

Biodiversitat de coleòpters i el seu paper com a plagues i com a agents de control biològic en un conreu de cítrics ecològics

Projecte Final de Carrera

Autor: **Carlos Santisteban Ortiz**

Ciències Ambientals

Tutor: **Josep Piñol Pascual**

CREAF

4 de Febrer de 2013

Universitat Autònoma de Barcelona

Biodiversitat de coleòpters i el seu paper com a plagues i com a agents de control biològic en un conreu de cítrics ecològics

Memòria del Projecte Final de Carrera
Llicenciatura de Ciències Ambientals
Universitat Autònoma de Barcelona
4 de Febrer de 2013

Autor: **Carlos Santisteban Ortiz**
Tutor: **Josep Piñol Pascual** (CREAF)

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	3
1.1. L'ordre Coleoptera.	
1.2. Agricultura Ecològica.	
1.3. Plaga.	
1.4. Plaguicides.	
1.5. Control biològic de plagues.	
1.6. Experiments sense formigues.	
1.7. Objectius.	
2. MATERIALS I MÈTODES	8
2.1. Zona d'estudi.	
2.2. Experiments excloent les formigues.	
2.3. Mostreig i classificació d'artròpodes.	
2.4. Anàlisis estadístics.	
2.5. Anàlisis de depredadors	
3. RESULTATS	11
3.1. Biodiversitat de Coleoptera no Coccinellidae.	
3.2. Biodiversitat per famílies de Coleoptera.	
3.3. Efecte de la presència de formigues.	
3.4. Diferències entre les famílies de les comunitats en presència i absència de formigues.	
3.5. Diferències entre les espècies de les comunitats en presència i absència de formigues.	
3.6. Canvis en l'abundància de depredadors.	
3.6.1. Anàlisi de Malachiidae i Carabidae.	
3.6.2. Anàlisi de Malachiidae, Carabidae, Staphylinidae i Phalacridae	
4. DISCUSSIÓ	23
4.1. Biodiversitat.	
4.2. Efectes de la presència de formigues.	
4.2.1. Els coleòpters com a plagues.	
4.2.2. Els coleòpters com a depredadors.	
4.3. Experiments a llarg termini.	
4.4. Conclusions	
5. AGRAÏMENTS	27
6. BIBLIOGRAFIA	28

1. INTRODUCCIÓ

1.1. L'ORDRE COLEOPTERA

Comunament anomenats “escarabats”, Coleoptera és l'ordre d'artròpodes més abundant de la Terra, i no només d'insectes, sinó també de tot el regne animal. El nombre d'espècies descrites és d'unes 300.000 però s'estima que poden arribar a valors propers a les 400.000. Tot i ser tan nombroses, les espècies de Coleoptera són difícils de trobar, en comparació amb altres ordres d'artròpodes, com podrien ser els Diptera (García *et al.*, 1989).

Són insectes holometàbols, o també anomenats endopterigots, ja que presenten una metamorfosi quasi completa, amb estadis de larva, pupa i adult netament diferenciats. La reproducció d'aquests insectes és quasi sempre de manera sexual, tot i que, exclusivament, es pot trobar partenogènesi en alguna espècie. La vida és relativament curta (de dies o setmanes) i, moltes vegades, l'estadi adult viu un període de temps per reproduir-se, únicament. Les espècies d'estiu i hivern acostumen a tenir una vida més llarga (Paulian, 1988).

Les espècies de Coleoptera tenen una gran diversitat morfològica, encara que totes presenten unes característiques típiques d'aquest ordre i que els hi han permès un èxit evolutiu indiscutible (García *et al.*, 1989):

- Protecció: presenten una cutícula dura, rígida i quitinitzada, un vertader exosquelet per evitar traumes físics. El primer parell d'ales estan endurides i protegeixen la part posterior del tòrax, el segon parell d'ales (com una mena d'estoig) i l'abdomen. Aquestes ales endurides s'anomenen èlitres. Els èlitres no s'utilitzen pel vol, però s'han de aixecar per que el insecte pugui utilitzar les ales posteriors.
- Retenció d'humitat: tenen una gran capacitat per retenir la humitat degut a que els estigmes (orificis per on respiren els artròpodes) s'obren sota els èlitres i eviten la pèrdua d'aigua per transpiració. Aquest fet els permet viure en ambients tropicals, mediterranis o també àrids o àrtics.
- Peces bucals: els Coleoptera tenen mandíbules mastegadores, adaptables i utilitzables per una varietat de funcions, no només per l'alimentació (Chinery, 1988).
- Substàncies tòxiques: moltes espècies acumulen substàncies tòxiques a l'organisme, que poden ser produïdes per elles mateixes o obtingudes de les plantes que s'alimenten. És una bona defensa contra els enemics naturals.

La majoria dels Coleòptera poden volar, però moltes només ho fan si és imprescindible. També hi ha espècies que tenen els èlitres units i les ales posteriors atrofiades, el que els inhabilita per volar (Paulian, 1988).

En quant al règim alimentari dels Coleoptera, la majoria són fitòfags o micòfags, tot i que també es poden trobar sapròfags i depredadors d'altres artròpodes, com els Carabidae o el Coccinellidae. Les espècies fitòfagues poden arribar a constituir greus plagues en els conreus dels essers humans, com es el cas dels Chrysomelidae, fitòfags típics que s'alimenten de fulles, brots, flors i talls (García *et al.*, 1989; Español, 1992).

Normalment, la majoria del dany el realitzen les larves ja que, en algunes espècies, els adults viuen per reproduir-se, com s'ha indicat anteriorment o, simplement, tenen una dieta diferent. Les espècies depredadores (especialment la família Coccinellidae) s'utilitzen com a control biològic de plagues d'artròpodes (Zahradnik, 1990).

Aquest treball es centra en les famílies de Coleoptera no Coccinellidae, gairebé no estudiades anteriorment, d'un camp de cítrics ecològic situat a la Selva del Camp (Tarragona).

1.2. AGRICULTURA ECOLÒGICA

El concepte d'agricultura ecològica ve derivat del concepte de desenvolupament sostenible, essent una forma diferent d'enfocar la producció agrària, basada en el respecte a l'entorn i dirigida a produir aliments sans, de la màxima qualitat i en quantitat suficient, utilitzant com a model la mateixa natura, extraient-ne tota la informació possible, unida amb els actuals coneixements tècnics i científics (Benet i Mònico, 2011). Segons la Federació Internacional de Moviments d'Agricultura Ecològica (IFOAM), s'entén per agricultura ecològica «aquella on no s'usen entrades sintètiques i en què els mètodes de producció contribueixen al manteniment o millora de la fertilitat del sòl» (IFOAM, 2005).

L'agricultura ecològica, doncs, hauria de permetre obtenir aliments de la màxima qualitat, tant en la seva presentació i gust com en el seu contingut alimentari, mitjançant tècniques i productes que estiguin integrats als ecosistemes, de manera que produeixin el mínim impacte ambiental possible (Jacas *et al.*, 2005). Han de potenciar la fertilitat natural del sòl i la capacitat productiva de l'agrosistema; garantir la continuïtat de la producció agrària a la zona; no incorporar als aliments substàncies o residus que resultin perjudicials per a la salut o minvin la seva capacitat alimentària; respectar els cicles naturals dels cultius i aportar als animals unes condicions de vida adequades (Benet i Mònico, 2011).

No obstant això, el risc de plagues sobre el cultiu continua existint i cal buscar solucions de la forma més ecològica i sostenible que es pugui, es a dir, no utilitzant productes sintètics (plaguicides). A partir d'aquí, com s'explicarà més endavant, apareix el concepte de control biològic.

1.3. PLAGA

El concepte de plaga és totalment antròpic, i s'aplica a qualsevol espècie que sigui "indesitjable" per l'home. Les plagues més perjudicials són, sobretot, les plagues en els cultius, provocades per espècies fitòfagues. Una característica que han de tenir aquestes espècies ha de ser el fet d'haver superat el control que exerceixen els enemics naturals sobre ella mateixa. Això ha pogut succeir per diversos motius: introducció de l'espècie exòtica sense enemics; estimulació de l'espècie a causa d'abundants i permanents recursos; canvi o mutació a l'organisme que el fa invulnerable als seus enemics naturals...

Restablir el control biològic d'una plaga, teòricament, és possible, tot i que moltes vegades la falta de recursos o complicacions diverses fan que aquest restabliment sigui difícilment aplicable (Jacas i Urbaneja, 2008). És per aquest motiu, que durant moltes dècades, l'aplicació de plaguicides als camps de conreu ha estat una tècnica d'eradicació de plagues molt utilitzada.

1.4. PLAGUICIDES

Els plaguicides, i més concretament per aquest treball, els insecticides, han constituït una lluita química contra les plagues dels cultius agrícoles durant moltes dècades. Els resultats obtinguts en el manteniment i augment de les collites, fonamentalment a partir de la dècada dels anys quaranta gràcies al descobriment i l'aplicació dels plaguicides orgànics de síntesi, ha fet que la seva utilització en l'actualitat sigui de tal magnitud que, per la majoria dels agricultors, la utilització d'altres mètodes de lluita hagi quedat relegat a simples possibilitats o a considerar-se de menor efectivitat (Schwartz i Klassen, 1981).

El problema dels plaguicides és que són productes químics preparats deliberadament per ser tòxics davant a determinats organismes, essent aquesta la raó de la seva utilitat comercial. En existir certa homogeneïtat entre totes les formes de vida, pot ocórrer que la ingestió accidental de plaguicides per part d'individus secundaris (com poden ser els depredadors) produeixi en aquests efectes tòxics (McMahons *et al.*, 1988). Els residus, a més, poden constituir en certs casos una important font de contaminació de les zones on s'utilitzen durant temporades més o menys llargues. La mobilitat a través de l'aire o de l'aigua (Hitbold, 1974), la seva acumulació o transformació al medi on s'aplica, la persistència que poden tenir al sòl (Kearney *et al.*, 1969) i, finalment, la seva biomagnificació (es pot introduir a la xarxa tròfica, augmentant la seva concentració en passar d'un nivell a un altre) constitueixen altres riscos que han de ser comparats amb els possibles beneficis que poden produir (Spear, 1991).

Actualment, s'ha trobat que els plaguicides més persistents en el medi són els organoclorats (com el DDT). Per contra, els organofosforats i els carbamats tenen una vida curta i es dissipen a les poques setmanes. No obstant, aquesta persistència és major quan s'eleva el contingut orgànic del sòl (Navarro i cols., 1992).

Per evitar l'ús dels plaguicides, es va començar a implantar de nou una tècnica mil·lenària que ja utilitzaven els primers agricultors, 10.000 anys AC, el control de les plagues mitjançant l'activitat dels depredadors entomòfags (Jacas i Urbaneja, 2008).

1.5. CONTROL BIOLÒGIC DE PLAGUES

El control biològic es podria definir com l'ús d'un ésser viu (enemics naturals de les plagues, patògens o males herbes, o els seus productes) amb la finalitat de reduir la densitat de un altre (plaga, patògen o mala herba), idealment per sota del seu límit econòmic de danys (Jacas i Urbaneja, 2008).

Els antics egipcis (2.000 anys aC) ja utilitzaven gats per mantenir les granges lliures de l'atac dels rosegadors. Al segle IV, els citricultors xinesos manipulaven els nius de la formiga *Oecophylla smaragdina* (Hymenoptera: Formicidae) per la regulació de les poblacions d'algunes plagues dels cítrics, com la xinxa *Tessarotoma papillosa* (Hemiptera: Pentatomidae) (DeBach, 1974). Aquesta pràctica encara continuava utilitzant-se a mitjans del segle XX en algunes zones del sud-est asiàtic (Hui-Lin Li, 1982). Però el control biològic no només es basa en la idea de depredadors entomòfags, si no també en la idea del parasitisme i la patogenicitat, i no va ser fins a finals del segle XVII quan es van trobar les primeres referències al respecte. Al 1835 es va demostrar el paper entomopatògen del cuc de seda, provocat pel fong *Beauveria bassiana*. A partir d'aquí es recomanen l'ús de patògens contra plagues (Lenteren i Godfray, 2005).

La primera referència trobada de la introducció d'un enemic natural des d'una zona geogràfica a una altra va ser a finals del segle XVIII. L'exemple més clàssic és el de l'ocell Minà comú, *Acridotheres tristis* (Passeriformes: Sturnidae), originaria de la India, introduïda a les illes Maurici per controlar les poblacions de les llagostes vermelles, *Nomadacris septemfasciata* (Orthoptera: Cyrtacanthacridinae). Aquest ocell es va introduir en altres països amb el mateix objectiu i, a l'actualitat, s'ha convertit en un greu problema tant en zones urbanes (soroll, mals olors, risc de transmissió d'infermetats) com a les zones agrícoles (consum de gra) o d'interès natural (competència amb la fauna autòctona, disminució de la biodiversitat) (Lowe *et al.*, 2004). Exemples semblants han succeït en altres ocasions en que s'han introduït vertebrats depredadors polífags com a agents de control biològic. Per aquest motiu, aquest tipus d'enemic natural no es contempla en l'actualitat pel control biològic de plagues (Jacas *et al.*, 2006).

En l'actualitat, el control biològic constitueix un dels principals pilars de la protecció moderna de cultius. Aquesta tècnica de control és una peça bàsica de l'anomenada Gestió Integrada de Plagues, Infermetats i Flora Adventícia (GIP), així com de qualsevol estratègia d'Agricultura Sostenible (Jacas *et al.*, 2005). Però per assegurar que una espècie sigui bona pel control biològic cal fer estudis sobre la viabilitat del projecte (Luck *et al.*, 1988); no només cal estudiar l'individu que es vol introduir com a controlador de la plaga, si no també és necessari conèixer i manejar l'hàbitat (Landis *et al.*, 2000). Per exemple, a Mèxic, es poden trobar set casos d'estudi de programes de control biològic, entre ells la utilització de *Chrysoperla rufilabris* (Neuroptera: Chrysopidae) pel control de la plaga de l'àfid *Toxoptera citrida* (William *et al.*, 2013) o la utilització de la formiga *Azteca* com un agent biològic (Vandermeer *et al.* 2002). I no només s'estudien casos de depredadors, si no també de paràsits o patògens, sobretot en artròpodes com els àcars (Poinar i Poinar 1998).

1.6. EXPERIMENTS SENSE FORMIGUES

Les formigues tenen un doble rol molt important a les comunitats vegetals, ja que poden actuar de forma mutualista (per exemple, amb els àfids) o com a depredadors generalistes. Aquest fet fa que la presència o absència de formigues pugui tenir efectes potencials sobre l'abundància d'altres artròpodes a la comunitat, tant a espècies herbívores com carnívores

(James *et al.*, 1999). Amb aquesta idea, la zona d'estudi del present treball ha estat objecte de diversos estudis sobre la comunitat d'insectes, on s'han exclòs les formigues.

Hi ha molts estudis que demostren que l'activitat de les formigues redueix l'abundància de grups de Coleoptera, Neuroptera, Heteroptera, Diptera i Dermaptera (Daane, 2001). En estudis anteriors sobre la zona, s'ha observat que, en absència de formigues, el nombre de Coleoptera depredadors augmenta, sobretot la família Coccinellidae (Piñol *et al.*, 2009a).

Amb l'exclusió de les formigues experimentalment, al present estudi, s'espera el increment de l'abundància d'espècies de Coleoptera depredadores, com va passar en anteriors treballs amb altres grups d'artròpodes (Piñol *et al.*, 2009a; Piñol *et al.*, 2012a; Piñol *et al.*, 2012b; Mestre *et al.*, 2013). Els herbívors poden ser afectats també, com a conseqüència indirecta dels canvis en l'abundància de depredadors i en la depredació de les formigues (Heil i Mckey, 2003).

L'exclusió de les formigues es va realitzar mitjançant una banda adhesiva, com s'explicarà més endavant. Aquesta banda no només impedeix a les formigues pujar, si no que també evita que altres insectes puguin arribar a les capçades dels arbre (com és el cas de les tisoretetes). Aquest fet podria provocar un augment molt significatiu en l'abundància d'espècies fitòfagues o micòfagues al quedar-se sense depredadors principals, com és el cas dels àfids i la tisoreta europea (Piñol *et al.*, 2009a; Piñol *et al.* 2009b).

1.7. OBJECTIUS

El present treball és una contribució al coneixement dels Coleoptera en agroecosistemes. En aquests ecosistemes els Coleoptera Coccinellidae són els més abundants i importants, per la qual cosa es coneixen força bé (Horn, 1895; Gordon, 1985; Gordon i Vandenberg, 1991). Per aquesta raó aquí ens centrem en la resta de Coleoptera no Coccinellidae, un grup molt divers i nombrós, però molt poc estudiat en ecosistemes agrícoles. La zona d'estudi és un camp de cítrics ecològics de Tarragona en el qual s'estudia la comunitat d'artròpodes des de fa més de 10 anys. S'han establert els següents objectius específics:

- Descriure quantitativament la comunitat de Coleoptera no Coccinellidae.
- Descriure els canvis que s'han produït en la comunitat de Coleoptera al llarg de 10 anys.
- Valorar la importància de les diferents espècies i/o famílies com a components de la biodiversitat d'un conreu ecològic.
- Descriure els efectes sobre la comunitat de Coleoptera no Coccinellidae de la presència o absència de formigues.
- Valorar la importància de les diferents espècies i/o famílies com a possibles plagues o com a agents de control biològic.

2. MATERIALS I MÈTODES

2.1. ZONA D'ESTUDI

La zona d'estudi està situada a La Selva del Camp (Tarragona, 41°13'07"N, 1°08'35"E), zona de clima Mediterrani, amb primaveres i tardors plujosos i estius i hiverns secs.

La plantació consisteix en aproximadament 320 mandariners (*Citrus clementina* var. *clemenules*) empeltats en el patró Citrange Carrizo (*Poncirus trifoliata* (L.) Raf. x *Citrus sinensis* (L) Osb.). Al 2003 es va deixar d'aplicar herbicides i al 2004 de fertilitzar amb adob orgànic. No va ser fins al període del 2004 al 2011 quan el cultiu va complir amb els estàndards d'agricultura ecològica (no es van aplicar pesticides, herbicides o fungicides i només es va utilitzar adob orgànic per fertilitzar).

El sistema d'irrigació utilitzat des del 2002 fins el 2005 va ser el sistema localitzat de degoteig, però al 2006 es va canviar pel reg mitjançant microaspersió. El volum d'aigua irrigada va ser el mateix durant tot el període d'estudi tot i que el nou sistema de reg manté més la humitat de la zona i accelera la mineralització del fertilitzant orgànic.

2.2. EXPERIMENTS EXCLOENT LES FORMIGUES

Els arbres han estat seleccionats aleatòriament i s'han separat entre arbres control, on les formigues poden pujar a les fulles o branques lliurement, i arbres amb una banda adhesiva al tronc, que evita l'arribada de les formigues a aquestes parts altes de l'arbre. Els arbres agafats per cada tractament al 2002 han estat 8 de control i 7 amb banda adhesiva; del 2003 al 2008 es van agafar 8 arbres control i 8 arbres amb banda adhesiva; i del 2009 al 2011 van ser mostrejats 9 arbres control i 9 arbres amb banda adhesiva.

Els mostrejos van començar al Febrer de 2002 i els arbres es mostrejaven cada mes fins a Desembre de 2011 (excepte el Novembre del 2002 que no es va mostrejar). L'experiment es va repetir durant 10 anys (2002-2011) utilitzant diferents grups d'arbres cada any i agafats aleatòriament.

La banda adhesiva consisteix en una base de polibutè aplicat a una anella de plàstic que envolta i s'adhereix al tronc de l'arbre. La banda adhesiva és molt efectiva en evitar que les formigues arribin a les parts altes de l'arbre però, en ocasions, alguna es pot trobar en els mostrejos d'arbres amb l'adhesiu. Per evitar-ho, els arbres es van inspeccionar cada setmana i, quan es trobaven formigues a les capçades, les branques baixes es retallaven o es posava més adhesiu a la banda.

Se sap, de treballs anteriors, que la banda adhesiva es efectiva també per altres grups d'insectes escaladors, com la *Forficula sp.* (Piñol *et. al.*, 2009a), tisoletes depredadores d'àfids (Salomon *et. al.*, 2000). Conseqüentment, aquest experiment no exclou únicament a les formigues, si no que s'ha d'interpretar també que exclou a altres grups d'artròpodes escaladors, com les tisoletes.

2.3. MOSTREIG I CLASSIFICACIÓ D'ARTRÒPODES

Els artròpodes (de les capçades dels arbres) han estat mostrejats un cop cada mes utilitzant una tela blanca i quadrada de recol·lecció de 0,5 m² col·locada, aproximadament, a 50 cm sota el fullatge (els arbres eres colpejats tres cops en direccions oposades), capturats amb aspiradors entomològics i immediatament preservats en alcohol al 70%.

Al laboratori, tots els Araneae, Coleoptera, Heteroptera, Psocoptera, Dermaptera i Formicidae obtinguts es van identificar fins a espècie. Els insectes d'altres grups van ser comptats i identificats fins a família o ordre. En treballs anteriors, s'han estudiat grups com els Heteroptera (Piñol et. al., 2012b) o les Araneae (Mestre et. al., 2013). El present treball estudiarà el grup Coleoptera i, més concretament, els que no pertanyen a la família dels Coccinellidae, ja que aquests, les marietes, són objecte d'un altre estudi.

2.4. ANÀLISIS ESTADÍSTICS

Per cada any, s'ha utilitzat el test permutacional ANOSIM per comparar les comunitats que trobem als arbres control i als arbres sense formigues (Clarke i Gorley, 2006). Aquest test es un anàleg no paramètric de l'anàlisi multivariant de la variància (MANOVA), utilitzat en estudis anteriors sobre artròpodes (Piñol et al., 2010).

Primer hem transformat les dades d'abundància amb l'arrel quadrada i hem calculat les similituds entre arbres amb l'índex de Bray-Curtis. L'ANOSIM calcula l'estadístic R de la similitud entre arbres. Aquest estadístic pren valors entre (-1,1), encara que normalment pren valors positius. Quan es troba a prop de zero, els tractaments no difereixen. En canvi, alts valors de R tendeixen a indicar diferències entre tractaments. Per determinar la probabilitat de que els grups siguin diferents, ANOSIM recalcula l'estadístic R a partir de permutacions de les mostres i calcula el nivell de significació (P) referit als valors observats de R fins la seva distribució de permutació (Clarke i Gorley, 2006).

De forma anàloga s'han analitzat les famílies més abundants de Coleoptera i les famílies depredadores.

Finalment, per l'anàlisi d'espècies individuals, els valor d'abundància els hem transformat amb l'arrel quadrada i hem calculat distància euclidiana (enlloc de la similitud de Bray-Curtis) entre les comunitats dels arbres control i dels arbres sense formigues.

ANOSIM es va dur a terme mitjançant el software PRIMER 6, versió 6.1.13.

2.5. ANÀLISIS DE DEPEDADORS

Degut a la poca informació bibliogràfica existent sobre la majoria de famílies i espècies de Coleoptera no Coccinellidae, l'anàlisi dels individus depredadors ha estat fet de dos maneres diferents.

El primer mètode ha consistit en estudiar les famílies Malachiidae i Carabidae. Aquestes dos famílies se sap que són depredadores (Evans, 1977).

El segon mètode d'anàlisi ha consistit en considerar també les famílies Staphylinidae i Phalacridae com depredadores. Aquest supòsit s'ha fet a causa de que la majoria d'espècies Staphylinidae presenten un comportament depredador i no s'ha pogut establir el règim alimentari de les espècies mostrejades (tot i que se sap que també poden presentar comportaments micòfags). Les dades bibliogràfiques que es tenen de la família Phalacridae, indiquen que el seu comportament és polinifag. No obstant, les dades recollides al camp, fan pensar que aquest no és el seu vertader règim alimentari.

3. RESULTATS

3.1. BIODIVERSITAT DE COLEOPTERA NO COCCINELLIDAE

De les mostres totals obtingudes, un 65% dels individus pertanyien a espècies de la família Coccinellidae. Aquest grup s'analitza en un altre treball i no es tractarà aquí.

Durant els 10 anys de mostrejos, es van trobar sobre els arbres control 1316 individus que pertanyien a 84 espècies de Coleoptera no Coccinellidae, les quals s'engloben en 26 famílies diferents (Taula 1.a; Taula 1.b). Els coleòpters més abundants són els Latridiidae (27% dels individus), seguits dels Apionidae (22%), Cryptophagidae (12%) i Corylophidae (9%) (Taula 2).

Les famílies Apionidae i Phalacridae canvien durant els 10 anys d'estudi. La primera disminueix a partir de l'any 2005 endavant i la segona apareix a partir de l'any 2008 amb més importància, essent els anys 2008, 2009 i 2010 els més abundants. La família Corylophidae pren importància al període que comprèn els anys 2004 i 2008, i la família Latridiidae fluctua a mesura que avancen els anys. Un altre aspecte que pot ser interessant és l'aparició a l'últim any (2011) d'un alt nombre d'espècies de famílies diferents a les representades. A la resta de famílies no trobem cap diferència o modificació significativa al patró d'abundància (Figura 1).

La gran majoria d'espècies trobades als arbres control són herbívores (41%) o micòfagues (53,2%), mentre que depredadores hi han poques (5,8%), a part de la família Coccinellidae (Figura 2). Una petita part dels individus eren detritívors, s'alimentaven de les restes orgàniques en descomposició, sobretot de fulles mortes. La família Nitidulidae és polínífaga (s'alimenta del pol·len dels arbres), i els Phalacridae, bibliogràficament, també ho són. Aquestes últimes s'han classificat com a fitòfagues a l'hora de la representació gràfica, ja que la seva alimentació prové, bàsicament, dels materials de l'arbre. Pels individus de la família Staphylinidae no s'ha pogut determinar l'alimentació de cada espècie, però se sap que en aquesta família, els individus solen ser depredadors (Chinery,1988).

Taula 2. Famílies mostrejades més abundants de Coleoptera no Coccinellidae durant el període del 2002 fins al 2011 en arbres control (individus/mes). Els números en vermell indiquen les dues famílies més abundants en aquell any.

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	Total
Latridiidae	1,49	1,50	6,66	4,50	0,94	4,13	5,91	5,25	1,75	0,75	32,86
Apionidae	3,78	3,84	6,47	6,28	2,34	1,22	1,03	0,58	0,75	1,08	27,38
Cryptophagidae	1,89	2,25	0,28	2,81	0,75	1,22	1,41	2,42	0,17	1,17	14,36
Corylophidae	0,68	0,38	1,78	1,59	1,13	1,88	1,41	1,42	0,75	0,00	11,00
Chrysomelidae	1,49	1,31	1,03	0,66	0,19	0,84	0,47	0,58	0,50	0,83	7,90
Staphylinidae	0,41	1,13	0,09	0,84	0,19	0,09	1,22	0,42	1,08	1,33	6,80
Phalacridae	0,00	0,09	0,38	0,00	0,19	0,38	1,03	1,17	2,00	0,50	5,73
Curculionidae	0,00	0,09	0,38	0,38	0,19	0,66	0,38	0,33	0,42	0,17	2,98
Aderidae	0,54	0,09	0,28	0,56	0,19	0,19	0,28	0,25	0,17	0,17	2,72
Malachiidae	0,68	0,09	0,19	1,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,18
Altres	1,35	0,47	0,47	0,56	0,84	0,75	0,66	0,17	1,08	3,17	9,52

Taula 1.a. Famílies, espècies, nombre d'individus i alimentació de cada espècie trobada als arbres control durant el període d'estudi 2002-2011. Continuació veure a Taula 1.b.

Família	Espècies	Nombre d'individus	Alimentació
Aderidae	<i>Otolelus neglectus</i>	20	Micòfaga
	<i>Aderus populneus</i>	1	Micòfaga
	<i>Cobosia pruinosa</i>	4	Micòfaga
	<i>Gompelia neglecta</i>	2	Micòfaga
	<i>Anidorus nigrinus</i>	1	Micòfaga
Anobiidae	<i>Gastrallus laevigatus</i>	1	Fitòfaga
	<i>Mesocoelopus collaris</i>	1	Micòfaga
	<i>Gastrallus corsicus</i>	1	Fitòfaga
Anthicidae	<i>Anthicus sp.</i>	8	Micòfaga
Anthribidae	<i>Araecerus fasciculatus</i>	2	Fitòfaga
Aphodiidae	<i>Pleurophorus caesus</i>	1	Detritívora
Apionidae	<i>Malvapion malvae</i>	100	Fitòfaga
	<i>Protapion trifolii</i>	27	Fitòfaga
	<i>Taeniapion urticarium</i>	140	Fitòfaga
	<i>Eutrichapion vorax</i>	1	Fitòfaga
	<i>Taeniapion rufescens</i>	1	Fitòfaga
	<i>Protapion nigrirtarse</i>	2	Fitòfaga
	<i>Ceratapion carduorum</i>	1	Fitòfaga
	<i>Catapion pubescens</i>	4	Fitòfaga
	<i>Protapion filirostre</i>	3	Fitòfaga
	<i>Kalcapion semivittatum</i>	1	Fitòfaga
	<i>Ceratapion longiclava</i>	3	Fitòfaga
Bostrichidae	<i>Scobicia pustulata</i>	1	Fitòfaga
Cantharidae	<i>Rhagonycha sp.</i>	22	Depredadora
	<i>Malthodes sp.</i>	1	Depredadora
Carabidae	<i>Paradromius linearis</i>	19	Depredadora
	<i>Calodromius spilotus</i>	9	Depredadora
Chrysomelidae	<i>Altica sp.</i>	3	Fitòfaga
	<i>Aphthona nigriceps</i>	3	Fitòfaga
	<i>Aphthona punctiventris</i>	1	Fitòfaga
	<i>Bruchidius sp.</i>	24	Fitòfaga
	<i>Longitarsus sp.</i>	4	Fitòfaga
	<i>Ochrosis ventralis</i>	8	Fitòfaga
	<i>Spermophagus sp.</i>	6	Fitòfaga
	<i>Cryptocephalus macellus</i>	1	Fitòfaga
	<i>Lachnaia pubescens</i>	1	Fitòfaga
	<i>Phyllotreta sp.</i>	12	Fitòfaga
	<i>Phylliodes sp.</i>	1	Fitòfaga
	<i>Batophila sp.</i>	1	Fitòfaga
	<i>Bruchus sp.</i>	6	Fitòfaga
	<i>Cassida sp.</i>	1	Fitòfaga
	<i>Longitarsus kutscherae</i>	3	Fitòfaga
	<i>Aphthona aeneomicans</i>	1	Fitòfaga
	<i>Phyllotreta parallela</i>	1	Fitòfaga
	<i>Aphthona flaviceps</i>	2	Fitòfaga
	<i>Hypocassida subferruginea</i>	1	Fitòfaga
	<i>Longitarsus tabidus</i>	1	Fitòfaga
<i>Crioceris paracentesis</i>	1	Fitòfaga	

Taula 1.b. Famílies, espècies, nombre d'individus i alimentació de cada espècie trobada als arbres control durant el període d'estudi 2002-2011. Continuació veure a Taula 1.a.

Família	Espècies	Nombre d'individus	Alimentació
Clambidae	<i>Clambus sp.</i>	1	Fitòfaga
Corylophidae	<i>Sericoderus percikanus</i>	15	Micòfaga
	<i>Arthrolips sp.</i>	103	Micòfaga
Cryptophagidae	<i>Cryptophagus sp.</i>	143	Micòfaga
	<i>Atomaria sp.</i>	9	Micòfaga
Curculionidae	<i>Ceutorhynchus sp.</i>	1	Fitòfaga
	<i>Sibinia sp.</i>	17	Fitòfaga
	<i>Sitona sp.</i>	3	Fitòfaga
	<i>Tychius sp.</i>	2	Fitòfaga
	<i>Hypurus bertrandi</i>	5	Fitòfaga
	<i>Lixus pulverulentus</i>	4	Fitòfaga
	<i>Lixus acicularis</i>	1	Fitòfaga
Elateridae	<i>Drasterius bimaculatus</i>	1	Fitòfaga
Kateretidae	<i>Brachypterus sp.</i>	3	Fitòfaga
Latridiidae	<i>Corticaria sp.</i>	356	Micòfaga
Malachiidae	<i>Colotes javeti</i>	19	Depredadora
	<i>Axinotarsus sp.</i>	1	Depredadora
	<i>Attalus pictus</i>	1	Depredadora
Nitidulidae	<i>Melighetes sp.</i>	3	Polinífaga
	<i>Indeterminat</i>	2	Polinífaga
	<i>Carpophilus quadrisignatus</i>	1	Polinífaga
Phalacridae	<i>Olibrus sp.</i>	46	Polinífaga
	<i>Stilbus testaceus</i>	20	Polinífaga
Ptinidae	<i>Ptinus sp.</i>	4	Fitòfaga
Scolytidae	<i>Pythypthorus sp.</i>	1	Fitòfaga
	<i>Indeterminat</i>	1	Fitòfaga
Silvanidae	<i>Silvanus unidentatus</i>	1	Fitòfaga
Staphylinidae	<i>Leptusa sp.</i>	3	Depredadora/micòfaga
	<i>Indeterminat</i>	60	Depredadora/micòfaga
	<i>Tachyporus nitidulus</i>	7	Depredadora/micòfaga
	<i>Cypha sp.</i>	2	Depredadora/micòfaga
	<i>Astenus sp.</i>	3	Depredadora/micòfaga
Tenebrionidae	<i>Lagria hirta</i>	16	Detritívora
	<i>Hallomenus binotatus</i>	1	Detritívora
Throscidae	<i>Trixagus sp.</i>	1	Micòfaga

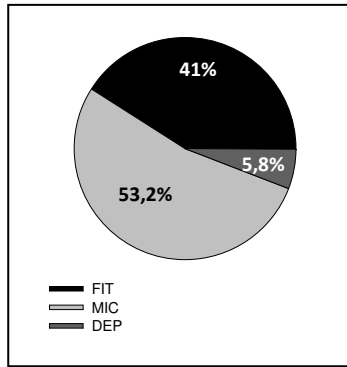


Figura 2. Alimentació de les espècies trobades als arbres control durant els 10 anys d'estudi. Les abreviatures signifiquen: FIT, fitòfags; MIC, micòfags i DEP, depredadors.

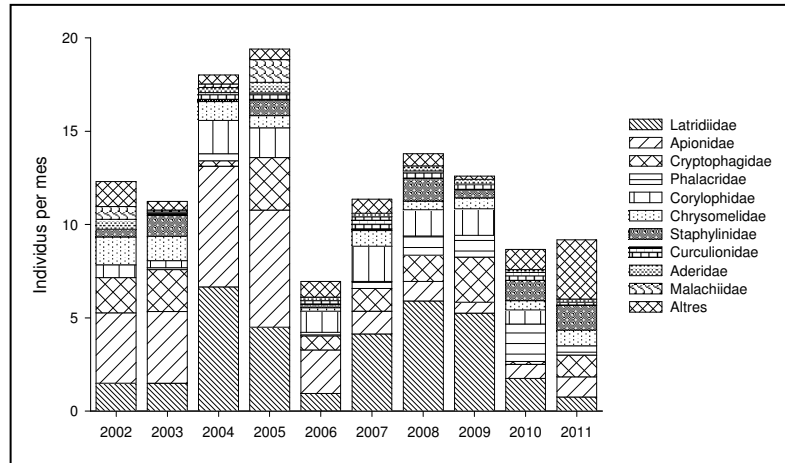


Figura 1. Abundància de les principals famílies de Coleoptera no Coccinellidae al llarg dels 10 anys d'estudi en els arbres control.

3.2. BIODIVERSITAT PER FAMÍLIES DE COLEOPTERA

A continuació es tractarà la variació de l'abundància en les espècies de les famílies Apionidae, Cryptophagidae, Phalacridae i Corylophidae en els arbres control mostrejats (Figura 3).

Hi ha tres espècies dominants de la família Apionidae, que són *Malvapion malvae*, *Protapion trifolii* i *Taeniapion urticarium* (Figura 3a). Cal dir que durant els dos últims anys d'estudi (entre el 2010 i el 2011) es van detectar 8 espècies noves, abans no mostrejades. Les espècies *M. malvae* i *T. urticarium* van aparèixer amb molta importància durant els primers anys de mostrejos (fins al 2005) i a partir d'aquí, any rere any, la seva abundància va disminuir. L'abundància de *P. trifolii* no va variar gaire, però sí que s'observa que els 3 últims anys és poc important.

De la família Cryptophagidae, domina *Cryptophagus sp.* L'abundància d'aquest gènere ha estat més o menys estable durant el període estudiat (Figura 3b). Als anys 2005, 2006, 2007, 2008 i 2009 va aparèixer, amb poca importància, *Atomaria sp.*

Olibrus sp. és l'espècie més abundant de la família Phalacridae durant els primers 8 anys d'estudi (Figura 3c). A partir del 2009 es comença a detectar *Stilbus testaceus* i cap als dos últims anys és més abundant que *Olibrus sp.* Si es compara aquesta família amb la Apionidae (Figura 3a), s'observa que la família Phalacridae augmenta a mesura que passen els anys i la família Apionidae disminueix.

L'espècie més representativa de la família Corylophidae és *Arthrolips sp.* (Taula 3d). L'altre espècie mostrejada és *Sericoderus percikanus*, i apareix esporàdicament en els anys 2005, 2008 i 2009. La presència de *Arthrolips sp.* és constant durant la major part del període estudiat però a l'any 2011 no se'n va mostrejar cap.

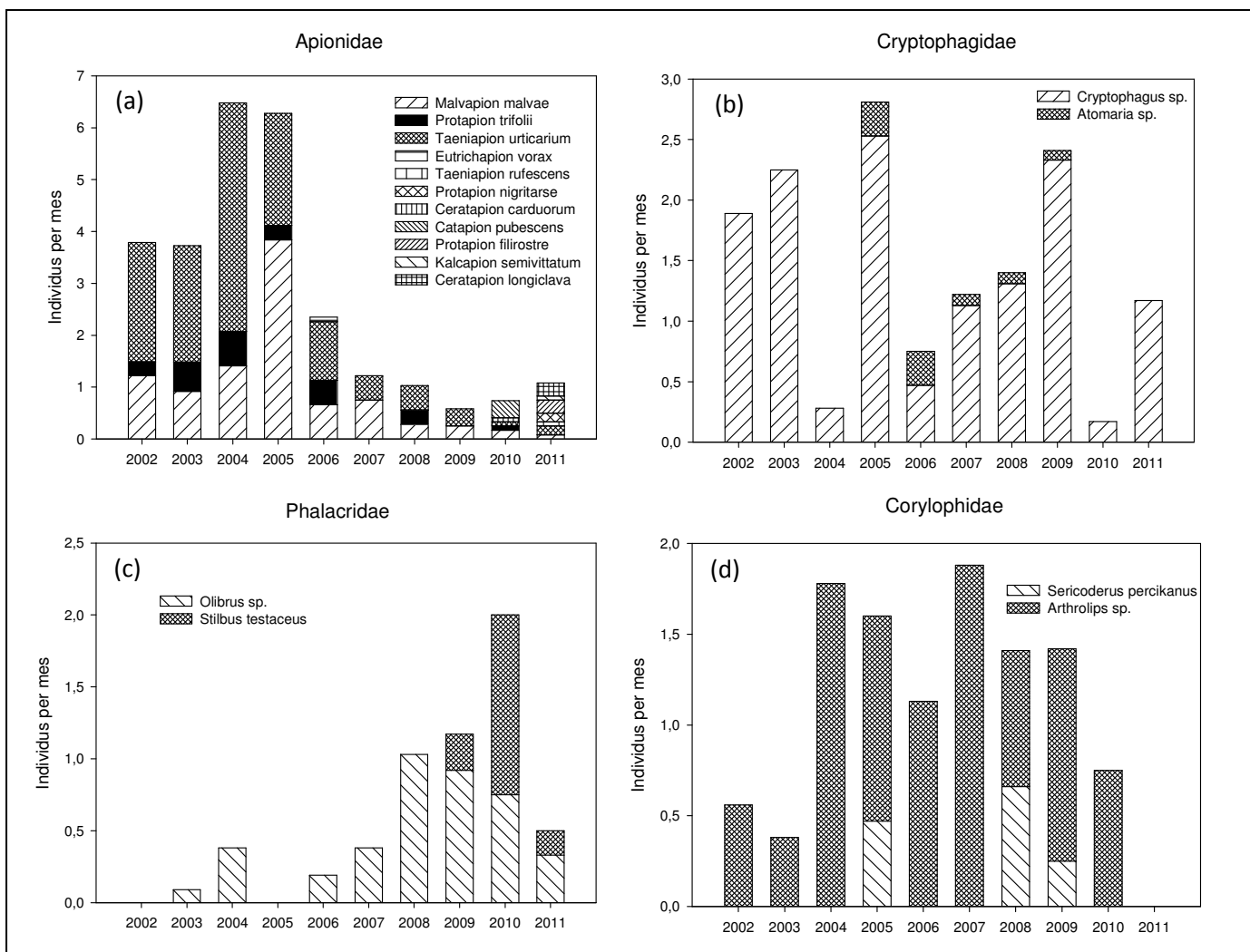


Figura 3. Abundància de les espècies o gèneres de les principals famílies de Coleoptera no Coccinellidae al llarg dels 10 anys d'estudi en els arbres control.

3.3. EFECTE DE LA PRESENCIA DE FORMIGUES

Com ja s'esperava, es van trobar més formigues als arbres control que en els arbres amb la banda adhesiva. Tot i això, alguna formiga es va detectar en aquests arbres on no hi haurien d'aparèixer. A més, se sap que els primers anys dels arbres control es van trobar menys formigues que als últims anys (Piñol *et al.*, 2012a).

En absència de formigues, el nombre total d'individus de Coleoptera no Coccinellidae mostrejats a la comunitat (2401 individus) és major que a la comunitat on les formigues hi són presents (1316 individus). El mateix passa a nivell de família. Als arbres control es van trobar 84 espècies diferents, mentre que als arbres amb absència de formigues es van trobar 90 espècies diferents durant els 10 anys d'estudi. També hi ha espècies que s'han trobat exclusivament a les comunitats dels arbres control i espècies que s'han trobat únicament a les comunitats on les formigues han estat excloses experimentalment. Aquestes espècies estan recollides a la Taula 3. En absència de formigues, les comunitats són una mica més diverses.

Taula 3. Espècies classificades per famílies dels individus que s'han trobat exclusivament als arbres control (columna Control) i als arbres amb la banda adhesiva (columna Sense formigues). Els números entre parèntesi indiquen la quantitat total d'individus que s'han mostrejat en els 10 anys d'aquella espècie. Com es pot observar, es tracta en tots els casos d'espècies molt poc abundants.

	Control	Sense formigues
Aderidae	<i>Anidorus nigrinus</i> (1)	
Anobiidae	<i>Gastrallus laevigatus</i> (1) <i>Mesocoelopus collaris</i> (1)	
Anthicidae		<i>Tenuicomus sp.</i> (1)
Anthribidae	<i>Araecerus fasciculatus</i> (2)	
Apionidae	<i>Ceratapion longiclava</i> (3) <i>Eutrichapion vorax</i> (1)	<i>Catapion seniculus</i> (4)
Bostrichidae	<i>Scobicia pustulata</i> (1)	
Cantharidae		<i>Malthinus sp.</i> (4)
Carabidae		<i>Tachys sp.</i> (1) <i>Metadromius ramburii</i> (1) <i>Calathus sp.</i> (1) <i>Lebia trimaculata</i> (1)
Chrysomelidae	<i>Cryptocephalus macellus</i> (1) <i>Phylliodes sp.</i> (1) <i>Hypocassida subferruginea</i> (1) <i>Longitarsus tabidus</i> (1) <i>Crioceris paracanthesis</i> (1)	<i>Chaetocnema tibialis</i> (1) <i>Labidostomis taxicornis</i> (1) <i>Cryptocephalus sp.</i> (1) <i>Crioceris macilenta</i> (1) <i>Psylliodes chrysocephala</i> (5) <i>Aphthona illigeri</i> (3) <i>Psylliodes chrysocephala</i> (1) <i>Aphthona euphorbiae</i> (1) <i>Cassida hemisphaerica</i> (1)
Clambidae	<i>Clambus sp.</i> (1)	
Curculionidae	<i>Lixus acicularis</i> (1)	
Dermestidae		<i>Anthrenus sp.</i> (1)
Elateridae	<i>Drasterius bimaculatus</i> (1)	
Latridiidae		<i>Latridius sp.</i> (1)
Malachiidae	<i>Axinotarsus sp.</i> (1) <i>Attalus pictus</i> (1)	<i>Ebaeus sp.</i> (1) <i>Hypobaeus sp.</i> (1) <i>Colotes maculatus</i> (4)
Monotomidae		<i>Monotoma picipes</i> (1)
Scolytidae	<i>Pythypthorus sp.</i> (1)	
Silvanidae	<i>Silvanus unidentatus</i> (1)	
Staphylinidae	<i>Astenus sp.</i> (3)	<i>Anotylus sculpturatus</i> (3) <i>Anotylus sp.</i> (1) <i>Scopaeus sp.</i> (1)
Tenebrionidae	<i>Hallomenus binotatus</i> (1)	
Throscidae	<i>Trixagus sp.</i> (1)	

Taula 4. Valor de l'estadístic R i del nivell de significació (P) de cada any, comparant les comunitats dels arbres control amb els arbres on s'han exclòs experimentalment les formigues. A partir d'un valor de P inferior a 0,05, les diferències entre les comunitats són significatives.

Any	R	P
2002	0,107	0,093
2003	-0,011	0,52
2004	-0,003	0,49
2005	0,027	0,348
2006	0,341	0,0002
2007	0,296	0,003
2008	0,166	0,04
2009	0,417	0,0004
2010	0,331	0,0006
2011	0,123	0,031

Famílies com Carabidae o Chrysomelidae presenten més diversitat d'espècies en els arbres amb la banda adhesiva. Les diferències entre comunitats han estat estudiades estadísticament (Taula 4), i no és fins a l'any 2006 quan els canvis comencen a ser significatius.

3.4. DIFERÈNCIES ENTRE LES FAMÍLIES DE LES COMUNITATS EN PRESENCIA I ABSÈNCIA DE FORMIGUES

L'abundància dels Apionidae, Cryptophagidae, Phalacridae i Corylophidae es van comparar gràficament (Figura 4) i estadísticament (Taula 5) entre els arbres control i els arbres on es van excloure les formigues durant el període de 10 anys d'estudi.

En la majoria dels anys, la família Apionidae dels arbres sense formigues presenta més individus que la família dels arbres control, tot i que no hi han diferències significatives (Figura 4a). En tots dos tractaments, la tendència és la mateixa.

A la família Cryptophagidae, es pot observar com en tots els anys, exceptuant l'any 2003, els individus de la comunitat sense formigues són més abundats que els individus de la comunitat amb formigues. L'abundància va fluctuar durant els 10 anys d'estudi però trobem que són els anys 2006 i 2009 quan els canvis són significatius (Figura 4b).

La família Phalacridae és molt poc abundant els primers 5 anys d'estudi, i no és fins als anys 2007-2008 quan la població (sobretot a la comunitat sense formigues) comença a augmentar (Figura 4c). Al 2009 la diferència es bastant significativa, però al 2010 s'observa com l'abundància de la comunitat control queda molt per sota de la comunitat sense formigues, essent molt significatiu el canvi. A l'any 2011 totes dues comunitats disminueixen fins a valors semblants als del 2007.

La família Corylophidae, tant als arbres control com als arbres on s'han exclòs les formigues, presenta una tendència del nivell d'abundància bastant regular durant el període estudiat (Figura 4d). En canvi, al 2011 no es va mostrejar cap individu de la comunitat control. No s'ha trobat cap canvi significatiu durant tot el període.

Taula 5. Valor de l'estadístic R i del nivell de significació (P) de cada any, per les famílies més abundants de Coleoptera no Coccinellidae. Els valors de P més petits a 0,05 indiquen que les variacions entre les comunitats són significatives.

	Apionidae		Cryptophagidae		Phalacridae		Corylophidae	
	R	P	R	P	R	P	R	P
2002	0,08	0,155	0,071	0,16	0	1	0,051	0,315
2003	-0,094	0,95	0,055	0,207	0,017	0,569	-0,064	1
2004	0,03	0,306	-0,055	1	0,096	0,282	-0,089	0,983
2005	0,04	0,236	0,014	0,334	0	1	0,085	0,109
2006	0,122	0,085	0,218	0,019	0,119	0,077	-0,01	0,433
2007	0,075	0,163	0,095	0,089	0,044	0,189	0,072	0,115
2008	0,018	0,504	-0,071	0,81	0,062	0,139	-0,056	0,763
2009	0,061	0,163	0,121	0,043	0,308	0,001	0,023	0,324
2010	0,07	0,115	0,133	0,116	0,418	0,0001	0,004	0,391
2011	-0,012	0,374	0,001	0,40	0,004	0,345	0	1

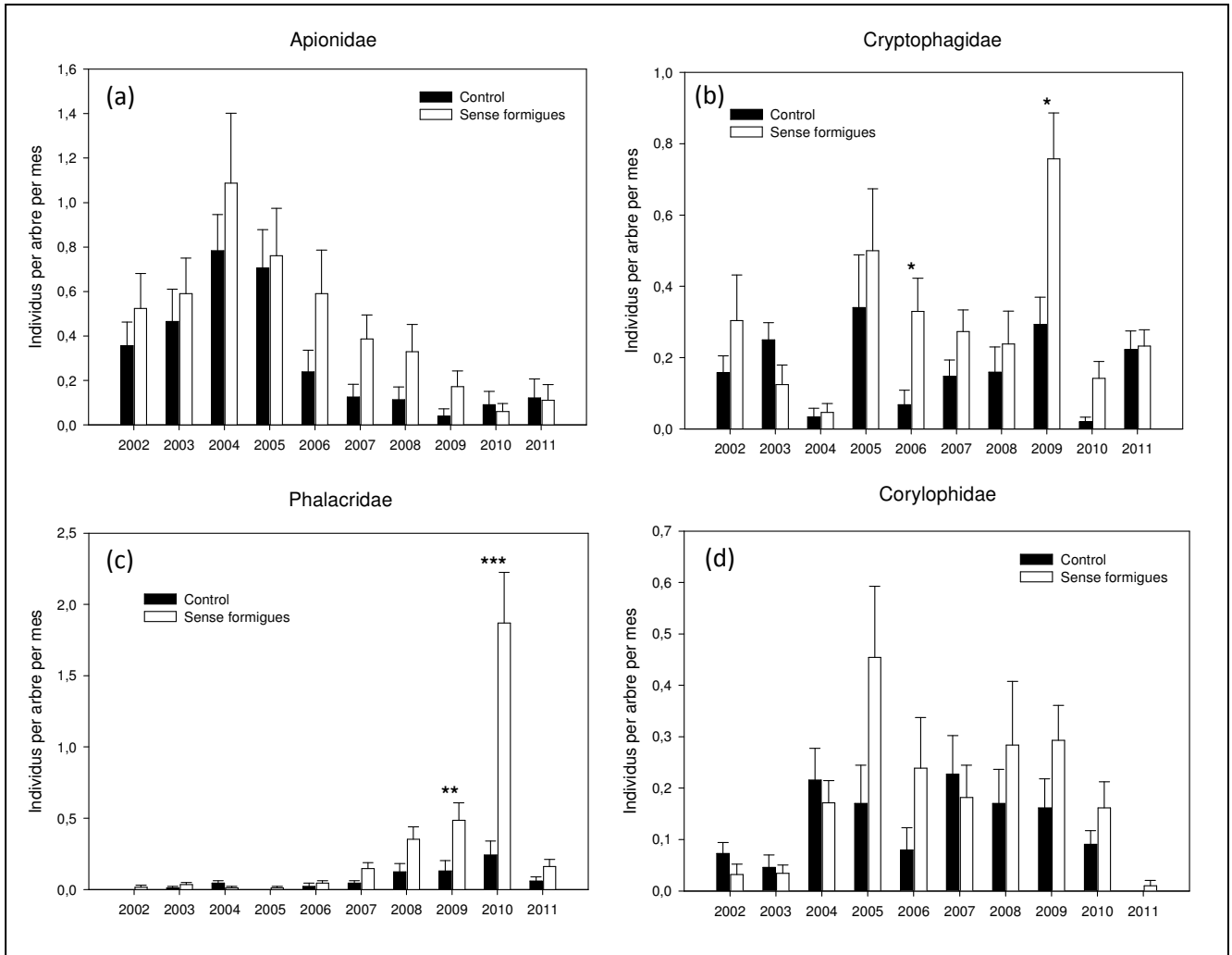


Figura 4. Abundància de les principals famílies de Coleoptera no Coccinellida al llarg dels 10 anys d'estudi en els arbres control (Control) i en els arbres amb la banda adhesiva (Sense formigues). Les barres d'error indiquen el SE. Els asteriscs indiquen la significació estadística anual dels arbres control i els arbres sense formigues (*P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001; per detalls dels anàlisis, veure Taula 5).

3.5. DIFERÈNCIES ENTRE LES ESPÈCIES DE LES COMUNITATS EN PRESENCIA I ABSÈNCIA DE FORMIGUES

Les espècies més abundants de Coleoptera no Coccinellidae durant els 10 anys d'estudi es van comparar entre les comunitats amb presència de formigues i les comunitats en absència de formigues, gràficament (Figura 5) i estadísticament (Taula 6).

Les espècies que s'han comparat han estat: *Corticaria sp.* (Latridiidae), un 26% dels individus totals mostrejats; *Cryptophagus sp.* (Cryptophagidae) (11%); *Taeniapion urticarium* (Apionidae) (10%); *Arthrolips sp.* (Corylophidae) (7%); *Stilbus testaceus* (Phalacridae) (7%) i *Malvapion malvae* (Apionidae) (6%). En conjunt, aquestes sis espècies representen un 67% del total d'individus mostrejats. El 33% restant correspon a les altres 84 espècies.

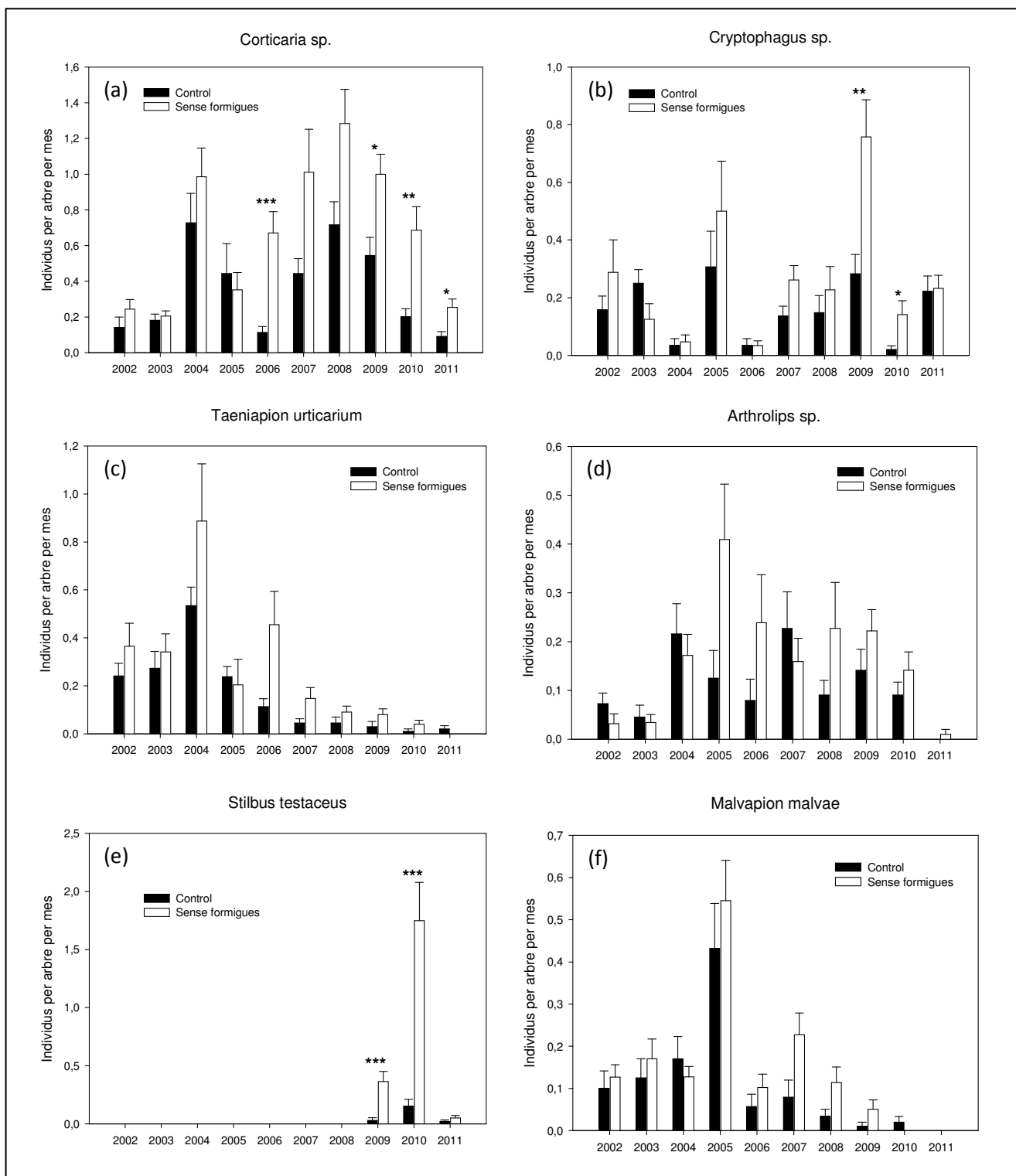


Figura 5. Abundància de les principals espècies de Coleoptera no Coccinellidae al llarg dels 10 anys d'estudi en els arbres control (Control) i amb la banda adhesiva (Sense formigues). Les barres d'error indiquen el SE. Els asteriscs indiquen la significació estadística anual dels arbres control i els arbres sense formigues (*P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001; per detalls dels anàlisis, veure Taula 6).

L'abundància de *Corticaria sp.* es manté gairebé constant durant els 10 anys d'estudi (Figura 5a). Els individus de la comunitat sense formigues són més abundants que els individus de la comunitat amb formigues (exceptuant l'any 2005). Els canvis a la població van ser molt significatius a l'any 2006, bastant significatius a l'any 2010 i significatius a l'any 2009 i 2011.

L'abundància de *Cryptophagus sp.* és també bastant estable durant el període estudiat, tant a la comunitat amb formigues com a la comunitat sense formigues (Figura 5b). L'abundància va ser mínima als anys 2004 i 2006. Els canvis significatius que s'han trobat van ser a l'any 2010 i a l'any 2009.

Taenapion urticarium té una abundància estable durant els 3 primers anys però a partir del 2005 comença a disminuir, any rere any, tant en els arbres control com en els arbres sense formigues (Figura 5c). Només és a l'any 2005 quan els individus de la comunitat amb formigues és superior als individus de la comunitat sense formigues, tot i que la diferència no és significativa. No hi ha cap diferència significativa entre tractaments en cap any.

L'abundància inicial d'*Arthrolips sp.* és baixa, però a l'any 2004 comença a augmentar fins que queda estable (Figura 5d). A l'any 2011 torna a disminuir. Al 2002, 2003, 2004 i 2007 els individus de la comunitat amb presència de formigues són superiors (no en gran mesura) als individus de la comunitat sense formigues, però cap any es troba una variació significativa en les poblacions.

L'espècie *Stilbus testaceus* presenta la gràfica més destacable de totes (Figura 5e). La presència d'aquesta espècie és nul·la fins a l'any 2009, quan hi ha una variació significativa entre poblacions amb presència i absència de formigues. A l'any següent, al 2010, aquesta variació és molt significativa. Cap altre espècie ha patit una variació tan gran. A l'any 2011 totes dues comunitats disminueixen a nivells mínims.

L'abundància de *Malvapion malvae* ha estat bastant estable durant els 10 anys, exceptuant l'any 2005 on hi va haver un augment considerable de totes dues poblacions, i l'any 2011 on no se'n va trobar cap (Figura 5f). No hi ha cap canvi significatiu a les comunitats amb presència i absència de formigues, tot i que l'any 2010 no es va mostrear cap individu a la població sense formigues.

3.6. CANVIS EN L'ABUNDÀNCIA DE DEPRADADORS

Al present estudi, l'abundància dels depredadors s'ha analitzat de dues maneres diferent, degut a la poca informació bibliogràfica existent. La primera consisteix en analitzar les famílies que se sap que són depredadores, Malachiidae i Carabidae (Figura 6a i Figura 7a). La segona manera consisteix en analitzar les famílies depredadores (Malachiidae i Carabidae) i les famílies Staphylinidae i Phalacridae, possiblement depredadores (Figura 6b i Figura 7b).

Taula 6. Valor de l'estadístic R i del nivell de significació (P) de cada any, per les espècies més abundants de Coleoptera no Coccinellidae. Els valors de P més petits a 0,05 indiquen que la diferència entre les comunitats són significatives.

	<i>Corticaria sp.</i>		<i>Cryptophagus sp.</i>		<i>Taeniapion urticarium</i>		<i>Arthrolips sp.</i>		<i>Stilbus testaceus</i>		<i>Malvapion malvae</i>	
	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P	R	P
2002	0,048	0,271	0,067	0,215	0,118	0,117	0,047	0,228	-	-	0,023	0,301
2003	-0,033	0,665	0,107	0,142	-0,086	1	-0,064	1	-	-	-0,019	0,458
2004	-0,023	0,472	-0,052	1	0,086	0,138	-0,103	1	-	-	0,011	0,354
2005	-0,049	0,674	-0,037	0,619	0,101	0,103	0,16	0,073	-	-	-0,013	0,432
2006	0,615	0,0003	-0,04	0,569	0,123	0,091	0,02	0,288	-	-	0,057	0,266
2007	0,158	0,081	0,151	0,056	0,089	0,151	-0,013	0,535	-	-	0,216	0,067
2008	0,08	0,105	-0,051	0,554	0,067	0,256	-0,033	0,557	-	-	0,102	0,155
2009	0,205	0,026	0,218	0,015	0,125	0,14	0,027	0,345	0,574	0,0006	0,059	0,293
2010	0,382	0,003	0,19	0,045	0,068	0,306	-0,018	0,57	0,799	0,0001	0,028	0,475
2011	0,206	0,036	0	0,435	0,028	0,464	0	1	-0,004	0,625	-	-

3.6.1. ANÀLISI DE MALACHIIDAE I CARABIDAE

En els arbres control, es pot observar com l'abundància de depredadors és totalment irregular als 10 anys d'estudi (Figura 6a). Els anys on més individus es poden trobar són el 2002, 2005, 2007 i 2011. A més, del 2002 al 2005, l'única família present és la Malachiidae. Del 2006 al 2011, curiosament, només apareix la família Carabidae.

Si s'observa l'evolució de tots dos tractaments (Figura 7a), sembla que els primers anys l'abundància de depredadors augmenta, però a partir del 2005 comença a disminuir. A tots els anys, excepte el 2011, l'abundància de depredadors en els arbres amb exclusió de formigues és més alta. Són els anys 2006, 2008 i 2010 on hi ha més diferència estadística.

3.6.2. ANÀLISI DE MALACHIIDAE, CARABIDAE, STAPHYLINIDAE I PHALACRIDAE

Als arbres control, es pot observar com l'abundància de depredadors augmenta a mesura que passen els anys (Figura 6b). La família Malachiidae apareix només als 5 primers anys i, la família Carabidae, a partir del 2006 fins al 2011 (excepte l'any 2010 que no se'n va trobar cap). Les famílies Staphylinidae i Phalacridae, en canvi, es pot observar com apareixen a tot el període d'estudi (excepte l'any 2002 i 2005 que no es va mostrejar cap individu de la família Phalacridae).

Si observem els nivells d'abundància del tractament sense formigues (Figura 7b), observem que la tendència és la mateixa que en els arbres control. A tots els anys, l'abundància de depredadors dels arbres on s'han exclòs les formigues experimentalment és major que la dels arbres control. No obstant, els canvis significatius no es troben fins l'any 2006. 2007, 2008 i 2009 són anys on la diferència és significativa. L'any 2010 el canvi és molt significatiu, l'abundància augmenta sobretot a causa de l'espècie *Stilbus testaceus*.

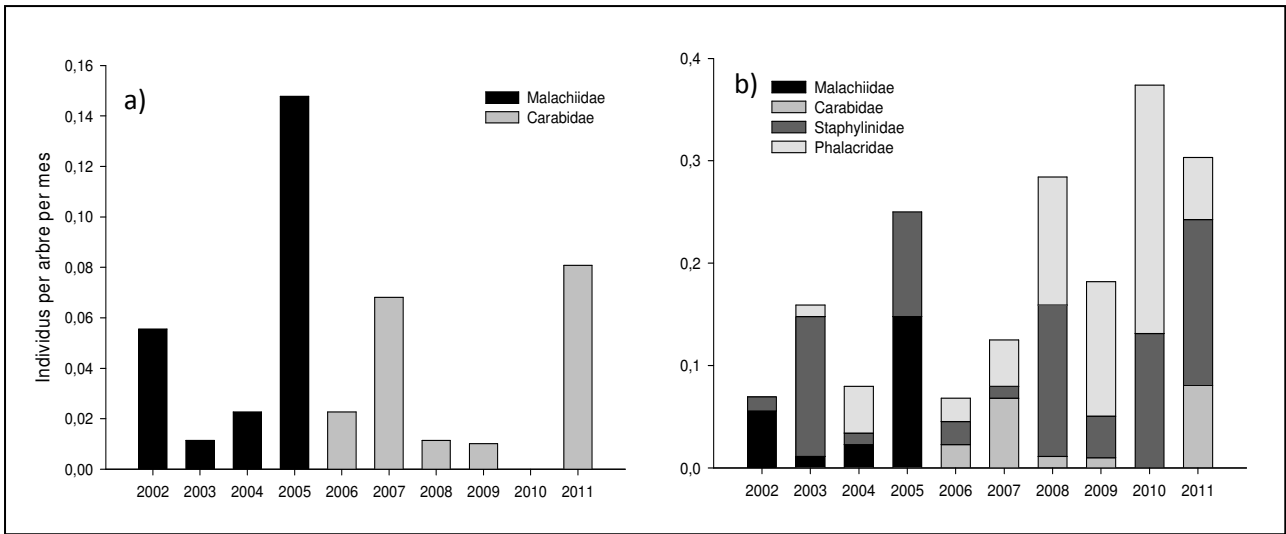


Figura 6. Abundància de les famílies de Coleoptera no Coccinellidae d'hàbit depredador dels arbres control, als 10 anys d'estudi. a) Comprèn les famílies Malachiidae i Carabidae; b) Comprèn les famílies Malachiidae, Carabidae, Staphylinidae i Phalacridae.

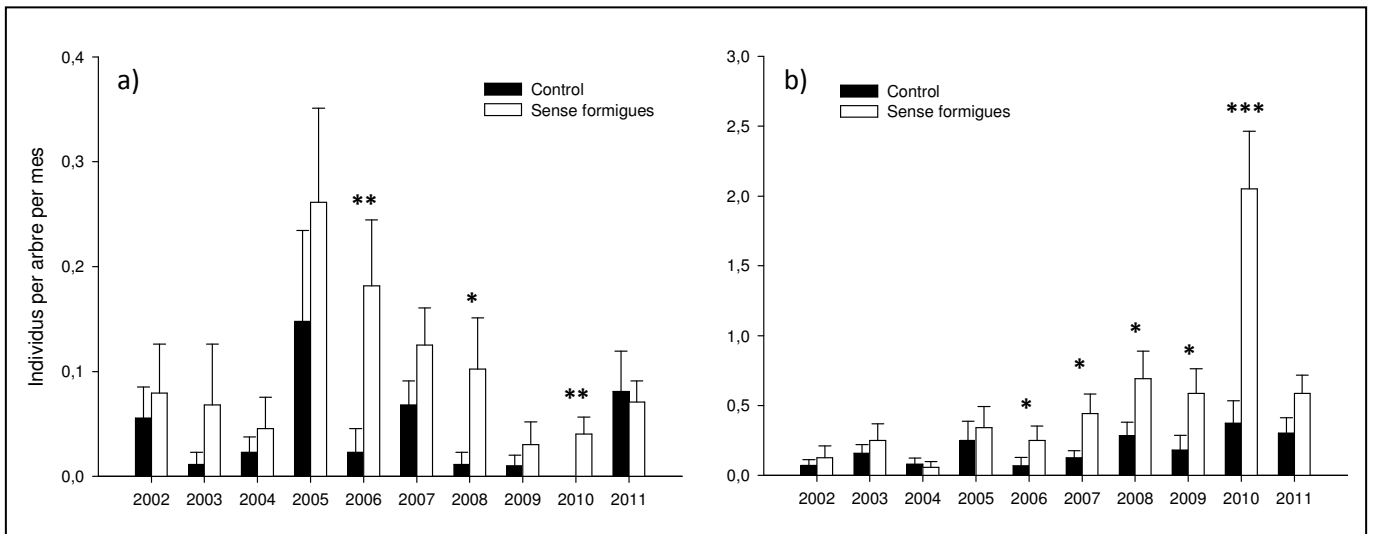


Figura 7. Abundància per tractament de les famílies de Coleoptera no Coccinellidae depredadores, als 10 anys d'estudi. a) Comprèn les famílies Malachiidae i Carabidae; b) Comprèn les famílies Malachiidae, Carabidae, Staphylinidae i Phalacridae. Les barres d'error indiquen el SE. Els asteriscs indiquen la significació estadística anual dels arbres control i els arbres sense formigues (*P < 0,05; **P < 0,01; ***P < 0,001; per detalls dels anàlisis, veure Taula 7 i Taula 8).

4. DISCUSSIÓ

4.1. BIODIVERSITAT

Els resultats obtinguts als arbres control ens indiquen que un gran percentatge (65%) dels individus mostrejats de Coleoptera pertanyien a la família Coccinellidae, tal i com s'esperava, degut a que aquesta família engloba moltes de les espècies típiques dels conreus de la península, essent una de les principals depredadores dels insectes fitòfags. De l'abundància de la resta de famílies i espècies de Coleoptera no s'ha pogut comparar amb cap altre treball bibliogràfic, però sí que s'ha trobat l'evidència de que la majoria de les espècies mostrejades eren fitòfagues (41%) o micòfagues (53,2%) (Evans, 1977). El fet que no hi hagin treballs amb els quals comparar els nostres resultats destaca la rellevància, per nos, dels mateixos.

L'abundància de les famílies als arbres control ha variat molt durant els 10 anys d'estudi. Aquests canvis han pogut estar ocasionats per factors ambientals (com pot ser la utilització d'agroquímics o el sistema d'irrigació) o biològics (el creixement dels arbres o la coberta vegetal del sòl) entre d'altres. Se sap que hi ha una correlació positiva entre l'abundància d'artròpodes i l'abundància d'espècies de plantes (Piñol *et al.*, 2012a). El canvi d'agricultura convencional del territori a agricultura ecològica també és un factor molt important a tenir en compte (Taylor i Morecroft, 2009).

Els anys 2010 i 2011, als arbres control (Figura 3), es van identificar vuit espècies noves de la família Apionidae. Això és segurament degut a un canvi al nivell de criteri taxonòmic, per la qual cosa és millor posar els resultats dels Apionidae en quarantena fins que no es revisi de nou el grup sencer durant els 10 anys de mostreig.

4.2. EFECTES DE LA PRESENCIA DE FORMIGUES

L'exclusió de les formigues de les capçades dels arbres va tindre un efecte important a la comunitat d'artròpodes. Els efectes negatius de les formigues sobre l'abundància d'altres grups (Fernandes *et al.*, 1999; Piñol *et al.*, 2010; Piñol *et al.*, 2012a) es van veure clarament al nostre estudi sobre Coleoptera (Taula 4). Com ja s'esperava, als arbres amb la banda adhesiva es van mostrear més individus que als arbres control. Totes les famílies van incrementar el nombre d'individus quasi el doble en absència de formigues. En moltes, aquest número es va quadruplicar (la família Phalacridae presentava 66 individus als arbres control i 284 en arbres sense formigues). A més, la diversitat de moltes famílies va augmentar. No obstant, a tots dos tractament s'han trobat espècies exclusives amb reduïda abundància, cosa que fa pensar que aquestes espècies només estaven temporalment i no participaven amb gran importància de l'activitat de la comunitat.

A la comunitat de cítrics, les formigues juguen un paper molt important com a depredadores generalistes. La gran abundància d'individus de Coleoptera trobats als arbres amb la banda adhesiva encaixaria amb aquest comportament de les formigues. Aquest efecte es va observar en treballs anteriors (Piñol *et al.* 2012a) sobre aranyes, neuròpters i himenòpters. Se sap que en arbres on s'exclouen les formigues, la depredació d'escarabats, aranyes o àcars és més

important que a una comunitat on les formigues hi són presents (James *et al.*, 1999). A un altre estudi (Philpott *et al.*, 2004) es va trobar uns efectes lleus en excloure les comunitats de les formigues *Camponotus senex* o *Azteca instabilis*, i es va observar que l'abundància de Coleoptera va incrementar, en comparació amb altres grups d'artròpodes que no van ser afectats o l'abundància va disminuir.

Al present estudi, la gran abundància de Coleoptera no Coccinellidae fitòfag, com per exemple Apionidae, o micòfag, com Cryptophagidae o Latridiidae als arbres en absència de formiga, és conseqüent amb el rol de depredador generalista de les formigues (Hölldobler i Wilson, 1990). No obstant, aquests canvis en les poblacions amb presència o absència de formigues no s'observen immediatament. És a partir de l'any 2006 quan es troben les diferències significatives entre poblacions (Taula 4). Aquestes diferències també es van trobar en estudis anteriors de la zona amb diferents grups d'artròpodes i es va observar que el nombre de formigues els primers anys era molt baix, comparat amb els últims anys. La causa era, segurament, que els arbres eren massa petits (es van plantar al 1999). La maduresa en arbres de cítrics es considera que s'assoleix als 10 anys (Piñol *et al.*, 2012a).

4.2.1. ELS COLEÒPTERS COM A PLAGUES

De les espècies de Coleoptera estudiades en treballs anteriors que poden causar plagues (sobretot espècies de la família Curculionidae), com és l'exemple de *Rhyephenes humeralis*, coneguda com l'aranya xilena del pi (Curculionidae) (Alonso i Goldarazena, 2005), no se n'ha trobat cap al present treball. L'abundància d'aquesta família als arbres mostrejats ha estat molt baixa en comparació amb les altres.

Els Apionidae (fitòfags) han estat la família més abundant els 5 primers anys als arbres control. No obstant, anys rere any, la seva abundància ha decrescut, fins que l'any 2007 els Latridiidae (micòfags) van sobrepassar l'abundància de qualsevol altre família. En absència de formigues, l'abundància de les espècies fitòfagues va ser superior a la dels arbres control. És el que cabria esperar, ja que les formigues i altres grups de depredadors naturals (com les tisorettes) no poden arribar a les parts altes dels arbres. Aquest fet ja es va constatar a estudis anteriors amb altres grups d'artròpodes herbívors (Piñol *et al.*, 2012a).

Les espècies micòfagues han mantingut una estabilitat gairebé constant durant tot el període estudiat. Als arbres sense formigues, l'abundància també va ser superior que als arbres control, tal com era d'esperar, pel mateix motiu que les espècies fitòfagues. A més, podria ser que el sistema de rec per microaspersió variés la humitat ambiental, condicionant beneficiosament la procreació de fongs, amb el benefici indirecte d'aquestes famílies micòfagues, ja que els tres anys següents a la implantació d'aquest sistema de reg els valor d'abundància d'aquestes espècies van augmentar.

No es podria definir cap espècie com a potencial plaga, ja que els resultats obtinguts no indiquen cap tendència clara, ni d'espècies fitòfagues ni d'espècies micòfagues. A més, i això és el més important, cap espècie assolix abundàncies prou grans com per a que es pugui sospitar el seu paper negatiu (plaga) sobre el conreu.

4.2.2. ELS COLEÒPTERS COM A DEPRADORS

L'anàlisi dels individus depredadors ha estat fet de dos maneres diferents, com s'ha indicat anteriorment. El primer mètode consistia en agafar les famílies Malachiidae i Carabidae (depredadores). Els resultats van donar que els primers 4 anys només havien espècies de la família Malachiidae i, a partir del 2006, només espècies de Carabidae. Aquest canvi va coincidir amb la modificació del sistema de reg, que va passar a ser per microaspersió. Podria ser que aquest canvi en la humitat ambiental beneficiés d'alguna forma a les espècies de la família Carabidae. No obstant, l'abundància d'espècies depredadores no ha augmentat clarament durant els anys als arbres control (Figura 6a). Si comparem tractaments (Figura 7a), la tendència és la mateixa a tots dos però si que trobem més individus depredadors als arbres sense formigues. Les diferències significatives s'observen a partir de l'any 2006 (Taula 7). L'exclusió de les formigues augmenta l'abundància de depredadors, tal i com s'indica en treballs anteriors (Piñol *et al.*, 2012a)

El segon mètode d'anàlisi ha consistit en considerar també les famílies Staphylinidae i Phalacridae com depredadores. Les dades recollides al camp indiquen un augment exponencial de l'abundància de *Stilbus testaceus* als mesos de Juliol, Agost i Setembre, en arbres sense formigues. En aquests mesos la quantitat de pol·len no és massa important. El seu creixement coincideix amb l'augment de l'abundància d'altres artròpodes, com els àfids (Piñol *et al.*, 2009a). És per aquest motiu que atribuïm a les dos espècies trobades de Phalacridae comportament depredador. En aquest mètode, sí que es pot veure una tendència clara de les espècies depredadores a augmentar any rere any als arbres control (Figura 6b). La comparació entre tractaments (Figura 7a) mostra una tendència similar a tots dos, però els arbres sense formigues presenten més abundància de depredadors que els arbres control, com era d'esperar. Els canvis estadísticament significatius entre tractaments s'observen a partir de l'any 2006 (Taula 8), com passa amb altres famílies de Coleoptera o altres grups d'artròpodes (Piñol *et al.*, 2012a).

Pels resultats obtinguts al present treball, cap espècie de Coleoptera no Coccinellidae sembla ser important en el control biològic de plagues en aquest conreu. Potser la única excepció seria el Phalacridae *Stilbus testaceus*, però per a poder-ho afirmar amb rotunditat caldria estudiar els hàbits alimentaris de l'espècie, cosa gens senzilla en un animal tan petit (uns 2mm de longitud) i més aviat críptic.

Taula 7. Valor de l'estadístic R i del nivell de significació (P) de cada any, comparant les famílies Malachiidae i Carabidae dels arbres control amb els arbres on s'han

	R	P
2002	-0,077	1
2003	0,006	0,446
2004	-0,023	0,785
2005	0,049	0,228
2006	0,341	0,007
2007	-0,016	0,595
2008	0,306	0,013
2009	-0,038	1
2010	0,182	0,009
2011	-0,014	0,496

exclòs experimentalment les formigues. A partir d'un valor de P inferior a 0,05, les diferències entre les comunitats són significatives.

4.3. EXPERIMENTS A LLARG TERMINI

Els resultats obtinguts al present estudi demostren la importància dels experiments a llarg termini en ecologia. Si l'experiment hagués estat només de 3 o 4 anys, els resultats i les conclusions haguessin estat diferents, ja que en la majoria de famílies i espècies l'abundància a tots dos tractaments no hauria variat gaire. Els arbres van estar plantats en 1999, eren petits i, possiblement, no eren atractius per les espècies de formigues que vivien al sòl durant el primer període d'estudi, i la cobertura vegetal del sòl també va variar amb els anys. No és fins l'any 2006 quan es troben els canvis significatius. A més d'aquests canvis significatius entre tractaments, si l'experiment hagués durat només els 4 primers anys, no s'hauria detectat el descens d'abundància de les espècies de la família Apionidae ni s'hagués observat l'abundància sobtada d'espècies com *Stilbus testaceus* a l'any 2010.

Taula 8. Valor de l'estadístic R i del nivell de significació (P) de cada any, comparant les famílies Malachiidae, Carabidae, Staphylinidae i Phalacridae

	R	P
2002	-0,081	0,913
2003	-0,018	0,529
2004	0,038	0,277
2005	0,031	0,283
2006	0,181	0,04
2007	0,169	0,042
2008	0,258	0,025
2009	0,187	0,012
2010	0,38	0,0001
2011	0,029	0,279

dels arbres control amb els arbres on s'han exclòs experimentalment les formigues. A partir d'un valor de P inferior a 0,05, les diferències entre les comunitats són significatives.

4.4. CONCLUSIONS

El present treball ha permès extreure diverses conclusions segons els resultats i la bibliografia consultada: (1) l'exclusió experimental de les formigues a la comunitat arbòria d'un camp de cítrics Mediterrani fa augmentar l'abundància de coleòpters depredadors, així com també l'abundància d'espècies fitòfagues i micòfagues. Això explica els efectes negatius que provoquen les formigues sobre l'abundància i la diversitat d'altres espècies. (2) Les famílies de Coleoptera no Coccinellidae fitòfagues o micòfagues mostrejades no presenten, en principi, cap risc potencial de plaga. (3) Les famílies depredadores tampoc semblen ser importants pel control biològic de plagues en aquest conreu. Potser la única excepció de l'afirmació anterior seria el Phalacridae *Stilbus testaceus*, el qual podria ser depredador i no polinífag, com es pensava al principi de l'estudi. (4) Hi ha una gran manca d'informació bibliogràfica respecte a moltes famílies i espècies de Coleoptera, segurament per la dificultat d'obtenir mostres i la poca importància que presenten sobre les comunitats. (5) La gran importància de fer estudis a llarg termini. Si el temps de mostreig hagués estat més curt, molta informació i moltes dades haguessin quedat amagades i algunes conclusions haguessin estat les oposades a les que hem trobat.

5. AGRAÏMENTS

Voldria agrair a totes les persones que m'han ajudat a realitzar el present treball. En primer lloc, al meu tutor Josep Piñol, sense el qual no hagués pogut realitzar aquesta memòria, per permetre'm participar al grup de recerca que dirigeix i que estudia la comunitat d'artròpodes d'un camp de mandariners ecològics des de fa més d'una dècada, per haver-me orientat des d'un primer moment i per haver-me ajudat a solucionar els múltiples enigmes que han sorgit en estudiar aquest grup d'artròpodes, els Coleoptera.

Agrair a tots els membres del grup de recerca en el qual he participat. A en Jose Antonio Barrientos i al Xavier Espadaler per la seva experiència; a la Carolina i a l'Aleix per estudiar altres grup i aportar informació molt interessant i a la Laia Mestre per ajudar-me amb el suport informàtic a l'hora de realitzar gràfiques, a més dels seus estudis sobre aranyes, que han estat moltes vegades punts de referència.

També voldria agrair a en Joan Rieradevall i a la Núria Casacuberta, coordinadors de Ciències Ambientals; a la Carme González, de la Gestió Acadèmica de Ciències i a la Yolanda Maldonado, de la secretaria del ICTA. A tots ells, gràcies per respondre a les meves qüestions.

A la Laura, estudiant de la UB, per ajudar-me amb l'expressió escrita i amb un petit manual sobre el software PRIMER, i per recolzar-nos l'un sobre l'altre per portar a terme els nostres Projectes Finals de carrera.

Per últim, agrair a tota la gent que m'ha recolzat durant tot el període d'estudi, als meus companys i a la meva família.

A tots, moltes gràcies.

6. BIBLIOGRAFIA

ALONSO, M. A. i GOLDARAZENA, A. (2005) *Presencia en el País Vasco de Rhyephenes humeralis (Coleoptera, Curculionidae), plaga de Pinus radiata procedente de Chile*. Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa, **36**, 143-146.

BENET i MÒNICO, A. (2011) *Agricultura ecològica i sostenibilitat*. Editorial UOC, Barcelona.

CHINERY, M. (1988) *Guía de campo de los insectos de España y de Europa*. Ed. Omega, Barcelona.

CLARKE, K. R. i GORLEY, R. N. (2006) *Primer v6: User Manual/Tutorial*. PRIMER-E, U. K.

DAANE, K. M. (2001) *Ecological studies of released lacewings in crops*. In: McEwen P, New TR, Whittington AE (eds) *Lacewings in the crop environment*. Cambridge University Press, Cambridge, pp 338-350.

DE BACH, P. (1974) *Biological control by natural enemies*. Cambridge University Press, Londres.

ESPAÑOL, F. (1992) *Coleoptera: Anobiicidae*. Fauna ibérica, Vol 2, Madrid.

EVANS, G. (1977) *The life of Beetles*. University of Manchester.

FERNANDES, G. W.; FAGUNDES, M.; WOODMAN, R. L. I PRICE, P. W. (1999) *Ant effects on three-trophic level interactions: plant, galls and parasitoids*. Ecological Entomology, **24**, 411-415.

GARCÍA, F.; FERRAGUT, F.; COSTA, J. i LABORDA, R. (1989) *Plagas agrícolas II: insectos endopterigotos*. Universidad Politècnica de Valencia.

GORDON, R. D. (1985) *The Coccinellidae (Coleoptera) of America North of Mexico*. New York Entomological Society, Vol. 93, No. 1.

GORDON, R. i VANDERBERG, R. (1991) *Field guide to recently introduced species of Coccinellidae (Coleoptera) in North America*. Entomological Society of Washinton, **93**, 845-867. A <http://biostor.org/reference/56473> (consulta: Gener 2013).

HEIL, M. i MCKEY, D. (2003) *Protective ant-plant interactions as model system in ecological and evolutionary research*. Ann Rev Ecol Syst **34**, 425-453.

HITBOLD, A. E. (1974) *Pesticides in soils and water*. Ed. W. D. Gunzi.

HÖLLDOBLER, B. i WILSON, E. O. (1990) *The Ants*. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

HORN, G. H. (1895) *Studies in Coccinellidae*. Transactions of the American Entomological Society, Louisiana, vol. 22.

HUI-LIN L. (1982) *A Fourth Century Flora of Southeast Asia*. The Chinese University Press, Hong Kong.

IFOAM (2005) *Principios de la agricultura orgánica*, a http://www.ifoam.org/about_ifoam/pdfs/POA_folder_spanish.pdf (consulta: Gener 2013).

JACAS, J.; CABALLERO, P. i AVILLA, J. (2005) *El control biológico de plagas y enfermedades*. Universitat Jaume I, Castelló.

JACAS, J.; URBANEJA A. i VIÑUELA, E. (2006) *History and future of introduction of exotic arthropod biological control agents in Spais: a dilemma?*. *BioControl* 51.

JACAS, J. i URBANEJA, A. (2008) *Control biológico de plagas agrícolas*. Ed. Phytoma-España, Valencia.

JAMES, D. G.; STEVENS, M. M. i FAULDER, R. J. (1999) *Ant foraging reduces the abundance of beneficial and incidental arthropods in citrus canopies*. *Biological Control*, **14**, 121-126.

KEARNEY, P. C.; NASCH, R. G. i ISENSEE, A. R. (1969) *Chemical fallout: current research on persistent pesticides*. Ed. M. W. Miller y G. G. Berg.

LANDIS, D. A.; WRATTEN, S. D. i GUR, G. M. (2000) *Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pest in agriculture*. *Annual Review Entomology*, **45**, 175-201.

LENTEREN, J. C. Van i GODFRAY H. C. J. (2005) *Euroepan science in the Enlightenment and the discovery of insect parasitoid life cycle in The Netherlands and Great Britain*. *Biol. Control*.

LOWE, S.; BROWNE, M.; BOUDJELAS, S. i DE POORTER M. (2004) *100 de las Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo*. Una selección del Global Invasive Species Database, UICN.

LUCK, R. F.; MERLE, B. i KENMORE, P. E. (1988) *Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies*. *Annual Review Entomology*, **33**, 367-391.

McMAHONS, B.; MONSON, R. R.; WANG, H. H. i ZHENG, T. (1988) *A second follow-up of mortality in a cohort of pesticide applications*. *J. Occup. Med.*

MESTRE, L.; PIÑOL, J.; BARRIENTOS J., A.; ESPADALER, X. (2013) *Ant exclusion in citrus over an 8-year period reveals a pervasive yet changing effect of ants on a Mediterranean spider assemblage*. *Oecologia, community ecology*.

NAVARRO G. S.; BARBA, A.; CÁMARA, M. A.; NAVARRO, S. (1992) *Resistencia de los plaguicidas en los suelos agrícolas. Procesos y factores condicionantes*. Universidad de Murcia.

- PAULIOAN R. (1988) *Biologie des Coléoptères*. Éditions Lechevalier, Paris.
- PIÑOL, J.; ESPADALER, X.; CAÑELLAS, N. i PEREZ, N. (2009a) *Effects of the concurrent exclusion of ants and earwigs on aphid abundance in an organic citrus grove*. *BioControl*, **54**, 515-527.
- PIÑOL, J.; ESPADALER, X.; PÉREZ, N. i BEVEN, K. (2009b) *Testing a new model of aphid abundance with sedentary and non-sedentary predators*. *Ecological Modelling* **220**, 2469-2480.
- PIÑOL, J.; ESPADALER, X.; CAÑELLAS, N.; MARTÍNEZ-VILALTA, J.; BARRIENTOS, J. A. & SOL, D. (2010) *Ant versus bird exclusion effects on the arthropod assemblage of an organic citrus grove*. *Ecological Entomology*, **35**, 367-376.
- PIÑOL, J.; ESPADALER, X. i CAÑELLAS, N. (2012a) *Eight years of ant-exclusion from citrus canopies: effects on the arthropod assemblage and on fruit yield*. *Agricultural and Forest Entomology*, **14**, 49-57.
- PIÑOL, J.; RIBES, E.; RIBES, J. i ESPADALER, X. (2012b) *Long-term changes and ant-exclusion effects on the true bugs (Hemiptera: Heteroptera) of an organic citrus grove*. *Agricultura, Ecosystems and Environment*, **158**, 127-131.
- POINAR, G.; i POINAR, R (1998) *Parasites and pathogens of mites*. *Annual Review Entomology*, **43**, 449-469.
- SALOMON, M. G.; CROSS, J. V.; FITZGERALD, J. D.; CAMPPELL, C. A. M.; JOLLY, R. L.; OLSZAK, R. W. *Et al.* (2000) *Biocontrol of pest s of apples and pears in Northern and Central Europe*. *Biocontrol Science and Technology*.
- SCHWARTZ, P. H. i KLASSEN, W. (1981) *Estimated losses caused by insects and mites to agricultural crops*. Ed. D. Pimentel, Florida.
- SPEAR R. (1991) *Recognized and possible exposure to pesticides*. *Handbook of pesticide toxicology*, Vol I. Ed. Wayland, Nueva York.
- TAYLOR, M. E. i MORECROFT, M. D. (2009) *Effects of agri-environment schemes in a long-term ecological time series*. *Agric. Ecosyst. Environ.* **130**, 9-15.
- VANDERMEER, J.; PERFECTO, I; IBARRA N., G.; PHILLPOTT, S. i GARCIA B., A. (2002) *Ants (Azteca sp.) as potential biological control agents in shade coffee production in Chiapas, Mexico*. *Agroforestry Systems*, **56**, 271-276.
- WILLIAM, T.; ARRENDO-BERNAL, H. C. i RODRÍGUEZ-DEL-BOSQUE, L. A. (2013) *Biological pest control in Mexico*. *Annual Review Entomology*, **58**, 119-149.
- ZAHRADNIK, J. (1990) *Guía de los coleópteros de España y de Europa*. Omega, Barcelona.

LLICENCIATURA DE CIÈNCIES AMBIENTALS

Treball de final de carrera

Informe de valoració

Nom de l'alumne: Carlos Santisteban Ortiz

Nom del tutor: Josep Piñol Pascual

Departament/Institut: CREAM

Centre/Universitat: UAB

Informe raonat de l'estada i dels activitats realitzades:

El Carlos Santisteban es va incorporar al setembre de 2012 al grup de recerca que dirigeixo i que estudia des de fa més d'una dècada la comunitat d'artròpodes d'un camp de mandariners ecològic. El seu interès principal era adquirir experiència en qüestions d'agroecologia i, alhora, realitzar el treball de final de carrera de Ciències Ambientals.

El seu treball particular ha consistit en l'anàlisi detallada d'una sèrie de 10 anys de dades de recol·leccions de coleòpters en el camp de cítrics. Aquest estudi ha implicat una ampliació notable dels seus coneixements en zoologia i ecologia. També ha implicat fer una anàlisi estadística complexa, amb mètodes multivariants permutacionals que no es veuen a la carrera. Finalment, ha hagut de redactar el treball en un format d'article científic, ja que si tot va bé, amb una mica més de treball per part de tots plegats, la seva memòria es convertirà amb un article científic.

Com a membre del grup també ha participat activament en les reunions periòdiques que fem del grup de recerca, en les quals s'exposava l'estat dels treballs particulars dels diferents membres del grup.

El Carlos ha mostrat un gran interès en aprendre, gran capacitat de treball, iniciativa i un respecte escrupolós per les successives *deadlines* que li he anat posant. Evidentment, el Carlos no ha recol·lectat els organismes (hi ha mostres de 2002!) ni ha classificat els coleòpters (cal ser un taxònom especialitzat), però sí que ha posat ordre en l'extensa base de dades, ha analitzat els resultats i ha redactat la memòria. Voldria destacar també que ha treballat de forma totalment autònoma la part estadística, la qual cosa no és senzilla, ja que es tracta d'una estadística i software no estàndards. El treball que presenta és totalment seu; el meu paper ha estat simplement de supervisor del procés i de corrector del manuscrit final.

Pels motius anteriors m'atreviria a qualificar el seu treball d'excel·lent.

Valoració global (0-10):

9

Data i signatura: 4-febrer-2013