,38\pm 0,08$), superior al valor del índice en caqui ($S= 0,60\pm 0,06$) y nectarina ($S= 0,76\pm 0,14$). La misma pauta se repite en el caso del índice de uniformidad (caqui $F= 0,10\pm 0,02$; cítricos $F= 0,33\pm 0,03$ y nectarina $F= 0,20\pm 0,05$) y del índice de Shannon (caqui $e^H = 0,26\pm 0,05$; cítricos $e^H = 0,83\pm 0,07$ y nectarina $e^H = 0,51\pm 0,13$).

Tabla 20. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo sobre los índices de biodiversidad de los afelínidos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado).

Índice	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Riqueza (S)	sistema	1	3,659	3,86	0,050
	cultivo	2	17,531	18,50	0,000
	fecha	8	9,006	9,50	0,000
	sistema x cultivo	2	2,237	2,36	0,096
	sistema x fecha	8	1,150	1,21	0,290
	cultivo x fecha	16	0,771	0,81	0,670
Uniformidad (F)	sistema	1	0,358	2,95	0,087
	cultivo	2	0,977	8,05	0,000
	fecha	8	0,696	5,73	0,000
	sistema x cultivo	2	0,449	3,70	0,026
	sistema x fecha	8	0,151	1,24	0,274
	cultivo x fecha	16	0,149	1,23	0,243
Diversidad (e^H)	sistema	1	2,875	3,49	0,063
	cultivo	2	6,927	8,42	0,000
	fecha	8	4,760	5,78	0,000
	sistema x cultivo	2	1,989	2,42	0,091
	sistema x fecha	8	1,206	1,47	0,169
	cultivo x fecha	16	0,881	1,07	0,382

4.4.3 Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas

Se puede observar que el porcentaje de parcelas ocupadas por las dos especies más abundantes de afelínidos, *Aphytis melinus* y *Cales noacki*, es prácticamente idéntico, entre el 60 y 80% según el año (figura 32). Sin embargo, *A. melinus* es claramente más abundante y por tanto podemos concluir que tiene tendencia a producir poblaciones más agregadas a nivel de parcelas. Por otra parte, *Cales noacki* es mucho más abundante en 2006 que en 2007 (3,0 *C. noacki* por trampa en 2006 frente a 0,9 en 2007). La razón puede ser la diferente población de mosca blanca algodonosa *A. floccosus* en ambos años.

Las restantes especies de afelínidos muestran una pauta de agregación similar, ya que incrementan la proporción de parcelas ocupadas al incrementar la abundancia. La excepción es *Encarsia lutea* que muestra en 2006 niveles poblacionales inferiores a *E. perniciosi* y *A. hispanicus*. Sin embargo, se encuentra distribuida en un porcentaje de parcelas mucho más elevado (superior al 50%).

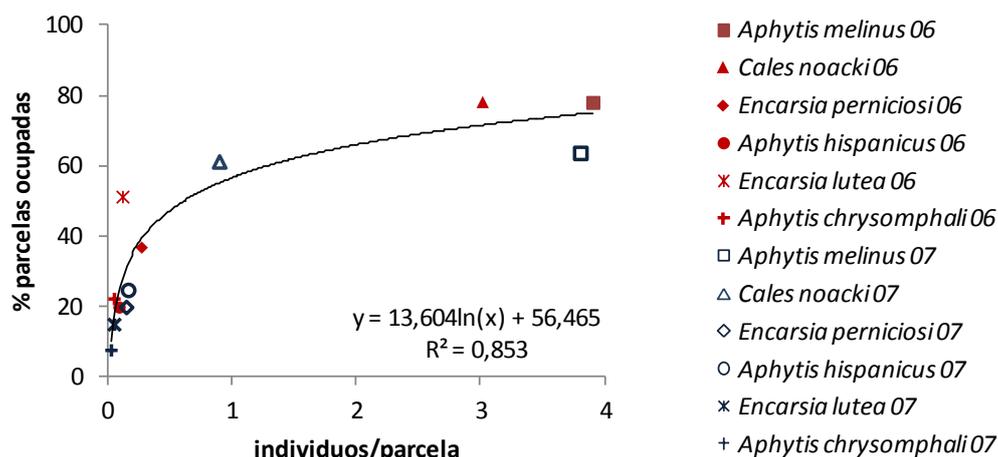


Figura 32. Gráfica de correlación entre la abundancia media por parcela de las diferentes especies de afelínidos y la proporción de parcelas con presencia de la especie de afelínido.

4.4.4 Correlación de abundancia entre plagas y enemigos naturales

La abundancia total de *Cales noacki* y *Encarsia lutea* en cada parcela muestra una correlación positiva con la abundancia de adultos de mosca blanca encontrados en las trampas amarillas en la misma parcela, al comparar las 41 parcelas muestreadas (excluyendo aquellas parcelas en las que no se encuentran individuos de los dos grupos) (tabla 21).

Tabla 21. Valor del coeficiente de correlación entre la abundancia total por parcela de *Cales noacki* y *Encarsia lutea* y sus posibles hospedantes los fitófagos aleiródidos. Se ha llevado a cabo la correlación para el total de parcelas muestreadas y agrupadas por sistema de cultivo (convencional y ecológico) y cultivo (caqui, cítricos y nectarina). Para el cálculo del coeficiente de correlación se ha aplicado la transformación $\log(x+1)$ a los valores de abundancia. Se han resaltado en negrita los valores que son significativos.

Sistema/ Cultivo	<i>Cales noacki</i>	<i>Encarsia lutea</i>	Pares de datos	Valor crítico
Total	0,71	0,61	39	0,31
Convencional	0,53	0,63	25	0,40
Ecológico	0,94	0,55	14	0,53
Caqui	-0,43	0,36	14	0,53
Cítricos	0,44	0,20	15	0,51
Nectarina	0,15	0,08	10	0,66

Según se puede apreciar en la figura 33, esta relación entre mosca blanca y *Cales noacki* se da más en las parcelas ecológicas ($R^2 = 0,88$) que en las convencionales. La respuesta densidad-dependiente del parasitoide se produce sobre todo en las parcelas ecológicas. Esto demuestra que existe una estrecha relación parasitoide-hospedante entre las moscas blancas y su parasitoide que se manifiesta bien en las parcelas ecológicas pero no en las de cultivo convencional ya que los tratamientos con insecticidas alteran la relación directa de abundancia entre ambos.

Alonso (2003) también encuentra una relación entre la mosca blanca de los cítricos y *Cales noacki*, siendo la correlación más fuerte en parcelas no tratadas que en las sometidas a tratamientos químicos convencionales.

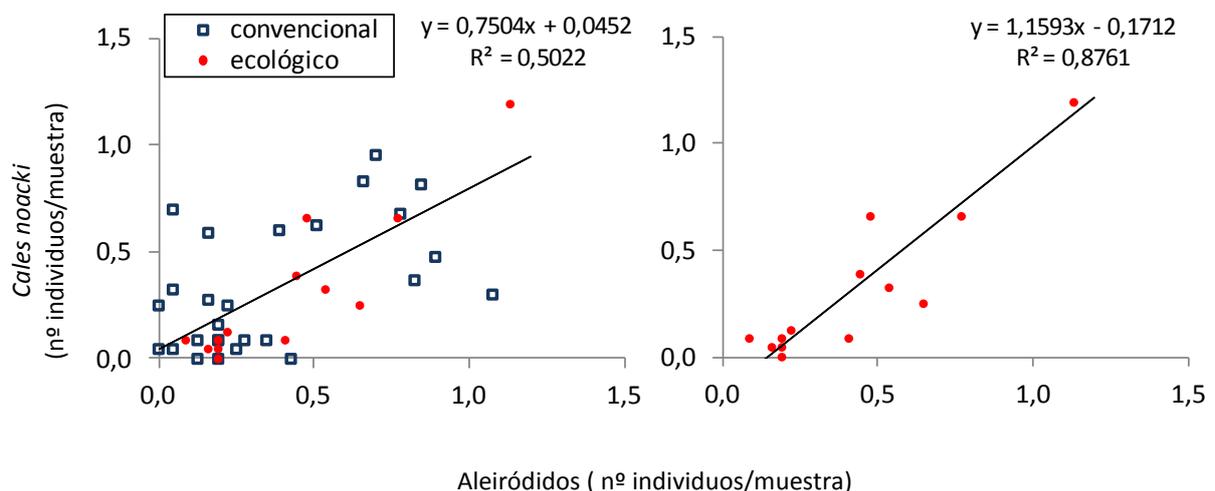
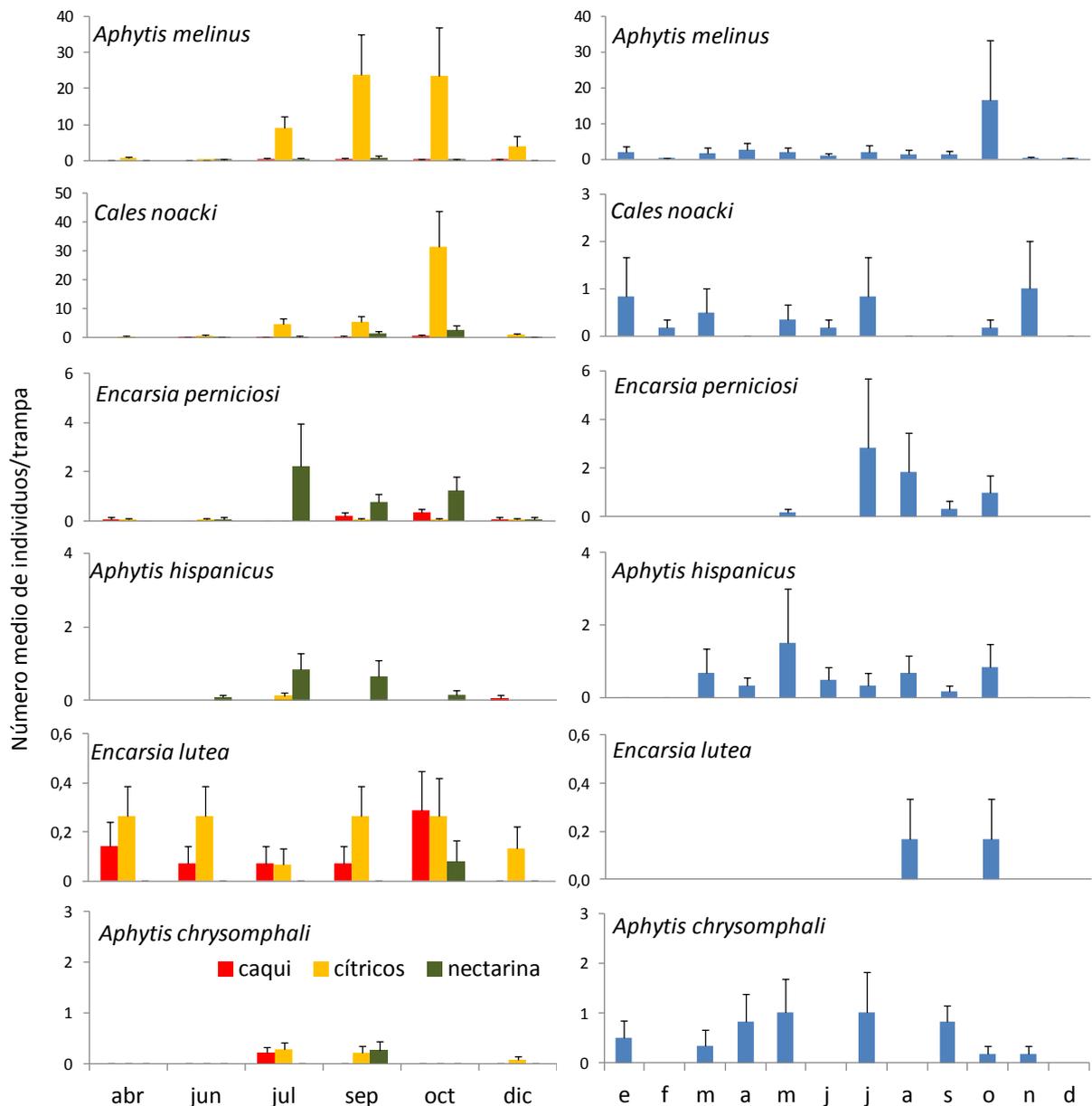


Figura 33. Correlación entre la abundancia media de los aleiródidos y *Cales noacki* en el total parcelas muestreadas (izquierda) y en las 14 parcelas ecológicas (derecha)

4.4.5 Evolución estacional de afelínidos

Las tres especies del género *Aphytis* muestran pautas de evolución estacional de la abundancia a lo largo del año ligeramente diferentes (figura 34). Así, mientras *Aphytis melinus* parece ser más abundante en septiembre y octubre, *A. chrysomphali* y *A. hispanicus* se comportan ambos de manera similar y muestran sus mayores niveles poblacionales en un periodo anterior, entre mayo y septiembre. Troncho *et al.* (1992) estudian la evolución de las poblaciones de *Aphytis* en trampas amarillas durante dos años consecutivos. *Aphytis hispanicus* presenta máximos poblacionales en mayo en los dos años y en octubre el segundo año. *Aphytis chrysomphali* también presenta dos

máximos, aunque en este caso el de primavera sólo el año 2008, mientras que el de otoño se observa durante los dos años muestreados.



Encarsia perniciosi es un parasitoide de Piojo de San José que aparece asociado al cultivo de la nectarina. Las capturas de este afelínido se producen entre junio y octubre. Asplanato y Garcia-Marí (2002) también encuentran en cítricos de Uruguay las máximas capturas de este parasitoide en otoño y verano mientras que son mucho

más bajas en invierno y primavera. Por otra parte *Cales noacki*, parasitoide de la mosca blanca algodonosa, aparece a partir del mes de julio y muestra su mayor nivel poblacional en el mes de octubre. Estos datos coinciden con los proporcionados por otros autores que han estudiado los enemigos naturales de moscas blancas en cítricos valencianos (Garrido *et al.*, 1975; Soto *et al.*, 2001; Soler *et al.*, 2002).

Otro posible parasitoide de mosca blanca es *Encarsia lutea*, que muestra en 2006 una distribución estacional muy amplia a lo largo de todo el año, encontrándose prácticamente en todos los muestreos realizados entre abril y diciembre, tanto en caqui como en cítricos. Esta especie, a pesar de no ser muy abundante, se ha encontrado en 2006 en la mitad de las parcelas muestreadas. Ello sugiere que *Encarsia lutea* se encuentra parasitando a especies de moscas blancas presentes en hierbas comunes en el suelo o en los márgenes de las parcelas que se han muestreado.

4.5 Encírtidos

4.5.1 Abundancia

Se han identificado doce morfoespecies de encírtidos en el total de 3526 especímenes de encírtidos capturados (tabla 22). *Metaphycus* es el género dominante y dentro de él se han identificado dos especies, *Metaphycus flavus* y *Metaphycus helvolus*. Ambos son parasitoides comunes de diversas especies de cóccidos, entre las que se encuentran importantes plagas como *Saissetia oleae*, *Coccus hesperidum*, *C. pseudomagnoliarum* y *Protopulvinaria pyriformis* (Cockerell) (Tena *et al.*, 2008; Tena y García-Marí, 2008; Beltrà *et al.*, 2011).

Tabla 22. Número total de encírtidos muestreados en diversos cultivos y sistemas de cultivo en muestreos realizados entre 2006 y 2007 en parcelas cultivadas de la Comunidad Valenciana. Entre paréntesis después del cultivo el número de parcelas muestreadas. Los valores no son directamente comparables entre cultivos ya que el número de parcelas es mayor en el sistema convencional que en el ecológico.

Especie	Cultivo	Sistema						Total (41)
		Convencional			Ecológico			
		Caqui (9)	Cítricos (9)	Nectarina (9)	Caqui (5)	Cítricos (6)	Nectarina (3)	
<i>Metaphycus flavus</i>		162	1769	39	212	392	54	2628
<i>Syrphophagus aphidivorus</i>		292	30	303	39	41	46	751
<i>Metaphycus helvolus</i>		19	23	0	53	9	0	104
<i>Microterys nietneri</i>		6	2	1	3	0	0	12
<i>Metaphycus</i> sp.		0	4	0	6	2	0	12
<i>Anagyrus pseudocci</i>		3	3	0	1	0	0	7
<i>Encyrtus aurantii</i>		2	1	0	0	3	0	6
<i>Anagyrus</i> sp.		1	1	0	0	0	0	2
<i>Pseudaphycus</i> sp.		1	0	0	0	0	0	1
Encyrtidae sp. 1		0	1	0	0	0	0	1
Encyrtidae sp. 2		1	0	0	0	0	0	1
Encyrtidae sp. 3		0	0	0	1	0	0	1
Total		487	1834	343	315	447	100	3526

Metaphycus helvolus es un parasitoide introducido y aclimatado en los cítricos del área mediterránea, muy efectivo como controlador de cóccidos (Panis, 1977) y considerado como el principal parasitoide de *C. pseudomagnoliarum* en cítricos de la provincia de Valencia (Tena y García-Marí, 2008). *Metaphycus flavus* supone casi el 75% de los encírtidos evaluados. Limón *et al.* (1976b) encuentran a *M. flavus* como el principal himenóptero parasitoide de caparreta negra en cítricos de Castellón. En un estudio llevado a cabo en cítricos utilizando un aspirador portátil, Tena *et al.* (2008) citan a *M. flavus* como el principal parasitoide de *Saissetia oleae* (69,7%), sin

embargo, estos mismos autores estudian también el parasitismo activo y, en este caso, *Metaphycus flavus* supone sólo el 22,3% de los parasitoides emergidos.

Syrphophagus aphidivorus (Mayr) ha sido citado como hiperparasitoide de *Lysiphlebus testaceipes* (Imenes *et al.*, 2002; Buitenhuis *et al.*, 2004). *Microterys nietneri* (Motschulsky) ha sido citado sobre diversas especies de cóccidos entre las que se encuentran *Coccus hesperidum* (Kapranas *et al.*, 2007; Trjapitzin, 2008) y *Coccus pseudomagnoliarum* (Tena y García-Marí, 2008). Algunas especies del género han sido citadas sobre *Ceroplastes* spp. y diversos pseudocóccidos en caqui en China (Xu, 2002). *Encyrtus aurantii* (Geoffroy) parasita a *Coccus hesperidum* (Trjapitzin, 2008).

Como norma general los encírtidos son más abundantes en las parcelas convencionales que en las ecológicas, aunque las diferencias no son significativas (figura 35, tabla 23). El factor cultivo tiene una influencia significativa sobre la abundancia de los encírtidos. *Metaphycus flavus* aparece sobre todo en cítricos mientras que *Syrphophagus aphidivorus* está mucho más presente en el cultivo del caqui y nectarina, donde es el encírtido más abundante. *Metaphycus helvolus* y *Microterys nietneri* son más abundantes en el cultivo del caqui.

Anagyrus pseudococci es un parasitoide autóctono del “cotonet” *Planococcus citri* y otros pseudocóccidos en cítricos y otros cultivos. Villalba *et al.* (2006) en un estudio realizado en parcelas de cítricos del Camp de Turia y la Ribera Alta encuentran que *A. pseudococci* es mucho más abundante en las trampas amarillas que el parasitoide introducido *Leptomastix dactylopii* Howard. Sin embargo, cuando colonias de “cotonet” fueron colocadas a evolucionar en el laboratorio, el número de *L. dactylopii* triplicó al de *A. pseudococci*.

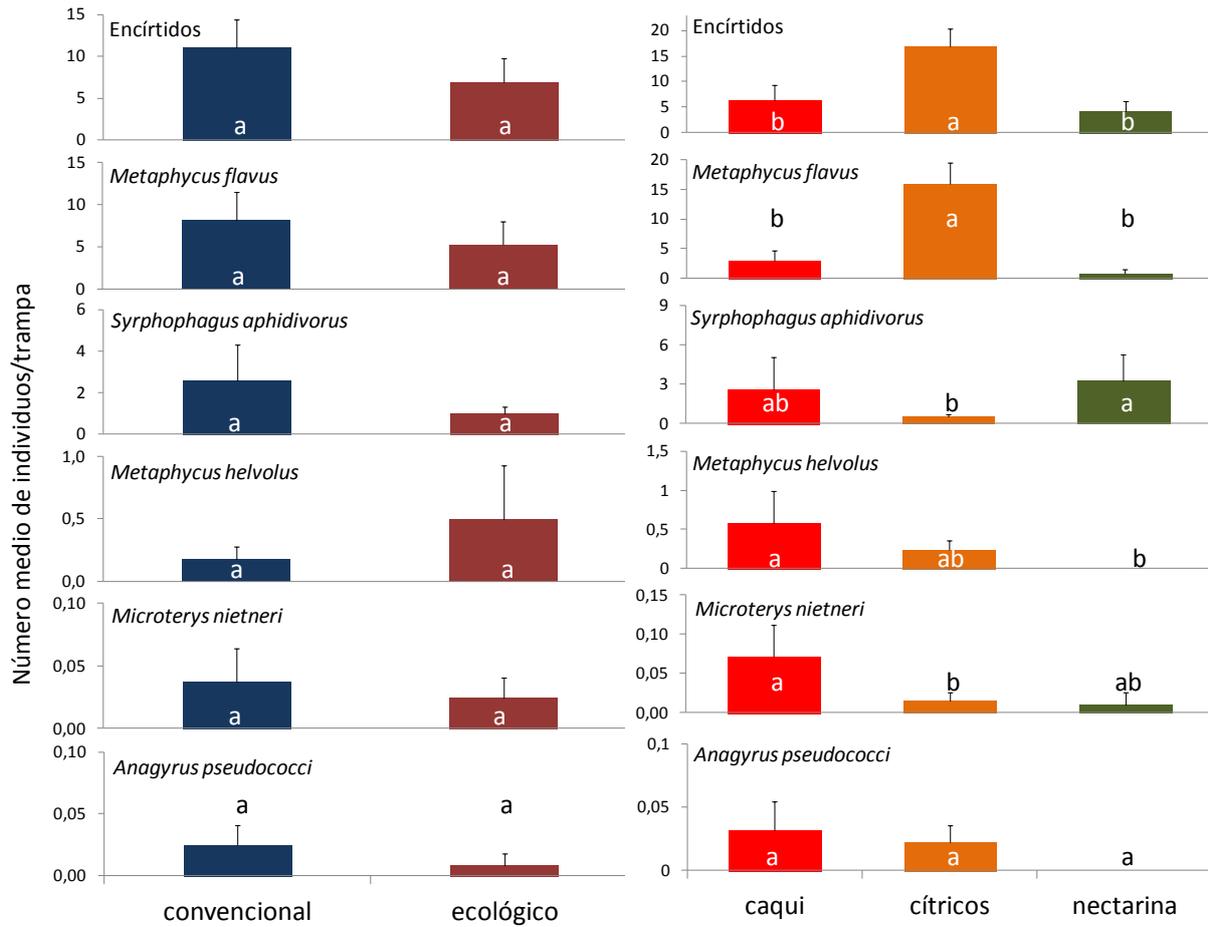


Figura 35. Número medio de encártidos capturados por trampa en función del sistema de cultivo (izquierda) o del cultivo (derecha). Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante ANOVA factorial y la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Tabla 23. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo en las poblaciones de encírtidos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado). A los valores se les ha aplicado la transformación log (x+1) antes del análisis.

Especie	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Encírtidos	sistema	1	0,004	0,02	0,889
	cultivo	2	4,796	21,89	0,000
	fecha	8	0,661	3,02	0,003
	sistema x cultivo	2	1,183	5,40	0,005
	sistema x fecha	8	0,401	1,83	0,071
	cultivo x fecha	16	0,823	3,75	0,000
<i>Metaphycus flavus</i>	sistema	1	0,029	0,16	0,691
	cultivo	2	9,762	52,32	0,000
	fecha	8	0,268	1,44	0,181
	sistema x cultivo	2	1,305	6,99	0,001
	sistema x fecha	8	0,316	1,69	0,099
	cultivo x fecha	16	0,590	3,16	0,000
<i>Syrphophagus aphidivorus</i>	sistema	1	0,028	0,34	0,563
	cultivo	2	0,925	11,01	0,000
	fecha	8	0,573	6,83	0,000
	sistema x cultivo	2	0,005	0,06	0,943
	sistema x fecha	8	0,113	1,35	0,220
	cultivo x fecha	16	0,151	1,80	0,030
<i>Metaphycus helvolus</i>	sistema	1	0,026	1,18	0,277
	cultivo	2	0,146	6,53	0,002
	fecha	8	0,056	2,48	0,013
	sistema x cultivo	2	0,038	1,71	0,182
	sistema x fecha	8	0,012	0,54	0,828
	cultivo x fecha	16	0,032	1,43	0,126
<i>Microterys nietneri</i>	sistema	1	0,000	0,14	0,710
	cultivo	2	0,009	2,68	0,070
	fecha	8	0,002	0,62	0,759
	sistema x cultivo	2	0,001	0,32	0,727
	sistema x fecha	8	0,003	0,94	0,485
	cultivo x fecha	16	0,004	1,19	0,275
<i>Anagyrus pseudococci</i>	sistema	1	0,002	1,23	0,268
	cultivo	2	0,002	1,10	0,333
	fecha	8	0,002	0,88	0,532
	sistema x cultivo	2	0,001	0,48	0,619
	sistema x fecha	8	0,000	0,21	0,989
	cultivo x fecha	16	0,001	0,84	0,638

4.5.2 Índices de biodiversidad

Los índices de biodiversidad de los encírtidos están influidos por el sistema de cultivo (convencional o ecológico) y por el cultivo en el que se encuentran (caqui, cítricos o nectarina) (figura 36, tabla 24). En cuanto a la riqueza, no se han encontrado diferencias significativas entre los dos sistemas de cultivo. El número medio de especies por parcela es de $0,90 \pm 0,08$ en las parcelas de cultivo convencional y de $1,09 \pm 0,11$ en cultivo ecológico. Sin embargo, sí que existen diferencias significativas entre la riqueza de los tres cultivos, el cultivo de caqui y de cítricos presentan mayor riqueza de especies ($S=1,01 \pm 0,09$ y $1,17 \pm 0,08$ respectivamente) que el cultivo de nectarina ($S=0,66 \pm 0,15$).

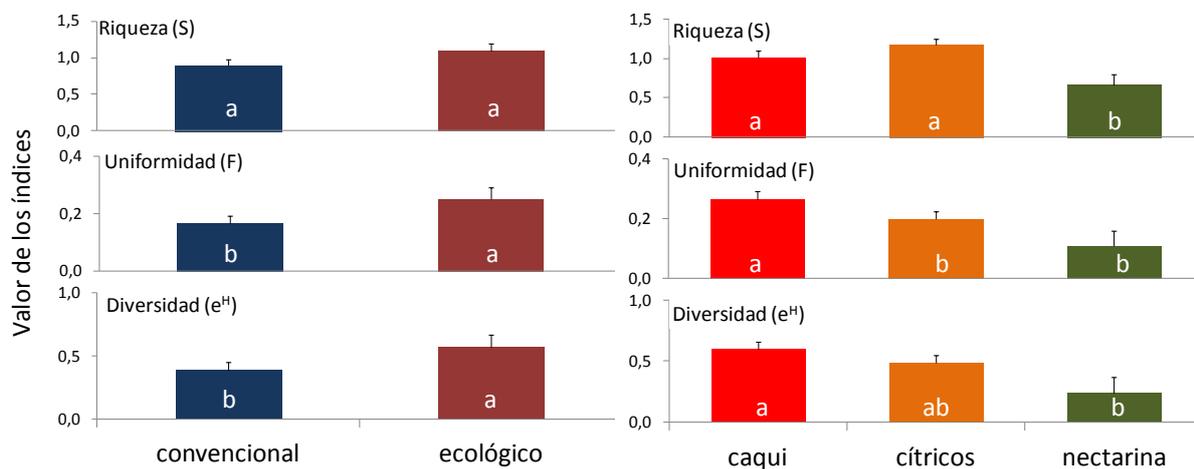


Figura 36. Valores de los índices de biodiversidad, expresados por el índice de Shannon (e^H) y de sus dos componentes la riqueza (S) y la uniformidad (F) en función del sistema de cultivo (izquierda) y del cultivo (derecha) considerando los encírtidos capturados. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

En cuanto al índice de uniformidad, existen diferencias significativas entre los dos sistemas de cultivo (convencional $F=0,17 \pm 0,03$; ecológico $F=0,25 \pm 0,04$) y entre los diferentes cultivos (caqui $F=0,26 \pm 0,03$; cítricos $F=0,20 \pm 0,02$ y nectarina $F=0,11 \pm 0,05$). Por último, en el caso del índice de Shannon se repite la misma pauta, ya que la diversidad es superior en cultivo ecológico ($e^H = 0,57 \pm 0,10$) que en convencional ($e^H = 0,39 \pm 0,06$) y también encontramos diferencias significativas entre caqui ($e^H = 0,60 \pm 0,06$) y nectarina ($e^H = 0,24 \pm 0,13$), aunque no entre cítricos y los otros dos cultivos.

Tabla 24. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo sobre los índices de biodiversidad de los encírtidos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado).

Índice	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Riqueza (S)	sistema	1	1,968	3,23	0,073
	cultivo	2	4,767	7,82	0,001
	fecha	8	2,023	3,32	0,001
	sistema x cultivo	2	1,983	3,25	0,040
	sistema x fecha	8	0,880	1,44	0,178
	cultivo x fecha	16	1,243	2,04	0,011
Uniformidad (F)	sistema	1	0,532	4,69	0,031
	cultivo	2	0,568	5,00	0,007
	fecha	8	0,194	1,71	0,095
	sistema x cultivo	2	0,160	1,41	0,246
	sistema x fecha	8	0,133	1,17	0,319
	cultivo x fecha	16	0,211	1,86	0,024
Diversidad (e^H)	sistema	1	2,319	3,90	0,049
	cultivo	2	3,207	5,39	0,005
	fecha	8	0,968	1,63	0,116
	sistema x cultivo	2	1,082	1,82	0,164
	sistema x fecha	8	0,724	1,22	0,288
	cultivo x fecha	16	1,175	1,98	0,014

4.5.3 Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas

Metaphycus flavus presenta diferencias poblacionales entre los dos años, si bien está presente en un porcentaje de parcelas similar y próximo al 100% en los dos años muestreados (figura 37). *Syrphophagus aphidivorus* también está presente en un elevado porcentaje de parcelas en los dos años, aunque éste es muy superior en 2006. Las restantes especies se encuentran en un número de parcelas menor, reduciendo su porcentaje de presencia en una proporción similar a la abundancia, de forma que quedan próximos a la curva de ajuste entre ambos parámetros.

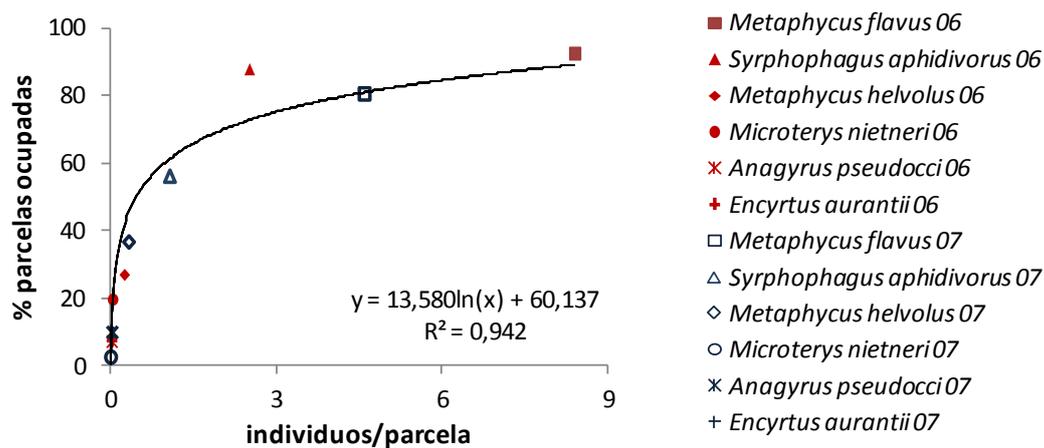


Figura 37. Gráfica de correlación entre la abundancia media por parcela de las diferentes especies de encírtidos y la proporción de parcelas con presencia de la especie de encírtido.

4.5.4 Evolución estacional de encírtidos

Metaphycus flavus y *Metaphycus helvolus* están presentes durante todo el año. El primero es más abundante en primavera y en el cultivo de cítricos, mientras *M. helvolus* es más abundante en otoño y en el cultivo de caqui (figura 38). La evolución estacional de *M. flavus* observada es diferente a la descrita por Tena *et al.* (2007), ya que en su caso las capturas son mayores en verano y otoño. Por otra parte, Bernal *et al.* (2001) en un estudio sobre la fenología de *Coccus pseudomagnoliarum* y sus parasitoides en cítricos de California encuentran que *M. helvolus* es más abundante durante otoño e invierno.

Syrphophagus aphidivorus aparece a niveles mucho más elevados en el año 2006. Durante este año los mayores niveles poblacionales se alcanzan en otoño, coincidiendo con el incremento otoñal de los niveles poblacionales de los pulgones a los cuales hiperparasita. Kavallieratos *et al.* (2002) en un estudio sobre los parasitoides de pulgones de los cítricos en el sur de Grecia, encuentran también una gran variación entre los dos años en que realizan el estudio, pasando de ser el hiperparasitoide mayoritario al tercero en importancia en función del año de estudio.

Microterys nietneri es más abundante durante los meses de verano y otoño. Kapranas *et al.* (2007) encuentran a *M. nietneri* exclusivamente durante los meses de verano en cultivos de cítricos de California.

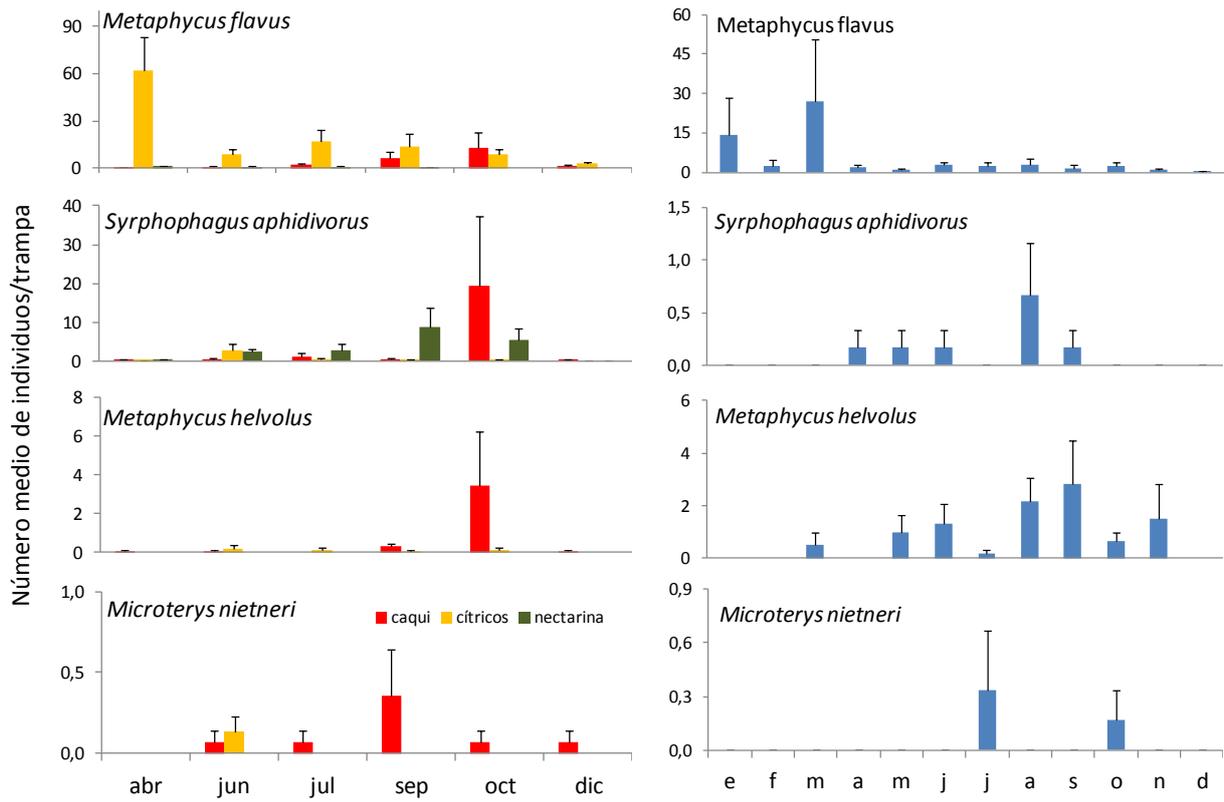


Figura 38. Evolución estacional de los encítidos en 2006 (izquierda) y 2008 (derecha). Las líneas verticales indican el error estándar. En 2006 se representan por separado los tres cultivos estudiados mientras que en 2008 se representa la media de las seis parcelas muestreadas.

4.6 Eulófidos

4.6.1 Abundancia

Se han identificado en total 388 eulófidos, incluidos en 17 morfoespecies (tabla 25). *Ceranisus lepidotus* Graham es la especie más abundante. Es endoparásitoide de ninfas en un amplio abanico de tisanópteros. Ha sido observado parasitando larvas de *Frankliniella occidentalis* y *Limothrips cerealium* Haliday (Lacasa *et al.*, 1996), pero no se ha podido criar a partir de ninguna de las dos especies. Triapitsyn (2005), en una revisión del género *Ceranisus* Walker y otros parasitoides de trips relacionados, cita una muestra enviada por la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) al Museo de Historia Natural de Londres (BMNH) sobre *Diplotaxis erucooides* L. e identificada como *Ceranisus lepidotus*.

Tabla 25. Número total de eulófidos muestreados en diversos cultivos y sistemas de cultivo en muestreos realizados entre 2006 y 2007 en parcelas cultivadas de la Comunidad Valenciana. Entre paréntesis bajo el cultivo se indica el número de parcelas muestreadas. Los valores no son directamente comparables entre cultivos ya que el número de parcelas es mayor en el sistema convencional que en el ecológico.

	Sistema						Total (41)
	Convencional			Ecológico			
Cultivo	Caqui (9)	Cítricos (9)	Nectarina (9)	Caqui (5)	Cítricos (6)	Nectarina (3)	
<i>Ceranisus lepidotus</i>	14	25	11	41	22	0	113
<i>Baryscapus gr. evonymellae</i> sp. 1	0	20	25	7	12	10	74
<i>Citrostichus phyllocnistoides</i>	2	53	0	0	17	0	72
<i>Diglyphus isaea</i>	3	11	10	8	10	3	45
<i>Ceranisus menes</i>	5	10	6	11	1	1	34
Eulophidae sp. 1	0	0	1	18	0	0	19
<i>Baryscapus</i> sp. 2	0	0	0	16	0	0	16
<i>Baryscapus</i> sp. 3	1	0	1	0	0	0	2
<i>Baryscapus</i> sp. 4	1	0	1	0	0	0	2
Eulophidae sp. 2	1	0	0	0	0	1	2
Eulophidae sp. 3	0	0	2	0	0	0	2
Eulophidae sp. 4	0	0	2	0	0	0	2
<i>Aprostocetus</i> sp.	0	0	0	0	1	0	1
Eulophidae sp. 5	0	0	0	1	0	0	1
Eulophidae sp. 6	0	0	0	0	0	1	1
Eulophidae sp. 7	1	0	0	0	0	0	1
Eulophidae sp. 8	1	0	0	0	0	0	1
Total	29	119	59	102	63	16	388

Baryscapus Förster es uno de los géneros más amplios dentro de la familia con 109 especies descritas hasta la fecha (Graham, 1987). Engloba un grupo de especies de difícil identificación de tal manera que muchas especies se han identificado únicamente a nivel de género o incluso son de adscripción genérica dudosa (Gómez *et al.*, 2006). *Baryscapus* ha sido recuperado a partir de brotes con *Saissetia oleae* en olivos de la provincia de Castellón (Noguera *et al.*, 2003); estos autores consideran que es un hiperparasitoide de *Scutellista caerulea*. También está considerado como hiperparásito de parasitoides de *Yponomeuta malinellus* Zeller en cultivo de manzano en Turquía (Gençer, 2003).

Citrostichus phyllocnistoides es un parasitoide exótico. Fue introducido entre los años 1998 y 2000 en la provincia de Valencia junto a otros parasitoides importados (García-Marí *et al.*, 2004). Parasita preferentemente el segundo y tercer estadio del minador de los cítricos, *Phyllocnistis citrella* lo cual justificaría que haya reemplazado a los parasitoides nativos que prefieren los estadios larvarios tercero y cuarto (Costa-Comelles *et al.*, 1997; García-Marí *et al.*, 1997). *Citrostichus phyllocnistoides* es bastante específico y ha sido citado casi exclusivamente sobre *Phyllocnistis citrella* (García-Marí *et al.*, 2004). Esto explicaría el hecho de su aparición exclusivamente en cítricos.

Diglyphus isaea (Walker) es un parasitoide muy común y empleado comercialmente en liberaciones inoculativas para el control biológico de *Liriomyza* Mik en cultivos hortícolas. Ha sido citado como parasitoide de *P. citrella* en cítricos de la provincia de Huelva (González *et al.*, 1996) y de la región mediterránea de Turquía (Elekçioğlu y Uygun, 2006), pero la mayor parte de los capturados en este trabajo deben provenir de agromícidos minadores de hojas de adventicias en la cubierta vegetal de los cultivos.

Ceranisus menes (Walker) es el parasitoide predominante de los trips en todo el mundo (Loomans, 2006). Entre otros parasita a *Scirtothrips citri* Moulton, *Frankliniella occidentalis*, *Frankliniella intonsa* Trybom, *Frankliniella schultzei* Trybom, *Thrips tabaci* y *Thrips major* Uzel (Triapitsyn, 1999). Por último, sólo ha

aparecido un ejemplar de *Aprostocetus* Westwood, género que está citado como hiperparasitoide de *Coccus hesperidum* (Viggiani, 1997; Kapranas *et al.*, 2007).

Los eulófidos son aparentemente más abundantes en cultivo ecológico que en convencional. Esta pauta se mantiene en las especies más abundantes excepto en el caso de *Citrostichus phyllocnistoides*. Sin embargo, en ninguno de los casos estas diferencias son significativas para un nivel de confianza del 95%. Podemos concluir que el sistema de cultivo afecta poco a la presencia y abundancia de eulófidos en las parcelas (figura 39, tabla 26).

Las distintas especies están distribuidas de manera bastante regular en los tres cultivos, la única excepción es *Citrostichus phyllocnistoides*, parasitoide del minador de los cítricos, presente casi exclusivamente en este cultivo (figura 39, tabla 26).

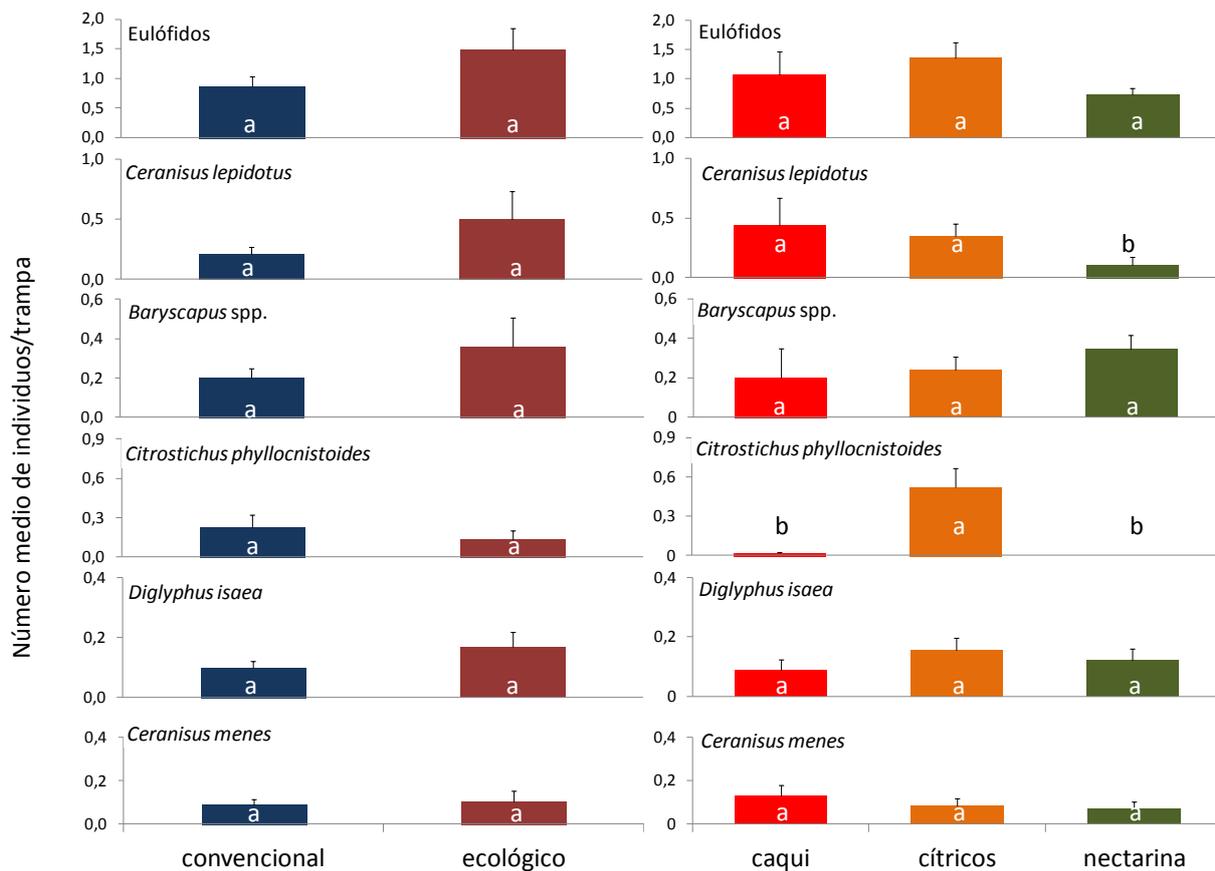


Figura 39. Número medio de eulófidos capturados por trampa en función del sistema de cultivo (izquierda) o del cultivo (derecha). Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Cuando consideramos el total de eulófidos se observa una interacción muy significativa entre sistema de cultivo y cultivo (tabla 26). Esta interacción es debida a que existen pocas diferencias entre sistema de cultivo en el caso de los cultivos de cítricos y nectarina, y, sin embargo, estas diferencias son muy importantes en el caso del caqui, con mayor abundancia de eulófidos en parcelas ecológicas.

Tabla 26. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo en las poblaciones de eulófidos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado). A los valores se les ha aplicado la transformación $\log(x+1)$ antes del análisis.

Especie	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Eulófidos	sistema	1	0,256	3,42	0,065
	cultivo	2	0,118	1,58	0,208
	fecha	8	0,193	2,59	0,009
	sistema x cultivo	2	0,525	7,02	0,001
	sistema x fecha	8	0,095	1,28	0,256
	cultivo x fecha	16	0,095	1,27	0,217
<i>Ceraninus lepidotus</i>	sistema	1	0,015	0,53	0,468
	cultivo	2	0,089	3,23	0,041
	fecha	8	0,130	4,70	0,000
	sistema x cultivo	2	0,068	2,47	0,086
	sistema x fecha	8	0,032	1,17	0,315
	cultivo x fecha	16	0,034	1,25	0,228
<i>Baryscapus spp.</i>	sistema	1	0,030	1,46	0,228
	cultivo	2	0,036	1,72	0,180
	fecha	8	0,141	6,79	0,000
	sistema x cultivo	2	0,051	2,46	0,087
	sistema x fecha	8	0,023	1,13	0,345
	cultivo x fecha	16	0,041	2,00	0,013
<i>Citrostichus phyllocnistoides</i>	sistema	1	0,009	0,53	0,467
	cultivo	2	0,205	12,10	0,000
	fecha	8	0,032	1,92	0,057
	sistema x cultivo	2	0,004	0,26	0,774
	sistema x fecha	8	0,030	1,78	0,080
	cultivo x fecha	16	0,048	2,80	0,000
<i>Diglyphus isaea</i>	sistema	1	0,017	1,88	0,172
	cultivo	2	0,002	0,18	0,838
	fecha	8	0,081	8,68	0,000
	sistema x cultivo	2	0,016	1,67	0,189
	sistema x fecha	8	0,006	0,70	0,693
	cultivo x fecha	16	0,011	1,14	0,314
<i>Ceraninus menes</i>	sistema	1	0,000	0,02	0,881
	cultivo	2	0,014	1,55	0,213
	fecha	8	0,024	2,77	0,006
	sistema x cultivo	2	0,031	3,54	0,030
	sistema x fecha	8	0,005	0,59	0,785
	cultivo x fecha	16	0,010	1,17	0,289

4.6.2 Índices de biodiversidad

Los índices de biodiversidad calculados no difieren entre los dos sistemas de cultivo y parecen estar poco influidos por el cultivo en el que se encuentran (figura 40, tabla 27). El cultivo de cítricos presenta aparentemente mayor riqueza de especies que los otros dos, pero esta diferencia no es significativa. En cuanto al índice de uniformidad, existen diferencias significativas de caqui con cítricos y nectarina, pero no entre estos dos últimos cultivos. En conclusión, la biodiversidad de eulófidos no se ve afectada por el sistema de cultivo y varía poco según el cultivo.

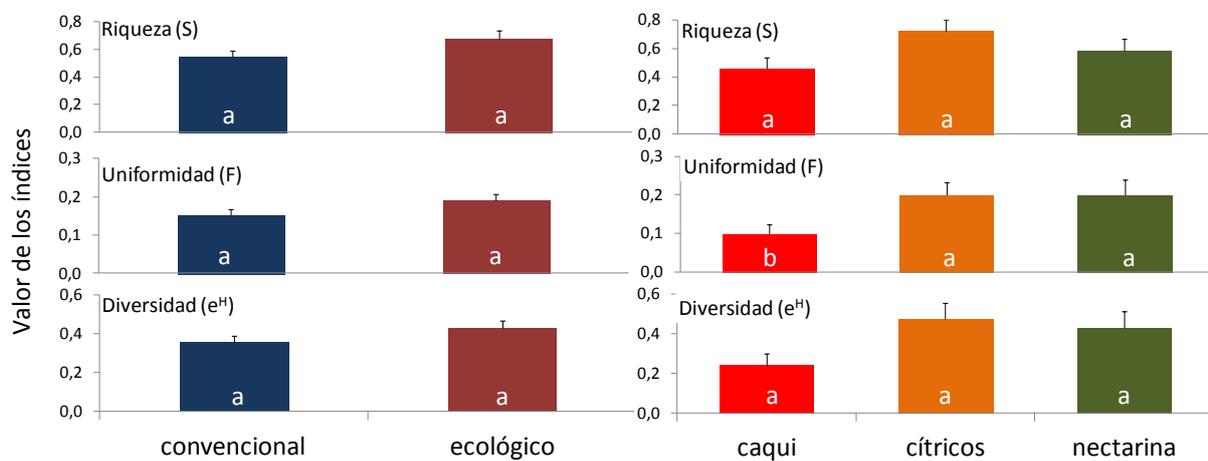


Figura 40. Valores de los índices de biodiversidad, expresados por el índice de Shannon (e^H) y de sus dos componentes la riqueza (S) y la uniformidad (F) en función del sistema de cultivo (izquierda) y del cultivo (derecha) considerando los eulófidos capturados. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Tabla 27. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo sobre los índices de biodiversidad de los eulófidos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado).

Índice	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Riqueza (S)	sistema	1	1,411	1,86	0,174
	cultivo	2	0,696	0,92	0,401
	fecha	8	1,380	1,81	0,073
	sistema x cultivo	2	5,323	7,00	0,001
	sistema x fecha	8	0,847	1,11	0,354
	cultivo x fecha	16	1,142	1,50	0,097
Uniformidad (F)	sistema	1	0,185	1,58	0,210
	cultivo	2	0,278	2,38	0,094
	fecha	8	0,367	3,14	0,002
	sistema x cultivo	2	0,418	3,58	0,029
	sistema x fecha	8	0,106	0,91	0,511
	cultivo x fecha	16	0,230	1,96	0,015
Diversidad (e^H)	sistema	1	0,717	1,11	0,293
	cultivo	2	0,982	1,52	0,221
	fecha	8	1,766	2,73	0,006
	sistema x cultivo	2	3,459	5,34	0,005
	sistema x fecha	8	0,624	0,96	0,465
	cultivo x fecha	16	1,126	1,74	0,039

4.6.3 Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas

De las seis especies de eulófidos, *Citrostichus phyllocnistoides* está los dos años por debajo de la línea de ajuste (figura 41). *Citrostichus phyllocnistoides* está considerado como parasitoide específico del minador de los cítricos y es, por lo tanto, lógico que no esté tan distribuido como el resto de especies de eulófidos. *Ceraninus lepidotus* y *C. menes* son parasitoides de trips y, en principio, los trips pueden encontrarse en los tres cultivos estudiados así como en las malas hierbas de la cubierta vegetal. *Ceraninus lepidotus* y *C. menes* se encuentran en un porcentaje de parcelas similar (20-40%) en los dos años muestreados. Sin embargo, las poblaciones de *C. lepidotus* son muy superiores. Podemos suponer para este parasitoide un rango de hospederos más limitado que para *C. menes*. De hecho *C. menes* es un parasitoide que ha sido citado sobre más de 20 especies de tisanópteros y ha sido recolectado en plantas de flor pertenecientes a más de 20 familias (Loomans, 2003), mientras que *C. lepidotus* ha sido citado sobre un rango de hospedantes mucho menor y sólo en Reino Unido y España (Lacasa *et al.*, 1996; Triapitsyn, 2005).

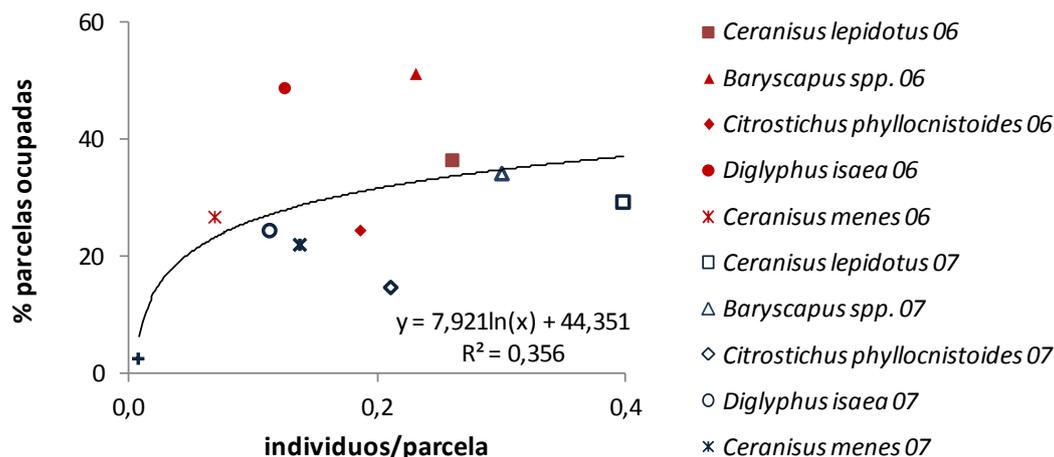


Figura 41. Gráfica de correlación entre la abundancia media por parcela de las diferentes especies de eulófidos y la proporción de parcelas con presencia de la especie de eulófido.

Diglyphus isaea y *Baryscapus* spp. se sitúan (como media de los dos años) por encima de la curva de ajuste. Por tanto aparece en un porcentaje de parcelas más elevado que el que corresponde al número total de individuos identificados. *Diglyphus isaea* es un parasitoide polífago de minadores en múltiples cultivos, incluidas plantas espontáneas, lo que explicaría la mayor frecuencia de este parasitoide. *Baryscapus* spp. no ha podido ser identificado a nivel de especie, sin embargo, se ha constatado la presencia de 4 morfotipos. Esto podría explicar la mayor frecuencia de este género al compararla con el nivel poblacional.

4.6.4 Correlación de abundancia entre plagas y enemigos naturales

Se ha analizado la posible correlación entre las dos especies del género *Ceranisus* y las poblaciones de trípidos capturadas en trampas amarillas. *Ceranisus menes* no muestra correlación con las poblaciones de trípidos, mientras que *C. lepidotus* sí muestra una correlación positiva (tabla 28). Esta correlación es especialmente elevada en el sistema de cultivo ecológico, así como en caqui que es el cultivo que tiene mayores poblaciones de trips (figuras 42 a 44). Aunque ambas especies de eulófidos son consideradas parasitoides de larvas de trips, Loomans (2006) afirma que no hay una estricta asociación entre *C. menes* y la presencia de larvas de trips, ya que el parasitoide acude a menudo a las flores para alimentarse de polen, que

por otra parte es también una fuente de alimento para tisanópteros como *F. occidentalis* (Loomans, 2003).

Tabla 28. Valor del coeficiente de correlación entre la abundancia total por parcela de *Ceranisus menes* y *C. lepidotus* y sus posibles hospedantes los fitófagos trípidos. Se ha llevado a cabo la correlación para el total de parcelas muestreadas y agrupadas por sistema de cultivo (convencional y ecológico) y cultivo (caqui, cítricos y nectarina). Para el cálculo del coeficiente de correlación se ha aplicado la transformación $\log(x+1)$ a los valores de abundancia. Se han resaltado en negrita los valores que son significativos.

Sistema/ Cultivo	<i>Ceranisus menes</i>	<i>Ceranisus lepidotus</i>	Pares de datos	Valor crítico
Total	-0,03	0,39	41	0,30
Convencional	0,09	0,08	27	0,37
Ecológico	-0,12	0,56	14	0,50
Caqui	-0,10	0,93	14	0,50
Cítricos	-0,03	0,44	15	0,48
Nectarina	0,33	0,12	12	0,53

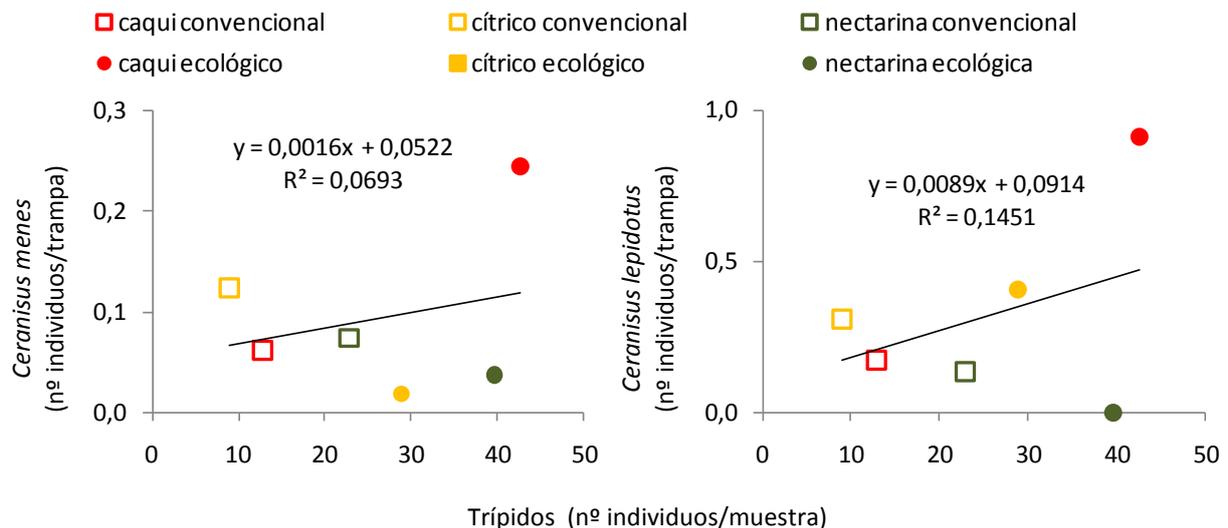


Figura 42. Correlación entre la abundancia media de los parasitoides *C. menes* (izquierda) y *C. lepidotus* (derecha) y los fitófagos de la familia trípidos en las distintas especies de frutales y sistemas de cultivo.

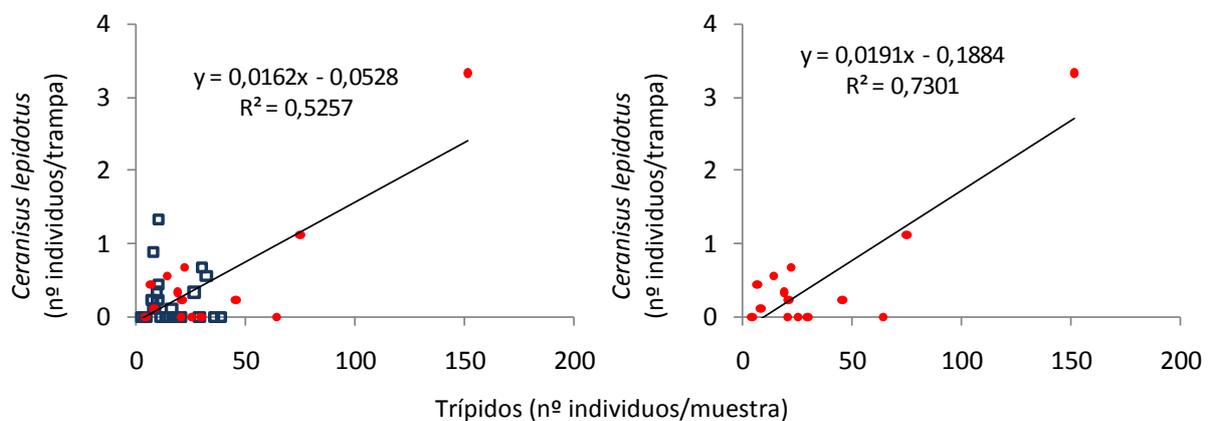


Figura 43. Correlación entre la abundancia media del parasitoide *Ceranisus lepidotus* y los trípidos en la totalidad de parcelas (izquierda) y en las 14 parcelas ecológicas muestreadas (derecha).

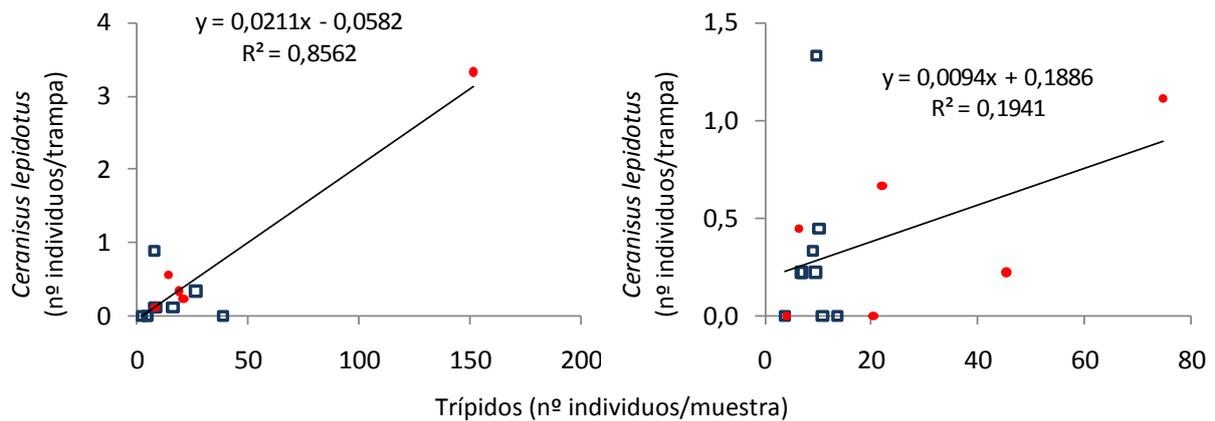


Figura 44. Correlación entre la abundancia media del parasitoide *Ceranisus lepidotus* y los trípidos en las 14 parcelas de caqui (izquierda) y en las 15 parcelas de cítricos muestreadas (derecha).

4.6.5 Evolución estacional de eulófidos

Ceranisus lepidotus en 2006 presenta máximos poblacionales en abril, julio y octubre (figura 45). Lacasa *et al.* (1996), en un seguimiento de parasitoides de trips con trampas amarillas en Campo de Cartagena (Murcia), encuentran máximos poblacionales en abril y junio. Estos mismos autores también estudian la evolución de *C. menes* y sus resultados son bastante similares a los nuestros. *Ceranisus menes* está más distribuido a través de todos los muestreos y los máximos se producen en enero y en junio.

Citrostichus phyllocnistoides es más abundante durante los meses de otoño de 2006 y 2008, y durante la primavera de 2008, condicionado por la presencia de su hospedante. Garcia-Marí *et al.* (2004) encuentran las mayores poblaciones de *C. phyllocnistoides* a finales de verano y en otoño. Estos autores encuentran poblaciones muy bajas de este parasitoide en primavera, sin embargo, los muestreos se inician en abril mientras que nosotros encontramos el máximo primaveral en marzo de 2008.

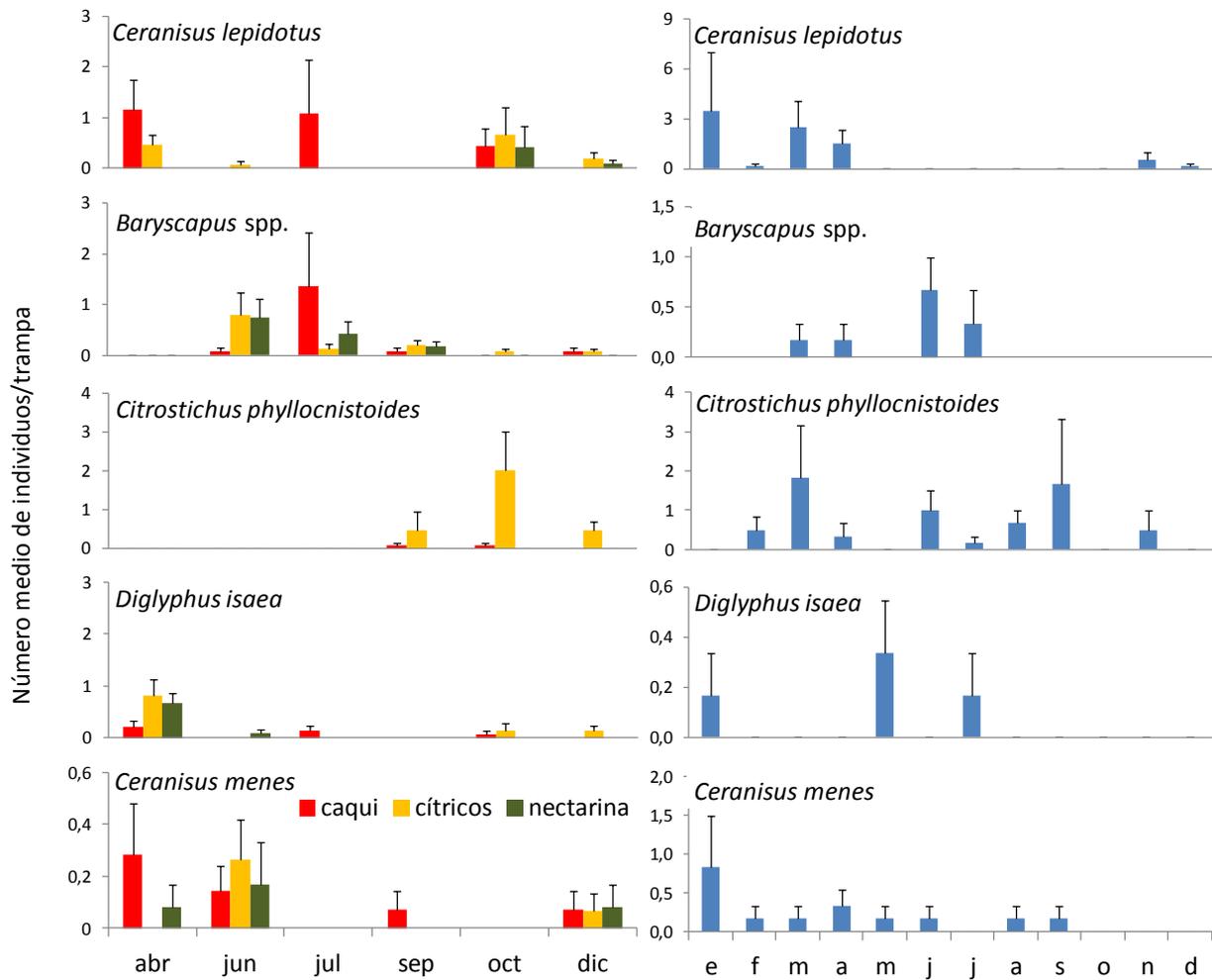


Figura 45. Evolución estacional de las especies de eulófidos en 2006 (izquierda) y 2008 (derecha). Las líneas verticales indican el error estándar. En 2006 se representan por separado los tres cultivos estudiados mientras que en 2008 se representa la media de las seis parcelas muestreadas.

4.7 Mimáridos

4.7.1 Abundancia

Se han identificado un total de 2138 himenópteros pertenecientes a la familia mimáridos, incluidos en 14 morfoespecies. *Stethynium triclavatum* y *Anagrus atomus* son los mimáridos más abundantes (tabla 29). En España los estudios más completos sobre los mimáridos han sido realizados en Navarra. Baquero y Jordana (2002) en un estudio realizado mediante trampas Malaise colocadas próximas a campos de maíz y de melocotoneros, encuentran que el 62% de los mimáridos pertenecen al género *Anagrus*. También ha sido citado en melocotonero en Campania (Italia) (Viggiani *et al.*, 1992). Viggiani (2002) cita a *Stethynium triclavatum* en trampas amarillas en peral y viña junto con cicadélidos del género *Empoasca*.

Tabla 29. Número total de mimáridos muestreados en diversos cultivos y sistemas de cultivo en muestreos realizados entre 2006 y 2007 en parcelas cultivadas de la Comunidad Valenciana. Entre paréntesis después del cultivo el número de parcelas muestreadas. Los valores no son directamente comparables entre cultivos ya que el número de parcelas es mayor en el sistema convencional que en el ecológico.

Cultivo	Sistema						Total
	Convencional			Ecológico			
	Caqui (9)	Cítricos (9)	Nectarina (9)	Caqui (5)	Cítricos (6)	Nectarina (3)	
<i>Stethynium triclavatum</i>	30	36	516	36	31	490	1139
<i>Anagrus atomus</i>	9	12	161	10	12	439	643
<i>Alaptus</i> sp. 1	19	111	35	14	35	7	221
<i>Camptoptera</i> sp.	7	23	30	6	3	8	77
<i>Gonatocerus</i> sp. 1	0	0	2	16	0	0	18
<i>Gonatocerus</i> sp. 2	1	3	3	2	1	1	11
<i>Gonatocerus</i> sp. 3	1	3	0	1	0	1	6
<i>Anaphes</i> sp.	1	0	1	1	2	0	5
<i>Alaptus</i> sp. 2	0	0	0	5	0	0	5
<i>Mymar taprobanicum</i>	1	0	0	2	1	0	4
<i>Gonatocerus</i> sp. 4	2	1	0	0	0	0	3
<i>Polynema</i> sp.	0	2	1	0	0	0	3
Mymaridae sp. 1	1	0	0	1	0	0	2
<i>Litus</i> sp.	0	0	1	0	0	0	1
Total	72	191	750	94	85	946	2138

Alaptus spp. está presente en los tres cultivos, pero es más numeroso en cítricos que, por otra parte, es el cultivo que más psocópteros presenta. Baquero y Jordana (2002) encuentran dos especies del género *Alaptus* en Navarra: *Alaptus fuscus* Förster y *Alaptus pallidicornis* Förster. Ambas son consideradas como parasitoides de huevos de psocópteros.

Camptoptera sp. es un género relativamente abundante (77 individuos capturados). Está citado como parasitoide de coleópteros, hemípteros, lepidópteros, neurópteros y tisanópteros aunque la mayoría de estas relaciones necesitan confirmación (Huber *et al.*, 2009). *Gonatocerus* está citado como parasitoide de especies de las familias Cicadellidae y Membracidae (Mathews, 1986; Huber, 1988).

Tanto el sistema de cultivo como el cultivo tienen una influencia significativa sobre las poblaciones de mimáridos (figura 46). *Stethynium triclavatum* y *Anagrus atomus* son más abundantes en el sistema ecológico que en el convencional y, por otra parte, son más abundantes en nectarina que en el resto de cultivos. La explicación estaría en que sus hospedantes, los cicadélidos, son claramente más abundantes en cultivo ecológico que en convencional y en nectarina que en los otros dos cultivos.

Anagrus atomus es el mimárido que más diferencias presenta entre ambos sistemas de cultivo. *Stethynium triclavatum* es 1,8 veces más abundante en parcelas de cultivo ecológico que en parcelas de cultivo convencional, mientras que la población de *Anagrus atomus* se multiplica por 4,9 en parcelas de cultivo ecológico respecto al convencional (figura 46). Knight (1994) en un estudio en el que compara parcelas de manzano ecológicas frente a convencionales, encuentra que las capturas en trampas pegajosas fueron significativamente más altas en las parcelas ecológicas.

Otros autores han mostrado la sensibilidad del género *Anagrus* a los plaguicidas (Prischmann *et al.*, 2007; Wang *et al.*, 2008) y a la presencia de hospedantes de la familia cicadélidos sobre otras especies de plantas presentes en las proximidades del cultivo (Viaggini, 2002).

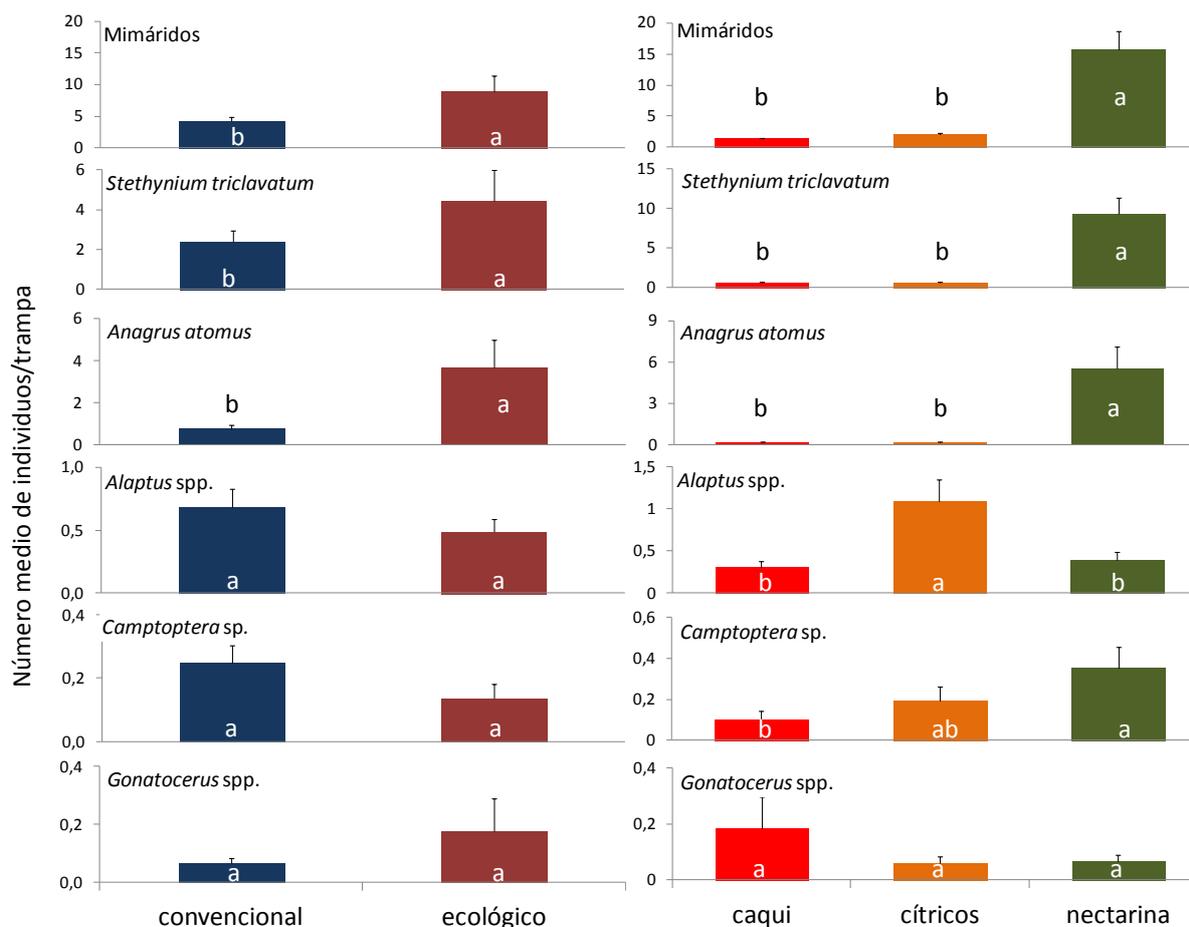


Figura 46. Número medio de mimáridos capturados por trampa en función del sistema de cultivo (izquierda) o del cultivo (derecha). Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Alaptus spp. y *Camptoptera sp.* parecen ser más abundantes en cultivo convencional que en ecológico aunque las diferencias no llegan a ser significativas. El primero es más abundante en cítricos mientras que el segundo lo es en nectarina. Por último *Gonatocerus spp.* es más abundante en las parcelas ecológicas y en el cultivo del caqui.

Tanto el conjunto de mimáridos como *A. atomus* muestran una interacción elevada entre los factores sistema y cultivo. La interacción es debida a que la mayor abundancia en parcelas ecológicas que en convencionales se produce sobre todo en el cultivo de nectarina, mientras que en los otros dos su diferencia es menor (tabla 30).

Tabla 30. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo en las poblaciones de mimáridos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado). A los valores se les ha aplicado la transformación log (x+1) antes del análisis.

Especie	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Mimáridos	sistema	1	1,395	12,07	0,001
	cultivo	2	7,470	64,63	0,000
	fecha	8	2,598	22,48	0,000
	sistema x cultivo	2	0,928	8,03	0,000
	sistema x fecha	8	0,644	5,57	0,000
	cultivo x fecha	16	0,923	7,98	0,000
<i>Stethynium triclavatum</i>	sistema	1	0,666	7,93	0,005
	cultivo	2	5,403	64,38	0,000
	fecha	8	1,986	23,66	0,000
	sistema x cultivo	2	0,153	1,82	0,164
	sistema x fecha	8	0,165	1,97	0,050
	cultivo x fecha	16	0,624	7,43	0,000
<i>Anagrus atomus</i>	sistema	1	1,093	23,25	0,000
	cultivo	2	3,986	84,76	0,000
	fecha	8	0,917	19,49	0,000
	sistema x cultivo	2	0,704	14,97	0,000
	sistema x fecha	8	0,313	6,66	0,000
	cultivo x fecha	16	0,547	11,63	0,000
<i>Alaptus spp.</i>	sistema	1	0,014	0,33	0,564
	cultivo	2	0,298	7,09	0,001
	fecha	8	0,267	6,34	0,000
	sistema x cultivo	2	0,062	1,47	0,231
	sistema x fecha	8	0,088	2,08	0,037
	cultivo x fecha	16	0,129	3,06	0,000
<i>Camptoptera sp.</i>	sistema	1	0,019	1,13	0,290
	cultivo	2	0,049	2,93	0,055
	fecha	8	0,135	8,03	0,000
	sistema x cultivo	2	0,022	1,31	0,272
	sistema x fecha	8	0,031	1,83	0,070
	cultivo x fecha	16	0,024	1,41	0,135
<i>Gonatocerus spp.</i>	sistema	1	0,007	0,73	0,394
	cultivo	2	0,015	1,54	0,217
	fecha	8	0,018	1,84	0,069
	sistema x cultivo	2	0,027	2,84	0,060
	sistema x fecha	8	0,004	0,38	0,929
	cultivo x fecha	16	0,006	0,61	0,873

4.7.2 Índices de biodiversidad

En general, los índices de biodiversidad no se ven afectados por el sistema de cultivo, mientras que sí que lo son por el cultivo (figura 47, tabla 31). El número medio de especies por parcela (riqueza) es de 0,9 en los dos sistemas de cultivo, y esta cifra es muy diferente en los tres cultivos (caqui= $0,67\pm 0,08$; cítricos= $0,89\pm 0,08$ y nectarina= $1,32\pm 0,11$). Esta misma pauta se repite en el caso de los índices de uniformidad y de Shannon, los valores son más elevados en el caso de nectarina y difieren significativamente de caqui y cítricos.

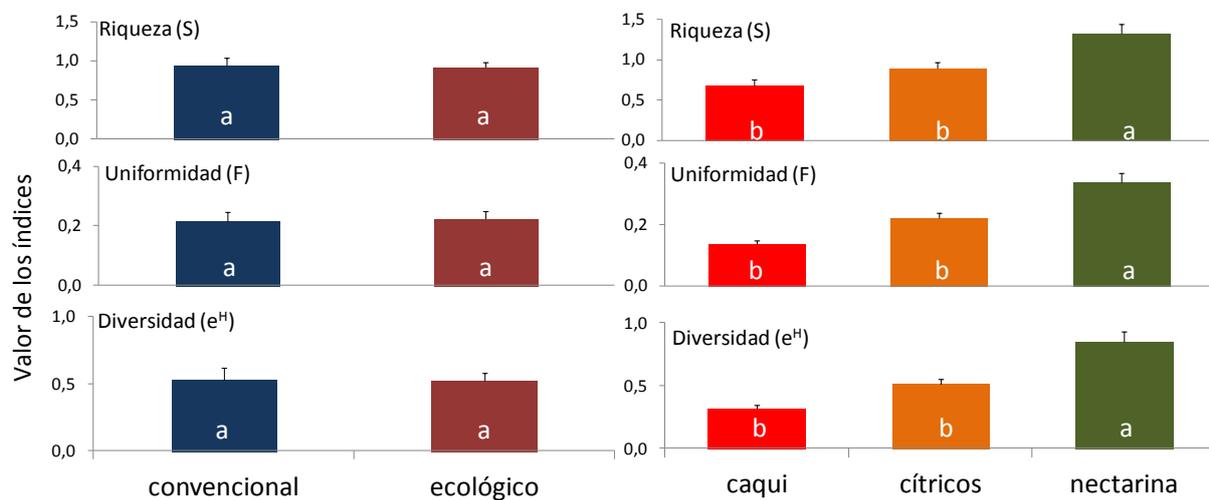


Figura 47. Valores de los índices de biodiversidad, expresados por el índice de Shannon (e^H) y de sus dos componentes la riqueza (S) y la uniformidad (F) en función del sistema de cultivo (izquierda) y del cultivo (derecha) considerando los mimáridos capturados. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Tabla 31. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo sobre los índices de biodiversidad de los mimáridos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado).

Índice	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Riqueza (S)	sistema	1	0,176	0,24	0,622
	cultivo	2	8,702	12,06	0,000
	fecha	8	10,045	13,93	0,000
	sistema x cultivo	2	1,914	2,65	0,072
	sistema x fecha	8	3,135	4,35	0,000
	cultivo x fecha	16	1,653	2,29	0,003
Uniformidad (F)	sistema	1	0,041	0,36	0,546
	cultivo	2	0,724	6,39	0,002
	fecha	8	1,207	10,64	0,000
	sistema x cultivo	2	0,229	2,02	0,134
	sistema x fecha	8	0,383	3,38	0,001
	cultivo x fecha	16	0,187	1,65	0,056
Diversidad (e^H)	sistema	1	0,128	0,20	0,654
	cultivo	2	5,051	7,93	0,000
	fecha	8	7,409	11,63	0,000
	sistema x cultivo	2	2,194	3,44	0,033
	sistema x fecha	8	2,263	3,55	0,001
	cultivo x fecha	16	1,400	2,20	0,005

4.7.3 Relación abundancia-porcentaje de parcelas ocupadas

Stethynium triclavatum y *Alaptus* spp. se encuentran en un porcentaje de parcelas relativamente elevado, entre el 65 y el 80%, durante los dos años. Sin embargo, *Alaptus* spp. es mucho menos abundante. El hecho de que aparezca en un porcentaje de parcelas similares a pesar de su menor abundancia refleja que esta especie se encuentra distribuida en la mayoría de parcelas pero a niveles poblacionales relativamente bajos (figura 48).

Por otra parte, estas dos especies se encuentran establecidas en un número de parcelas que parece independiente de sus poblaciones en cada uno de los años de estudio. Sin embargo, *A. atomus* presenta poblaciones superiores en 2007, y por el contrario, el porcentaje de parcelas ocupadas es muy inferior.

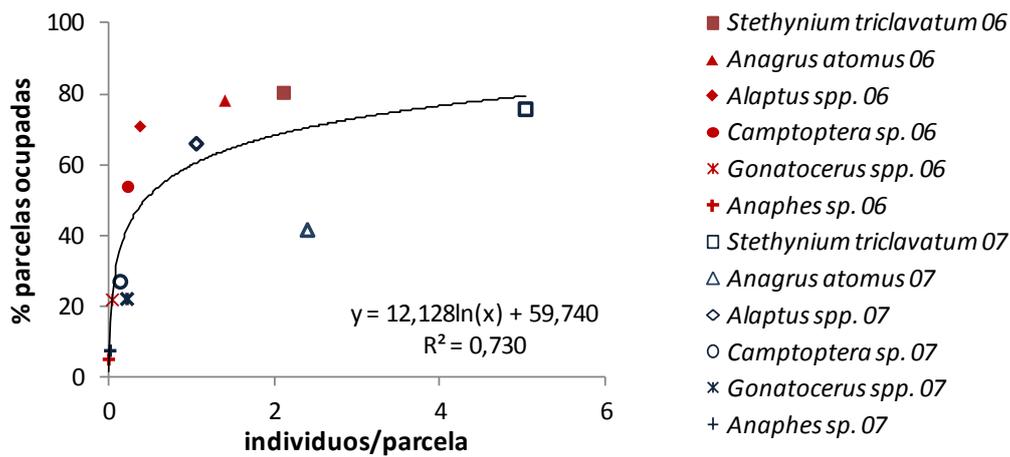


Figura 48. Gráfica de correlación entre la abundancia media por parcela de las diferentes especies de mimáridos y la proporción de parcelas con presencia de la especie de mimárido.

4.7.4 Correlación de abundancia entre plagas y enemigos naturales

Se ha comparado la abundancia por parcela de cada especie de mimárido y de diversas especies de insectos fitófagos, correlacionando ambas abundancias en las 41 parcelas muestreadas. Estas correlaciones se han llevado a cabo para el total de parcelas y agrupando éstas por sistema de cultivo y por cultivo (tabla 32). La abundancia de *S. triclavatum* y *A. atomus* muestran una correlación positiva con la abundancia de cicadélidos. Esta relación se mantiene en el sistema de cultivo ecológico y convencional. Al separar por cultivos esta relación se pierde en caqui y cítricos, pero se mantiene muy elevada en el caso de nectarina (figuras 49 a 51).

Alaptus spp. muestra una correlación con las poblaciones capturadas de psocópteros. Esta correlación sólo se mantiene en el caso de cultivo convencional y en cítricos (tabla 32, figuras 52 y 53). El género *Alaptus* está referenciado como parasitoide de psocópteros (Beardsley y Huber, 2000; Huber *et al.*, 2009). Algunas referencias lo asocian con la familia Coccidae, aunque algunos autores sugieren que es debido al hecho de que huevos de psocópteros frecuentemente se encuentran entre las colonias de cóccidos (Arnaldos *et al.*, 2003).

Tabla 32. Valor del coeficiente de correlación entre la abundancia total por parcela de diversas especies de himenópteros mimáridos y de sus posibles hospedantes, los fitófagos psocópteros, cicadélidos y aleiróidos. Se ha llevado a cabo la correlación para el total de parcelas muestreadas y agrupadas por sistema de cultivo (convencional y ecológico) y cultivo (caqui, cítricos y nectarina). Para el cálculo del coeficiente de correlación se ha aplicado la transformación log (x+1) a los valores de abundancia. Se han resaltado en negrita los valores que son significativos.

Especie	total			convencional			ecológico			caqui			cítricos			nectarina		
	Psocópteros	Cicadélidos	Aleiróidos	Psocópteros	Cicadélidos	Aleiróidos	Psocópteros	Cicadélidos	Aleiróidos	Psocópteros	Cicadélidos	Aleiróidos	Psocópteros	Cicadélidos	Aleiróidos	Psocópteros	Cicadélidos	Aleiróidos
<i>S. triclavatum</i>	0,1	0,9	-0,3	0,0	0,9	-0,4	0,1	0,9	-0,2	-0,1	0,3	-0,2	-0,4	0,6	-0,1	0,2	0,8	0,4
<i>A. atomus</i>	0,1	0,8	-0,2	0,2	0,7	-0,3	0,1	0,9	-0,3	0,0	0,3	-0,4	0,0	0,4	0,2	0,2	0,8	0,5
<i>Alaptus</i> spp.	0,4	-0,4	0,5	0,4	-0,3	0,7	0,3	-0,5	0,1	-0,3	0,0	-0,2	0,5	-0,4	0,2	-0,4	-0,2	0,0
<i>Camptoptera</i>	0,3	0,4	-0,1	0,4	0,5	0,0	0,2	0,6	-0,2	0,0	0,1	-0,4	0,1	0,0	0,0	0,5	0,4	0,2
<i>Gonatocerus</i>	-0,2	0,1	-0,1	0,4	0,1	0,1	-0,5	0,0	-0,2	-0,5	0,6	0,4	0,2	-0,2	-0,5	0,1	-0,1	0,1
Pares de datos	41	41	36	27	27	23	14	14	13	14	14	12	15	15	15	12	12	9
Valor crítico	0,30	0,30	0,32	0,37	0,37	0,40	0,50	0,50	0,51	0,50	0,50	0,53	0,48	0,48	0,48	0,53	0,53	0,60

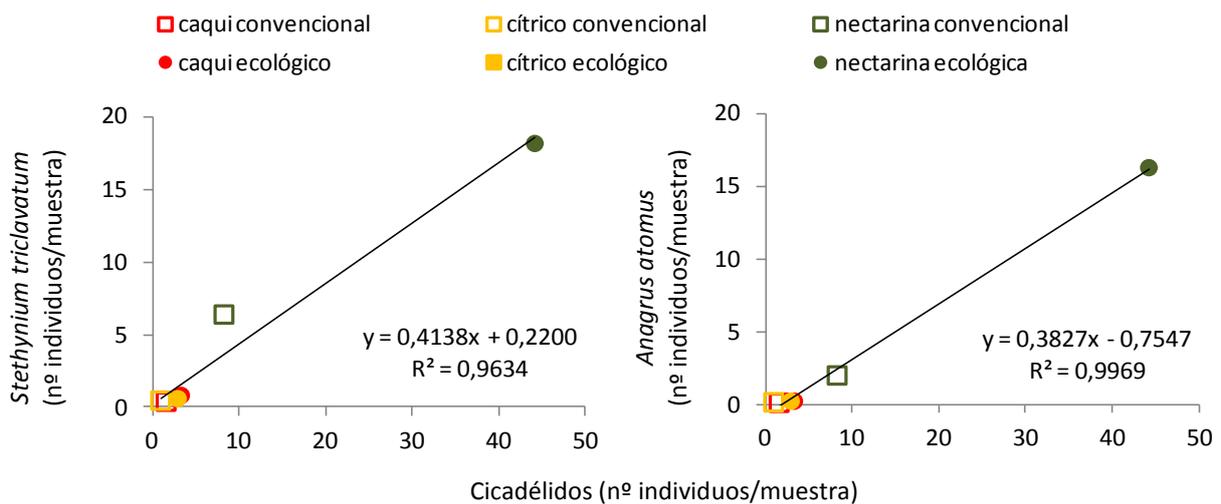


Figura 49. Correlación entre la abundancia media de los fitófagos cicadélidos y el parasitoide *Stethynium triclavatum* (izquierda) y *Anagrus atomus* (derecha) en las distintas especies de frutales y sistemas de cultivo.

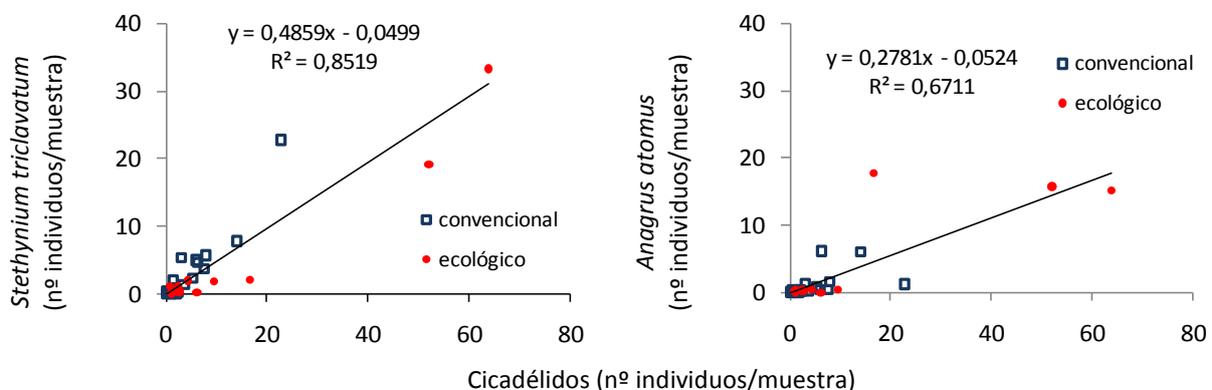


Figura 50. Correlación entre la abundancia media de los fitófagos cicadélidos y el parasitoide *Stethynium triclavatum* (izquierda) y *Anagrus atomus* (derecha) en las 41 parcelas muestreadas.

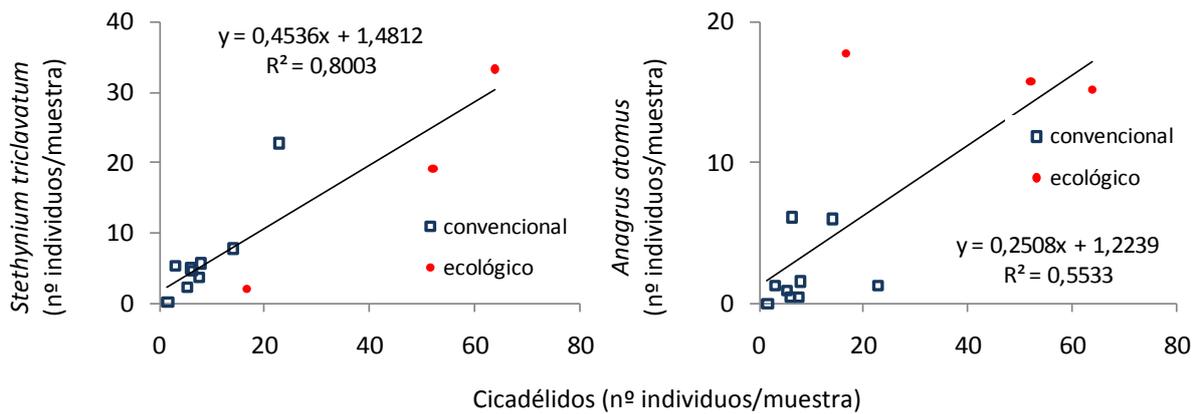


Figura 51. Correlación entre la abundancia media de los fitófagos cicadélidos y el parasitoide *Stethynium triclavatum* (izquierda) y *Anagrus atomus* (derecha) en las 12 parcelas de nectarina muestreadas.

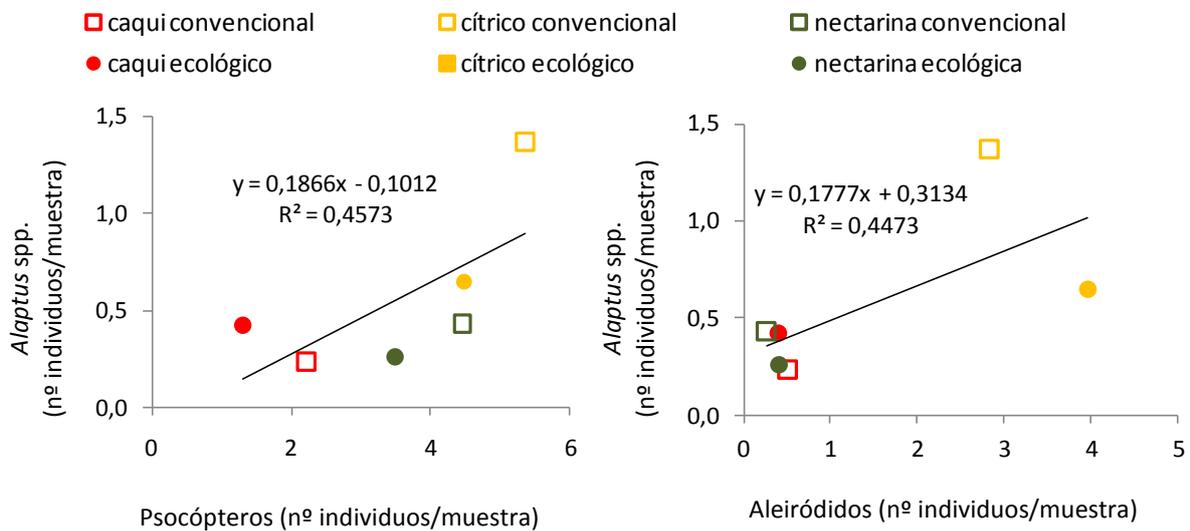


Figura 52. Correlación entre la abundancia media del parasitoide *Alaptus* spp. y los psocópteros (izquierda) y aleiródidos (derecha) en las distintas especies de frutales y sistemas de cultivo.

La relación con los aleiródidos también puede ser indirecta, ya que los psocópteros podrían alimentarse de los restos y melaza de las larvas de mosca blanca igual que probablemente lo hacen en las colonias de cóccidos, de manera que en las parcelas donde hay más mosca blanca y cóccidos productores de melaza también hay más psocópteros y, por lo tanto, mayores poblaciones del género *Alaptus*. *Camptoptera* sp. muestra una correlación positiva significativa con cicadélidos, aunque debido seguramente al escaso número de individuos identificados del mimárido esta correlación sólo es significativa para el total de parcelas, así como al agruparlas en cultivo convencional y ecológico (tabla 32).

Dentro del género *Gonatocerus*, la mayor parte de las especies son parasitoides de huevos de cicadélidos (Matthews, 1986; Virla *et al.*, 2005). Sin embargo, las relaciones entre cicadélidos y *Gonatocerus* spp. son muy débiles en general. El único caso en que esta relación se presenta es en el cultivo del caqui.

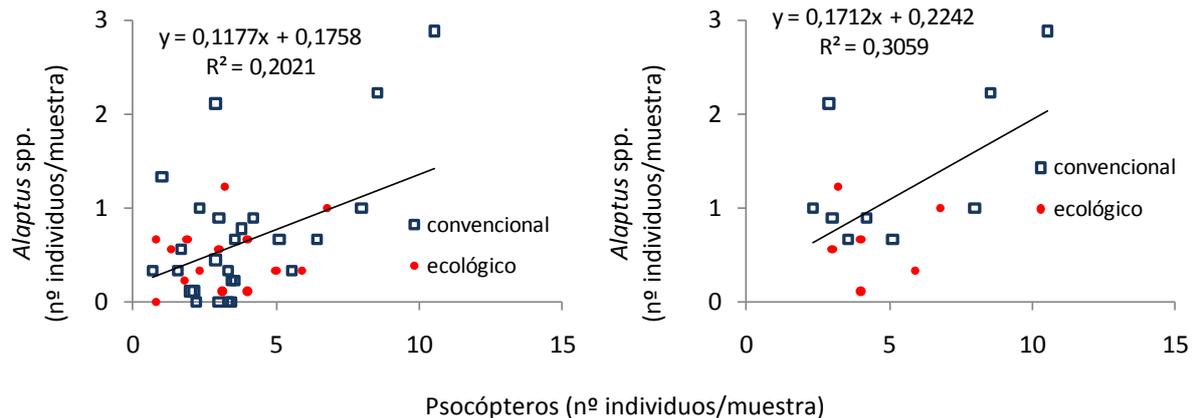


Figura 53. Correlación entre la abundancia media del parasitoide *Alaptus* spp. y los psocópteros en la totalidad de parcelas (izquierda) y en las 12 parcelas de cítricos (derecha).

4.7.5 Evolución estacional de mimáridos

Stethinium triclavatum es más abundante en los meses de verano, coincidiendo con los máximos de cicadélidos (figura 54). La dinámica estacional de *Anagrus atomus* a lo largo del año es similar a la especie anterior, presentando valores máximo en septiembre en 2006 y en julio en 2008. *Alaptus* spp. es el mimárido que aparece de manera más regular durante los muestreos ya que es capturado en casi todos los muestreos realizados en 2006 y en 2008, incluidos los meses de invierno.

La figura 55 muestra la evolución conjunta de los cicadélidos y sus parasitoides, *Stethinium triclavatum* y *Anagrus atomus* durante 2008. Se puede observar claramente que los máximos de los parasitoides llegan un mes después de los máximos del fitófago.

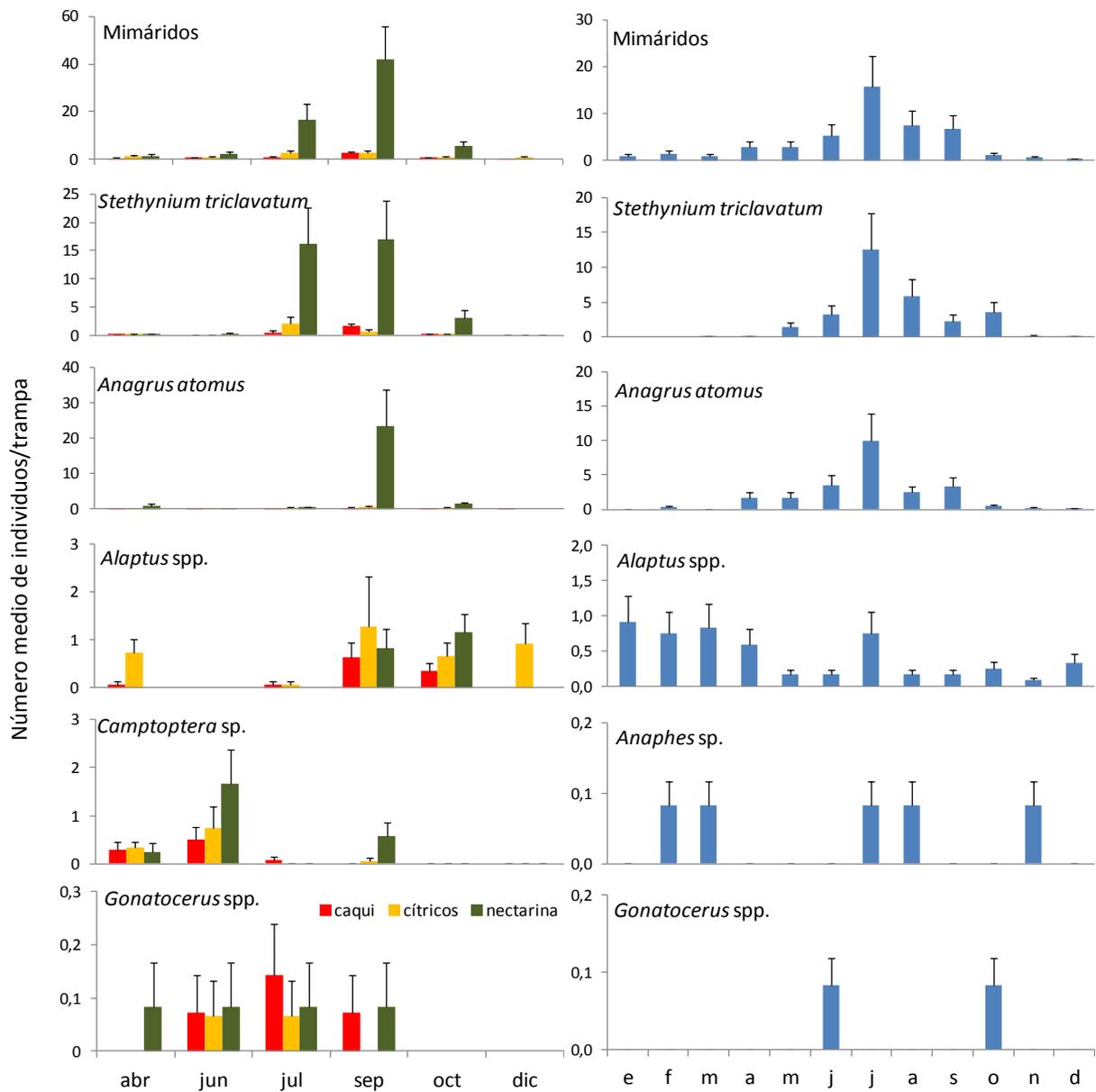


Figura 54. Evolución estacional de las especies de mimáridos en 2006 (izquierda) y 2008 (derecha). Las líneas verticales indican el error estándar. En 2006 se representan por separado los tres cultivos estudiados mientras que en 2008 se representa la media de las seis parcelas muestreadas.

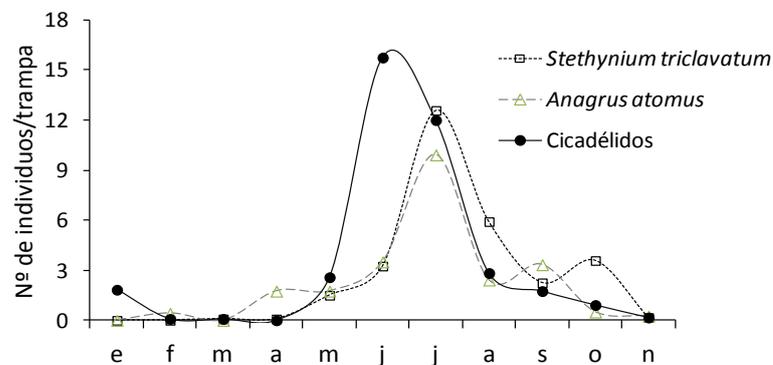


Figura 55. Evolución de los fitófagos cicadélidos y de los parasitoides de huevos *S. triclavatum* y *A. atomus* durante 2008.

4.8 Pteromálidos

4.8.1 Abundancia

En la familia pteromálidos se han identificado 163 especímenes incluidos en un mínimo de 11 morfoespecies (tabla 33). Aunque no podemos considerarlos como insectos beneficiosos y el número de especímenes identificados es relativamente bajo consideramos de interés incluirlos debido a la escasa información sobre esta familia y el hecho de encontrar un número elevado de morfoespecies. Es mayoritario el género *Pachyneuron*, que incluye el 85% de los pteromálidos encontrados, y dentro de él la especie *Pachyneuron aphidis* (Bouché). *Pachyneuron aphidis* está considerado como hiperparasitoide de pulgones a través de bracónidos de la subfamilia Aphidiinae. Entre otros está citado sobre *Aphis spiraecola*, *Myzus persicae*, *Macrosiphum euphorbiae* (Valentine, 1975) y *Pterochloroides persicae* (Rakhshani *et al.*, 2005). Simões *et al.* (2006) encuentran *P. aphidis* sobre *Aphis solanella*, en *Solanum nigrum* L. en parcelas de cítricos de las Azores. El género *Pachyneuron* también está asociado a la familia Psyllidae (Dzhanokmen, 1990) y está citado como hiperparasitoide sobre otros calcidoideos, como *Microterys* spp. (Xu, 2002).

Asaphes Walker es un género de distribución mundial. Muchas de sus especies son hiperparásitas de pulgones, principalmente a través de bracónidos de la subfamilia Aphidiinae (Xiao y Huang, 2000). *Asaphes suspensus* (Nees) está citado sobre *Myzus persicae*, *Aphis pomi* y *Hyalopterus pruni* (Westrum *et al.*, 2010). Suay *et al.* (1998), en un estudio de parasitoides e hiperparasitoides de pulgones en la provincia de Valencia y sus hospedadores, encontraron como hiperparasitoides más frecuentes *Pachyneuron aphidis* y *Asaphes vulgaris* Walker. Berta *et al.* (2002) obtienen estas dos especies a partir de la evolución de momias de *Myzus persicae* y la frecuencia relativa es mayor en el caso de *P. aphidis* (21%) que en *A. vulgaris* (5,3%).

Pteromalus Thomson está asociado a lepidópteros de las familias Gracillariidae, Noctuidae, Pieridae, Pyralidae, Tortricidae, Yponomeutidae y Zigaenidae (Dzhanokmen, 1990). Este parasitoide ha sido obtenido a partir del minador de los cítricos *Phyllocnistis citrella* en limoneros de Portugal (Silva *et al.*, 2006).

Tabla 33. Número total de pteromálicos muestreados en diversos cultivos y sistemas de cultivo en muestreos realizados entre 2006 y 2007 en parcelas cultivadas de la Comunidad Valenciana. Entre paréntesis después del cultivo el número de parcelas muestreadas. Los valores no son directamente comparables entre cultivos ya que el número de parcelas es mayor en el sistema convencional que en el ecológico.

Especie	Cultivo	Sistema						Total (41)
		Convencional			Ecológico			
		Caqui (9)	Cítricos (9)	Nectarina (9)	Caqui (5)	Cítricos (6)	Nectarina (3)	
<i>Pachyneuron aphidis</i>		59	8	8	4	2	4	85
<i>Pachyneuron</i> sp. 1		9	0	4	3	4	5	25
<i>Pachyneuron</i> sp. 2		4	1	3	1	3	1	13
<i>Pachyneuron</i> sp. 3		0	0	0	0	11	0	11
<i>Pteromalidae</i> sp. 1		0	3	1	5	1	1	11
<i>Asaphes suspensus</i>		3	0	0	1	1	2	7
<i>Pachyneuron</i> sp. 4		2	1	1	0	0	0	4
<i>Pachyneuron</i> sp. 5		0	0	0	0	4	0	4
<i>Pteromalus</i> sp. 1		0	0	0	0	0	1	1
<i>Pteromalus</i> sp. 2		0	0	0	1	0	0	1
<i>Arthrolytus</i> sp.		0	0	1	0	0	0	1
Total		77	13	18	15	26	14	163

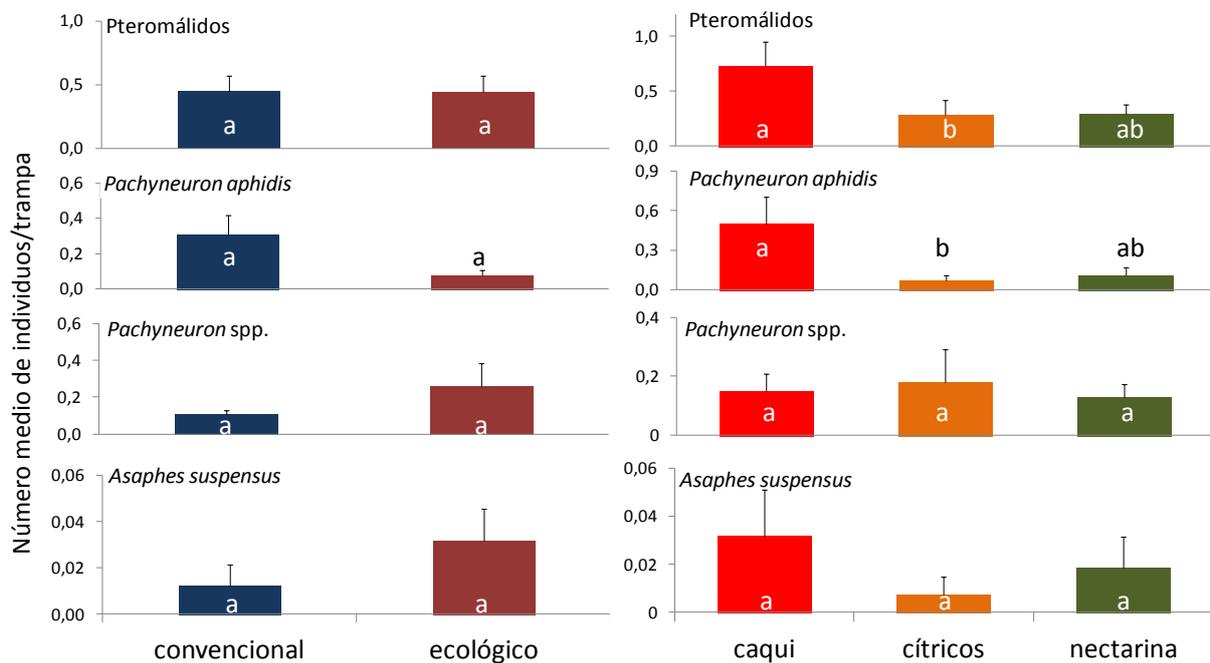


Figura 56. Número medio de pteromálicos capturados por trampa en función del sistema de cultivo (izquierda) o del cultivo (derecha). Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

El sistema de cultivo no tiene influencia sobre las poblaciones de pteromálidos. El cultivo sí que tiene importancia en el caso de los pteromálidos en general y de *Pachyneuron aphidis* en particular, ya que son significativamente más abundantes en el cultivo del caqui que en cítricos (figura 56, tabla 34).

Tabla 34 . Influencia del sistema de cultivo y del cultivo en las poblaciones de pteromálidos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado). A los valores se les ha aplicado la transformación $\log(x+1)$ antes del análisis.

Especie	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Pteromálidos	sistema	1	0,029	1,04	0,310
	cultivo	2	0,092	3,25	0,040
	fecha	8	0,352	12,43	0,000
	sistema x cultivo	2	0,107	3,77	0,024
	sistema x fecha	8	0,030	1,07	0,382
	cultivo x fecha	16	0,077	2,72	0,000
<i>Pachyneuron aphidis</i>	sistema	1	0,023	1,78	0,183
	cultivo	2	0,051	3,88	0,022
	fecha	8	0,187	14,13	0,000
	sistema x cultivo	2	0,044	3,33	0,037
	sistema x fecha	8	0,044	3,30	0,001
	cultivo x fecha	16	0,063	4,80	0,000
<i>Pachyneuron spp.</i>	sistema	1	0,015	1,06	0,304
	cultivo	2	0,003	0,21	0,811
	fecha	8	0,066	4,59	0,000
	sistema x cultivo	2	0,042	2,93	0,055
	sistema x fecha	8	0,027	1,88	0,063
	cultivo x fecha	16	0,015	1,03	0,422
<i>Asaphes suspensus</i>	sistema	1	0,005	3,03	0,083
	cultivo	2	0,002	1,07	0,345
	fecha	8	0,004	2,29	0,022
	sistema x cultivo	2	0,004	2,13	0,120
	sistema x fecha	8	0,002	0,88	0,530
	cultivo x fecha	16	0,002	0,91	0,559

4.8.2 Índices de biodiversidad

Los índices de biodiversidad parecen ser similares en cultivo ecológico que en convencional, mientras que la riqueza es aparentemente mayor en el cultivo de caqui que en el resto de cultivos. No obstante, las diferencias no son significativas en ninguno de los casos (figura 57, tabla 35). Se puede concluir que la biodiversidad de pteromálidos se ve poco influenciada por el sistema de cultivo y por la especie de frutal cultivado.

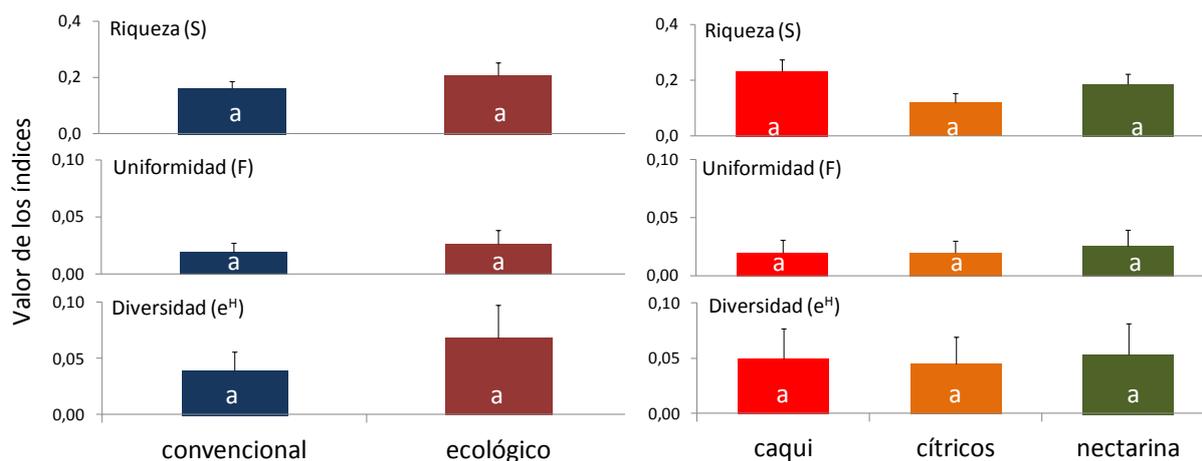


Figura 57. Valores de los índices de biodiversidad, expresados por el índice de Shannon (e^H) y de sus dos componentes la riqueza (S) y la uniformidad (F) en función del sistema de cultivo (izquierda) y del cultivo (derecha) considerando los pteromálidos capturados. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Tabla 35. Influencia del sistema de cultivo y del cultivo sobre los índices de biodiversidad de los pteromálidos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado).

Índice	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Riqueza (S)	sistema	1	0,739	3,82	0,051
	cultivo	2	0,449	2,32	0,100
	fecha	8	2,148	11,11	0,000
	sistema x cultivo	2	0,286	1,48	0,229
	sistema x fecha	8	0,262	1,36	0,215
	cultivo x fecha	16	0,339	1,75	0,036
Uniformidad (F)	sistema	1	0,005	0,28	0,595
	cultivo	2	0,002	0,11	0,894
	fecha	8	0,087	4,86	0,000
	sistema x cultivo	2	0,003	0,19	0,823
	sistema x fecha	8	0,010	0,58	0,798
	cultivo x fecha	16	0,019	1,04	0,412
Diversidad (e^H)	sistema	1	0,045	0,43	0,512
	cultivo	2	0,001	0,01	0,986
	fecha	8	0,475	4,51	0,000
	sistema x cultivo	2	0,005	0,05	0,950
	sistema x fecha	8	0,076	0,72	0,670
	cultivo x fecha	16	0,135	1,28	0,209

4.8.3 Relación abundancia -porcentaje de parcelas ocupadas

Al relacionar en pteromálidos la abundancia media por parcela y la proporción de parcelas ocupadas vemos que *Pachyneuron aphidis* y *Pachyneuron* spp. se sitúa por encima de la curva de tendencia en 2006 y por debajo en 2007. Sin embargo, en el caso de *Pachyneuron* spp. no existe una correspondencia entre los valores de capturas y el porcentaje de parcelas ocupadas. Esto podría ser debido a que se han encontrado, al menos, cuatro morfotipos de *Pachyneuron* spp. que podrían corresponder a otras tantas especies (figura 58).

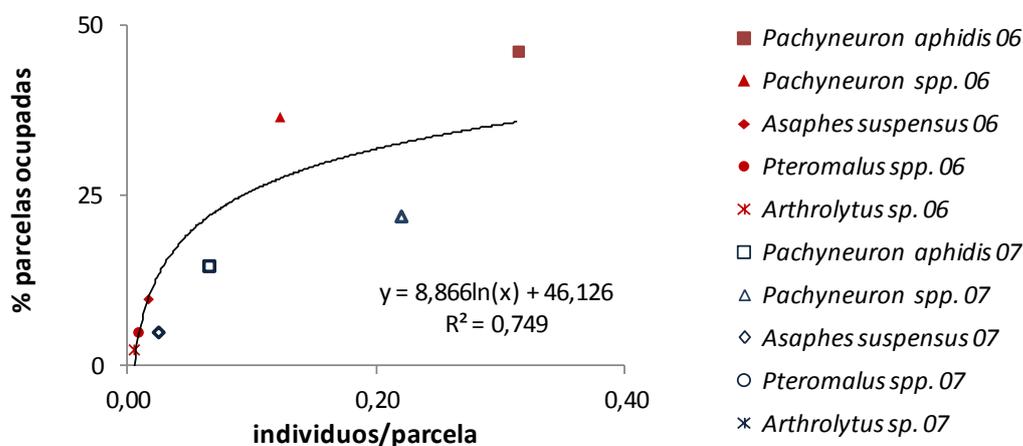


Figura 58. Gráfica de correlación entre la abundancia media por parcela de las diferentes especies de pteromálidos y la proporción de parcelas con presencia de la especie de pteromárido.

4.8.4 Evolución estacional

Pachyneuron aphidis y, en general, otras especies del género *Pachyneuron* están presentes en los meses de verano, mientras que *Asaphes suspensus* aparece en los muestreos de invierno (2008) y primavera (2006). No obstante, las bajas capturas realizadas de esta última especie no permiten definir bien una pauta de presencia a lo largo del año. Estos datos son distintos de los publicados por Kavallieratos *et al.* (2002). Estos autores encuentran a los dos géneros de hiperparasitoides coincidiendo en el mismo periodo en cítricos de Grecia, a finales de mayo y principio de junio. En su trabajo las poblaciones de *Asaphes* son superiores en todos los muestreos a las de *Pachyneuron* spp.

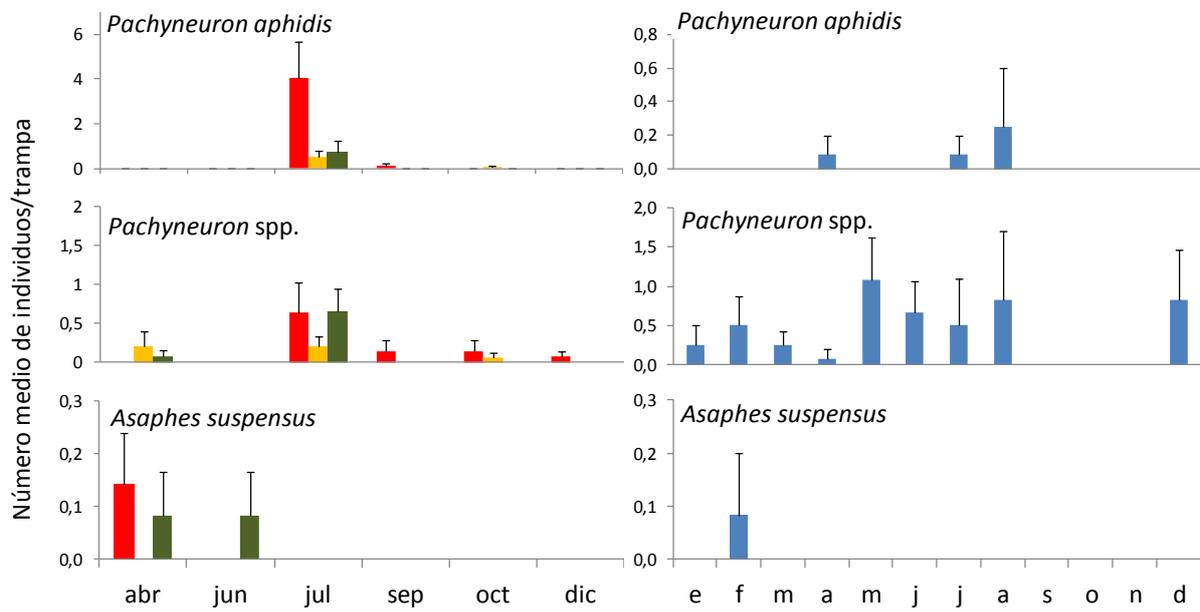


Figura 59. Evolución estacional de las especies de pteromálidos en 2006 (izquierda) y 2008 (derecha). Las líneas verticales indican el error estándar. En 2006 se representan por separado los tres cultivos estudiados mientras que en 2008 se representa la media de las seis parcelas muestreadas.

4.9 Evaluación general de enemigos naturales

4.9.1 Abundancia

Durante los años 2006 y 2007 se han evaluado e identificado 9641 insectos auxiliares agrupados en siete familias. Las familias más importantes de parasitoides han sido encírtidos, afelínidos, mimáridos, eulófidos, pteromálidos y tricogramátidos (tabla 36). La única familia de depredadores que ha sido estudiada independientemente ha sido la de los coccinélidos, ya que era la que mostraba mayor número de especies y presencia generalizada en las parcelas.

Tabla 36. Número total de insectos auxiliares muestreados pertenecientes a las distintas familias estudiadas en diversos cultivos y sistemas de cultivo en muestreos realizados entre 2006 y 2007 en parcelas cultivadas de la Comunidad Valenciana. Entre paréntesis después del cultivo el número de parcelas muestreadas. Los valores no son directamente comparables entre cultivos ya que el número de parcelas es mayor en el sistema convencional que en el ecológico.

	Sistema						Total (41)
	Convencional			Ecológico			
Cultivo Familia	Caqui (9)	Cítricos (9)	Nectarina (9)	Caqui (5)	Cítricos (6)	Nectarina (3)	
Encírtidos	487	1834	343	315	447	100	3526
Afelínidos	92	867	138	119	1206	71	2493
Mimáridos	72	191	750	94	85	946	2138
Coccinélidos	61	165	283	56	199	129	893
Eulófidos	29	119	59	102	63	16	388
Pteromálidos	77	13	18	15	26	14	163
Tricogramátidos	4	10	3	13	7	3	40
Total	822	3199	1594	714	2033	1279	9641

Los insectos auxiliares son más abundantes en cultivo ecológico ($32 \pm 4,5$ individuos/trampa) que en convencional ($23 \pm 2,4$ individuos/trampa), siendo estas diferencias significativas. Esto representa un 50% más de abundancia en cultivos ecológicos en relación a los convencionales. En la mayor parte de las familias hay aparentemente diferencias entre los dos sistemas de cultivo, en general, a favor del sistema ecológico, aunque estas diferencias son significativas sólo en el caso de mimáridos y coccinélidos (figura 60, tabla 37).

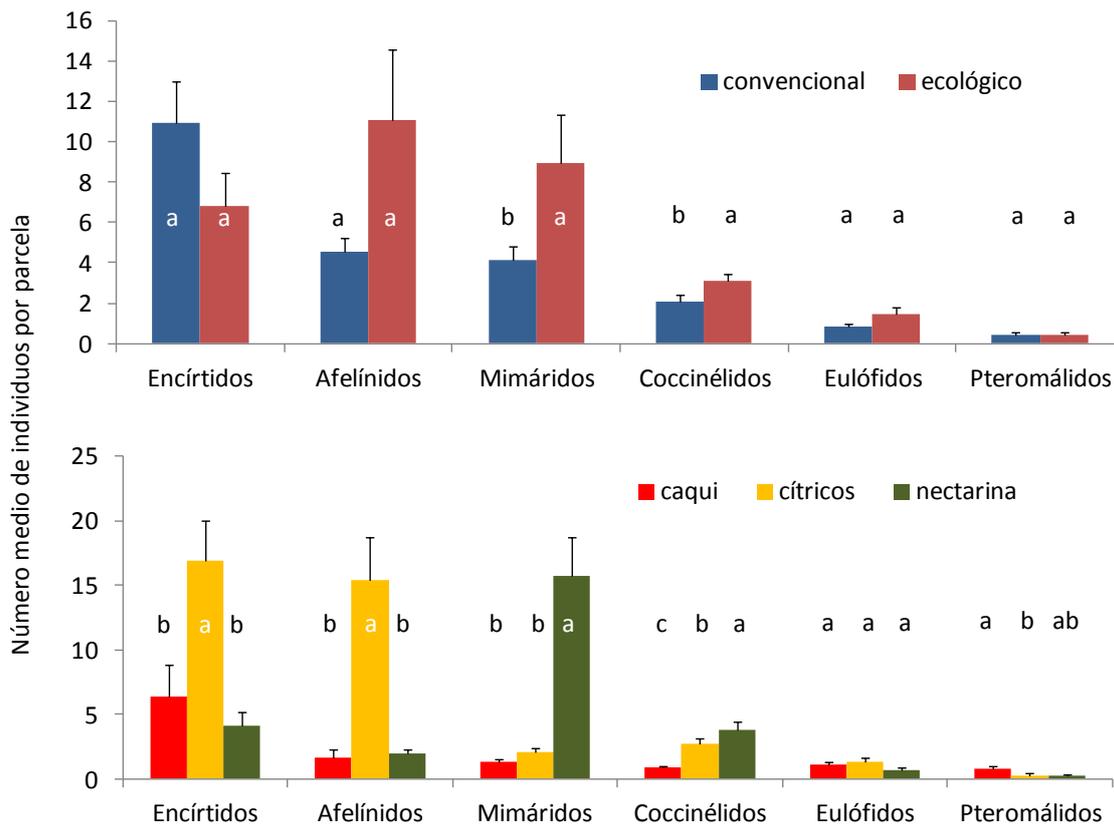


Figura 60. Número de individuos capturados de cada familia en función del sistema de cultivo (arriba) y del cultivo (abajo). Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Bengtsson *et al.* (2005) en un metaestudio sobre el efecto de la agricultura ecológica sobre la abundancia y diversidad de especies, encuentran que los enemigos naturales son afectados negativamente por el manejo convencional de las parcelas. La mayor parte de los estudios recopilados en este trabajo, corresponden a cultivos herbáceos extensivos y dentro de ellos los organismos estudiados suelen ser carábidos o depredadores generalistas.

Pocos trabajos incluyen a los himenópteros parasitoides o a los coccinélidos como taxon a estudiar al comparar ambos sistemas de cultivo. Berry *et al.* (1996) encuentran que los himenópteros parasitoides, los estafilínidos y los neurópteros muestran poblaciones significativamente superiores en parcelas ecológicas con respecto a las convencionales en el cultivo de zanahoria. Sin embargo, sí que existen numerosos estudios que demuestran el efecto negativo que tienen los plaguicidas de síntesis sobre la fauna auxiliar en cítricos (Bartlett, 1963; Benassy, 1977; Garcia-Marí

y Olivares, 2004; Siscaro *et al.*, 2006; Urbaneja *et al.*, 2006a; Suma *et al.*, 2009; Liang *et al.*, 2010) y en frutales (Pekár, 1999; Erler, 2004; Andreev *et al.*, 2006).

Tabla 37. Influencia del sistema de cultivo, del cultivo y de la fecha en las poblaciones de las familias de insectos auxiliares. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado). A los valores se les ha aplicado la transformación $\log(x+1)$ antes del análisis.

Familia	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Insectos auxiliares	sistema	1	2,268	11,14	0,001
	cultivo	2	6,702	32,92	0,000
	fecha	8	3,143	15,44	0,000
	sistema x cultivo	2	1,226	6,02	0,003
	sistema x fecha	8	0,182	0,89	0,521
	cultivo x fecha	16	0,797	3,91	0,000
Encírtidos	sistema	1	0,004	0,02	0,889
	cultivo	2	4,796	21,89	0,000
	fecha	8	0,661	3,02	0,003
	sistema x cultivo	2	1,183	5,40	0,005
	sistema x fecha	8	0,401	1,83	0,071
	cultivo x fecha	16	0,823	3,75	0,000
Afelínidos	sistema	1	0,258	1,59	0,208
	cultivo	2	7,664	47,21	0,000
	fecha	8	2,166	13,34	0,000
	sistema x cultivo	2	0,141	0,87	0,421
	sistema x fecha	8	0,144	0,89	0,528
	cultivo x fecha	16	0,316	1,95	0,016
Mimáridos	sistema	1	1,395	12,07	0,001
	cultivo	2	7,470	64,63	0,000
	fecha	8	2,598	22,48	0,000
	sistema x cultivo	2	0,928	8,03	0,000
	sistema x fecha	8	0,644	5,57	0,000
	cultivo x fecha	16	0,923	7,98	0,000
Coccinélidos	sistema	1	1,510	16,26	0,000
	cultivo	2	2,006	21,59	0,000
	fecha	8	0,898	9,67	0,000
	sistema x cultivo	2	0,031	0,33	0,717
	sistema x fecha	8	0,125	1,35	0,220
	cultivo x fecha	16	0,225	2,42	0,002
Eulófidos	sistema	1	0,256	3,42	0,065
	cultivo	2	0,118	1,58	0,208
	fecha	8	0,193	2,59	0,009
	sistema x cultivo	2	0,525	7,02	0,001
	sistema x fecha	8	0,095	1,28	0,256
	cultivo x fecha	16	0,095	1,27	0,217
Pteromálidos	sistema	1	0,029	1,04	0,310
	cultivo	2	0,092	3,25	0,040
	fecha	8	0,352	12,43	0,000
	sistema x cultivo	2	0,107	3,77	0,024
	sistema x fecha	8	0,030	1,07	0,382
	cultivo x fecha	16	0,077	2,72	0,000

Entre los cultivos estudiados existen diferencias importantes en cuanto a la media de enemigos naturales por cultivo (cítricos, $38,18 \pm 4,45$; nectarina, $26,63 \pm 3,53$; caqui, $12,21 \pm 2,66$ individuos/trampa). No se puede establecer que las diferencias en cuanto a la abundancia de enemigos naturales entre los tres cultivos se deban a la intensidad en el uso de plaguicidas, ya que en el cultivo del caqui la utilización de plaguicidas es menor que en los otros dos cultivos. Parece más bien que una parte de la explicación resida en el hecho de que el propio cultivo de cítricos y nectarina proporciona un hábitat más favorable para la presencia de enemigos naturales. El hecho de la mayor abundancia en cítricos puede estar ligado también a la mayor estabilidad del cultivo. Los cítricos, al no perder las hojas en invierno, proporcionan condiciones más estables durante todo el año a los depredadores y parasitoides. Una posible causa de la mayor abundancia de enemigos naturales en nectarina respecto a caqui sería la presencia de nectarios extraflorales que proporcionan una fuente de alimentación suplementaria a los depredadores y parasitoides (Mathews, 2004; Mathews *et al.*, 2007; Brown y Mathews, 2008).

Los eulófidos están distribuidos de igual manera entre los tres cultivos (figura 60). Los afelínidos y encírtidos son las familias más abundantes en cítricos mientras que los mimáridos y coccinélidos aparecen fundamentalmente en nectarina. Esta distinta distribución de familias parece relacionada con la predominancia de las plagas de los distintos cultivos. En cítricos los fitófagos más importantes pertenecen a las familias cóccidos y diaspídeos, y sus controladores biológicos más importantes se encuentran en las familias encírtidos y afelínidos. En el caso de la nectarina los fitófagos más importantes son los cicadélidos y los tetraníquidos. Los mimáridos tienen diversos representantes que parasitan los huevos de cicadélidos, mientras que el coccinélido más importante en nectarina es *Stethorus punctillum*, depredador específico de ácaros tetraníquidos.

4.9.2 Índices de biodiversidad calculados a partir de todas las especies

Se han identificado un total de 84 morfoespecies de enemigos naturales. De ellas 29 han sido identificadas hasta el nivel de especie, 40 a nivel de género y 15 a nivel de familia. Si consideramos todas las especies de manera conjunta, podemos calcular los distintos índices de biodiversidad del conjunto de especies beneficiosas. Se ha realizado un ANOVA con los índices calculados a partir de las especies identificadas en cada parcela durante todos los muestreos.

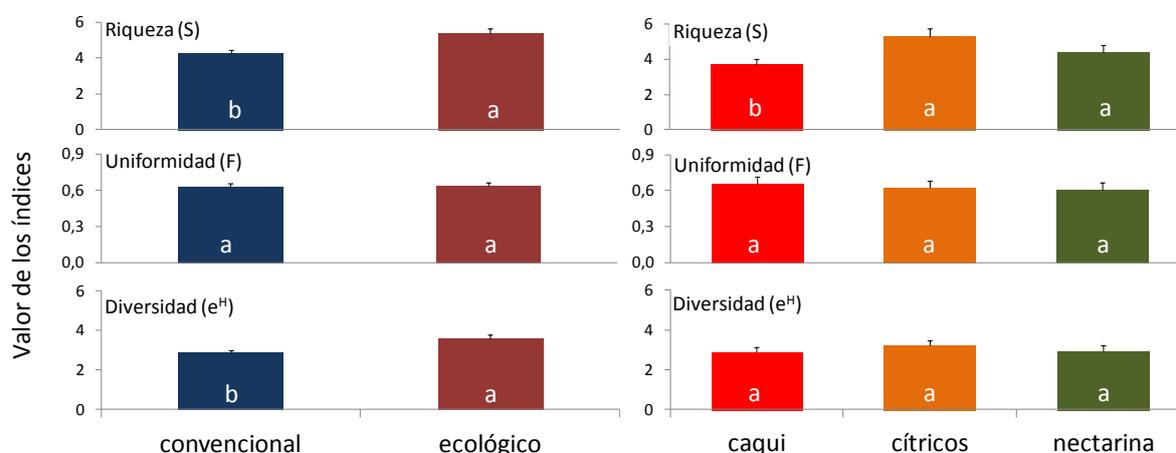


Figura 61. Valores de los índices de biodiversidad, expresados por el índice de Shannon (e^H) y de sus dos componentes la riqueza (S) y la uniformidad (F) en función del sistema de cultivo (izquierda) y del cultivo (derecha) considerando todos los insectos auxiliares capturados. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

El sistema de cultivo ecológico tiene un efecto positivo sobre la riqueza de especies y la diversidad. Como se puede observar en la figura 61, la riqueza y la diversidad son superiores en las parcelas ecológicas ($S=5,37 \pm 0,27$; $e^H=3,57 \pm 0,20$) que en las convencionales ($S=4,28 \pm 0,18$; $e^H=2,88 \pm 0,12$). Bengtsson *et al.* (2005) encuentran que en el 75% de los trabajos que estudian el efecto de la agricultura ecológica sobre la riqueza de especies se produce un incremento en la riqueza. Como media, las parcelas ecológicas incrementan la riqueza de especies un 30% con respecto a las convencionales frente al 25% observado en nuestro estudio. Entre los cultivos, sólo se aprecian diferencias en el caso de la riqueza, entre cítricos y nectarina por una parte y caqui por otra.

Al analizar el efecto del sistema de cultivo sobre los insectos auxiliares en cada uno de los cultivos por separado se comprueba que las diferencias en riqueza de especies entre sistema ecológico y convencional se mantiene en el caqui y la nectarina y no en los cítricos. En el caso de la diversidad, esta diferencia entre sistemas de cultivo sólo se establece en el cultivo del caqui (figura 62).

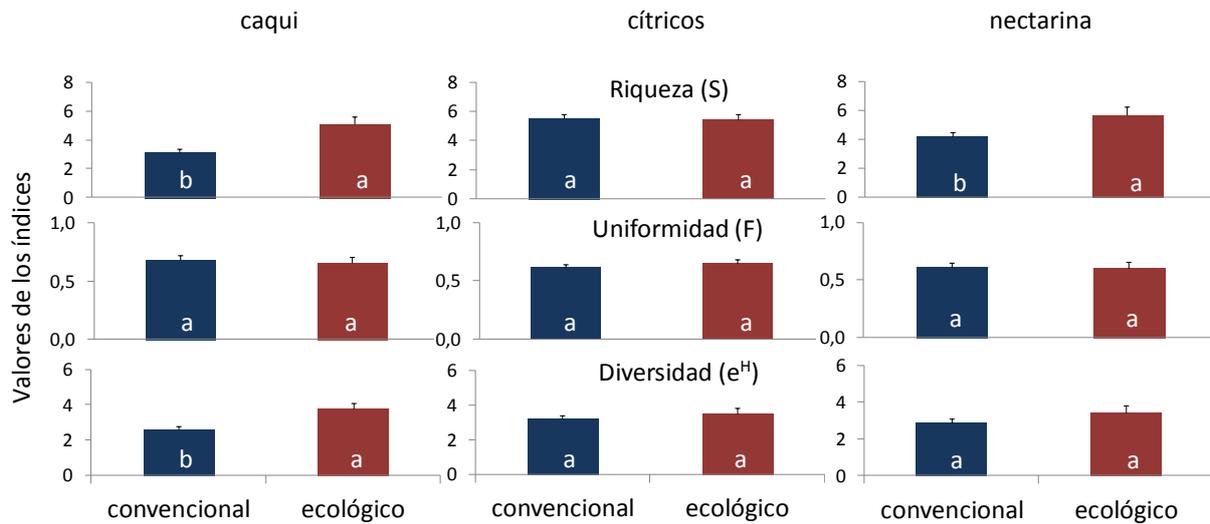


Figura 62. Valores de los índices de biodiversidad, expresados por el índice de Shannon (e^H) y de sus dos componentes la riqueza (S) y la uniformidad (F) en función del sistema de cultivo para los tres cultivos estudiados considerando todos los insectos auxiliares capturados. Barras con las mismas letras no presentan diferencias significativas ($p < 0,05$), mediante la prueba de comparación de medias LSD de Fisher. Las líneas verticales indican el error estándar.

Tabla 38. Influencia del sistema de cultivo, del cultivo y de la fecha en los índices de biodiversidad calculados a partir de todas las especies de insectos beneficiosos. Resultados del análisis de varianza factorial al comparar los factores sistema de cultivo (con dos niveles, convencional y ecológico), cultivo (con tres niveles, caqui, cítricos y nectarina) y fecha (con nueve niveles, correspondientes a cada muestreo realizado). En el análisis de todos los cultivos se han omitido los efectos de las interacciones cuando no resultaron significativas ($p < 0,05$).

Cultivo	Índice	factor	gl	cuadrados medios	F	p
Todos	Riqueza (S)	sistema	1	100,757	16,04	0,000
		cultivo	2	55,520	8,84	0,000
		fecha	8	63,149	10,05	0,000
		sistema x cultivo	2	35,184	5,60	0,004
	Uniformidad (F)	sistema	1	0,000	0,00	0,990
		cultivo	2	0,104	1,23	0,294
		fecha	8	0,528	6,22	0,000
		cultivo x fecha	16	0,305	3,59	0,000
	Diversidad (e^H)	sistema	1	34,735	9,61	0,002
		cultivo	2	1,648	0,46	0,634
		fecha	8	21,966	6,08	0,000
		cultivo x fecha	16	9,459	2,62	0,001
Caqui	Riqueza (S)	sistema	1	112,875	20,56	0,000
		fecha	8	24,704	4,50	0,000
		sistema x fecha	16	6,530	1,19	0,312
	Uniformidad (F)	sistema	1	0,011	0,10	0,756
		fecha	8	0,311	2,64	0,011
		sistema x fecha	16	0,057	0,48	0,865
	Diversidad (e^H)	sistema	1	40,008	10,07	0,002
		fecha	8	12,438	3,13	0,003
		sistema x fecha	16	2,802	0,71	0,687
Cítricos	Riqueza (S)	sistema	1	0,209	0,03	0,871
		fecha	8	15,319	1,95	0,059
		sistema x fecha	16	6,145	0,78	0,619
	Uniformidad (F)	sistema	1	0,034	0,49	0,485
		fecha	8	0,028	0,40	0,919
		sistema x fecha	16	0,127	1,82	0,080
	Diversidad (e^H)	sistema	1	3,054	0,74	0,392
		fecha	8	5,658	1,37	0,217
		sistema x fecha	16	1,835	0,44	0,892
Nectarina	Riqueza (S)	sistema	1	45,938	8,22	0,005
		fecha	8	35,628	6,37	0,000
		sistema x fecha	16	4,285	0,77	0,633
	Uniformidad (F)	sistema	1	0,003	0,04	0,846
		fecha	8	0,564	8,24	0,000
		sistema x fecha	16	0,018	0,26	0,977
	Diversidad (e^H)	sistema	1	5,350	1,97	0,164
		fecha	8	18,308	6,75	0,000
		sistema x fecha	16	1,869	0,69	0,700

Los índices de biodiversidad varían a lo largo del año (figura 63). Los valores de los índices son más homogéneos a lo largo de las diferentes fechas de muestreo en cítricos, ya que no se produce el descenso de riqueza que se observa en caqui y nectarina en el muestreo de invierno. La riqueza de especies es máxima en los muestreos de verano para los tres cultivos en sistema ecológico. En cultivo convencional no existe una pauta tan clara, aunque parece que los valores máximos se alcanzan más tarde, en el mes de septiembre.

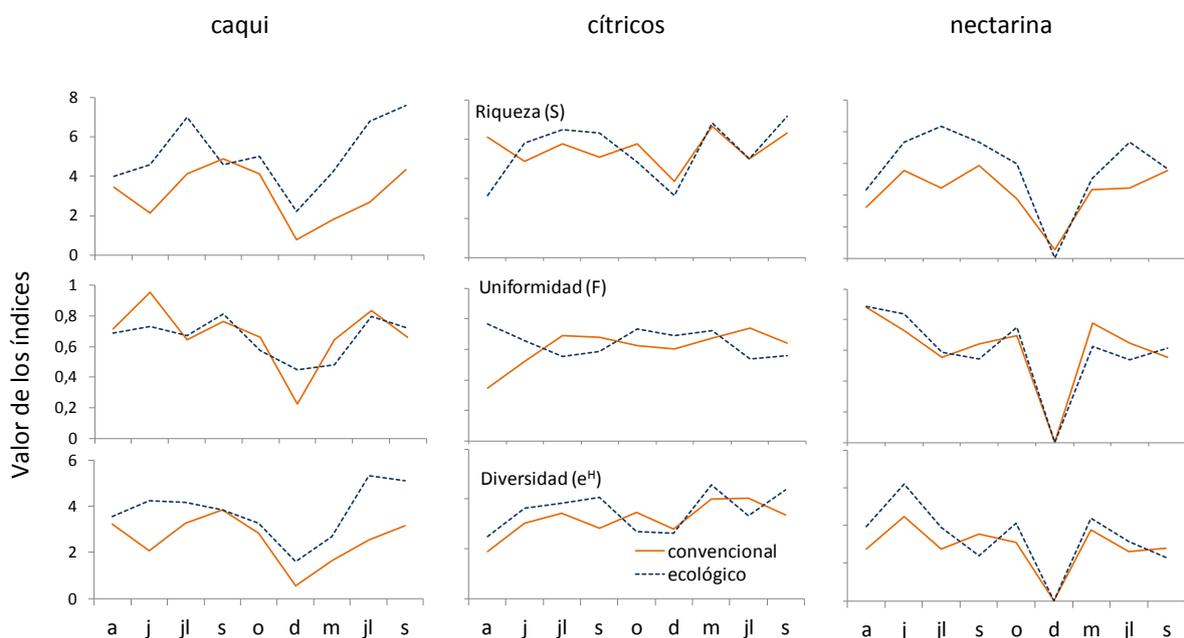


Figura 63. Evolución de los índices de biodiversidad de los enemigos naturales en función del sistema de cultivo (convencional y ecológico) en los tres cultivos estudiados (caqui, cítricos y nectarina) durante seis muestreos en 2006 (abril, junio, julio, septiembre, octubre y diciembre) y tres en 2007 (mayo, julio y septiembre).

4.9.3 Relación entre índices de biodiversidad calculados a nivel de especie y de familia

Uno de los problemas con los que nos encontramos a la hora de realizar estudios de biodiversidad es el consumo de recursos para la identificación a nivel de especie (Cardoso *et al.*, 2004). Biaggini *et al.* (2007) muestran que las identificaciones a niveles taxonómicos superiores (p.e. la familia) son suficientes para estudiar la diversidad de artrópodos en los estados iniciales de una investigación. Para ello deberíamos demostrar una buena correlación entre los índices obtenidos de la manera convencional, a partir de las especies presentes y su uniformidad, y los índices obtenidos a partir de las familias presentes y su uniformidad.

En la figura 64 se han representado las rectas de correlación entre ambos índices para la riqueza, la uniformidad y la diversidad en cada una de las 41 parcelas muestreadas en este trabajo. En los tres casos las correlaciones son elevadas, pudiendo establecer que la medida de la diversidad a partir de las familias puede ser adecuada para medir la diversidad de un agrosistema. Otros autores han relacionado la riqueza de familias con la riqueza de especies. Wickramasinghe *et al.* (2004) lo hacen entre familias y especies de polillas, y Baldi (2003) en el caso de coleópteros, dípteros y ácaros. Rieux *et al.* (1999) utilizan el índice de diversidad de familias para evaluar el efecto de la cubierta vegetal sobre la diversidad de artrópodos en peral.

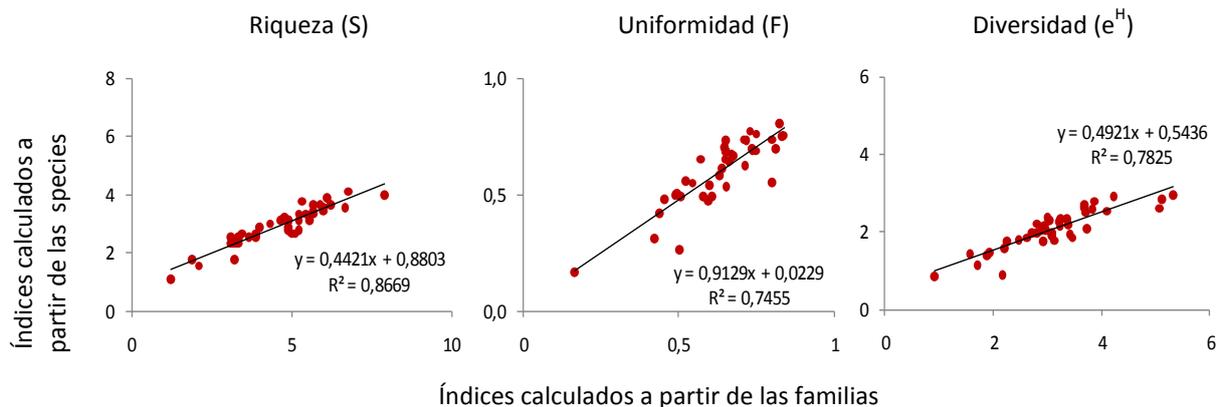


Figura 64. Relación entre los índices calculados a partir del número de individuos de cada familia y los calculados a partir del número de individuos de cada especie. Cada punto representa una parcela.

4.9.4 Relación abundancia-ocupación

La curva que relaciona el logaritmo de la abundancia global de cada especie con el porcentaje de parcelas ocupadas puede ofrecernos información en relación a las pautas de agregación o dispersión entre parcelas de las distintas especies (figura 65). Se ha representado también la línea que correspondería a dicha relación cuando la distribución del logaritmo del número de insectos en las parcelas fuera al azar, es decir siguiera la distribución de Poisson. Se han excluido en la representación las especies con tres o menos individuos encontrados (Fraser et al., 2008).

Los puntos más alejados de la línea de distribución de Poisson corresponden, en general, a insectos auxiliares que parasitan o depredan especies que se encuentran sólo en un cultivo o tienen un rango de hospedantes o presas muy restringido (*Ceranisus lepidotus*, *Encarsia perniciosi*, *Rodolia cardinalis*, *Metaphycus helvolus* y *Citrostichus phyllocnistoides* entre otros). Estas especies aparecen en determinadas parcelas y pueden ser ocasionalmente muy abundantes en algunas de ellas, mientras están totalmente ausentes en muchas otras.

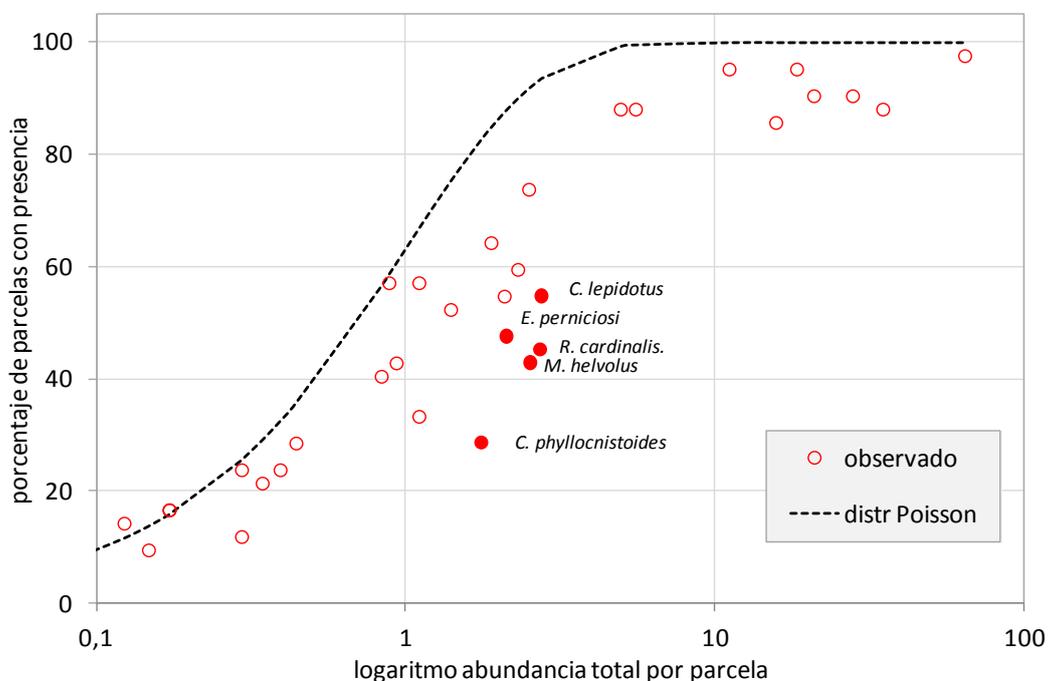


Figura 65. Gráfica de correlación entre la abundancia total por parcela de las diferentes especies de insectos auxiliares (previa transformación logarítmica en base diez) y la proporción de parcelas con presencia de la especie de insecto auxiliar. La línea de puntos representa la distribución de Poisson.

5 DISCUSIÓN GENERAL

5.1 Identidad y abundancia relativa de especies de enemigos naturales

Este trabajo se ha realizado en numerosas parcelas de tres cultivos diferentes y aporta abundante información en relación a la identidad y densidad de población de las especies de enemigos naturales que viven en los tres cultivos estudiados. En algunos casos esta información complementa o amplía los datos que ya se tenían. Es el caso del cultivo de los cítricos, que es la especie más estudiada en la zona. Por otra parte, aporta numerosa información nueva en frutales que apenas se han estudiado como el caqui y la nectarina.

En el cultivo de los cítricos la mayoría de las familias habían sido estudiadas previamente. Nuestros datos en muchos casos confirman los estudios anteriores. Así por ejemplo, en el caso de los coccinélidos, *Rodolia cardinalis*, *Stethorus punctillum*, *Scymnus* spp. y *Propylea quatuordecimpunctata* son la especies más abundantes, tal como ya mostraban trabajos anteriores (Soler, 2000; Alvis *et al.*, 2002; Alonso, 2003; Bru y Garcia-Marí, 2008).

La familia encírtidos es la familia de parasitoides más abundante en cítricos en nuestro estudio. *Metaphycus flavus* representa más del 90% de los especímenes de encírtidos capturados. Tena *et al.* (2008) también encuentran que *Metaphycus flavus* es el encírtido más abundante en cítricos, mientras que *Metaphycus helvolus* es mucho menos abundante. Le sigue en abundancia la familia afelínidos. Las especies más abundantes de afelínidos son *Aphytis melinus* y *Cales noacki*. Aunque se han realizado múltiples trabajos sobre estas dos especies (Troncho *et al.*, 1992; Soto *et al.*, 2001; Pina y Verdú, 2007; Sorribas *et al.*, 2008), en la mayoría no se estudian de forma conjunta todos los afelínidos. *Encarsia lutea*, aunque mucho menos abundante, es la tercera especie de afelínidos en abundancia en nuestro estudio.

Dentro de los eulófidos, *Citrostichus phyllocnistoides* es la especie más abundante y confirma el desplazamiento del resto de enemigos naturales del minador de los cítricos apuntado por otros autores (Garcia-Marí *et al.*, 2004; Karamaouna *et al.*, 2010). Es destacable la presencia de *Ceranisus menes* y *C. lepidotus*, parasitoides de

trípodos que no habían sido citados en cítricos en España, aunque sí en el sur de California como posibles parasitoides de *Scirtothrips citri* (Moulton) (Triapitsyn, 2005).

La familia mimáridos había sido anteriormente poco estudiada en los cítricos españoles. Únicamente García-Mercet (1912) cita a *Parvulinus* (= *Alaptus*) *aurantii* Mercet y *Dicopus citri* Mercet procedentes de ramas de naranjo infestadas por cóccidos diaspinos. Hemos encontrado como especies más abundantes de esta familia de parasitoides de huevos a *Alaptus* spp., *Stethynium triclavatum*, *Camptoptera* spp. y *Anagrus atomus*. Las poblaciones de *Alaptus* spp. y *Stethynium triclavatum* están correlacionadas con las poblaciones de psocópteros y cicadélidos, por lo que podemos suponer que se encuentran en estas parcelas de cítricos parasitando los huevos de los insectos mencionados. De las especies de mimáridos identificadas, han sido citadas en el cultivo de los cítricos en otros países *Alaptus* spp. (Rosen, 1965), *Camptoptera* spp. (Beardsley y Huber, 2000), *Stethynium triclavatum* y *Anagrus atomus* (Smith *et al.*, 1997).

En nectarina la familia de parasitoides más numerosa es la de los mimáridos. Entre ellos, *Stethynium triclavatum* y *Anagrus atomus* muestran unas correlaciones muy elevadas con los cicadélidos. La relación *Anagrus atomus*/ *Stethynium triclavatum* es diferente según el sistema de cultivo. En cultivo convencional la abundancia de *S. triclavatum* es muy superior a la de *A. atomus*, mientras que en cultivo ecológico la diferencia entre ambas especies es menor.

Stethynium triclavatum y *Anagrus atomus* habían sido citados anteriormente en melocotonero (Viggiani *et al.*, 1992). Las dos especies responden de manera diferente al incremento poblacional de cicadélidos. Las tasas de parasitismo de *A. atomus* sobre cicadélidos están entre el 50% (Vidano *et al.*, 1987) y el 80% (Cerutti *et al.*, 1990), mientras *Stethynium triclavatum* contribuye mucho menos al parasitismo (Cerutti *et al.*, 1990; Remund y Boller, 1996).

Dentro de los coccinélidos *Stethorus punctillum* es el más abundante en nectarina y se ha demostrado su relación directa con la abundancia poblacional de

ácaros tetraníquidos. *Scymnus* spp. y *Propylea quatuordecimpunctata* siguen en importancia. *Cryptolaemus montrouzieri*, especie que es poco numerosa en los distintos trabajos que han estudiado los coccinélidos de cítricos, presenta en nuestro estudio niveles mayores en nectarina que en cítricos.

Los afelínidos tienen poca importancia en la nectarina. Además pensamos que dos de las especies que han sido más capturadas, *Cales noacki* y *A. melinus*, lo han sido por proximidad a las parcelas de cítricos ya que son las más abundantes en este cultivo y no tienen hospedantes conocidos en el género *Prunus*. La situación de *Encarsia perniciosi* y *Aphytis hispanicus* sería distinta. *Encarsia perniciosi* es mucho más abundante en nectarina que en cítricos y caqui, por lo que probablemente esté parasitando cóccidos diaspididos en las parcelas muestreadas de nectarina.

En el cultivo del caqui no se había realizado ningún estudio previo sobre la fauna auxiliar. Se observa en el análisis de los datos del caqui que el número medio de artrópodos por muestreo ($16,38 \pm 2,73$) es menor que en cítricos ($47,50 \pm 4,81$) y nectarina ($35,54 \pm 3,79$). La fauna de artrópodos auxiliares en caqui está compuesta por familias y especies similares a las encontradas en los otros dos cultivos pero sin tener familias concretas que destaquen por su abundancia elevada (caso de afelínidos y encírtidos en cítricos o mimáridos en nectarina). El caqui muestra también menor abundancia de coccinélidos que los otros dos cultivos.

La especie de parasitoide más abundante en caqui es *Metaphycus flavus*, parasitoide de cóccidos. Entre las principales plagas del caqui se encuentran *Aspidiotus nerii*, *Parlatoria oleae*, *Saissetia oleae*, *Parthenolecanium corni*, *Ceroplastes sinensis*, *Coccus hesperidum* y *Planococcus viburni* (Alonso *et al.*, 2004). Cuatro de estas especies pertenecen a la familia Coccidae, habituales hospedantes de *M. flavus*, lo que explicaría su predominancia. Hay que destacar la presencia de *Metaphycus helvolus* en una proporción con respecto a *M. flavus* mayor que en cítricos.

5.2 Comparación entre sistemas de cultivo ecológico y convencional

Existen muchos trabajos donde se ha comparado la abundancia y diversidad de artrópodos entre cultivos ecológicos y convencionales. Estos trabajos han sido objeto de publicaciones de recopilación detalladas y minuciosas recientemente (Bengtsson *et al.*, 2005; Hole *et al.*, 2005; Simon *et al.*, 2010). Las conclusiones generales que pueden extraerse de estas recopilaciones son que en cultivos ecológicos existe generalmente más abundancia y diversidad de artrópodos que en cultivos convencionales. En nuestro trabajo también encontramos que el sistema de cultivo influye sobre las poblaciones de artrópodos, de forma que en sistema ecológico se captura un 50% más de artrópodos que en cultivo convencional y estas diferencias son significativas. En cualquier caso, a la hora de analizar la comparación entre sistemas ecológicos y convencionales hay que tener en cuenta cuatro aspectos que pueden influir decisivamente: 1) el nivel trófico y tipo de organismos en el que se ha realizado, 2) el tipo de cultivo, 3) la arquitectura del cultivo y 4) la escala espacial a la que se realiza el estudio.

5.2.1 Tipo de organismo y nivel trófico

El efecto de la agricultura ecológica puede variar en función del taxon o nivel trófico. Paoletti (1995) encuentra que la agricultura ecológica influye positivamente sobre la fauna de detritívoros y sobre los depredadores generalistas del suelo, como los carábidos, en parcelas de manzano. Por el contrario, Bruggisser *et al.* (2010) concluyen que la agricultura ecológica no promueve la diversidad ni la abundancia en ninguno de los niveles tróficos estudiados (plantas, fitófagos y carnívoros) en viñas de Suiza.

La mayor parte de los trabajos en los que se evalúa el efecto de la agricultura ecológica sobre la diversidad han estudiado las poblaciones de insectos del suelo, principalmente carábidos y, cuando se estudia la parte aérea, los depredadores, fundamentalmente arácnidos (Bengtsson *et al.*, 2005). Muy pocos estudios están basados en los parasitoides o en los himenópteros. En uno de esos escasos estudios realizado en Dinamarca, se demuestra que el complejo de himenópteros parasitoides

(más de 164 especies) puede discriminar entre parcelas que han recibido plaguicidas y las que no los han recibido (Jensen, 1997).

En nuestro estudio el incremento de la abundancia de artrópodos en el cultivo ecológico con respecto al convencional se produce en todos los niveles tróficos, pero la influencia del sistema de cultivo no es la misma para todos ellos. El incremento mayor se produce en el caso de los fitófagos y depredadores, mientras que es menor en el caso de los parasitoides (figura 66).

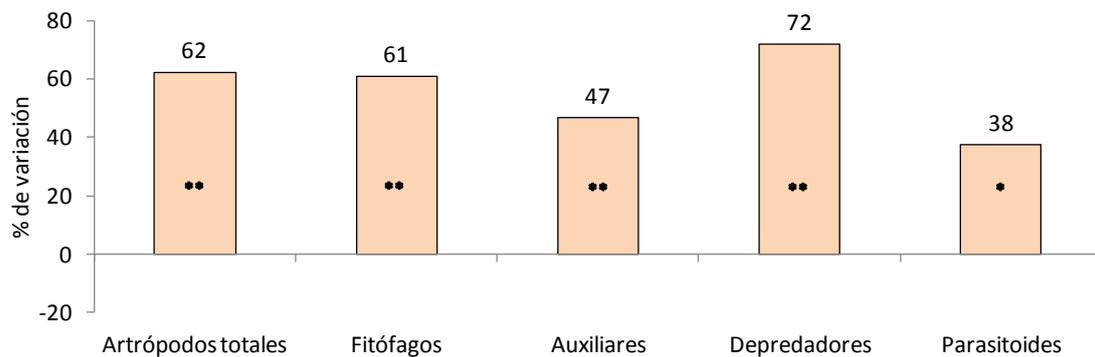


Figura 66. Porcentaje de variación de la abundancia poblacional de los distintos grupos funcionales al comparar las parcelas ecológicas frente a las convencionales. Los valores indican el incremento de la abundancia de los artrópodos de cada grupo en las parcelas de cultivo ecológico frente a parcelas de cultivo convencional. Se han comparado las abundancias medias entre ambos sistemas mediante ANOVA y test MDS ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; transformación $\log(x+1)$).

El sistema de cultivo también influye sobre los índices de biodiversidad, que se incrementan en las parcelas de cultivo ecológico. Al calcular el incremento de riqueza, uniformidad y biodiversidad en las parcelas ecológicas frente a las convencionales se comprueba de nuevo que la respuesta es diferente en función del nivel trófico. Al considerar todas las morfoespecies, tanto de depredadores como de parasitoides, se produce un incremento de riqueza del 26% en parcelas ecológicas frente a convencionales (figura 67).

Este incremento de riqueza es diferente si analizamos por separado a los depredadores coccinélidos o a los parasitoides calcidoideos (39% para depredadores y 20% para parasitoides). Una situación similar se produce en el caso de la diversidad. Podemos concluir, por lo tanto, que en nuestro estudio el incremento de la

biodiversidad que se observa en los cultivos ecológicos es mayor en los depredadores que en los parasitoides.

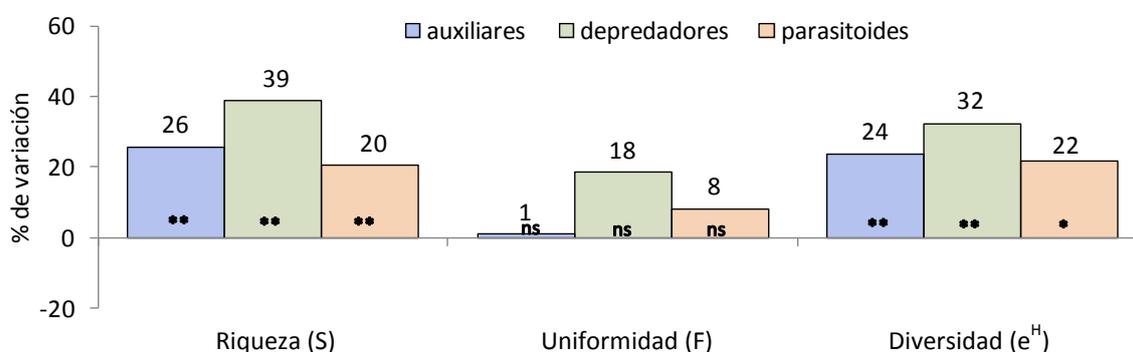


Figura 67. Porcentaje de variación de los índices de biodiversidad del total de insectos auxiliares, y considerando por separado depredadores y parasitoides, al comparar las parcelas ecológicas frente a las convencionales. Los valores indican el porcentaje de incremento del índice en las parcelas de cultivo ecológico. Se han comparado los índices medios entre ambos sistemas mediante ANOVA y test MDS ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; ns: no significativo).

5.2.2 Tipo de cultivo

Como resultado de la intensa alteración del hábitat, muchos sistemas agrícolas son ambientes poco adecuados para los enemigos naturales. Esto es especialmente cierto para monocultivos anuales, donde la intensidad de la alteración es mucho menor en parcelas ecológicas al compararlas con las convencionales (Bengtsson *et al.*, 2005). La mayor parte de trabajos en los que se compara el efecto de diferentes sistemas de manejo del cultivo sobre la biodiversidad se han realizado en cultivos anuales y/o herbáceos (Bengtsson *et al.*, 2005; Hole *et al.*, 2005).

Las parcelas de frutales, por su cualidad de perennes, contribuyen a la presencia de una comunidad de artrópodos diversificada incluyendo saprófagos, herbívoros, predadores y parasitoides (Kozár, 1992; Simon *et al.*, 2010). El control proporcionado por los enemigos naturales de las plagas es también superior en cultivos perennes que en cultivos anuales (Hall y Ehler, 1979; Risch *et al.*, 1983). La mayor adecuación de los cultivos perennes a la diversidad hace que en algunos trabajos no se pueda apreciar un incremento de la diversidad de la agricultura ecológica respecto a la convencional. Bruggisser *et al.* (2010) sugieren que los beneficios que proporciona la agricultura ecológica frente a la convencional en los cultivos anuales no se mantienen al mismo nivel en los cultivos perennes, particularmente si el uso de plaguicidas es mínimo.

En nuestro estudio, al analizar por separado los tres frutales muestreados, caqui, cítricos y nectarinas, vemos que la influencia del sistema de cultivo sobre la abundancia y la diversidad es distinta en función de la especie frutal considerada (figura 68). El incremento de las poblaciones de artrópodos en los distintos niveles tróficos es muy diferente entre los tres, siendo la diferencia más acusada la que se observa entre cítricos por un lado, y caqui y nectarina por otro. En cítricos la abundancia total de artrópodos, tanto fitófagos como auxiliares, es muy similar en general en sistema ecológico y en convencional. Por el contrario en nectarina y caqui, es mucho mayor la abundancia de artrópodos en el sistema de cultivo ecológico. Esta diferencia creemos que es debida a que el cultivo de los cítricos es más estable y estructuralmente complejo que los otros dos, lo que implica que aún en sistema de cultivo convencional la abundancia y diversidad de auxiliares sea particularmente elevada, como hemos comprobado que ocurre al comparar los cítricos en cultivo convencional con caqui y nectarina también en cultivo convencional.

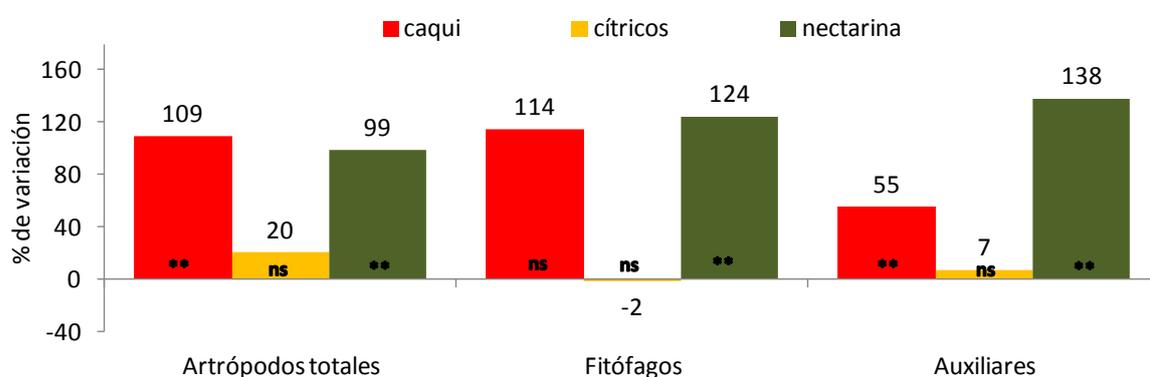


Figura 68. Porcentaje de variación de la abundancia poblacional de artrópodos totales, así como separados en dos grupos funcionales, fitófagos y depredadores, al comparar las parcelas ecológicas frente a las convencionales en las tres especies de frutales consideradas en este estudio, caqui, cítricos y nectarina. Los valores positivos indican un incremento de población observado en el sistema ecológico. Se han comparado las abundancias medias entre ambos sistemas mediante ANOVA y test MDS ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; ns: no significativo; transformación log (x+1)).

Los depredadores responden de manera más homogénea que los parasitoides al sistema de cultivo en los distintos cultivos, tanto si se consideran conjuntamente, como si se analizan por separado los diferentes grupos taxonómicos, coccinélidos, neurópteros y araneidos (figura 69). Sin embargo, al analizar el efecto del sistema de cultivo sobre los parasitoides se comprueba que es variable en función del cultivo y de

la familia estudiada. Así, al considerar el total de parasitoides el sistema ecológico incrementa su abundancia en caqui y nectarina, mientras que en cítricos se produce un ligero descenso.

El sistema ecológico incrementa el número de afelínidos en los tres cultivos, mientras que en el caso de los encírtidos el sistema tiene escasa o negativa influencia en el caso de los mimáridos sobre las poblaciones. En el caso de los mimáridos, sólo se produce un incremento debido al sistema de cultivo ecológico en caqui y nectarina, mientras que en la familia eulófidos se produce un incremento espectacular de las poblaciones en las parcelas de caqui ecológicas respecto a las convencionales.

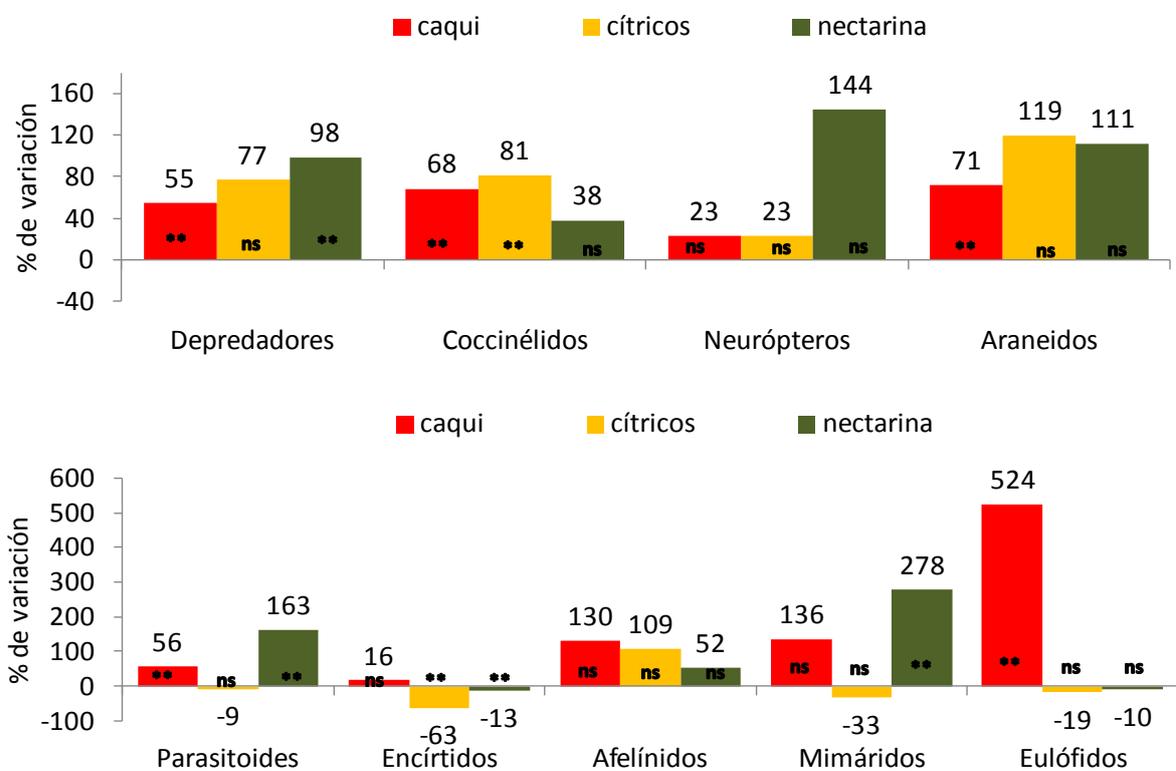


Figura 69. Porcentaje de variación de la abundancia poblacional de los grupos funcionales depredadores (arriba) y parasitoides (abajo), analizados tanto de forma conjunta como por separado en los principales taxones identificados, al comparar las parcelas ecológicas frente a las convencionales. Los valores positivos indican un incremento de población en las parcelas de cultivo ecológico frente a las de cultivo convencional. Se han comparado las abundancias medias entre ambos sistemas mediante ANOVA y test MDS ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; ns: no significativo; transformación $\log(x+1)$).

En nuestro trabajo se demuestra que, en general, en las parcelas con sistema de cultivo ecológico la riqueza y la diversidad de artrópodos auxiliares es superior (figura 70). Este efecto es variable en función del cultivo y del grupo funcional estudiado. En caqui es donde se produce un incremento mayor de la riqueza, alcanzando el 63% al

considerar el total de auxiliares y el 68% al tener en cuenta sólo a los parasitoides. En cultivo de nectarina el incremento de especies beneficiosas es del 36% y el 37% si consideramos sólo a los depredadores. Estos datos son coincidentes con los de Paoletti (1995) quien afirma que en cultivo ecológico de melocotonero puede haber entre un 20 y un 70% más de especies que en parcelas convencionales.

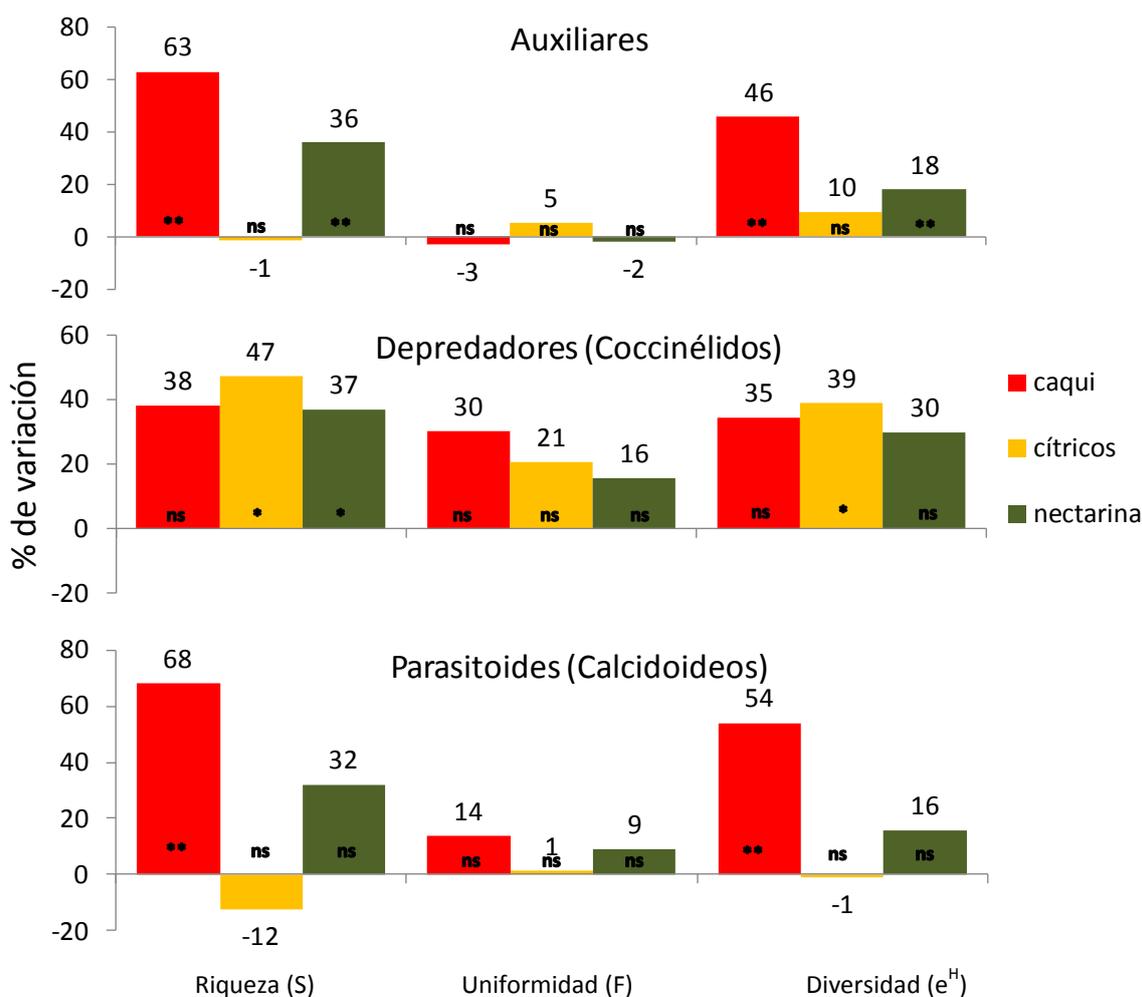


Figura 70. Porcentaje de variación de los índices riqueza, uniformidad y diversidad de los artrópodos auxiliares, considerados tanto de forma conjunta como separando entre depredadores (coccinélidos) y parasitoides (calcidoideos), al comparar las parcelas ecológicas frente a las convencionales. Los valores positivos indican un incremento de los índices en las parcelas de cultivo ecológico. Se han comparado los índices medios entre ambos sistemas mediante ANOVA y test MDS ($p < 0,05^*$; $p < 0,01^{**}$; ns: no significativo).

De nuevo observamos que el cultivo de los cítricos se comporta de manera distinta a los otros dos cultivos, caqui y nectarina, en la respuesta del sistema ecológico frente al convencional. El incremento de riqueza, uniformidad y diversidad de los depredadores coccinélidos observado en las parcelas ecológicas es similar en cítricos al observado en los otros cultivos. Sin embargo, en el caso de los parasitoides

calcidoideos la respuesta al sistema de cultivo es, otra vez, diferente en el caso de los cítricos, ya que no se observa un incremento en las parcelas ecológicas en ninguno de los índices de biodiversidad, mientras que sí se incrementa la riqueza y la diversidad en el caso del caqui y, en menor medida, en la nectarina.

5.2.3 Arquitectura del árbol

Los árboles frutales tienen una arquitectura característica debida en parte a las operaciones culturales para asegurar una producción regular de frutos. La estructura ramificada de las ramas y el patrón de crecimiento y distribución de los brotes vegetativos y reproductivos contribuyen a la complejidad y diversificación de microhábitats dentro del árbol. Al bajar de escala, aparecen infraestructuras como las hojas y a un nivel inferior estructuras como domatias y tricomas. Esta complejidad estructural favorece la riqueza de los artrópodos y la abundancia de los enemigos naturales (Finke y Denno, 2006). Una de las medidas de la complejidad de la estructura de las plantas es el índice de densidad de follaje (FDI), definido como el número de hojas por rama por unidad de volumen de la rama. Souza y Martins (2005) encuentran una relación positiva entre la densidad de follaje y la abundancia de diferentes grupos de arácnidos, independientemente del taxon de la planta estudiada. Esta relación es explicada por diversos autores por el hecho de que una estructura más compleja atrae a más presas, proporciona más sitios para esconderse y contribuye a un microclima más suave.

La figura 71 muestra la interrelación entre sistema de cultivo y cultivo en el caso de la riqueza de especies. En sistema ecológico la media de riqueza, expresada en número de especies de insectos auxiliares encontradas por muestreo, oscila entre $5,1 \pm 0,5$ en caqui y $5,7 \pm 0,6$ en nectarina. En cultivo convencional este intervalo es mucho mayor, entre $3,1 \pm 0,2$ en caqui y $5,5 \pm 0,3$ en cítricos. Parece que en el sistema ecológico la riqueza sea menos dependiente de la especie frutal cultivada, mientras que en el sistema convencional la especie frutal tiene una gran influencia sobre los índices. En cítricos las diferencias en riqueza son muy pequeñas, mientras que en el cultivo del caqui las diferencias son muy elevadas y en nectarina se produce una situación intermedia.

Los tres cultivos estudiados tienen unas características intrínsecas estructurales que pueden estar relacionadas con la diversidad de fauna auxiliar. Los cítricos tienen una densidad de follaje superior a la nectarina y al caqui, lo cual puede implicar una ventaja para muchos insectos tanto fitófagos como depredadores y parasitoides. Además, al ser de hoja perenne, proporcionan mayor estabilidad al sistema que se puede traducir en una mayor diversidad. Los otros dos cultivos son de hoja caduca. Además, la nectarina posee una ventaja sobre el caqui que es la presencia de los nectarios extraflorales en hojas. Los nectarios extraflorales proporcionan alimento directamente a depredadores y parasitoides a través del néctar e indirectamente atrayendo a potenciales presas que pueden ser también atraídas por el néctar (Brown y Schmitt, 2001). Todo ello podría explicar, al menos en parte, las diferencias en riqueza encontradas entre las tres especies de frutales.

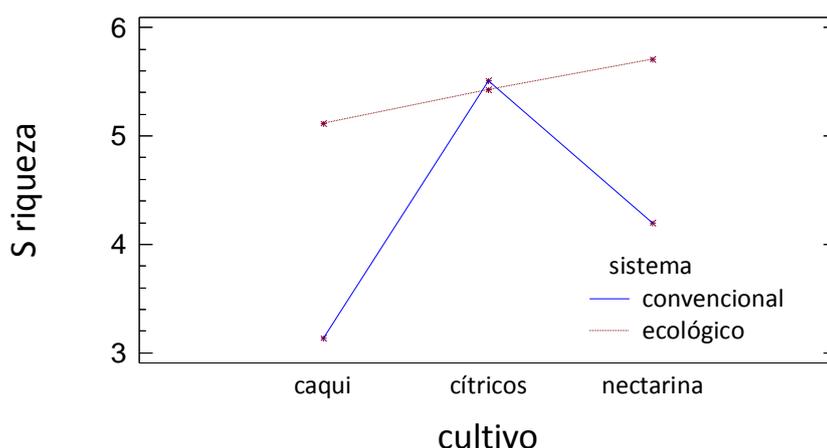


Figura 71. Interacción entre la especie de frutal, caqui, cítricos o nectarina, y el sistema de cultivo, convencional o ecológico, al determinar la riqueza de insectos auxiliares.

5.2.4 Escala a la que se realiza el estudio

Aunque existen bastantes estudios que demuestran que la agricultura ecológica incrementa la diversidad, otros estudios no son tan concluyentes o parecen demostrar lo contrario. Un problema en los estudios de diversidad es que tanto el manejo de las parcelas como las características del paisaje en el que se encuentran pueden afectar a la diversidad. La composición, configuración y estructura de diferentes elementos del paisaje pueden afectar a la riqueza de especies. Uno de los aspectos de la diversidad con consecuencias prácticas para la preservación de la biodiversidad es la cuestión de

escala espacial (Weibull y Östman, 2003). Si la diversidad responde a los diferentes factores a pequeña escala, entonces el manejo de diversidad tendrá sentido, por ejemplo, dentro de una explotación en particular. La conservación es entonces bastante más simple, dado que un agricultor podrá elegir las actividades de manejo para su propia explotación. Pero si la diversidad responde a factores a gran escala, entonces las acciones de conservación de los agricultores deberán ser coordinadas (Weibull y Östman, 2003).

Los artrópodos voladores representan el 50% del número total de la entomofauna en los agrosistemas agrícolas y están fuertemente relacionados con el paisaje colindante (Szentkiralyi y Kozár, 1991; Kruess y Tschardtke, 1994). Corbett y Rosenheim (1996) muestran que la llegada de *Anagrus* al cultivo de viña es afectada por la presencia de refugios adyacentes del género *Prunus*, así como por la distancia a refugios de hibernación en áreas de ribera. La importancia de la heterogeneidad del paisaje también se ha puesto de manifiesto en el caso de los coccinélidos, que son favorecidos por la presencia de áreas no cultivadas (Colunga-García *et al.*, 1997).

En nuestro estudio la diversidad del paisaje es elevada. Esta diversidad es debida a los distintos cultivos que se mezclan en la zona de estudio y no tanto a zonas refugio, corredores vegetales o diferentes zonas no cultivadas. Esto ha implicado que la riqueza de especies en los distintos cultivos haya sido probablemente superior a lo esperado ya que muchas especies de parasitoides y depredadores pueden proceder de las parcelas próximas.

El análisis conjunto de la abundancia permite poner de manifiesto la estrecha relación que existe entre los distintos cultivos en la zona. La presencia de una especie de artrópodo en una parcela depende, en ocasiones, de la presencia y abundancia en las parcelas vecinas (Weibull y Östman, 2003). Si consideramos las 34 especies de artrópodos auxiliares más abundantes encontradas en nuestro estudio (que son aquellas que suman al menos diez especímenes en total), 27 de ellas están representadas en los tres cultivos, lo que pone de manifiesto la importancia del paisaje diversificado en la dispersión y presencia de las especies de insectos en las parcelas.

5.3 ¿Por qué se produce un incremento de biodiversidad en agricultura ecológica?

Uno de los objetivos de la agricultura ecológica es el incremento de la diversidad. En la mayor parte de los estudios publicados se observa este incremento de diversidad, pero ¿cuál es la razón por la cual se produce este incremento? Para responder a esta pregunta se han planteado dos hipótesis, la diversidad de recursos, y la alteración intermedia.

Hipótesis de la diversidad de recursos

Quizás la hipótesis más utilizada para explicar el incremento de biodiversidad que puede encontrarse en parcelas de cultivo ecológico al compararlas con parcelas de manejo convencional es la de la diversificación de recursos a través de la heterogeneidad del hábitat. Esta hipótesis se basa en el incremento de la biodiversidad de plantas en parcelas ecológicas tanto en la propia parcela como en los márgenes y en zonas próximas, así como a la propia estructura del cultivo en las parcelas ecológicas (Krebs *et al.*, 1999; Brown, 2011).

Existen muchos factores que afectan a la abundancia y diversidad de artrópodos en los ecosistemas agrícolas. Benton *et al.* (2003) hacen una revisión de la literatura científica que muestra que la heterogeneidad del hábitat está asociada con la mayor biodiversidad de organismos que explotan estos hábitats. Según estos autores, muchos de los beneficios que proporciona la agricultura ecológica a la vida silvestre estarían ligados más al estímulo de la heterogeneidad proporcionado por este tipo de agricultura, que a la prohibición del uso de plaguicidas de síntesis. Esta heterogeneidad del hábitat en los sistemas ecológicos está basada en las cubiertas vegetales y en los setos. La coexistencia de diferentes estratos de vegetación crea una diversidad de hábitats y recursos para los artrópodos. Estos hábitats pueden proporcionar a los artrópodos espacios para hibernar o poder realizar la diapausa y áreas de refugio o reproducción donde poder escapar de la presión de determinadas prácticas agrícolas.

Los parasitoides y los depredadores necesitan fuentes de alimento ricas en energía para su mantenimiento y para cumplir sus necesidades energéticas. El néctar

de las flores se sabe que incrementa la tasa de parasitismo en muchas especies (Bianchi y Wäckers, 2008). Otras fuentes de alimento son el polen, el néctar extrafloral y la melaza producida por algunos hemípteros (Bugg y Waddington, 1994; Berndt *et al.*, 2006). English-Loeb *et al.* (2003) demuestran que las especies de *Anagrus* que parasitan cicadélidos en viñedos de Nueva York se alimentan del néctar que encuentran en la cubierta vegetal de *Fagopyrum esculentum* (Moench) (Polygonaceae). De esta manera incrementan la supervivencia de los adultos de *Anagrus* y el parasitismo de huevos de cicadélidos. Sin embargo, la respuesta de *Anagrus* en campo fue variable y no se observó ninguna reducción en la abundancia de cicadélidos. Los autores sugieren la realización de ensayos en parcelas más grandes y con más repeticiones para poder comprobar o descartar un efecto positivo sobre el control biológico (English-Loeb *et al.*, 2003).

Otros trabajos han estudiado el efecto de las cubiertas vegetales sobre la diversidad de especies beneficiosas. Gámez-Virúés *et al.* (2009) miden la diversidad de himenópteros en parcelas de *Eucalyptus blakely* Maiden (Myrtaceae) con y sin cubierta de *Lobularia marítima* (L.) Desv. (Brassicaceae). La riqueza de especies y el índice de Shannon fueron superiores en las parcelas con cubierta vegetal.

En nuestro estudio no se ha evaluado la flora adventicia presente en las diferentes parcelas. Sin embargo, en la mayor parte de las parcelas ecológicas estaba presente la cubierta vegetal durante la mayor parte del periodo de cultivo. Una vez más los cítricos se comportan de manera diferente ya que en la mayor parte de las parcelas, tanto convencionales como ecológicas, se mantiene una cubierta vegetal con *Oxalis pes-caprae* L. (Oxalidaceae) durante el invierno. Esta cubierta vegetal es considerada como albergue de ácaros depredadores e himenópteros afidiíinos y calcidoideos (Ferragut *et al.*, 1986; Suay *et al.*, 1998).

Los setos que rodean las parcelas, que a menudo han sido plantados para proteger las plantaciones del viento, mejoran la diversidad de la parcela. Aunque los setos pueden tener un efecto negativo sobre la protección de cultivos por albergar potenciales plagas y enfermedades, también son barreras físicas que detienen la deriva de aplicaciones de plaguicidas de parcelas adyacentes y de esta manera minimizan los

efectos secundarios de estos plaguicidas. Además, los setos contribuyen al aumento de la biodiversidad por los mismos mecanismos que las cubiertas vegetales. La asociación entre parcelas y setos dentro del paisaje favorece hábitats y ecosistemas específicos, lo que contribuye a un aumento de la biodiversidad (Pollard y Holland, 2006). Un paisaje en mosaico consistente en parcelas separadas por setos favorece una flora y fauna específicas a partir de una elevada disponibilidad de hábitats y recursos. Estas áreas son además zonas de hibernación para muchas especies de insectos. A una escala local la diversidad de la parcela es mejorada por los setos, mientras que la biodiversidad a nivel de paisaje es mejorada a partir de un incremento de biotopos disponibles (Simon *et al.*, 2010).

Hipótesis de la alteración intermedia

Elevados niveles de alteración debidos al manejo del agrosistema son normalmente considerados como negativos para la biodiversidad. Muchos servicios del ecosistema de particular importancia para la agricultura, como la polinización y el control natural de plagas, dependen del número de especies en un ecosistema dado (Bruggisser *et al.*, 2010). La agricultura ecológica se asocia normalmente a una reducida intensidad de alteración, por lo tanto debe favorecer una mayor diversidad comparado con prácticas agrícolas más intensivas. Por otra parte, los sistemas de cultivo perennes son potencialmente más adecuados para el control biológico de conservación que los efímeros sistemas anuales dado que están sujetos a menores niveles de perturbación.

Sin embargo, niveles reducidos de alteración no implican siempre un aumento de la riqueza de especies. Trabajos teóricos y empíricos muestran que la relación entre diversidad y niveles de alteración no es lineal. Para explicar esta observación se ha propuesto la hipótesis de la perturbación intermedia (Molino y Sabatier, 2001). Según esta hipótesis los niveles de diversidad más elevados se encuentran frecuentemente asociados a niveles intermedios de perturbación (Towsend *et al.*, 1997). Con poca alteración del medio se produce una exclusión competitiva por parte de las especies dominantes, mientras que una elevada perturbación selecciona las pocas especies tolerantes al estrés. A niveles medios de intensidad o frecuencia de perturbación se

favorece la coexistencia de especies competitivas y especies tolerantes al estrés. Así, el máximo en diversidad debería producirse a las intensidades y frecuencias medias de perturbación (Bruggisser *et al.*, 2010). Por lo tanto, incrementar la perturbación puede promover o reducir la biodiversidad, dependiendo de la intensidad general de la perturbación en el sistema observado. En ambientes ricos en nutrientes y donde la vegetación espontánea permanece inalterada, dominan unos pocos taxones muy competitivos, lo que lleva a un empobrecimiento de la biodiversidad. Los cultivos perennes, tales como los frutales o la viña, están generalmente menos alterados en relación con los cultivos anuales. Por lo tanto, la respuesta de la diversidad de plantas a la agricultura ecológica puede ser distinta en cultivos perennes comparados con anuales debido a que la intensidad de la alteración es diferente en estos dos tipos de cultivos (Bruggisser *et al.*, 2010).

Además, la intensidad de la alteración que es necesaria para el mantenimiento de una elevada diversidad puede variar entre distintos grupos de organismos y niveles tróficos. En general, los niveles tróficos más elevados son más vulnerables a la perturbación que los niveles tróficos inferiores, dado que son afectados directamente por la perturbación del medio e indirectamente a través de la reducción de las densidades de sus hospedantes o presas.

En nuestro caso creemos que son aplicables ambas hipótesis. En las parcelas ecológicas estudiadas la presencia de cubierta vegetal unido a la ausencia de tratamientos plaguicidas agresivos sobre la fauna auxiliar puede favorecer la diversidad de enemigos naturales.

Sin embargo, tal y como se ha expuesto anteriormente este incremento de diversidad ha sido diferente en los tres cultivos, en caqui y nectarina la estabilidad proporcionada por el cultivo es inferior a cítricos ya que los árboles cultivados pierden sus hojas durante varios meses al año. En este caso las cubiertas vegetales y los setos disminuyen los niveles de alteración con el consiguiente aumento de la biodiversidad.

Por otra parte, en el caso del cultivo de los cítricos partimos de una situación distinta: los árboles proporcionan a los enemigos naturales una ventaja sobre los árboles de hoja caduca, de manera que el nivel de alteración inicial es mucho menor.

El “beneficio” que podrían suponer las estructuras tales como las cubiertas vegetales y los setos no es tan importante como en el caso de los cultivos de caqui y nectarina, que parten de una situación de alteración mayor. Seguramente nos encontramos en la zona de “alteración intermedia”, de manera que el incremento de diversidad que podría producirse debido a la mayor heterogeneidad del hábitat promovida por la agricultura ecológica no se produce, o en todo caso, es mucho más difícil de demostrar.

5.4 ¿Es la diversidad un beneficio para el control biológico?

El control biológico de conservación pretende reducir los problemas de plagas incrementando la abundancia y diversidad de enemigos naturales autóctonos. Sin embargo, algunos estudios muestran que el incremento de la riqueza de especies de enemigos naturales puede no tener efecto o incluso debilitar el control biológico (Letourneau *et al.*, 2009). El efecto positivo, negativo o neutro de la diversidad de enemigos naturales sobre el control biológico sería explicado por la complementariedad de nichos, la depredación intragremial y la redundancia funcional, respectivamente (Straub *et al.*, 2008).

El incremento de diversidad de los enemigos naturales puede incrementar la tasa de parasitismo y/o depredación de las plagas de los cultivos. Este incremento de la riqueza de especies podría traducirse en un control biológico más efectivo si los diferentes enemigos naturales se complementan entre ellos, a partir de un efecto aditivo o sinérgico. Este modelo de complementariedad de especies sugiere que la mortalidad de plagas debida a la acción combinada de los enemigos naturales es igual (aditiva) o superior (sinérgica) a la suma de la mortalidad causada por cada enemigo natural independientemente (Snyder *et al.*, 2005). Si cada especie de enemigo natural se alimenta sobre diferentes grupos de presas, o en diferentes épocas, o si enemigos naturales con diferentes comportamientos depredadores interactúan para facilitar la captura de presas, entonces la diferenciación de nichos entre enemigos naturales resultará en una mortalidad complementaria y se mejorará el control biológico (Letourneau y Bothwell, 2008). Sin embargo, también se pueden producir interacciones negativas entre diversos controladores biológicos, aunque este tipo de situaciones ha sido generalmente relacionado con introducciones de organismos

exóticos (Denoth *et al.*, 2002). Por otra parte, el “modelo de lotería” sugiere que simplemente cualquier incremento en la riqueza de enemigos naturales aumenta las probabilidades de tener agentes de control biológico eficaces (Stireman *et al.*, 2005).

En nuestro trabajo se ha podido comprobar una relación densidad-dependiente entre enemigos naturales y fitófagos. Estas relaciones se han observado en el caso del coccinélido *Stethorus punctillum* con *Tetranychus urticae*, de los mimáridos *Stethynium triclavatum* y *Anagrus atomus* con cicadélidos, y del género de eulófidos *Ceranisus* con trípodos.

5.5 Uso de auxiliares como bioindicadores

Suckling *et al.* (1999) abordan distintas posibilidades de utilización de los enemigos naturales como indicadores de sostenibilidad. Una de las opciones sería elegir una serie de enemigos naturales representativos, de manera similar a los índices de calidad de agua. Por ejemplo, Sommaggio (1999) afirma que los sírfidos, debido a la variabilidad de requerimientos ambientales de sus larvas, se comportan como buenos indicadores de la biodiversidad de un determinado hábitat. Por otra parte, un estudio realizado en Dinamarca mostró que el complejo de himenópteros parasitoides que viven en el suelo de los campos de cereales puede discriminar entre las parcelas tratadas con plaguicidas y las que no han sido tratadas (Jensen, 1997).

En nuestro estudio hemos comprobado que algunas especies de enemigos naturales son mucho más abundantes en parcelas de cultivo ecológico, y serían por tanto buenos candidatos para su empleo como indicadores de calidad o sostenibilidad ambiental. Teniendo en cuenta en primer lugar que exista una población al menos doble en cultivo ecológico que en convencional y que estas diferencias sean significativas, pero también que el insecto sea relativamente abundante, y las diferencias que existen en estos factores entre los tres cultivos estudiados, consideramos que las especies candidatas a ser indicadores agroambientales del sistema serían: en nectarina los coleópteros coccinélidos *Scymnus* spp., los mimáridos *Anagrus atomus* y *Stethynium* y el himenóptero afelínido *Encarsia perniciosi*, en caqui *A. atomus* y *S. triclavatum* y en cítricos *Scymnus* spp.

6 CONCLUSIONES

De los resultados expuestos durante esta memoria, se pueden extraer las siguientes conclusiones:

1. En parcelas de frutales de la Comunidad Valenciana se han contado e identificado a nivel de orden un total de 54.725 individuos. Los órdenes más abundantes han sido himenópteros, dípteros y hemípteros. Las familias de fitófagos más abundantes en cultivo ecológico han sido la de los trípidos en los tres cultivos, mientras que en cultivo convencional los trípidos son mayoritarios en nectarina, los tefrítidos en caqui y los afídidos en cítricos.
2. Las trampas amarillas capturan una mayor proporción de himenópteros, afídidos, tefrítidos y trípidos, mientras que araneidos, neurópteros, lepidópteros, cicadélidos, agromícidos y aleiródidos están mejor representados mediante la técnica de aspiración. *Rodolia cardinalis* es capturado mucho más en trampas amarillas que mediante aspiración, mientras que el resto de especies de coccinélidos son capturadas por ambos métodos.
3. Entre los enemigos naturales se han identificado un total de 8.748 himenópteros parasitoides de las familias encírtidos, afelínidos, mimáridos, eulófidos, pteromálicos y tricogramátidos, así como 893 coccinélidos depredadores.
4. Se completa y amplía la información sobre la identidad y abundancia relativa de estas especies de auxiliares en los tres cultivos, y en particular la relativa a la familia mimáridos, con *Stethynium triclavatum* y *Anagrus atomus* como especies más abundantes.
5. Cuando analizamos todas las especies de insectos auxiliares conjuntamente, las parcelas con sistema de cultivo ecológico incrementan su abundancia (50% superior), así como la riqueza y la biodiversidad (25% superior) respecto a las parcelas con sistema de cultivo convencional. Este incremento es variable según el cultivo, mayor en caqui y nectarina que en cítricos, y el grupo funcional del insecto auxiliar, mayor en depredadores que en parasitoides.

6. Considerando cada familia de auxiliares, la abundancia de coccinélidos y mimáridos es significativamente mayor en las parcelas con cultivo ecológico frente a las de cultivo convencional. La biodiversidad se incrementa de forma significativa, en las parcelas ecológicas, sólo en la familia de los coccinélidos. Este incremento es del 32% y se produce en sus dos componentes, la riqueza (39%) y la uniformidad (18%).
7. El cultivo de cítricos presenta mayor abundancia y/o biodiversidad de artrópodos y de insectos auxiliares a nivel de órdenes y de familias, así como de especies en la familia de los coccinélidos, que los otros dos cultivos estudiados, caqui y nectarina.
8. Hemos comprobado que existe una correlación directa significativa entre abundancia de enemigos naturales y de fitófagos en el caso del coccinélido *Stethorus punctillum* con el ácaro tetraníquido *Tetranychus urticae*, de los mimáridos *Stethynium triclavatum* y *Anagrus atomus* con los cicadélidos, y del género de eulófidos *Ceranisus* con los trípodos.
9. La utilización del taxon familia para realizar estudios de biodiversidad puede ser una alternativa válida para simplificar futuros estudios ya que se ha podido demostrar una buena correlación entre los índices basados en la riqueza y uniformidad a nivel de especies y los obtenidos a nivel de familias.
10. Las especies candidatas a ser indicadores agroambientales del sistema serían los coleópteros coccinélidos *Scymnus* spp. en cítricos y nectarina, los mimáridos *Anagrus atomus* y *Stethynium triclavatum* en caqui y nectarina así como el himenóptero afelínido *Encarsia perniciosi* en nectarina.

7 BIBLIOGRAFÍA

- Abad-Moyano, R., T. Pina, O. Dembilio, F. Ferragut y A. Urbaneja. 2009.** Survey of natural enemies of spider mites (Acari: Tetranychidae) in citrus orchards in eastern Spain. *Experimental Applied Acarology* 47: 49-61.
- Alavanja, M.C.R., J.A. Hoppin y F. Kamel. 2004.** Health effects of chronic pesticide exposure: Cancer and neurotoxicity. *Annual Review of Public Health* 25: 155-197.
- Alonso, A., F. Garcia-Marí y J.M. Rodríguez. 2004.** Las plagas del caqui. Bases para su protección integrada en España. *Viticultura Enología Profesional* 95: 27-48.
- Alonso, D. 2003.** La mosca de la fruta *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) en parcelas de cítricos: evolución estacional, distribución espacial y posibilidad de control mediante trampeo masivo. Tesis Doctoral. Departamento Ecosistemas Forestales. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.
- Alvarado, M., M. Berlanga, J.M. Durán, R. Flores, M.I. González, B. Morera, C. Muñoz, J. Páez, S. Pérez, T. Prats, A. de la Rosa, J.A. Ruiz, A. Serrano, J.M. Vega y E. Villagordo. 2004.** Plagas y enfermedades de los frutales de hueso. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.
- Alvarado, M., A. de la Rosa, M. Berlanga, J.E. González Zamora, A. Serrano y E. Villagordo. 1994.** Contribución al conocimiento del mosquito verde (*Empoasca decedens* Paoli) en melocotonero en el Valle del Guadalquivir. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 20: 771-783.
- Alvis, L. 2003.** Identificación y abundancia de artrópodos depredadores en los cultivos de cítricos valencianos. Tesis Doctoral. Departamento Ecosistemas Forestales. Universidad Politécnica de Valencia.
- Alvis, L., A. Raimundo, M. Villalba y F. Garcia-Marí. 2002.** Identificación y abundancia de coleópteros coccinélidos en los cultivos de cítricos valencianos. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 28: 479-491.
- Andreev, R., R. Olszak y H. Kutinkova. 2006.** Harmful and beneficial entomofauna in apple orchards grown under different management systems. *Pesticides and Beneficial Organisms IOBC wprs Bulletin* 29: 13-19.
- Arnaldos, M.I., M.D. Garcia, E. Romera y E. Baquero. 2003.** New data on the Mymaridae fauna in the Iberian Peninsula (Hymenoptera, Chalcidoidea) from a carrion community. *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 27: 225.
- Asplanato, G. y F. Garcia-Marí. 2002.** Parasitismo de la cochinilla roja californiana *Aonidiella aurantii* (Homoptera: Diaspididae) en la zona citrícola sur de Uruguay. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 28: 5-20.
- Aubertot J.N., J.M. Barbier, A. Carpentier, J.J. Gril, L. Guichard, P. Lucas, S. Savary, I. Savini y M. Voltz. 2005.** Pesticides, agriculture et environnement, Réduire l'utilisation des pesticides et limiter leurs impacts environnementaux, Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA & Cemagref, France, 64 pp.
- Avinent, L., A. Hermoso de Mendoza y G. Llacer. 1991.** Comparison of traps for capture of alate aphids (Homoptera: Aphidinea) in apricot tree orchards. *Agronomie* 11: 613-618.
- Báldi, A. 2003.** Using higher taxa as surrogates of species richness: A study based on 3700 Coleoptera, Diptera y Acari species in Central-Hungarian reserves. *Basic and Applied Ecology* 4:589-593.
- Baldi, I., B.M. Mohammed-Brahim, P. Brochard, J.F. Dartigues y R. Salamon. 1998.** Long-term effects of pesticides on health: review of current epidemiologic knowledge. *Revue d'Epidémiologie et de Santé Publique* 46: 134-142.

- Baquero, E. y R. Jordana. 2002.** Contribution to the knowledge of the family Mymaridae Haliday (Hymenoptera: Chalcidoidea) in Navarra, North of Iberian península. *Boletín de la Asociación Española de Entomología* 26 (3-4): 75-91.
- Bartlett, B.R. 1963.** The contact toxicity of some pesticide residues to Hymenopterous parasites and Coccinellid predators. *Journal of Economic Entomology* 56(5): 694-698.
- Başpınar, H. 1994.** Some Observations on Dominant Structure and Population Changes of *Asymmetrasca decedens* and *Empoasca decipiens* (Hom., Cicadellidae) on Different Crops in Adana. *Turkish Journal of Entomology* 18 (2): 71-76.
- Baudry, J., R. Bunce y F. Burel. 2000.** Hedgerows: An international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management* 60: 7-22.
- Beardsley, J.W. y J.T. Huber. 2000.** Key to genera of Mymaridae in the Hawaiian Islands, with notes on some of the species (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Proceedings of the Hawaiian Entomological Society* 34: 1-22.
- Bellostas, J. J., E. Olivella, M.J. Verdú, M.J. Sarasúa y J. Avilla. 1998.** Fauna parasitoide de *Phyllonorycter* spp. en plantaciones de manzano de Lleida. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 24: 313-320.
- Beltrà, A., A. Soto y A. Tena. 2011.** Parasitoid community of *Protopulvinaria pyriformis* (Hemiptera: Coccidae) on laurel: Influence of host size, seasonal trend and aggregation on its main parasitoid. *Biological Control* 58: 36-43.
- Benassy, C. 1977.** Repercusiones de los tratamientos fitosanitarios sobre la fauna entomófaga de las cochinillas diaspinas. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 3: 147-156.
- Bengtsson, J., A.C. Weibull y J. Ahnstrom. 2005.** The effects of organic agriculture on biodiversity and abundance: a meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* 42: 261-269.
- Benton, T.G., J.A. Vickery y J.D. Wilson. 2003.** Farmland biodiversity: Is habitat heterogeneity the key? *Trends in Ecology Evolution* 18: 182-188.
- Bernal, J.S., M.S. Drury, J.G. Morse y R.F. Luck. 2001.** Seasonal and scale size relationships between citricola scale (Homoptera: Coccidae) and its parasitoid complex (Hymenoptera: Chalcidoidea) on San Joaquin Valley citrus. *Biological Control* 20: 210-221.
- Berndt, L.A., S.D. Wratten y S.L. Scarratt. 2006.** The influence of floral resource subsidies on parasitism rates of leafrollers (Lepidoptera: Tortricidae) in New Zealand vineyards. *Biological Control* 37: 50-55.
- Berry, N.A., S.D. Wratten, A. McErlich y C. Frampton. 1996.** Abundance and diversity of beneficial arthropods in conventional and "organic" carrot crops in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 24: 307-313.
- Berta, D.C., M.V. Colomo y N.E. Ovruski. 2002.** Interrelations between aphid colonies in tomato and their parasitoid Hymenoptera in Tucuman (Argentina). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 28: 67-77.
- Beseler, C.L., L. Stallones, J.A. Hoppin, M.C.R. Alavanja, A. Blair, T. Keefe y F. Kamel. 2008.** Depression and Pesticide Exposures among Private Pesticide Applicators Enrolled in the Agricultural Health Study. *Environmental Health Perspectives* 116: 1713-1719.
- Biaggini, M., E. Paggetti, C. Corti, M. Dellacasa, R. Consorti y L. Dapporto. 2007.** The taxonomic level order as a possible tool for rapid assessment of Arthropod diversity in agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 183-191.

- Bianchi, F.J.J.A., C.J.H. Booij y T. Tscharrntke. 2006.** Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences 273: 1715-1727.
- Bianchi F.J.J.A. y F.L. Wäckers. 2008.** Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. Biological Control 46: 400-408.
- Biddinger, D.J., D.C. Weber y L.A. Hull. 2009.** Coccinellidae as predators of mites: Stethorini in biological control. Biological Control 51: 268-283.
- Böll, S. y J.V. Herrmann. 2004.** A long-term study on the population dynamics of the grape leafhopper (*Empoasca vitis*) and antagonistic mymarid species. Journal of Pest Science 77:33-42.
- Boller, E.F., F. Häni y H.M. Poehling. 2004.** Ecological infrastructures: ideabook on functional biodiversity at the farm level, Landwirtschaftliche Beratungszentrale Lindau, Lindau, Suisse.
- Brown, M.W. 2011.** Role of biodiversity in integrated fruit production in eastern North American orchards. Agricultural and Forest Entomology. doi: 10.1111/j.1461-9563.2011.00540.x.
- Brown, M.W. y C.R. Mathews. 2008.** Conservation biological control of spirea aphid, *Aphis spiraecola* (Hemiptera: Aphididae) on apple by providing natural alternative food resources. European Journal of Entomology 105: 537-540.
- Brown, M.W. y J.J. Schmitt. 2001.** Seasonal and Diurnal Dynamics of Beneficial Insect Populations in Apple Orchards under Different Management Intensity. Environmental Entomology 30: 415-424.
- Bru, P.F. 2006.** Insectos depredadores en los cultivos cítricos valencianos, abundancia, evolución estacional y distribución espacial. Trabajo de Fin de Carrera. Departamento Ecosistemas Forestales. Universidad Politécnica de Valencia.
- Bru, P.F. y F. Garcia-Marí. 2008.** Seasonal and spatial population trend of predatory insects in eastern- Spain citrus orchards. Control in Citrus Fruit Crops IOBC/wprs Bulletin 38: 261-266.
- Bruggisser, O., S. Bacher y M. Schmidt-Entling. 2010.** Effects of vineyard management on biodiversity at three trophic levels. Biological Conservation 143: 1521-1528.
- Buffington, M.L. y R.A. Redak. 1998.** A comparison of vacuum sampling versus sweep-netting for arthropod biodiversity measurements in California coastal sage scrub. Journal of Insect Conservation 2: 99-106.
- Bugg, R.L. y C. Waddington. 1994.** Using cover crops to manage arthropod pests of orchards: A review. Agriculture, Ecosystems and Environment 50: 11-28.
- Buitenhuis, R., G. Boivin, L.E. M. Vet y J. Brodeur. 2004.** Preference and performance of the hyperparasitoid *Syrphophagus aphidivorus* (Hymenoptera: Encyrtidae): fitness consequences of selecting hosts in live aphids or aphid mummies. Ecological Entomology 29: 648-656.
- Burks, R. A. 2003.** Key to the Nearctic genera of Eulophidae, subfamilies Entedoninae, Euderinae and Eulophinae (Hymenoptera: Chalcidoidea). World Wide Web electronic publication. <http://cache.ucr.edu/%7Eheraty/Eulophidae/>.
- Cardoso, P., I. Silva, N. de Oliveira y A. Serrano. 2004.** Higher taxa surrogates of spider (Araneae) diversity and their efficiency in conservation. Biological Conservation 117: 453-459.
- Carrero, J.M. 1980.** Estado actual de la lucha biológica contra las cochinillas de los agríos en Valencia (España). Fruits 35: 625-631.

- Carrero, J.M., F. Limón y A. Panis. 1977.** Note biologique sur quelques insectes entomophages vivant sur olivier et sur agrumes en Espagne. *Fruits* 32: 548-551.
- Carson, R. 1962.** *Silent spring*. Houghton Mifflin, New York.
- Casula, P., A. Wilby y M.B. Thomas. 2006.** Understanding biodiversity effects on prey in multi-enemy systems. *Ecology Letters* 9: 995-1004.
- Celada, B. 1997.** Parasitoides y depredadores en el cultivo del melocotonero en Tarragona. *Quaderns agraris* 21: 21-38.
- Cerdà, X., R. Palacios y J. Retana. 2009.** Ant community structure in citrus orchards in the Mediterranean basin: impoverishment as a consequence of habitat homogeneity. *Environmental Entomology* 38: 317-324.
- Cerutti, F., J. Baumgärtner y V. Delucchi. 1990.** Research on the grapevine ecosystem in Tessin, Switzerland. III. Biology and mortality factors affecting *Empoasca vitis* Goethe (Homoptera: Cicadellidae, Typhlocybinae). *Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft* 63(1-2): 43-54.
- Colunga-Garcia, M., D.A. Landis y S.H. Gage. 1997.** Response of an assemblage of Coccinellidae (Coleoptera) to a diverse agricultural landscape. *Environmental Entomology* 26: 797-804.
- Colwell, R.K. 2009.** Biodiversity: concepts, patterns and measurement. pp 257-263 *en* S. A. Levin, editor. *The Princeton Guide to Ecology*. Princeton Univ. Press, Princeton, NJ.
- Comisión del Codex Alimentarius. 2001.** Directrices para la Producción, Elaboración, Etiquetado y Comercialización de Alimentos Producidos Orgánicamente. Programa Conjunto FAO/OMS sobre Normas Alimentarias. Roma.
- Corbett, A. y J.A. Rosenheim. 1996.** Impact of a natural enemy overwintering refuge and its interaction with the surrounding landscape. *Ecological Entomology* 21: 155-164.
- Costa-Comelles, J. 1986.** Causas de la proliferación de ácaros *Panonychus* por plaguicidas. Posibilidad de su control biológico en manzano. Tesis Doctoral. ETSIA. Universidad Politécnica de Valencia: 410 pp.
- Costa-Comelles, J., J.R. Aliaga, R. Vercher y F. Garcia-Marí. 1997.** Evolution of the population of the citrus leaf miner and its parasitoids during 1995 in Valencia (Spain). *IOBC/wprs Bulletin* 20(7): 1-6.
- Costa-Comelles, J., F. Garcia-Marí, F. Ferragut y R. Laborda. 1989.** Plagas de ácaros en frutales. *Agricultura (Madrid)* 688: 970-976.
- Costa-Comelles, J., F. Ferragut, F. Garcia-Marí, R. Laborda y C. Marzal. 1986.** Abundancia y dinámica poblacional de las especies de ácaros que viven en los manzanos de Lérida. *Agrícola Vergel* 51: 176-191.
- Costa-Comelles, J., A. Santamaria, F. Garcia-Marí, R. Laborda y A. Soto. 1990.** Aplicación del control integrado del acaro rojo *Panonychus ulmi* (Koch) en parcelas comerciales de manzano. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 16: 317-331.
- Cotes, B., F. Ruano, F. Pascual y M. Campos. 2010.** The Ladybeetle Community (Coleoptera: Coccinellidae) in Southern Olive Agroecosystems of Spain. *Environmental Entomology* 39: 79-87.
- DeBach, P. y D. Rosen. 1991.** *Biological Control by Natural Enemies*. Second edition. Cambridge University Press. 440 pp.
- Delucchi, V. 1993.** Vers une autre conception de la phytiairie. *Schweiz. Landw. Fo. Recherche agronom en Suisse* 32(3): 297-305
- Delucchi, V. 1989.** Il paradigma ecologico nella protezione integrata delle colture. *Phytophaga* 3: 1-20.

- Denoth, M., J.H. Myers y L. Frid. 2002.** Multiple agents in biological control: improving the odds? *Biological Control* 24: 20-39.
- DOCV (Diari Oficial de la Comunitat Valenciana). 2010.** ORDEN 30/2010, de 3 de agosto de 2010 de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación, por la que se aprueba el texto del Reglamento sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos y del Comité de Agricultura Ecológica de la Comunidad Valenciana.
- DOUE (Diario Oficial de la Unión Europea). 2007.** Reglamento (CE) 834/2007 del Consejo, de 28 de junio de 2007 sobre producción y etiquetado de los productos ecológicos.
- Drinkwater, L.E., A.H. Van Bruggen, C. Shennan, D.K. Letourneau y F. Workneh. 1995.** Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. *Ecological Applications* 5: 1098-1112.
- Dzhanokmen, K.A. 1990.** Trophic association of parasitic Hymenoptera of the family Pteromalidae. *Entomologicheskoe Obozrenie* 119 (4): 764-781.
- Edwards, C.A., C.J.P. Colfer, R.R. Harwood y T.L. Grove. 1993.** The role of agroecology and integrated farming systems in agricultural sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 46: 99-121.
- Elekçioğlu, N.Z. y N. Uygun. 2006.** The parasitoid complex of the citrus leafminer, *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) in the east Mediterranean region of Turkey and their role in biological control. *Turkish Journal of Zoology* 30(2): 155-160.
- Ellington, J., M. Cardenas y K.F. Kiser. 1984.** A comparison of sweepnet, absolute and insectvac sampling methods in cotton ecosystems. *Journal of Economic Entomology* 77: 599-605.
- English-Loeb, G., T. Ugine, T. Martinson y M. Rhainds. 2003.** Influence of flowering cover crops on *Anagrus parasitoids* (Hymenoptera: Mymaridae) and *Erythroneura* leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) in New York vineyards. *Agricultural and Forest Entomology* 5: 173-181.
- Erler, F. 2004.** Natural enemies of the pear psylla *Cacopsylla pyri* in treated vs untreated pear orchards in Antalya, Turkey. *Phytoparasitica* 32: 295-304.
- Espinha, I.G. y L.M. Torres. 1995.** Estudo sobre o papel de *Stethorus punctillum* (Weise) na luta contra *Panonychus ulmi* (Koch) em macieira, na região de Vila Real (Nordeste de Portugal). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 21: 337-347.
- European Environment Agency. 2004.** High nature value farmland: Characteristics, trends and policy challenges. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. 32 pp.
- Evans, G. A. 2007.** Parasitoids (Hymenoptera) associated with whiteflies of the World. www.sel.barc.usda.gov:8080/1WF/parasitoidcatalog.pdf 173 pp.
- Ferragut, F., J. Costa-Comelles, F. Garcia-Marí, R. Laborda, D. Roca y C. Marzal. 1988.** Dinámica poblacional del fitoseido *Euseius stipulatus* (Athias-Henriot) y su presa *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Phytoseiidae, Tetranychidae) en los cítricos españoles. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 14: 45-54.
- Ferragut, F., F. Garcia-Marí, J. Costa-Comelles, R. Laborda y C. Marzal. 1986.** Influencia de la cubierta vegetal invernal en las poblaciones de fitoseidos en huertos de cítricos. *Actas del VII Congreso de Entomología* 44 - 53.
- Ferragut, F. y J.E. González-Zamora. 1994.** Diagnóstico y distribución de las especies de *Orius* Wolff 1811, peninsulares (Heteroptera, Anthocoridae). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 20: 89-101.
- Ferrière, C. 1965.** Hymenoptera Aphelinidae d'Europe et du bassin méditerranéen. 1ª ed. (Faune de l'Europe et du bassin méditerranéen.) Masson et Cie editeurs, Paris. 205 pp.

- Fiedler, A.K., S.D. Wratten y D.A. Landis. 2008.** Maximizing ecosystem services from conservation biological control: The role of habitat management. *Biological Control* 45: 254-271.
- Field, R.P. 1979.** Integrated pest control in Victorian peach orchards: the role of *Stethorus* spp. (Coleoptera: Coccinellidae). *Journal of the Australian Entomological Society* 18: 315-322.
- Finke, D.L. y R.F. Denno. 2006.** Spatial refuge from intraguild predation: implications for prey suppression and trophic cascades. *Oecologia* 149: 265-275.
- Franco, J.C., C. Soares, E.B. Silva, T. Vasconcelos, R. Antunes, A.P. Ramos, E. Sousa, F. Caetano, M.A. Ferreira, E. Figueiredo, J. Duclos, J.E. Fernandes, I. Moreira, A. Cecílio, J.C. Tomás, N. Ramos, F.A. Ilharco, M. Branco y L. Aniceto. 2006.** Ecological infrastructures and conservation biological control in citrus orchards. En *Integrated control in citrus fruit crops Lisbon, 26-27 September 2005*. IOBC wprs Bulletin 29(3): 29.
- Franco, J.C., A. Magro y A. Raimundo. 1992.** Estudo comparativo da dinâmica de populações de coccinelídeos em pomares de citrinos no sul de Portugal. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 18: 69-80.
- Gámez-Virués, S., G.M. Gurr, A. Raman, J. La Salle y H. Nicol. 2009.** Effects of flowering groundcover vegetation on diversity and activity of wasps in a farm shelterbelt in temperate Australia. *BioControl* 54: 211-218.
- García-Marí, F., P. Colomer, J. Costa, C. Marzal, E. Santaballa y F. Ferragut. 1983.** El ácaro rojo *Panonychus citri* (McGregor): incidencia en la problemática fitosanitaria de nuestros agrios. *Boletín Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica* 9: 191-218.
- García-Marí, F., J. Costa-Comelles, R. Vercher y C. Granda. 1997.** El minador de hojas de cítricos: presente y futuro de una plaga importada. *Phytoma España* 92: 94-102.
- García-Marí, F., F. Ferragut, C. Marzal, J. Costa-Comelles y R. Laborda. 1986.** Ácaros que viven en las hojas de los cítricos españoles. *Investigación Agraria, Producción y Protección Vegetales* 1: 219-250.
- García-Marí, F., J.M. Llorens, J. Costa-Comelles y F. Ferragut. 1991.** Ácaros de las plantas cultivadas y su control biológico. *Pisa, Alicante*.
- García-Marí, F. y V. Olivares. 2004.** Efecto secundario de plaguicidas sobre organismos beneficiosos de cítricos en España. *Levante Agrícola: Revista internacional de cítricos* 369: 32-39.
- García-Marí, F., R. Vercher, J. Costa-Comelles, C. Marzal y M. Villalba. 2004.** Establishment of *Citrostichus phyllocnistoides* (Hymenoptera: Eulophidae) as a biological control agent for the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Spain. *Biological Control* 29: 215-226.
- García-Mercet, R. 1912.** Mimáridos nuevos de España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* 12:331-337
- García-Mercet, R. 1930.** Afelínidos paleárticos. (Hym. Chalc.). *Eos* 6: 191-199.
- Garrido, A., A. Hermoso, J. Tarancón y T. Del Busto. 1975.** Evaluación de poblaciones de adultos de mosca blanca de los cítricos (*Aleurothrixus floccosus* Mask.) y de su parásito el afelínido *Cales noacki* Howard. *Anales INIA Serie Protección Vegetal* 5: 1-22.
- Garrido, A. y J. J. Ventura. 1993.** Plagas de los cítricos. Bases para el manejo integrado. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Gaston, K.J., I.D. Gauld y P. Hanson. 1996.** The size and composition of the hymenopteran fauna of Costa Rica. *Journal of Biogeography* 23: 105-113.

- Geiger, F., R. Bommarco, S.C. Eggers, C. Winqvist, L. Clement, M. Plantegenest, V. Bretagnolle, T. Tscharrntke, W. Weisser, F. Berendse, J. Bengtsson, M. Emmerson, J. Liira, P. Ceryngier y M. Morales. 2010.** Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. *Basic and Applied Ecology* 11: 97-105.
- Gençer, L. 2003.** The parasitoids of *Yponomeuta malinellus* Zeller (Lepidoptera: Yponomeutidae) in Sivas. *Türk zooloji dergisi* 27: 43-46.
- Gibson, G.A.P. 2001.** The Australian species of *Pachyneuron* Walker (Hymenoptera: Chalcidoidea: Pteromalidae). *Journal of Hymenoptera Research* 10(1): 29-54.
- Gibson, G.A.P. y V. Vikberg. 1998.** The species of *Asaphes* Walker from America north of Mexico, with remarks on extralimital distributions of taxa (Hymenoptera: Chalcidoidea, Pteromalidae). *Journal of Hymenoptera Research* 7(2): 209-256.
- Gómez, J.F., M. Hernández Nieves, A.M. Garrido, R.R. Askew y J.L. Nieves-Aldrey. 2006.** Los Chalcidoidea (Hymenoptera) asociados con agallas de Cinípidos (Hymenoptera, Cynipidae) en la Comunidad de Madrid. *Graellsia* 62: 293-331.
- Gómez-Clemente, F. 1951.** Los insectos auxiliares en la lucha contra los nocivos a los agríos. *Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola* 19: 7-18.
- Gómez-Clemente, F. y S. Planes. 1952.** Algunas notas sobre la ecología de *Ceratitis capitata* en el Levante español sobre naranjos. *Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola* 19: 37-48.
- Gómez-Menor, J. 1944.** Aleuródidos de interés agrícola. *Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola* 13: 161-198.
- Gomiero, T., D. Pimentel y M. Paoletti. 2011.** Environmental Impact of Different Agricultural Management Practices: Conventional vs. Organic Agriculture. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30: 95-124.
- González, E., M. Alvarado, E. Berlanga, A. Serrano y A. de la Rosa. 1994.** Daños producidos por trips en nectarinas en el Valle del Guadalquivir. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 20: 229-241.
- González, L., P. Bernabé y M. Castaño. 1996.** Enemigos naturales autóctonos de *Phyllocnistis citrella* Stainton. (Lepidoptera. Gracillariidae, Phyllocnistinae) en la provincia de Huelva. Distribución geográfica, evolución estacional y tasas de parasitismo. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 22: 741-760.
- Goula, M., T. Monleón, J. Vendrell y A. Serra. 2010.** «Heteròpters (Insecta, Hemiptera, Prosorrhyncha) de les Planes de Son i la mata de València». A: GERMAIN, J. [cur.]. *Els sistemes naturals de les Planes de Son i la mata de València*. Barcelona: Institució Catalana d'Història Natural. (Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural; 16): 419-479.
- Graham, M.W.R. de V. 1987.** A reclassification of the European Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae), with a revision of certain genera. *Bulletin of the British Museum (Natural History) (Entomology)* 55(1): 1-392.
- Green, R.E., A. Balmford, P.R. Crane, G.M. Mace, J.D. Reynolds y R.K. Turner. 2005.** A framework for improved monitoring of biodiversity: Responses to the world summit on sustainable development. *Conservation Biology* 19:56-65.
- Guerrieri, E. y J.S. Noyes. 2000.** Revision of European species of genus *Metaphycus* Mercet (Hymenoptera: Chalcidoidea: Encyrtidae), parasitoids of scale insects. *Systematic Entomology* 25: 147-222.
- Gurr, G.M., S.D. Wratten y J.M. Luna. 2003.** Multi-function agricultural biodiversity: Pest management and other benefits. *Basic and Applied Ecology* 4: 107-116.

- Hagen, K.S., N.J. Mills, G. Gordh y J.A. McMurtry. 1999.** Terrestrial arthropod predators of insect and mite pest. En T. S. Bellows y T. W. Fisher (eds). Handbook of biological control: principles and applications of biological control. Academic Press. San Diego. 383-503.
- Hall, R.W. y L.E. Ehler. 1979.** Rate of establishment of natural enemies in classical biological control. Bulletin of the Entomological Society of America 25: 280-282.
- Hayat, M. 1983.** The genera of Aphelinidae (Hymenoptera) of the World. Systematic Entomology 8: 63-102.
- Hayat, M. 1998.** Aphelinidae of India (Hymenoptera: Chalcidoidea): a taxonomic revision. Memoirs on Entomology. International 13: 416pp.
- Hermoso de Mendoza, A. y P. Moreno. 1989.** Cambios cuantitativos en la fauna afídica de los cítricos valencianos. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 15: 139-142.
- Hesler, L.S., A.T. Palrang, M.J. Orazo y A.A. Grigarick. 1993.** Arthropod fauna of conventional and organic rice fields in California. Journal of Economic Entomology 86: 149-158.
- Hoback, W.W., L.G. Higley, S.M. Spomer y T.M. Svatos. 1999.** Trap color and placement affects estimates of insect family-level abundance and diversity in a Nebraska salt marsh. Entomologia Experimentalis et Applicata 91: 393-402.
- Hole, D.G., A.J. Perkins, J.D. Wilson, I.H. Alexander, P.V. Grice y A.D. Evans. 2005.** Does organic farming benefit biodiversity? Biological Conservation 122:113-130.
- Holland, J. y L. Fahrig. 2000.** Effect of woody borders on insect density and diversity in crop fields: a landscape-scale analysis. Agriculture, Ecosystems and Environment 78: 115-122.
- Huber, J.T. 1988.** The species groups of *Gonatocerus* Nees in North America with a revision of the sulphuripes and ater groups (Hymenoptera: Mymaridae). Memoirs of the Entomological Society of Canada 141: 1-109.
- Huber, J.T. 2006.** Familia Mymaridae. En: F. Fernández; M.J. Sharkey (Eds.). Introducción a los Hymenoptera de La Región Neotropical. Sociedad Colombiana de Entomología y Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C. pp.765-767.
- Huber, J.T. y N.Q. Lin. 1999.** World review of the *Camptoptera* group of genera (Hymenoptera: Mymaridae). Proceedings of the Entomological Society of Ontario 130: 21-65.
- Huber, J.T., G. Viggiani y R. Jesu. 2009.** Order Hymenoptera, family Mymaridae. Arthropod fauna of the UAE 2: 290-297.
- Imenes, S.D.L., E.C. Bergmann, A.L.B.G. Peronti, S. Ide y J.E.R. Martins. 2002.** Aphids (Hemiptera: Aphididae) and their parasitoids (Hymenoptera) on *Ixora* spp. (Rubiaceae) in the states of Bahia and Sao Paulo, Brazil - formal records of interactions. *Arquivos do Instituto Biológico, Sao Paulo* 69(4): 55-64.
- Ipert, G. 1999.** Biodiversity of predaceous Coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 323-342.
- Iraola, V.M., R. Biurrun, M.L. Moraza y M.J. Esparza. 1994.** Depredadores de la familia Phytoseiidae sobre ácaro rojo *Panonychus ulmi* (Koch) en frutales de Navarra. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 20: 687-694.
- Ives, A.R., K. Gross y V.A.A. Jansen. 2000.** Periodic mortality events in predator-prey systems. Ecology 81: 3330-3340.
- Jacas, J.A., F. Karamaouna, R. Vercher y L. Zappalà. 2010.** Citrus pest management in the Northern Mediterranean basin (Spain, Italy and Greece), pp. 3-27. En A. Ciancio y K. G. Mukerji (eds.), Integrated Management of Arthropod Pests and Insect Borne Diseases, vol. 5. Springer.

- Jacas, J.A., A. Urbaneja y E. Viñuela. 2006.** History and Future of Introduction of Exotic Arthropod Biological Control Agents in Spain: A Dilemma? *BioControl* 51: 1-30.
- James, D.G., R.J. Faulder, K.J. O'Malley y M.M. Stevens. 1999.** Ant foraging reduces the abundance of beneficial and incidental arthropods in citrus canopies. *Biological Control* 14: 121-126.
- Jensen, P. B. 1997.** The influence of unspraying on diversity of soil-related hymenopteran parasitoids in cereal fields. *Journal of Applied Entomology* 121:417-424.
- Jenser, G. 1999.** Changes in arthropod population composition in IPM apple orchards under continental climatic conditions in Hungary. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 73: 141-154.
- Kapranas, A., J.G. Morse, P. Pacheco, L.D. Forster y R.F. Luck. 2007.** Survey of brown soft scale *Coccus hesperidum* L. parasitoids in southern California citrus. *Biological Control* 42: 288-299.
- Karamaouna, F., S. Pascual-Ruiz, E. Aguilar-Fenollosa, M.J. Verdú, A. Urbaneja y J.A. Jacas F. 2010.** Changes in predation and parasitism of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) populations in Spain following establishment of *Citrostichus phyllocnistoides* (Hymenoptera: Eulophidae). *Biological Control* 52: 37-45.
- Kavallieratos, N.G., C.G. Athanassiou, G.J. Stathas y Z. Tomanovic. 2002.** Aphid parasitoids (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) on citrus: Seasonal abundance, association with the species of host plant and sampling indices. *Phytoparasitica* 30: 365-377.
- Kleijn, D., R.A. Baquero, Y. Clough, M. Díaz, J. De Esteban, F. Fernández, D. Gabriel, F. Herzog, A. Holzschuh, R. Jöhl, E. Knop, A. Kruess, E.J.P. Marshall, I. Steffan-Dewenter, T. Tschardt, J. Verhulst, T.M. West y J.L. Yela. 2006.** Mixed biodiversity benefits of agri-environment schemes in five European countries. *Ecology Letters* 9: 243-254.
- Knight, A. 1994.** Insect pest and natural enemy populations in paired organic and conventional apple orchards in the Yakima Valley, Washington. *Journal of the Entomological Society of British Columbia* 91: 27-36.
- Kogan, M. 1998.** Integrated pest management: historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology* 43: 243-270.
- Kozár. 1992.** Organization of arthropod communities in agroecosystems. *Acta Phytopatologica et Entomologica Hungarica* 27: 365-373.
- Krebs, J., J. Wilson, G. Siriwardena y R. Bradbury. 1999.** The second silent spring? *Nature* 400: 611-612.
- Kruess, A. 2003.** Effects of landscape structure and habitat type on a plant-herbivore-parasitoid community. *Ecography* 26: 283-290.
- Kruess, A. y T. Tschardt. 1994.** Habitat fragmentation, species loss and biological control. *Science* 264: 1581-1584.
- Lacasa, A. y J.M. Llorens. 1998.** Trips y su control biológico II. Ediciones Pisa. Alicante. 312 pp.
- Lacasa, A.; J. Rodríguez y M.C. Martínez 1993a.** Influencia de los tratamientos contra el "piojo de San José" (*Quadraspidiotus perniciosus* Comst. red.) en el enraizado de estaquillas leñosas de frutales. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 19:107-116.
- Lacasa, A., J.A. Sánchez y M. Lorca. 1996.** Aspectos ecológicos de los parásitos de los tisanópteros en España. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 22: 339-349.

- Lacasa, A., J. Torres y M.C. Martínez. 1993b.** *Frankliniella occidentalis* (Perg.) en los cultivos de nectarina de Murcia. Evolución de las poblaciones y comportamiento de variedades. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 19: 335-344.
- Landis, D.A., G.M. Gurr y S.D. Wratten. 2000.** Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annual Review of Entomology 45: 175-201.
- Lattin, J.D. 1999.** Bionomics of the Anthocoridae. Annual Review of Entomology 44: 207-231.
- Lavandero, I.B., S.D. Wratten, R.K. Didham y G. Gurr. 2006.** Increasing floral diversity for selective enhancement of biological control agents: A double-edged sword? Basic and Applied Ecology 7: 236-243.
- León, N. y F. Garcia-Marí. 2005.** Los neurópteros coniopterígididos como depredadores de plagas en cítricos. Levante Agrícola 378: 377-382.
- Letourneau, D.K. y S.G. Bothwell. 2008.** Comparison of organic and conventional farms: Challenging ecologists to make biodiversity functional. Frontiers in Ecology and the Environment 6: 430-438.
- Letourneau, D., C. Moreno, S. Bothwell y J. Jedlicka. 2009.** Effects of Natural Enemy Biodiversity on the Suppression of Arthropod Herbivores in Terrestrial Ecosystems. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics 40: 573-592.
- Li, F., Y. Gong-yin, Y.P. Qiong Wu y C. Xue-Xin. 2007.** Arthropod abundance and diversity in Bt and non-Bt rice fields. Environmental Entomology 36: 646-654.
- Liang, W., R. Spooner-Hart, L. Jiang, A. Meats y G.A.C. Beattie. 2010.** Conservation of natural enemy fauna in citrus canopies by horticultural mineral oil: Comparison with effects of carbaryl and methidathion treatments for control of armored scales. Insect Science 17: 414-426.
- Limón, F., A. Meliá, J. Blasco y P. Moner. 1976a.** Estudio de la distribución, nivel de ataque y parásitos de las cochinillas diaspinas *Chrysomphalus dictyospermi* Morgan y *Parlatoria pergandii* Comst. en cítricos de la provincia de Castellón. Boletín del Servicio de Plagas 2: 73-87.
- Limón, F., A. Meliá, J. Blasco y P. Moner. 1976b.** Estudio de la distribución, nivel de ataque, parásitos y predadores de las cochinillas lecaninas (*Saissetia oleae* Bern y *Ceroplastes sinensis* Del Guercio) en los cítricos de la provincia de Castellón. Boletín del Servicio de Plagas 2: 263-276.
- Llorens, J.M. 1990a.** Homoptera I. Cochinillas de los cítricos y su control biológico. Ediciones Pisa. Alicante. 260 pp.
- Llorens, J.M. 1990b.** Homoptera II. Pulgones de los cítricos y su control biológico. Ediciones Pisa. Alicante. 170 pp.
- Llorens, J.M. y M.A. Capilla. 1994.** Evolución de la mosca blanca de los cítricos (*Dialeurodes citri* Ashmead), en la provincia de Alicante. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 20: 79-88.
- Llorens, J.M. y A. Garrido. 1992.** Homoptera III. Moscas blancas y su control biológico. Ediciones Pisa. Alicante. 203 pp.
- Loomans, A.J.M. 2003.** Parasitoids as biological control agents of thrips pests. Thesis, Wageningen University: 200pp.
- Loomans, A.J.M. 2006.** Exploration for hymenopterous parasitoids of thrips. Bulletin of Insectology 59: 69-83.
- Magro, A., J. Araujo y J.L. Hemptinne. 1999.** Coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae) in citrus groves in Portugal: listing and analysis of geographical distribution. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 25: 335-345.
- Magurran, A.E. 2004.** Measuring Biology Diversity. Blackwell Publishing, Oxford, UK.

- Malavolta, C., J.V. Cross, P. Cravedi y E. Jörg. 2003.** Guidelines for integrated production of stone fruits: IOBC technical guideline III. IOBC/wprs Working Group Integrated Production of Stone Fruits.
- Mandrin, J.F. 2005.** Earwigs in stone fruit orchards. IOBC wprs Bulletin 28 (7): 449.
- Marín, F. y V.J. Monserrat. 1995.** Contribución al conocimiento de los neurópteros de Valencia (Insecta, Neuroptera). Boletín de la Asociación Española de Entomología 19 (3-4): 35-49.
- Martínez Ferrer, M.T. 2003.** Biología y control del cotonet *Planococcus citri* (Homoptera: Pseudococcidae) en huertos de cítricos. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Valencia.
- Martins, F.M., T.R. Mendonca, A.M.P. Lavadinho y M.M. Vieira. 2002.** Entomofauna num pomar de limoeiros, no Escaroupim (Ribatejo), em Portugal. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 28: 435-443.
- Massa, B., M.C. Rizzo y V. Caleca. 2001.** Natural alternative hosts of Eulophidae (Hymenoptera: Chalcidoidea) parasitoids of the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* Stainton (Lepidoptera: Gracillariidae) in the Mediterranean basin. Journal of Hymenopteran Research 10: 91-200.
- Mathews, C.R. 2004.** Role of peach [*Prunus persica* (L.) Batsh] extrafloral nectaries in mediating natural enemy-herbivore interactions. Ph D Dissertation. University of Maryland.
- Mathews, C.R., D.G. Bottrell y M.W. Brown. 2007.** Leaf Extrafloral Nectaries Enhance Biological Control of a Key Economic Pest, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), in Peach (Rosales: Rosaceae). Environmental Entomology 36: 383-389.
- Matthews, M. J. 1986.** The British species of *Gonatocerus* Nees (Hymenoptera: Mymaridae), egg parasitoids of Homoptera. Systematic Entomology 11: 213-229.
- Meliá, A. 1982.** Prospección de pulgones (Homoptera, Aphidoidea) sobre cítricos en España. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 8: 169-177.
- Meliá, A. 1989.** Utilización de trampas amarillas en el control de los pulgones (Homoptera, aphididae) de los cítricos. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 15: 175-185.
- Meliá, A. 1995.** Muestreo de poblaciones y actividad de vuelo de *Aphis frangulae gossypii* Glover (Homoptera, Aphididae) y otros pulgones sobre cítricos en Castellón. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 21: 601-610.
- Meliá, A. y J. Blasco. 1980.** Los cóccidos perjudiciales a los cítricos de Castellón y sus parásitos. Fruits 35 (9): 551-554.
- Michelena, J.M. y A. Sanchís. 1997.** Evolución del parasitismo y fauna útil sobre pulgones en una parcela de cítricos. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 23: 241-255.
- Michelena, J.M., P. Gonzalez y E. Soler. 2004.** Parasitoides afidiíno (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) de pulgones de cultivos agrícolas en la Comunidad Valenciana. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 30: 317-326.
- Michelena, J. M., A. Sanchis y P. González. 1994.** Afidiíno sobre pulgones de frutales en la Comunidad Valenciana. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 20: 465-470.
- Miñarro, M. y E. Dapena. 2004.** Parasitoides de carpocapsa *Cydia pomonella* en plantaciones de manzano de Asturias. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 30: 507-517.
- Miñarro, M., E. Dapena y F. Ferragut. 2002.** Ácaros fitoseidos (Acari: Phytoseiidae) en plantaciones de manzano de Asturias. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 28: 287-297.

- MMARM – Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2011.** Estadísticas 2010 Agricultura Ecológica. España.
- Molino, J.F. y D. Sabatier. 2001.** Tree diversity in tropical rain forests: a validation of the intermediate disturbance hypothesis. *Science* 294: 1702-1704.
- Montserrat, V.J. 1984.** Contribución al conocimiento de los Neurópteros de Alicante (Neur. Planipennia). *Mediterránea. Serie de Estudios Biológicos* 7: 91-116.
- Montserrat, V.J. 2005.** Catálogo de los Neurópteros de Baleares con nuevos datos sobre su fauna (Insecta, Neuroptera). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears* 48: 71-85. Palma de Mallorca.
- Monzo, C., P. Vanaclocha, R. Outerelo, I. Ruiz-Tapiador, D. Tortosa, T. Pina, P. Castanera y A. Urbaneja. 2005.** Catalogación de especies de las familias Carabidae, Cicindelidae y Staphylinidae en el suelo de los cítricos de la provincia de Valencia, España. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 31: 483-492.
- Mouillot, D. y A. Leprêtre. 1999.** A comparison of species diversity estimators. *Researches on Population Ecology* 41: 203-215.
- Musser, F.R., A.M. Shelton y J.P. Nyrop. 2004.** Survey of predators and sampling method comparison in sweet corn. *Journal of Economic Entomology* 97: 136-144.
- Myers, J. H., E. Kovacs y C. Higgins. 1989.** How many insect species are necessary for the biological control of insects? *Environmental Entomology* 18: 541-547.
- Naciones Unidas. 1992.** Declaración de Río sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo.
- Navarro, C., M. T. Pastor, F. Ferragut y F. Garcia-Marí. 2008.** Trips (Thysanoptera) asociados a parcelas de cítricos en la Comunidad Valenciana: abundancia, evolución estacional y distribución espacial. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 34: 53-64.
- Navarro-Llopis, V., E. Primo-Yufera, J. Primo-Millo y J. Sanchis. 2007.** Chemosterilants as control agents of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in field trials. *Bulletin of Entomological Research* 97: 359-368.
- Nicholls, C., M. Parrella y M. Altieri. 2001.** The effects of a vegetational corridor on the abundance and dispersal of insect biodiversity within a northern California organic vineyard. *Landscape Ecology* 16: 133-146.
- Noguera, V., M.J. Verdú, A. Gómez-Cadenas y J.A. Jacas. 2003.** Ciclo biológico, dinámica poblacional y enemigos naturales de *Saissetia oleae* Olivier (Homoptera: Coccidae), en olivares del Alto Palancia (Castellón). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 29: 495-504.
- Nonell, J. 1939.** Introducción y difusión del *Aphelinus mali* (Hald.) en España. *Boletín de Patología Vegetal y Entomología Agrícola* 8: 179-186.
- Noyes, J.S. 2011.** Universal Chalcidoidea Database. World Wide Web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>
- Odum, E. 1984.** Properties of agroecosystems. En: *Agricultural Ecosystems*. ed. R. Lawrence, B.R. Skinner y G.S. House, pp.5-11. New York. WileyInterscience. 233 pp.
- Olson, D. y F. Wäckers. 2007.** Management of field margins to maximize multiple ecological services. *Journal of Applied Ecology* 44: 13-21.
- Orts, J.J. 2008.** Identidad y abundancia de insectos depredadores en parcelas de cítricos de la Comunidad Valenciana: análisis de su variabilidad entre parcelas, comarcas y épocas del año. Trabajo de Fin de Carrera. Departamento Ecosistemas Forestales. Universidad Politécnica de Valencia.
- Östman, Ö., B. Ekbom y J. Bengtsson. 2001.** Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. *Basic and Applied Ecology* 2: 365-371.

- Palis, F.G., R.J. Flor, H. Warburton y M. Hossain. 2006.** Our farmers at risk: Behaviour and belief system in pesticide safety. *Journal of Public Health* 28: 43-48.
- Palumbo, J.C., D.N. Byrne y A.J. Tonhasca. 1995.** Evaluation of three sampling methods for estimating adult sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) abundance on cantaloupes. *Journal of Economic Entomology* 88: 1393-1400.
- Panis, A. 1977.** Contribución al conocimiento de la biología de la "cochinilla negra de los agrios" (*Saissetia oleae* Olivier). *Boletín Servicio de Plagas* 3: 199-205.
- Paoletti, M.G. 1995.** Biodiversity, traditional landscapes and agroecosystem management. *Landscape Urban Planning* 31: 117-128.
- Paoletti, M.G. 1999.** Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 1-18.
- Paoletti, M.G. y D. Pimentel. 1992.** Biodiversity in *Agroecosystems*, Elsevier, 356 pp.
- Paoletti, M.G., B.R. Stinner y G.G. Lorenzoni. 1989.** *Agricultural Ecology and Environment*. Elsevier, 636 pp.
- Patanita, M.I., F. Martins y E.V. Osuna. 2006.** Contribución al conocimiento de la entomofauna beneficiosa del nogal. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 32: 29-35.
- Pekár, S. 1999.** Effect of IPM practices and conventional spraying on spider population dynamics in an apple orchard. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 73: 155-166.
- Pekas, A., A. Tena, A. Aguilar y F. Garcia-Marí. 2010.** Effect of Mediterranean ants (Hymenoptera: Formicidae) on California red scale (Hemiptera: Diaspididae) populations in citrus orchards. *Environmental Entomology* 39: 827-34.
- Pérez Moreno, I. 1998.** Ácaros depredadores de la familia Phytoseiidae en frutales de la Rioja. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 24: 167-174.
- Pericart, J. 1972.** Hemipteres. Anthocoridae, Cimicidae, Microphysidae de l'Ouest Paleartique. Ed. Masson et Cie. París. 420 pp.
- Pina, T. 2007.** Control biológico del piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell) (Hemiptera: Diaspididae) y estrategias reproductivas de su principal enemigo natural *Aphytis chrysomphali* (Mercet) (Hymenoptera: Aphelinidae). Tesis Doctoral. Departament de Zoologia. Universitat de València.
- Pina, T. y M.J. Verdú. 2007.** El piojo rojo de California, *Aonidiella aurantii* (Maskell), y sus parasitoides en cítricos de la Comunidad Valenciana. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 33: 357-368.
- Polaszek, A., S. Abd-Rabou y J. Huang. 1999.** The Egyptian species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae): a preliminary review. *Zoologische Mededelingen, Leiden* 73(6): 131-163.
- Pollard, K.A. y J.M. Holland. 2006.** Arthropods within the woody element of hedgerows and their distribution pattern. *Agricultural and Forest Entomology* 8: 203-211.
- Prischmann, D.A., L.C. Wright, W.E. Snyder, D.G. James y C.P. Storm. 2007.** Identity, Abundance and Phenology of *Anagrus* spp. (Hymenoptera: Mymaridae) and Leafhoppers (Homoptera: Cicadellidae) Associated with Grape, Blackberry and Wild Rose in Washington State. *Annals of the Entomological Society of America* 100: 41-52.
- Rakhshani, E., A.A. Talebi, P. Stary, S. Manzari y A. Rezwani. 2005.** Re-description and biological control information of *Pauesia antennata* (Mukerji) (Hym., Braconidae, Aphidiinae), parasitoid of *Pterochloroides persicae* (Chol.) (Hom., Aphidoidea, Lachnidae). *Journal of the Entomological Research Society* 7(3): 56-59.

- Remund, U. y E. Boller. 1996.** Importance of hedgerow plants for the egg parasitoids of the green grapevine leafhopper in eastern Switzerland. *Obst-und Weinbau* 132(9): 238-241.
- Ribes, J.J., J. Piñol, X. Espadaler y N. Cañellas. 2004.** Heterópteros de un cultivo ecológico de cítricos de Tarragona (Cataluña, NE España) (Hemiptera: Heteroptera). *Orsis*, 19: 21-35.
- Rieux, R., H. Defrance y S. Simon. 1999.** Role of hedgerows and ground cover management on arthropod populations in pear orchards. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 73: 119-127.
- Riihimaki, J. 2006.** Host tree architecture mediates the effect of predators on herbivore survival. *Ecological Entomology* 31: 227-235.
- Ripollés, J.L. 1986.** La lucha biológica, Utilización de entomófagos en la citricultura española, *Integrated pest management in citrus*, Parasitis 86, Ginebra.
- Ripollés, J.L., M. Marsá y M. Martínez. 1995.** Desarrollo de un programa de control integrado de las plagas de los cítricos en las comarcas del Baix Ebre-Montsià. *Levante Agrícola* 332: 232-248.
- Ripollés, J.L. y A. Meliá. 1980.** Primeras observaciones sobre la proliferación de *Conwentzia psociformis* (Curt.) (Neuroptera, Coniopterygidae), en los cítricos de Castellón de la Plana. *Boletín Servicio de Plagas* 6: 61-66.
- Risch, S.J., M.A. Altieri y D. Andow. 1983.** Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. *Environmental Entomology* 12: 625-629.
- Rivera, M.G. 2005.** La agricultura ecológica: una oportunidad para el desarrollo rural de la Comunidad Valenciana. *Revista de desarrollo rural y cooperativismo agrario* 9: 95-102.
- Robinson, R.A. y W.J. Sutherland. 2002.** Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. *Journal of Applied Ecology* 39: 157-176.
- Rodrigo, E., P. Troncho y F. Garcia-Marí. 1996.** Parasitoids (Hym.: Aphelinidae) of three scale insects (Hom.: Diaspididae) in a citrus grove in Valencia, Spain. *Entomophaga* 41: 77-94.
- Rodríguez, B., 2005.** Phylogenetic analysis of tribe Habrolepidini and revision of Homalopoda and Ceraptroceroideus (Hymenoptera: Encyrtidae). Ph D Dissertation. Texas A&M University
- Rodríguez, M.D., R. Moreno, M. Téllez, M.P. Rodríguez y R.F. Fernández. 1994.** *Eretmocerus mundus* (Mercet), *Encarsia lutea* (Masi) y *Encarsia transvena* (Timberlake) (Hym.y Aphelinidae) parasitoides de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) en los cultivos hortícolas protegidos almerienses. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 20: 695-702.
- Rojo, S. 1995.** Biología de los sírfidos afidófagos (Diptera, Syrphidae) presentes en cultivos hortofrutícolas mediterráneos. Implicaciones en el control biológico de pulgones (Homoptera, Aphididae). Tesis doctoral. Universidad de Alicante.
- Roschewitz, I., C. Thies, T. Tschardt y M. Hucker. 2005.** The influence of landscape context and farming practices on parasitism of cereal aphids. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 108: 218-227.
- Rosen, D. 1965.** The Hymenopterous parasites of citrus armored scales in Israel (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Annals of the Entomological Society of America* 58: 388-396.
- Rosen, D. y P. DeBach. 1979.** Species of *Aphytis* of the World (Hymenoptera: Aphelinidae). *Series Entomologica* 17:801pp.

- Rost, L., J. Serra y M. Vilajeliu. 1987.** Estudi de l'ácaro-fauna de pomeres a les comarques gironines i de la utilització dels àcars depredadors de la família Phytoseiidae per al control de l'aranya roja *Panonychus ulmi* Koch. *Monografies de l'Obra Agrícola de la Caixa de Pensions*. Tecnologia i Economia.
- Saber, F.M.M., H.R. Rawheia y A.A. Sahar. 2010.** Seasonal fluctuation of the white peach scale insect, *Pseudulacaspis pentagona* (Targioni) and its associated parasitoid, *Aphytis* sp. At Mett-Ghamer, Dakahlyia Governorate, Egypt. *Egyptian Academic Journal of Biological Sciences* 3(1): 1-9.
- Salas Amat, L. 1912.** Las plagas del naranjo y limonero en España. Mº de Fomento, D. G. de Agricultura, Minas y Montes, Madrid.
- Schauff, M. E. 1984.** The holarctic genera of Mymaridae (Hymenoptera: Chalcidoidea). *Memoirs of the Entomological Society of Washington* 12:1-67.
- Schauff, M. E., G.A. Evans y J.M. Heraty. 1996.** A pictorial guide to the species of *Encarsia* (Hymenoptera: Aphelinidae) parasitic on whiteflies (Homoptera: Aleyrodidae) in North America. *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 98(1): 1-35.
- Sengonca, C., N. Uygun, I. Karaca y M. Schade. 1998.** Primary studies on the parasitoid fauna of Coccoidea in cultivated and non-cultivated areas in the east Mediterranean region of Turkey. *Anzeiger für Schädlingkunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz* 71: 128-131.
- Silva, E.B., M. Branco, T. Vasconcelos y J.C. Franco. 2010.** Effect of ground cover vegetation on the abundance and diversity of beneficial arthropods in citrus orchards. *Bulletin of Entomological Research* 100: 489-499.
- Silva, R.G., E.B. Silva y J.C. Franco. 2006.** Parasitoid complex of citrus leafminer on lemon orchards in Portugal. En *Integrated control in citrus fruit crops*, Lisbon, 26-27 September 2005. *IOBC wprs Bulletin* 29(3): 197-204.
- Simoës, A.M.A., A. Cecílio, F.A. Ilharco, M.F. Aguiar y J.C. Franco. 2006.** New records of hymenopteran parasitoid species from citrus orchards in Terceira Island (Azores, Portugal). En *Integrated control in citrus fruit crops*, Lisbon, 26-27 September 2005. *IOBC wprs Bulletin* 29(3): 189-193.
- Simon, S., J. Bouvier, J. Debras y B. Sauphanor. 2010.** Biodiversity and pest management in orchard systems. A review. *Agronomy for sustainable development* 30: 139-152.
- Simon, S., H. Defrance y B. Sauphanor. 2007.** Effect of codling moth management on orchard arthropods. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122: 340-348.
- Sirrine, J., D. K. Letourneau, C. Shennan, D. Sirrine, R. Fouch, L. Jackson y A. Mages. 2008.** Impacts of groundcover management systems on yield, leaf nutrients, weeds and arthropods of tart cherry in Michigan, USA. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 125: 239-245.
- Siscaro, G., S. Longo, G. Mazzeo, P. Suma, L. Zappalà y G. Samperi. 2006.** Side-effects of insecticides on natural enemies of citrus scale pests in Italy. En *Integrated control in citrus fruit crops*, Lisbon, 26-27 September 2005. *IOBC wprs Bulletin* 29(3): 55-64.
- Smit, B. y J. Smithers. 1993.** Sustainable agriculture: interpretations, analyses and prospects. *Canadian Journal of Regional Science* 16(3): 499-524.
- Smith, D.; G.A.C. Beattie y R. Broadley. 1997.** Citrus pests and their natural enemies. Dept. of Primary Industries, Queensland (Australia). 282 pp.
- Snyder, W.E., G.C. Chang y R.E. Prasad. 2005.** Conservation Biological Control: Biodiversity Influences the Effectiveness of Predators. En : Barbosa, P. ; I. Castellanos (Eds). *Ecology of Predator-Prey- Interactions*. New York, Oxford University Press.

- Soler, J.M. 2000.** Control de artrópodos fitófagos en cítricos con aldicarb y efectos sobre entomofauna auxiliar. Tesis Doctoral. Departamento Ecosistemas Forestales. Universidad Politécnica de Valencia.
- Soler, J.M., F. Garcia-Marí y D. Alonso. 2002.** Evolución estacional de la entomofauna auxiliar en cítricos. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 28: 133-149.
- Sommaggio, D. 1999.** Syrphidae: can they be used as environmental bioindicators? Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 343-356.
- Sorribas, J. J., R. Rodriguez, E. Rodrigo y F. Garcia-Marí. 2008.** Niveles de parasitismo y especies de parasitoides del piojo rojo de California *Aonidiella aurantii* (Hemiptera: Diaspididae) en cítricos de la Comunidad Valenciana. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 34: 201-210.
- Sorribas, J. y F. Garcia-Marí. 2010.** Comparative efficacy of different combinations of natural enemies for the biological control of California red scale in citrus groves. Biological Control 55: 42-48.
- Soto, A., F. Ohlenschläger y F. Garcia-Marí. 1999.** Situación del control biológico de las moscas blancas de cítricos *Aleurothrixus floccosus*, *Parabemisia myricae* y *Dialeurodes citri* en la Comunidad Valenciana. Levante Agrícola 349: 475-484.
- Soto, A., F. Ohlenschlaeger y F. Garcia-Marí. 2002.** Distribution and sampling of the whiteflies *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri* and *Parabemisia myricae* (Homoptera: Aleyrodidae) in citrus in Spain. Journal of Economic Entomology 95: 167-173.
- Soto, A., F. Ohlenschlager y F. Garcia-Marí. 2001.** Dinámica poblacional y control biológico de las moscas blancas *Aleurothrixus floccosus*, *Dialeurodes citri* y *Parabemisia myricae* (Homoptera: Aleyrodidae) en los cítricos valencianos. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 27: 3-20.
- Souza, A.L.T. y R.P. Martins. 2005.** Foliage density of branches and distribution of plant-dwelling spiders. Biotropica 37: 416-420.
- Spellman, B., M.W. Brown y C.R. Mathews. 2006.** Effect of floral and extrafloral resources on predation of *Aphis spiraecola* by *Harmonia axyridis* on apple. BioControl 51: 715-724.
- Stathas, G.J., P.A. Eliopoulos, S.L. Bouras, L.P. Economou y D.C. Kontodimas. 2003.** The scale *Parthenolecanium persicae* (Fabricius) on grapes in Greece. En Integrated Protection and Production in Viticulture. Volos (Hellas) 18-22 March 2003. IOBC wprs Bulletin 26 (8): 253-257.
- Stireman, J., L.A. Dyer y R. Matlock. 2005.** Top-down forces in managed versus unmanaged habitats. En: Barbosa, P.; I. Castellanos (Eds). Ecology of Predator-Prey-Interactions. New York, Oxford University Press.
- Stopes, C., M. Measures, C. Smith y L. Foster. 1995.** Hedgerow management in organic farming. Biodiversity and Land Use: The Role of Organic Farming (eds J. Isart & J. J. Llerena), pp. 121-125. Multitext, Barcelona, Spain.
- Straub, C.S., W.E. Snyder y D.L. Finke. 2008.** Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals?. Biological Control 45: 225-237.
- Suay, V.A., F. Luna y J.M. Michelena. 1998.** Parasitoides no afidiíinos de pulgones (Chalcidoidea: Aphelinidae) e hiperparasitoides de las superfamilias Chalcidoidea, Ceraphronoidea y Cynipoidea (Hymenoptera: Apocrita: Parasitica) en la provincia de Valencia. Boletín de la Asociación Española de Entomología 22(1-2): 99-113.
- Suckling, D.M., C.H. Wearing y J.T.S. Walker. 1999.** Ecological impact of three pest management systems in New Zealand apple orchards. Agriculture, Ecosystems and Environment 73: 129-140.
- Suma, P., L. Zappalà, G. Mazzeo y G. Siscaro. 2009.** Lethal and sub-lethal effects of insecticides on natural enemies of citrus scale pests. Biocontrol 54: 651-661.

- Sydorovych, O. y A. Wossink. 2008.** The meaning of agricultural sustainability: Evidence from a conjoint choice survey. *Agricultural Systems* 98: 10-20.
- Szentkiralyi, F. y F. Kozár. 1991.** How many species are there in apple insect communities?: testing the resource diversity and intermediate disturbance hypotheses. *Ecological Entomology* 16: 491-503.
- Tena, A., J. Catalán, C. Monzó, J.A. Jacas y A. Urbaneja. 2009.** Control químico de *Pezothrips kellyanus*, nueva plaga de los cítricos, y sus efectos sobre la entomofauna auxiliar. *Levante Agrícola* 397: 281-289.
- Tena, A. y F. Garcia-Marí. 2006.** Natural enemies of the black scale *Saissetia oleae* (Homoptera: Coccidae) in Valencia (Spain). En *Integrated control in citrus fruit crops*, Lisbon, 26-27 September 2005. IOBC wprs Bulletin 29(3): 47-54.
- Tena, A. y F. Garcia-Marí. 2008.** Suitability of citricola scale *Coccus pseudomagnoliarum* (Hemiptera: Coccidae) as host of *Metaphycus helvolus* (Hymenoptera: Encyrtidae): influence of host size and encapsulation. *Biological Control* 46:341-347.
- Tena, A., A. Soto y F. Garcia-Marí. 2008.** Parasitoid complex of black scale *Saissetia oleae* on citrus and olives: parasitoid species composition and seasonal trend. *BioControl* 53:473-487.
- Tena, A., A. Soto, R. Vercher y F. Garcia-Marí. 2007.** Density and structure of *Saissetia oleae* (Hemiptera: Coccidae) populations on citrus and olives: relative importance of the two annual generations. *Environmental Entomology* 36: 700-706.
- Tilman, D., K. G. Cassman, P.A. Matson, R. Naylor y S. Polasky. 2002.** Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418: 671-677.
- Torres, J., A. Hermoso de Mendoza, A. Garrido y J. Jacas. 1998.** Dinámica de las poblaciones de cicadélidos (Homoptera: Cicadellidae) en almendros en el Alto Palancia (Prov. Castellon). *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 24: 279-292.
- Torres, J., A. Hermoso de Mendoza, A. Garrido y J. Jacas. 2000.** Estudio de los cicadélidos (Homoptera: Cicadellidae) que afectan a diferentes especies de arboles del género *Prunus*. *Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas* 26: 645-656.
- Townsend, C.R., M.R. Scarsbrook y S. Dolédec. 1997.** The intermediate disturbance hypothesis, refugia, and biodiversity in streams. *Limnology and Oceanography* 42: 938-949.
- Triapitsyn, S.V. 1999.** Survey of parasitoids of citrus thrips, *Scirtothrips citri* (Moulton, 1909), in southern California. *Russian Entomological Journal* 8: 47-50.
- Triapitsyn, S.V. 2005.** Revision of *Ceranisuus* and the related thrips-attacking entedonine genera (Hymenoptera: Eulophidae) of the world. *African invertebrates* 46: 261-315.
- Triapitsyn, S.V. y V.V. Berezovskiy. 2001.** Review of the Mymaridae (Hymenoptera, Chalcidoidea) of Primorskii Krai: genus *Mymar* Curtis. *Far Eastern Entomologist* 100: 1-20.
- Triapitsyn, S.V., D. González, D.B. Vickerman, J.S. Noyes y E.B. White. 2007.** Morphological, biological y molecular comparisons among the different geographical populations of *Anagyrus pseudococci* (Hymenoptera: Encyrtidae), parasitoids of *Planococcus* spp. (Hemiptera: Pseudococcidae), with notes on *Anagyrus dactylopii*. *Biological Control* 41: 14-24.
- Triapitsyn, S.V. y J.G. Morse. 2005.** A review of the species of *Ceranisuus* Walker (Hymenoptera: Eulophidae) in the New World. *Transactions of the American Entomological Society* 131: 69-86.
- Trjapitzin, V.A. 2008.** A review of encyrtid wasps (Hymenoptera, Chalcidoidea, Encyrtidae) of Macaronesia. *Entomological Review* 88(2): 218-232.

- Troncho, P., E. Rodrigo y F. Garcia-Marí. 1992.** Observaciones sobre el parasitismo en los diaspinos *Aonidiella aurantii* (Maskell), *Lepidosaphes beckii* (Newman) y *Parlatoria pergandei* (Comstock) en una parcela de naranjo. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 18: 11-30.
- Tscharntke, T., C. Thies, A. Kruess y I. Steffan-Dewenter. 2002.** Contribution of small habitat fragments to conservation of insect communities of grassland-cropland landscapes. Ecological Applications 12: 354-363.
- Urbaneja, A., O. Dembilio, S. Pascual, E. Viñuela y P. Castañera. 2006a.** Side effects on natural enemies of bait insecticide applications for the control of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). En Integrated control in citrus fruit crops, Lisbon, 26-27 September 2005. IOBC wprs Bulletin 29: 215.
- Urbaneja, A., F. Garcia-Marí, D. Tortosa, C. Navarro, P. Vanaclocha, L. Bagues y P. Castañera. 2006b.** Influence of ground predators on the survival of the mediterranean fruit fly pupae, *Ceratitis capitata*, in Spanish citrus orchards. BioControl 51: 611-626
- Urbaneja, A., F. Garcia-Marí, D. Tortosa, C. Navarro, P. Vanaclocha, L. Bagues y P. Castañera. 2006.** Influence of ground predators on the survival of the Mediterranean fruit fly pupae, *Ceratitis capitata* (Diptera:Tephritidae), in Spanish citrus orchards. En Integrated control in citrus fruit crops. Lisbon, 26-27 September IOBC wprs Bulletin 29:75.
- Urbaneja, A., E. Llacer, J. Jacas y A. Garrido. 1998.** Ciclo biológico de *Cirrospilus proximo* a *lyncus*, parasitoide autóctono del minador de las hojas de los cítricos. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 24: 707-714.
- Urbaneja, A., E. Llacer, O. Tomas, J. Jacas y A. Garrido. 2000.** Indigenous natural enemies associated with *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in eastern Spain. Biological Control 18: 199-207.
- Valentine, E.W. 1975.** Additions and corrections to Hymenoptera hyperparasitic on aphids in New Zealand. The New Zealand Entomologist 6(1): 59-61.
- Vercher, R., F. Garcia-Marí, J. Costa-Comelles y C. Marzal. 2006.** The recruitment of native parasitoid species by an invading herbivore the case of *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Eastern Spain. En Integrated control in citrus fruit crops, Lisbon, 26-27 September 2005. IOBC wprs Bulletin 29: 65.
- Verdú, M. J. 1985.** Establecimiento de *Prospaltella elongata*, parásito de serpetta fina. Levante Agrícola 259-260: 68-70.
- Vidano, C., C. Arno y A. Alma. 1987.** On the *Empoasca vitis* intervention threshold on vine (Rhynchota, Auchenorrhyncha). – En: Vidano, C. & Arzone, A. (eds.), Proceedings of the 6th Auchenorrhyncha Meeting. CNR-OPRA, Torino: 525-537.
- Viggiani, G. 1997.** 2.3.3 Eulophidae, pteromalidae, eupelmidae and signiphoridae, pp. 147-158. En Yair Ben-Dov and Chris J. Hodgson (ed.), World Crop Pests, Volume 7, Part B. Soft Scale Insects their Biology, Natural Enemies and Control. Elsevier.
- Viggiani, G. 2000.** The role of parasitic Hymenoptera in integrated pest management in fruit orchards. Crop Protection 19: 665-668.
- Viggiani, G. 2002.** Egg parasitoids of vineyard leafhoppers and their alternative hosts in the Mediterranean basin. *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri', Portici* 58: 63-76.

- Viggiani, G., E. Guerrieri y F. Filella. 1992.** Osservazioni e dati sull'*Empoasca decedens* Paoli e la *Zygina flammigera* (Fourcroy) (Homoptera: Typhlocibidae) infestanti il pesco in Campania. Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri' 49: 127-160.
- Viggiani, G., R. Jesu y R. Sasso. 2003.** Cicaline della vite e loro ooparassitoidi in vigneti el Sud Italia. Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria Filippo Silvestri 59. 3-31.
- Vilajeliu, M., D. Bosch, P.G. Lloret, M. Sarasua, J. Costa-Comelles y J. Avilla. 1994.** Control biológico de *Panonychus ulmi* (Koch) mediante ácaros fitoseidos en plantaciones de control integrado de manzano en Cataluña. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 20: 173-185.
- Villalba, M., N. Vila, C. Marzal y F. Garcia-Marí. 2006.** Influencia en el control biológico del cotonet *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) de la liberación inoculativa de enemigos naturales y la eliminación de hormigas, en parcelas de cítricos. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 32: 203-213.
- Villanueva-Jimenez, J.A., M.N. Hoy y F.S. Davies. 2000.** Field evaluation of integrated pest management-compatible pesticides for the citrus leafminer *Phyllocnistis citrella* (Lepidoptera: Gracillariidae) and its parasitoid *Ageniaspis citricola* (Hymenoptera: Encyrtidae). Journal of Economic Entomology 93(2): 357-367.
- Villaronga, P. y F. Garcia-Marí. 1992.** Relación entre las especies de ácaros Tetrániquidos y Fitoseidos en los avellanos de Tarragona. Boletín de Sanidad Vegetal. Plagas 18: 441-454.
- Virla, E.G., S. Triapitsyn, W.A. Jones y G.A. Logarzo. 2005.** Biology of *Gonatocerus tuberculifemur* (Hymenoptera: Mymaridae), an egg parasitoid of the sharpshooter, *Tapajosa rubromarginata* (Hemiptera: Cicadellidae). Florida Entomologist 88: 67-71.
- Wallis, C.M., F.E. Gildow, D. Luster y S.J. Fleischer. 2005.** Aphid (Hemiptera: Aphididae) species composition and potential aphid vectors of plum pox virus in Pennsylvania peach orchards. Journal of Economic Entomology 98: 1441-1450.
- Wang, C., J. Strazanac y L. Butler. 2001.** A comparison of pitfall traps with bait traps for studying leaf litter ant communities. Journal of Economic Entomology 94:761-765.
- Wang, H., C. Gao, Y. Zhu, J. Shen, Y. Yang y J. Su. 2008.** Assessment of the impact of insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymanidae), an egg parasitoid of the rice planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). Crop Protection 27: 514-522.
- Weibull, A. y Ö. Östman. 2003.** Species composition in agroecosystems: The effect of landscape, habitat and farm management. Basic and Applied Ecology 4: 349-361.
- Westrum, K., I. Klingen, T. Hofsvang y E.B. Hågvar. 2010.** Checklist of primary parasitoids and hyperparasitoids (Hymenoptera, Apocrita) on aphids (Hemiptera, Aphididae) from Norway. Norwegian Journal of Entomology 57: 142-153.
- Wickramasinghe, L., S. Harris, G. Jones y N. Jennings. 2004.** Abundance and species richness of nocturnal insects on organic and conventional farms: Effects of agricultural intensification on bat foraging. Conservation Biology 18: 1283-1292.
- Wilby, A. y M.B. Thomas. 2002.** Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. Ecology Letters 5: 353-360.
- Willer, H. y L. Kilcher. 2011.** The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2011. IFOAM, Bonn, y FiBL, Frick.

- Woin, N., C. Volkmar y T. Wetzel. 2000.** Seasonal activity and diversity of ladybirds (Coleoptera : Coccinellidae) as ecological bioindicators in paddy fields. *Mitteilungen der Deutschen Gesellschaft für Allgemeine und Angewandte Entomologie* 12: 203-206.
- Wyss, E. 1996.** The effects of artificial weed strips on diversity and abundance of the arthropod fauna in a Swiss experimental apple orchard. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 60: 47-59.
- Wyss, E., H. Luka, L. Pfiffner, C. Schlatter, G. Uehlinger y C. Daniel. 2005.** Approaches to pest management in organic agriculture: a case study in European apple orchards. *Organic Research* (May): 33-36.
- Wyss, E., U. Niggli y W. Nentwig. 1995.** The impact of spiders on aphid populations in a strip-managed apple orchard. *Journal of Applied Entomology* 119: 473-478.
- Xiao, H. y D.W. Huang. 2000.** A taxonomic study on *Asaphes* (Hymenoptera: Pteromalidae) from China, with descriptions of four new species. *Entomologia Sinica* 7(3): 193-202.
- Xu, Z. 2002.** Revision of the genus *Microterys* Thomson (Hymenoptera: Encyrtidae) of China. *Zoologische Mededelingen, Leiden* 76(17): 211-270.
- Yang, P., L. Lenz, R.H. Messing, D. Foote y A.V. Alyokhin. 2002.** Distribution and abundance of mymarid parasitoids (Hymenoptera: Mymaridae) of *Sophonia rufofascia* Kuoh and Kuoh (Homoptera: Cicadellidae) in Hawaii. *Biological Control* 23: 237-244.
- Zehnder, G., G.M. Gurr, S. Kuhne, M.R. Wade, S.D. Wratten y E. Wyss. 2007.** Arthropod Pest Management in Organic Crops. *Annual Review of Entomology* 52: 57-80.