

**Efecte de la conversió d'una finca convencional
de noguera de fruita a ecològic:
Gestió i evolució de les malalties i de la fauna auxiliar**

MEMÒRIA EXPLICATIVA
(Expedient 53-05006-2017)

Pere Pons Ferran
Josep Rost Bagudanch
Albert Vilardell Bartino


Universitat de Girona

Amb el suport del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca i Alimentació



Generalitat de Catalunya
**Departament d'Agricultura,
Ramaderia, Pesca i Alimentació**

ÍNDEX

Resum	2
Antecedents.....	3
Objectius.....	3
Metodologia	4
Objectiu 1.1: conèixer l'epidemiologia i de la necrosi apical de brots.....	4
Objectiu 1.2: control de bacteriosi i necrosi apical en producció ecològica.	4
Objectiu 2.1: noves estratègies de control de plagues.....	5
Objectiu 2.2: efecte de "pertorbació positiva" de la transformació d'una finca en ecològic sobre la biodiversitat	5
2.2.1. Avifauna.....	6
2.2.2. Artròpodes	7
Anàlisis estadístiques.....	8
Resultats.....	8
Objectiu 1.1: conèixer l'epidemiologia i de la necrosi apical de brots.....	8
Objectiu 1.2: control de bacteriosi i necrosi apical en producció ecològica.	9
Objectiu 2.1: noves estratègies de control de plagues.....	10
Objectiu 2.2: efecte de "pertorbació positiva" de la transformació d'una finca en ecològic sobre la biodiversitat	11
2.2.1. Avifauna.....	11
2.2.2. Artròpodes	13
2.2.2.1. Artròpodes epigeus	13
2.2.2.2. Artròpodes pol·linitzadors	14
2.2.2.3. Artòpodes de les capçades	16
Conclusions	18
Referències	21

RESUM

En aquest projecte s'han estudiat diferents aspectes relatius al cultiu de la noguera de fruit en una parcel·la en conversió a règim ecològic, pertanyent a la plantació de nogueres més gran de Catalunya, situada a Crespià, al Pla de l'Estany. Concretament, s'ha descrit en detall el cicle biològic del fitopatosistema causant de la necrosi apical de brots, i s'ha estudiat la resposta de la bacteriosi a l'aplicació de diferents productes fortificants i antibacterians, comparant-la amb l'aplicació de productes de control d'aquesta malaltia convencionals. També s'ha fet un seguiment de l'evolució de les poblacions de plagues de la noguera, en particular la carpocapsa (*Cydia pomonella*) i la mosca de la nou (*Rhagoletis completa*) en parcel·les convencionals on es controlen amb insecticida, i en la parcel·la en conversió on es controlen amb confusió sexual i la potenciació de la fauna auxiliar. Finalment, també s'ha estudiat l'efecte que té sobre la biodiversitat, i en particular diferents grups de fauna que també actuen com a controladors de plagues (ocells, artròpodes epigeus, voladors i de capçades), la conversió de convencional a ecològic. S'ha trobat que els productes utilitzats en ecològic per controlar la bacteriosi han estat menys efectius que els convencionals, però no obstant s'ha vist, de manera interessant, que l'aplicació de biofertilitzant pot tenir efectes similars a l'aplicació d'antibacterians amb concentracions de coure reduïdes. De forma remarcable, els resultats han estat molt positius pel que fa a la presència de plagues, amb abundàncies a la parcel·la en transició fins i tot inferiors a les de parcel·les tractades amb insecticida. Aquests resultats estan segurament relacionats amb el fet que l'efecte de la conversió sobre la biodiversitat, mesurada sobre l'avifauna i l'entomofauna, ha estat molt positiu. En especial cal destacar que s'han trobat unes xifres d'abundància i riquesa d'espècies auxiliars d'ocells i artròpodes en general molt superiors en la parcel·la en conversió comparat amb les convencionals. Finalment, cal destacar que la producció de la parcel·la en conversió ha estat bona, tot i presentar aspectes de gestió que poden millorar-se, siguent de 2 tones de nou/ha, comparat amb les 2,5 tones/ha de les parcel·les convencionals. En conclusió, aquests resultats mostren que el maneig ecològic pot ser molt positiu per al cultiu de la noguera de fruit, assolint bons resultats productius amb una bona gestió de les plagues, i amb marge de millora per al control de les malalties com la bacteriosi.

ANTECEDENTS

A Catalunya hi ha 1.188 hectàrees de noguers de fruita, de les quals només un 0,01% de la superfície correspon a produccions ecològiques. Al terme municipal de Crespià (comarca del Pla de L'Estany) s'hi troba la plantació de noguera de fruita més gran de tot Catalunya, on es preveu la reconversió a un sistema ecològic en el cas que els resultats dels assajos que es proposen en aquest projecte siguin favorables.

En la mateixa finca, la Universitat de Girona juntament amb investigadors de l'IRTA-Torre Marimon l'any 2013 validaren un model de predicció de la bacteriosi de la noguera (Moragrega *et al.* 2011). Aquesta malaltia és causada pel bacteri *Xanthomonas arboricola pv. juglandis*, i és considerada la principal fitopatologia en el cultiu de la noguera, podent ocasionar importants pèrdues econòmiques. El mateix model va ser validat en paral·lel en col·laboració amb el Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes de Lanxade i Creysse, a França, en plantacions comercials. En l'actualitat, a partir de la plataforma Hesperides, es pot accedir al programari per tal de conèixer els episodis de risc d'infecció del bacteri en funció de variables climàtiques (durada del període d'humectació i temperatura mitjana del període d'humectació).

Més enllà de la bacteriosi de la noguera, existeixen altres malalties com la necrosi apical causada per la mateixa bactèria *Xanthomonas* amb la combinació de fongs del gènere *Fusarium sp* i *Alternaria sp*, o com és el cas de la necrosi apical de brots causada pel fong *Botryosphaeria ribis*, que comença a ser preocupants pel nivell d'incidència i severitat observades en la mateixa finca, i també arreu de Catalunya. De fet, es tracta d'una malaltia poc coneguda a nivell europeu i en expansió (Michaelides *et al.* 2015), descrita per primera vegada a Amèrica l'any 1947.

Per altra banda, un seguit de plagues, com els lepidòpters *Cydia pomonella* (la carpocapsa) i *Ectomyelois ceratoniae*, i el dípter *Rhagoletis completa* (mosca de la nou), també posen en risc la viabilitat de la producció al llarg del quallat i ossificació de la nou, pel fet que les seves larves s'alimenten del fruit. Tanmateix, en producció ecològica es tendeix a assajar mètodes de control d'aquestes plagues que prioritzin la reducció de les seves poblacions a través de la potenciació de la fauna auxiliar, és a dir, les espècies que poden actuar com a depredadores de plagues. Aquesta fauna auxiliar que és d'interès potenciar està formada per grans depredadors vertebrats, sobretot ocells, que depreden sobre les mateixes fulles dels arbres on es mouen les larves, i ratpenats, que actuen més sobre els adults voladors, i també artròpodes, ja siguin depredadors d'ampli espectre, com aranyes i determinats coleòpters (caràbids, coccinèl·lids, etc.), dermàpters (forficúlids) o heteròpters (redúvids, mírids), com també paràsits i parasitoids de larves i postes, paper dut a terme per certs grups d'himenòpters (bracònids, icneumònids, esfècids, etc.).

OBJECTIUS

- 1) Conèixer l'epidemiologia i control de la necrosi apical de brots i controlar la bacteriosi de la noguera en matèria de producció ecològica.
- 2) Proposar i desenvolupar noves estratègies en el control de plagues de la noguera i determinar l'efecte de "pertorbació positiva" de la transformació d'una finca en ecològica vers les comunitats terrestres de fauna, a través de l'estudi d'espècies bioindicadores.

METODOLOGIA

Objectiu 1.1: conèixer l'epidemiologia i de la necrosi apical de brots

S'ha realitzat un seguiment de l'aparició de símptomes en òrgans afectats i del progrés del teixit necrosat en branques, brots i fruits, a fi d'establir la seva relació amb la fenologia de l'hoste i les condicions ambientals (temperatura, humectació, pluviometria). Periòdicament s'han recollit mostres de fruits per analitzar la simptomatologia. S'ha fet un seguiment d'aquesta simptomatologia d'òrgans afectats (branca i fruit) des del mes de juny fins al setembre, i s'han enviat mostres de fruits amb símptomes evidents als laboratoris de la Food and Environment Research Agency (FERA, d'Anglaterra) per tal d'identificar el patogen.

A partir de les observacions es proposa la descripció d'un cycle biològic del fitopatosistema causant de la necrosi apical de brots, amb l'objectiu de plantejar diferents estratègies al llarg del cycle del cultiu i poder frenar l'increment de la incidència de la malta. Entre les estratègies com a mesura de control de la necrosi apical de brots causada per *B. ribis* s'ha avaluat la pauta de tracaments de polisulfur de calci i la poda dels òrgans afectats. Aquest assaig, tot i estar previst inicialment, malauradament no s'ha pogut portar a terme per la complexitat en la intervenció de la poda d'higiene i per un episodi de fitotoxicitat ocorregut a principi de temporada degut a un error d'aplicació.

Objectiu 1.2: control de bacteriosi i necrosi apical en producció ecològica.

La comparació entre diferents formulacions comercials pel que fa al control de la bacteriosi i necrosi apical s'ha fet comparant l'aplicació del conjunt de productes emprats normalment en el maneig convencional (caldo bordelès, oxíclorur de coure, Mancoceb, fosetil d'alumini, hidròxid de coure, Signum, Kelpak, Luna experience, Myclobutanil i Tebuconazol) amb dos productes comercials autoritzats en ecològic, el fitoestimulant Kelpak, fet a base d'algues, i l'antifúngic i antibacterià ProCrop Shield, que conté un menor contingut en coure que el caldo bordelès. A més, també es van tractar les nogueres amb biofertilitzant fet a partir de la fermentació anaeròbia de matèria orgànica.

Pel control de la bacteriosi, es planteja la hipòtesi que els arbres que s'haguessin tractat amb productes estimulants (Kelpak) o fortificants (biofertilitzant) estarien en millors condicions per a resisitir de forma natural els atacs de la bacteriosi. Per això, es van testar tres situacions diferents: aplicació únicament de biofertilitzant, 2) aplicació combinada de biofertilitzant amb bioestimulant (Kelpak) i 3) aplicació de biofertilitzant, bioestimulant (Kelpak) i antibacterià/antifúngic (ProCrop Shield). Aquestes tres situacions es van comparar amb l'aplicació del combinat de formulacions que s'aplica en nogueres en maneig convencional, llistades al paràgraf anterior.

Pel que fa al seguiment de la necrosi en fulla, malauradament s'ha hagut de descartar fer-lo a causa d'un episodi de fitotoxicitat ocorregut a principi de temporada, com ja s'ha esmentat en l'apartat anterior. Aquest episodi va ser degut a una aplicació de polisulfur de calci en una hora equivocada, combinat amb unes temperatures excessivament altes, fet que va provocar que es cremés la fulla d'alguns arbres. A resultes d'aquest fet es va retirar l'aplicació del polisulfur de calci i es va eliminar aquest producte de la comparació.

A causa d'aquest fet, la comparació dels productes s'ha fet només amb els productes explicats anteriorment per la bacteriosi. El mostreig va consistir en delimitar 3 àrees iguals, que comprenien entre 10 i 15 files d'arbres, dins del camp en conversió a

ecològic, i a cada àrea es va aplicar un tractament: biofertilitzant, biofertilitzant i bioestimulant, o biofertilitzant, bioestimulant i antibacterià. A més, es va delimitar també una àrea equivalent dins d'un camp convencional de la mateixa varietat de nou (Hartley), on es van aplicar els productes propis del maneig convencional. En cadascuna d'aquestes quatre àrees, es van seleccionar a posteriori 15 nogueres, agrupats en 3 grups de 5 arbres seguits de la mateixa línia, i a cadascun d'aquests arbres es van mostrejar 25 nous distribuïdes en totes les orientacions de l'arbre, obtenint la incidència de bacteriosi com la proporció de fruits afectats sobre aquests 25 fruits mostrejats.

Objectiu 2.1: noves estratègies de control de plagues

El seguiment de l'aparició d'adults de carpocapsa (*Cydia pomonella*), *Ectomyelois ceratoniae* i mosca de la nou (*Rhagoletis completa*) es va fer amb la instal·lació de trampes delta en diverses parcel·les en maneig convencional i la parcel·la en conversió a ecològic. No es va disposar de dades del lepidòpter *Ectomyelois* a la parcel·la en conversió, i per tant no s'han pogut comparar les abundàncies amb les parcel·les convencionals.

Per al control de *C. pomonella*, a la parcel·la en conversió a ecològic s'han instal·lat difusors actius de feromona en aerosol, coneguts com *puffers*. A més, per al control d'*E. ceratoniae*, *R. completa* i la mateixa *C. pomonella* a l'ecològic s'ha potenciat la presència de fauna auxiliar vertebrada, a través de la instal·lació de caixes niu o refugi per ocells i ratpenats. Aquestes estructures s'ha comprovat que han estat utilitzades per aquestes espècies. A les parcel·les convencionals s'han efectuat tractaments amb insecticides per controlar aquestes plagues amb els productes comercials Calypso, Dursban i Fury, i no s'ha fet cap mesura per potenciar la fauna auxiliar.

Objectiu 2.2: efecte de "pertorbació positiva" de la transformació d'una finca en ecològic sobre la biodiversitat

L'efecte de "pertorbació positiva", és a dir, la conversió de la finca de 3 hectàrees a cultiu de noguer ecològic després de 25 anys s'ha avaluat sobre ocells i artròpodes, en mostres mensuals, durant els mesos de maig a setembre el cas dels ocells, i de juny a setembre pels artròpodes. Tots dos són grups faunístics que proporcionen informació de diferents parts de l'ecosistema, que en el cas dels noguers, poden ser afectades de manera diferent pels productes que s'hi apliquen o no. La biodiversitat de les capçades es veurà possiblement afectada per l'aplicació periòdica d'insecticides, mentre que al terra l'efecte serà més sobre l'estructura i composició de la vegetació herbàcia, que en convencional es controla amb herbicida, i en ecològic amb pastura (de baixa intensitat). En el cas dels ocells, amb un únic mostreig s'aconsegueix informació de diferents estrats de vegetació, de manera que la presència d'espècies que s'alimenten en aquell estrat indica que hi troben recursos. Cal afegir que durant la primavera i l'estiu la gran majoria d'espècies d'ocells actuen com a insectívores, pel fet que alimenten els polls amb proteïna animal, i per tant poden realitzar una important tasca com a fauna auxiliar, controlant i reduint poblacions d'artròpodes potencialment perjudicials. En el cas dels artròpodes, la diferenciació per microhàbitats s'aconsegueix utilitzant diferents tècniques d'estudi, com les emprades aquí per les espècies de capçades (paraigües japonès) o les més epigees (atracció visual i trampes de caiguda).

2.2.1. Avifauna

L'avifauna s'ha estudiat a través de la tècnica del punt d'escolta, consistent amb un recompte dels ocells detectats des d'un punt fix durant un temps determinat. En el cas d'aquest estudi, es van establir 6 punts d'escolta a la finca gestionada en ecològic i 23 punts més repartits en dues plantacions gestionades de manera convencional (6 punts en una de 3,5 ha situada a l'oest de l'ecològica, 17 més en una altra de 17 ha, situada a l'est; Figura 1). La diferència entre el nombre de rèpliques es troba en la impossibilitat d'establir més punts amb tipologia d'ecològic degut a les limitacions d'espai (només 3 ha d'ecològic). A cada punt d'escolta es registraven tots els ocells vistos o sentits dins d'un radi de 25 metres, i la distància mínima entre punts adjacents era de 25 metres més (de manera que entre els punts centrals de dos punts adjacents hi havia un mínim de 75 metres de separació). La durada dels censos a cada punt era de deu minuts, i tots van ser fets durant les primeres 4 hores del dia, moment de més alta activitat dels ocells a l'estiu.



Figura 1. Distribució dels punts d'escolta per ocells. En blanc, els punts d'escolta en plantacions de noguers gestionades en convencional, i en vermell les situades a la parcel·la en règim ecològic.

Els mostrejos dins d'un mateix mes es van fer sempre en dos o tres dies seguits per evitar possibles efectes fenològics. Malauradament, però, el mostreig corresponent al mes de setembre, malauradament es va haver d'excloure de les anàlisis a causa que en alguns dels dies s'estava realitzant la recollida de la nou en camps propers, i el soroll de la maquinària feia que les condicions de cens per als ocells no fossin equiparables amb altres dies del mateix mes, tan a nivell d'alterar la pauta d'activitat dels ocells, com per una reducció de la seva detectabilitat a través del cant. En conseqüència, els resultats que es presenten en aquesta memòria fan referència als mesos de maig a agost.

Les dades obtingudes s'han analitzat bàsicament a través de dos paràmetres ecològics clàssics, l'abundància i la riquesa d'espècies, ja siguin en global per a totes les espècies

o segmentades segons el seu lloc preferent d'alimentació. Per un mateix punt d'escolta, les dades obtingudes al llarg dels 4 mostrejos mensuals (maig a agost) s'han sintetitzat de la següent manera: la riquesa ha estat el nombre total d'espècies detectades en al mateix punt, a llarg dels 4 mostrejos, i l'abundància de cada espècie, el nombre màxim d'individus trobats en aquest punt, en els 4 mesos. S'ha optat per utilitzar el màxim d'individus i no la suma per evitar el fet de comptar un mateix individu en un mateix punt més d'una vegada.

2.2.2. Artròpodes

L'estudi dels artròpodes, com ja s'ha dit, es va realitzar per a dos estrats de vegetació: sobre l'estrat herbaci més baix i a nivell del terra, i a les capçades dels noguers. Pel primer cas, es va voler diferenciar els artròpodes caminadors dels que tenen hàbits florícoles i que poden actuar de pol·linitzadors.

Els artròpodes epigeus es van estudiar capturant-los amb trampes de caiguda (*pitfalls*, en anglès), utilitzant a tal efecte pots de 3 cm de diàmetre d'obertura superior. Els pots eren enterrats en un forat de manera que el marge superior quedava a nivell del terra. Aquestes trampes eren després omplertes fins a la meitat amb etilenglicol per atrapar els artròpodes, i es deixaven obertes (actives) durant una setmana, però registrant sempre l'hora d'instal·lació i de retirada per saber el còmput d'hores que una mateixa trampa havia estat activa. Es van instal·lar 32 trampes de caiguda a la plantació de 3,5 ha en règim convencional on ja s'havien fet els censos d'ocells, i 29 trampes més a la plantació en ecològic. Cada trampa estava separada un mínim de 50 metres de les més properes, i representava una rèplica. Aquests episodis de captura es van repetir durant un cop al mes, de juny a setembre, i a cada mostreig les mateixes trampes es van situar en el mateix punt, que va ser convenientment marcat sobre el terreny. Com que al final el nombre d'hores de mostreig no va ser el mateix entre mesos (amb alguna lleugera variació d'una o dues hores) ni entre trampes (pel fet que alguna trampa havia estat arrencada o s'havia colgat de terra en algun mostreig, cosa que la feia invàlida), les variables de riquesa i biomassa es van ponderar pel nombre total d'hores de mostreig efectiu de cada trampa al final de tot el mostreig, la qual cosa va permetre estandarditzar aquestes variables i per tant que les rèpliques fossin comparables.

El mostreig d'artròpodes potencialment pol·linitzadors dels estrats de vegetació baixos es va dur a terme atraient aquesta entomofauna amb plats de colors (tècnica de les *pan traps*, en anglès) omplerts d'aigua i sabó (per trencar la tensió superficial de l'aigua i poder capturar l'insecte), durant les hores de Sol d'un mateix dia. Els colors blanc, groc i blau s'utilitzen per atreure aquest tipus d'insectes perquè d'alguna manera simulen els colors de les flors, de manera que els pol·linitzadors s'hi posen i es queden atrapats a l'aigua amb sabó. D'aquesta manera, cada rèplica estava formada per un grup de 3 plats: un de blanc, un de groc i un de blau, separats entre ells a un metre de distància. Entre grups de plats es deixava una distància de 100 metres, obtenint 10 rèpliques per la plantació convencional (la mateixa plantació de 3,5 ha que en el mostreig de trampes de caiguda) i 10 més per l'ecològica. Aquest mostreig es va dur a terme de juliol a setembre, i a cada mes les trampes es van situar en el mateix lloc. Durant la recollida dels insectes capturats, els de cada plat es van guardar en un pot individualitzat, amb alcohol de 70°.

L'estudi de l'entomofauna de les capçades dels noguers es va fer mitjançant la tècnica del paraigües japonès. Aquest mostreig es va realitzar durant el mes d'octubre, pel fet

que implica la batuda de les branques dels arbres amb una perxa per fer caure els artròpodes sobre el paraigua (una estructura quadrada de tela, d'1x1 metres), i es va decidir deixar-la per un cop hagués finalitzat la collita de la nou per no perjudicar els rendiments. Es van mostrejar 18 arbres a la plantació gestionada en règim ecològic i 18 més a la plantació convencional de 3,5 ha en la qual es van mostrejar els artròpodes epigeus i florícoles. Entre cadascun dels arbres mostrejats (rèpliques) es va deixar una distància mínima de 75 metres. Per cada arbre, es va dividir l'ombra projectada per la capçada sobre el terra en 4 seccions iguals o quadrants, i es van efectuar 4 batudes de la capçada, una en cada quadrant, d'aproximadament 10 segons cadascuna. Els artròpodes que queien al paraigües van ser recollits amb un aspirador i guardats en pots amb alcohol de 70°.

Els artròpodes recollits amb cadascun d'aquests tres mètodes van ser posteriorment classificats com a morfoespècies als laboratoris de la Facultat de Ciències de la Universitat de Girona fins a nivell d'ordre. Tanmateix, pels ordres que presenten algunes famílies descrites com a fauna auxiliar (himenòpters, coleòpters, hemípters i dípters), la classificació de morfoespècies va ser feta fins a nivell de família.

Aquesta feina va permetre la quantificació de la diversitat, entesa com a nombre de morfoespècies, present en cadascuna de les rèpliques, i també de la seva abundància. Per aquest darrer paràmetre, però, no es va utilitzar el nombre d'individus a causa de la gran disparitat de mides que existeix entre artròpodes, de manera que és poc comparable el nombre d'individus entre espècies que poden tenir mides cinc o deu vegades més grans que d'altres. Per evitar això, s'aconsella utilitzar la mesura de la biomassa, estimant aquesta variable a partir de la longitud del cos de cada taxa, extrapolant-lo a partir de valors ja coneguts i publicats (Hódar 1996). Amb l'objectiu d'aconseguir aquest paràmetre, es va mesurar la longitud del cos de totes les morfoespècies classificades en l'estudi (valors mitjans dels individus recollits de cada morfoespècie), i posteriorment es va obtenir l'estimació de la biomassa de cadascuna d'elles a partir dels valors concrets de família, o en el pitjor dels casos, ordre.

Anàlisis estadístiques

Els valors de riquesa, abundància o biomassa d'ocells i artròpodes obtinguts en les plantacions en règim convencional i ecològic es van comparar a través de models lineals generalitzats (GLM: Generalized Linear Models, en anglès), atès que les distribucions dels residus dels models en la majoria de casos seguien distribucions de Poisson o binomial (com per altra banda és habitual amb dades procedents de recomptes o proporcions) i les desviacions típiques no eren homogènies entre els casos estudiats. Per tant, en totes les anàlisis estadístiques (realitzades amb el programari R) s'han especificat errors Poisson i binomial, o quasi-Poisson i quasi-binomial quan la deviance residual era diferent dels graus de llibertat, i links logit. El nivell de significació estadística s'estableix per sota de $p=0.05$.

RESULTATS

Objectiu 1.1: conèixer l'epidemiologia i de la necrosi apical de brots

Totes les mostres que es van enviar als laboratoris de FERA donaren positiu a la presència de *B. ribis*, excepte el material d'origen d'escorça del tronc. A partir d'aquests

resultats, les observacions en els diferents estadis fenològics i el seguiment de les simptomatologies, es pot descriure l'etiologia que es descriu tot seguit.

L'estadi sexual de *B. ribis* permet la seva identificació. Forma els seus ascocarps a l'interior del teixit vegetal de l'òrgan afectat. Té una mida aproximada de 4mm, de coloració negrosa i en estadis de maduració sobresurt del teixit. En el seu interior es localitzen les asques amb vuit ascòspores, normalment unicel·lulars. L'estadi asexual o anamorf de *B. ribis* s'ha descrit pertanyent al gènere *Diplodia*, concretament *Diplodia ribis* var. *ribis-aurei* Brunaud. Aquest fong presenta el miceli inmers, ramificat, septat i els picnidis poden aparèixer en el teixit infectat, individualment o agregats. Aquests picnidis donaran lloc als conidis amb capacitat infectiva com les ascòspores.

Com a la majoria d'enfermetats ocasionades pel gènere *Diplodia*, la severitat depèn de múltiples factors (número de lesions, proximitat entre aquestes lesions, etc.), però entre tots els factors destaca l'estat del vigor de l'arbre previ a la infecció. En aquest sentit, la necrosi apical de brots es veu molt afavorida per la presència d'estrès ambiental, nutricional i hídric, tal i com s'ha pogut observar en episodis d'escassetat d'aigua durant el mes d'agost.

El cicle de patogènesi s'inicia amb les infeccions que tenen lloc a través de les espores que es formen durant la fase hivernal-primaveral del fong (*B. ribis*) i estival (*D. ribis*). Les espores infectives més afecives són les que constitueixen l'inòcul secundari i produïdes asexualment (fase *Diplodia*), i es dispersen fonamentalment per la pluja. Les infeccions, independentment pel tipus d'espóra aprofiten les petites ferides que apareixen en els diferents estadis fenològics, des de la caiguda de les esquames en Af₂ fins a l'obertura del mesocarpí de la drupa. De fet, aquest darret teixit, és un dels vectors d'entrada en estadis inicials de la malaltia. Freqüentment, observem com el mesocarpí queda retingut a les branques una vegada la nou ha caigut. Les lesions ocasionades pel fong es produeixen en pocs dies o setmanes després de la infecció. Una vegada colonitzat el teixit, s'inicia la producció de miceli que donarà lloc a les estructures de producció de conidis generant el que es coneix amb el nom d'infeccions secundàries. Les infeccions produeixen necrosi que en el cas de les branques, les primeres necrosi apareixen al floema actiu i cambium, afectant a continuació l'albeca, el duramen i finalment la medul·la, ocasionant la mort de la zona de l'òrgan afectada. Les lesions són el resultat del creixement del fong supeditat al vigor de l'arbre. S'observa que en episodi d'estrès hídric les lesions s'activen, i el teixit necrotitzat avança podrint la mort d'eixos productius i provocant pèrdues en la collita. En els teixits morts, conjuntament a la producció de conidis, apareixeran les infeccions primàries de caràcter sexual amb l'aparició d'ascòspores infectives. Aquest inòcul primari pot provenir de qualsevol organ infectat i mort, tant de la capçada de l'arbre com provient de la superfície del sòl (p.e. les mateixes nous infectades).

Objectiu 1.2: control de bacteriosi i necrosi apical en producció ecològica.

Els resultats mostren diferències interessants entre els tractaments per controlar la bacteriosi (Figura 2). En primer lloc, la incidència de bacteriosi és més reduïda a les parcel·les en règim convencional ($X^2=9.167$, $p<0.001$), amb una afectació d'entre (aproximadament) un 10 i un 15%, per entre un 25 i un 30% al camp en conversió.

I a la parcel·la en conversió, és remarcable que l'aplicació d'antibacterià comercial amb dosis reduïdes de coure (ProCrop Shield) no redueix la incidència de bacteriosi, en

comparació amb els tractaments que aplicaven estimulants i fertilitzants. Al seu torn, l'aplicació del bioestimulant Kelpak tampoc millora els resultats respecte l'aplicació d'únicament el biofertilitzant.

En tot cas, tot i l'aplicació de diferents productes per controlar la bacteriosi i necrosi apical en les parcel·les convencionals, aquesta malaltia encara hi és present. Una possibilitat per explicar aquest fet podria ser per resistències de *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis* al coure després de molts anys d'aplicacions de productes amb aquest metall.

Per altra banda, les diferències entre els mesos no han resultat significatives.

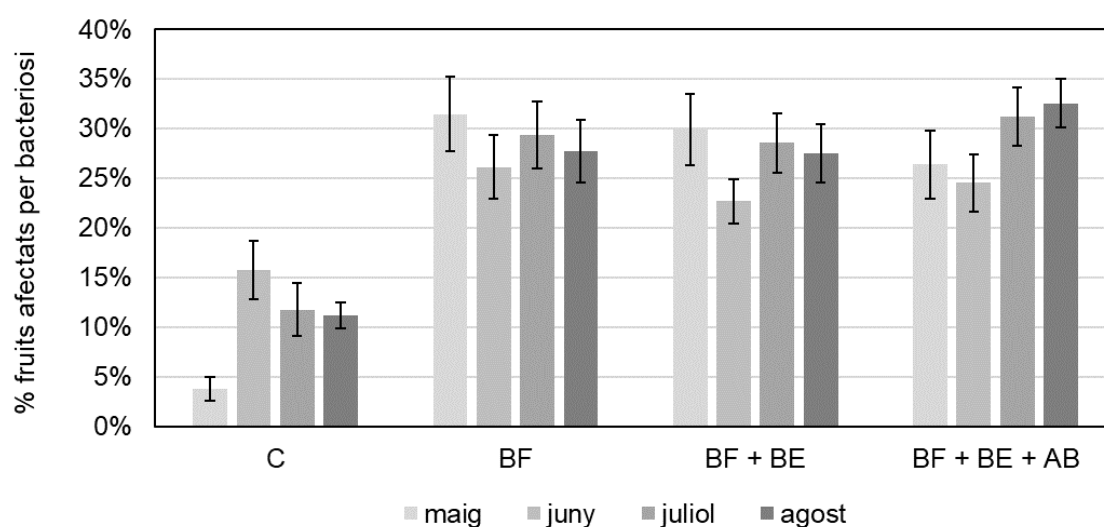


Figura 2. Incidència de necrosi en fulles en arbres en els quals es van aplicar tractaments convencionals (C), i a la parcel·la en conversió a ecològic, únicament biofertilitzant (F), biofertilitzant i bioestimulant (F+E) i biofertilitzant, bioestimulant i antibacterià (F+E+AB). El biofertilitzant consistia en una fermentació anaeròbia de matèria orgànica, el bioestimulant era el producte Kelpak i l'antibacterià ProCrop Shield. Les barres d'error mostren l'error estàndard.

Objectiu 2.1: noves estratègies de control de plagues

L'evolució de les captures de carpocapsa (*Cydia pomonella*) i mosca de la nou (*Rhagoletis completa*) a les parcel·les convencionals i en conversió amb trapes delta mostren una menor abundància d'aquestes plagues a la parcel·la en conversió a ecològic durant la gran majoria de setmanes de mostreig, i fins i tot amb diferències importants en algunes setmanes (Figures 3 i 4).

Pel que fa a la carpocapsa, des de finals d'abril fins a finals de juliol la presència d'aquest lepidòpter era intermitent, amb captures de tan sols un individu. A l'agost la seva abundància augmenta, però no és més gran que a les parcel·les convencionals.

La mosca de la nou segueix un patró semblant entre les parcel·les convencionals i en conversió, tot i que a la parcel·la convencional de nou Hartley (la mateixa varietat que als arbres del camp en conversió) que es troba adjacent a la parcel·la en conversió s'observen pics de captures que multipliquen per 4 les captures d'aquesta.

Per tant, les plagues de la nou (a falta de tenir prou dades per a *Ectomyelois ceratoniae*) es pot dir que es mantenen en uns nivells molt positius en la parcel·la en conversió, demostrant que els mètodes de control d'aquestes plagues assajats en aquest projecte, bàsicament la potenciació de la fauna auxiliar, ha estat molt exitosos. En altres paraules, a la parcel·la en conversió els mètodes biològics (confusió sexual per carpocapsa i només potenciació de la fauna auxiliar per mosca de la nou) produeixen una reducció de les plagues equiparable a l'aconseguida en les parcel·les convencionals, amb aplicació de biocides. Aquests resultats concorden amb els que s'expliquen a l'apartat següent, especialment pel que fa a la fauna auxiliar, i poden ser de gran interès per a l'agricultor pel fet que poden suposar un estalvi important en consum i aplicació d'insecticides.

Objectiu 2.2: efecte de "pertorbació positiva" de la transformació d'una finca en ecològic sobre la biodiversitat

2.2.1. Avifauna

Es van trobar 22 espècies diferents d'ocells (Taula 1). L'agrupació d'espècies segons les seves preferències de lloc d'alimentació va ser la següent:

- Espècies de capçades: *Dendrocopos major*, *Luscinia megarhynchos*, *Sylvia atricapilla*, *Regulus ignicapillus*, *Muscicapa striata*, *Parus major*, *Cyanistes caeruleus*, *Certhia brachydactyla*, *Oriolus oriolus*, *Garrulus glandarius*.
- Espècies terrestres: *Columba palumbus*, *Streptopelia turtur*, *Upupa epops*, *Lullula arborea*, *Erithacus rubecula*, *Turdus merula*, *Turdus philomelos*, *Passer domesticus*, *Fringilla coelebs*, *Serinus serinus*, *Carduelis chloris*, *Carduelis carduelis*.

El nombre d'espècies es va trobar un 34% més elevat a la plantació en conversió que a les parcel·les convencionals ($Z=2.176$, $p=0.030$; Figura 5), i pel que fa a l'abundància general d'ocells els resultats encara són més accentuats, amb un 61% més d'ocells al camp en conversió ($t=5.146$, $p<0.001$).

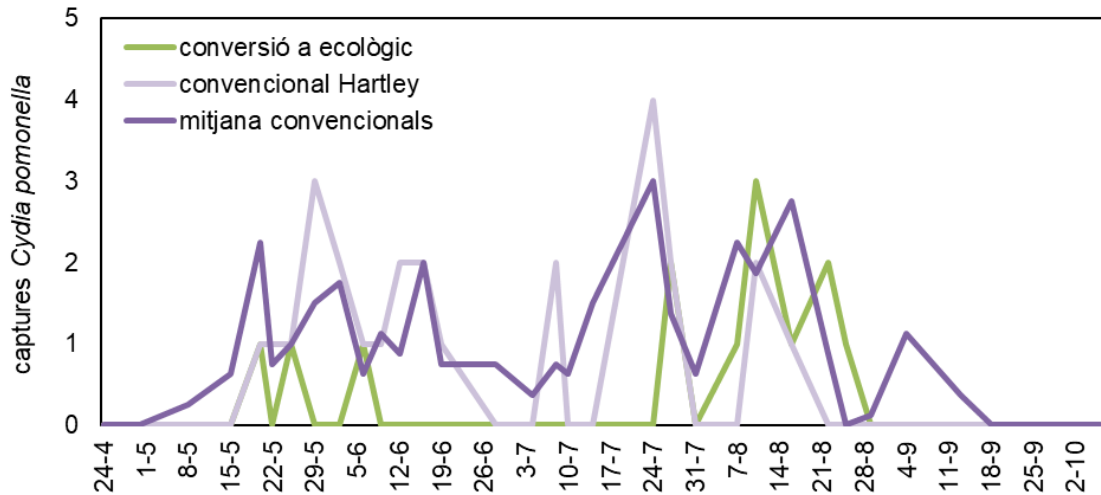


Figura 3. Evolució del nombre de captures de carpocapsa (*Cydia pomonella*) al llarg del temps a la parcel·la en conversió a ecològic, a una parcel·la adjacent amb la mateixa varietat de nou Hartley, i la mitjana de captures a totes les parcel·les convencionals.

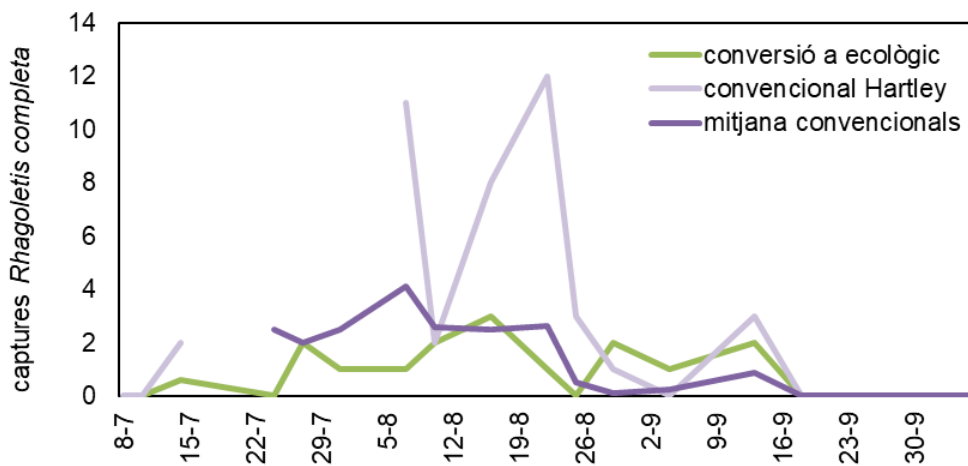


Figura 4. Evolució del nombre de captures de mosca de la nou (*Rhagoletis completa*) al llarg del temps a la parcel·la en conversió a ecològic, a una parcel·la adjacent amb la mateixa varietat de nou Hartley, i la mitjana de captures a totes les parcel·les convencionals. Durant el mes de juliol malauradament no es va disposar de dades per al camp convencional de nou Hartley adjacent al camp en conversió.

Pel que fa als ocells que s'alimenten a les capçades i que poden actuar com a controladors naturals de possibles plagues, es va trobar un 80% més d'aquests ocells (abundància) en ecològic que en convencional ($t=6.00$, $p<0.001$), i també un 69% més d'aquestes espècies a la plantació ecològica ($Z=4.062$, $p<0.001$; Figura 5).

En canvi, de les espècies que s'alimenten a terra no es van observar diferències significatives en riquesa ni tampoc en abundància entre les plantacions en ecològic i en convencional, tot i que per aquest últim paràmetre els resultats s'acosten al llindar de significació ($t=2.005$, $p=0.055$; Figura 5) i també mostrarien valors superiors a l'ecològic.

Taula 1. Llistat d'espècies d'ocells trobades en l'estudi, amb les seves freqüències d'aparició als 6 punts d'escolta a la plantació en règim ecològic i als 23 punts de la de règim convencional.

Espècie	Ecològic	Convencional
<i>Columba palumbus</i>	0.0%	39.1%
<i>Streptopelia turtur</i>	0.0%	4.3%
<i>Upupa epops</i>	16.7%	4.3%
<i>Dendrocopos major</i>	0.0%	8.7%
<i>Lullula arborea</i>	0.0%	8.7%
<i>Erithacus rubecula</i>	50.0%	30.4%
<i>Turdus merula</i>	100.0%	56.5%
<i>Turdus philomelos</i>	16.7%	0.0%
<i>Luscinia megarhynchos</i>	0.0%	8.7%
<i>Sylvia atricapilla</i>	83.3%	4.3%
<i>Regulus ignicapillus</i>	16.7%	0.0%
<i>Muscicapa striata</i>	0.0%	4.3%
<i>Parus major</i>	100.0%	21.7%
<i>Cyanistes caeruleus</i>	66.7%	21.7%
<i>Certhia brachydactyla</i>	16.7%	0.0%
<i>Oriolus oriolus</i>	33.3%	17.4%
<i>Garrulus glandarius</i>	50.0%	26.1%
<i>Passer domesticus</i>	16.7%	4.3%
<i>Fringilla coelebs</i>	33.3%	43.5%
<i>Serinus serinus</i>	0.0%	13.0%
<i>Carduelis chloris</i>	16.7%	60.9%
<i>Carduelis carduelis</i>	16.7%	39.1%

2.2.2. Artròpodes

2.2.2.1. Artròpodes epigeus

El mostreig amb trapes de caiguda va donar com a resultat un total de 24.388 individus capturats, pertanyents a 128 morfoespècies diferents. D'aquestes, 16 van ser classificades com a auxiliars atenent a les característiques com a depredadors del seu ordre o família: tots els quilòpodes, araneïds, opilions, els himenòpters braconíds, icneumònids, encírtids, afelínids, eulòfids, megaspílids, mimàrids, esfècids i vèspids, els coleòpters caràbids, coccinèl·lids i estafilínids, els dermàpters forficúlids i els heteròpters mírids i redúvids

A nivell de riquesa, els resultats mostren la presència d'un 38% més de morfoespècies d'artròpodes epigeus als noguers gestionats en ecològic ($t=5.18$, $p<0.001$; Figura 6), i si es prenen només les que són auxiliars, la diferència és encara més gran, amb un 37% més de morfoespècies a l'ecològic ($t=3.315$, $p=0.002$). Pel que fa a la biomassa, es troben resultats semblants però més accentuats, amb un 72% més a la plantació ecològica ($t=2.477$, $p=0.016$). Reduint-ho a les morfoespècies auxiliars, als noguers en ecològic la seva biomassa es triplica (augment del 301%) respecte el convencional ($t=3.386$, $p<0.001$).

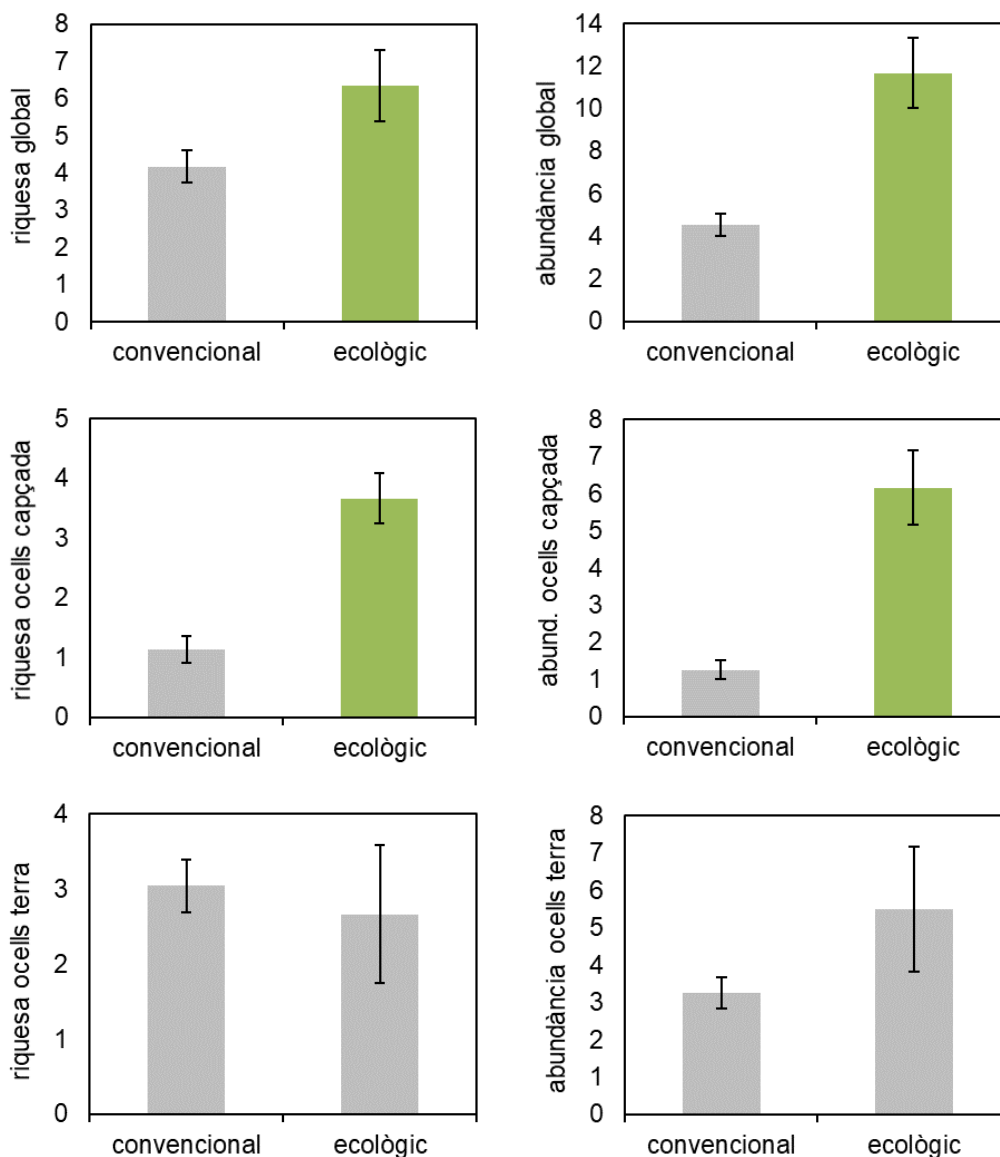


Figura 5. Diferències entre riquesa i abundància d'ocells totals i per les espècies que s'alimenten a les capçades de les nogueres o al terra. Quan les diferències són significatives, s'assenyala en verd el tractament amb valors superiors. Les barres d'error representen l'error estàndard.

2.2.2.2. Artròpodes pol·linitzadors

Es van trobar 2.133 individus corresponents a 202 morfoespècies diferents. Els ordres amb més individus van ser els dípters (33% del total d'individus), seguit dels himenòpters (24%) i els col·lèmbols (15%; Taula 2).

No es van observar diferències significatives pel que fa a la riquesa d'espècies global ni segmentant per artròpodes auxiliars. La biomassa total, però, sí que presenta un augment significatiu (del 36%) a la plantació en règim ecològic ($t=2.676$, $p=0.015$) en comparació amb la convencional. La biomassa d'insectes auxiliars, en canvi, no presenta diferències importants, tot i ser més alta també en la plantació ecològica.

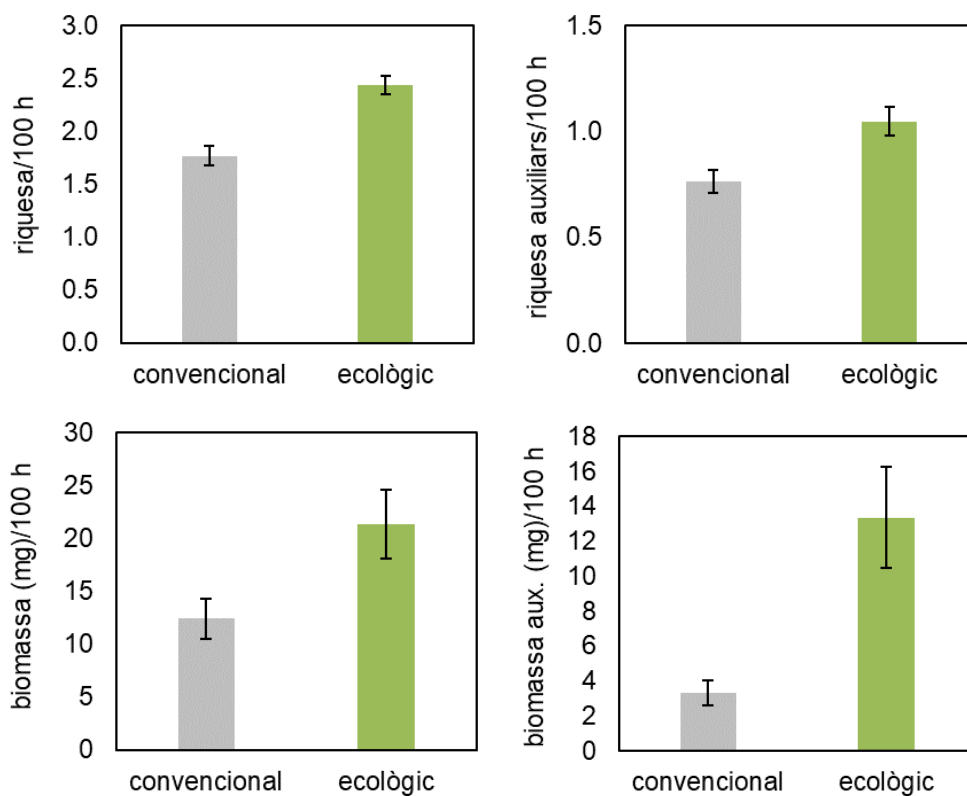


Figura 6. Diferències entre riquesa de morfoespècies total i per auxiliars, i biomassa total i per auxiliars, en el mostreig d'artròpodes epigeus (trampes de caiguda). Quan les diferències són significatives, s'assenyala en verd el tractament amb valors superiors. Les barres d'error representen l'error estàndard.

Taula 2. Ordres d'artròpodes trobats durant el mostreig amb trampes de caiguda, mostrant el nombre d'individus de cadascun d'ells en la plantació en règim ecològic i la convencional. L'esforç de captura va ser el mateix en totes dues plantacions (3 episodis de mostreig amb les mateixes hores, i 10 rèpliques per cada plantació).

Ordre	Ecològic	Convencional
Araneae	14	15
Collembola	25	303
Coleoptera	43	42
Dermaptera	1	2
Diptera	300	401
Heteroptera	10	14
Hymenoptera	256	257
Homoptera	178	129
Lepidoptera	5	18
Orthoptera	4	5
Psocoptera	32	28
Thysanoptera	35	16
Total	903	1230

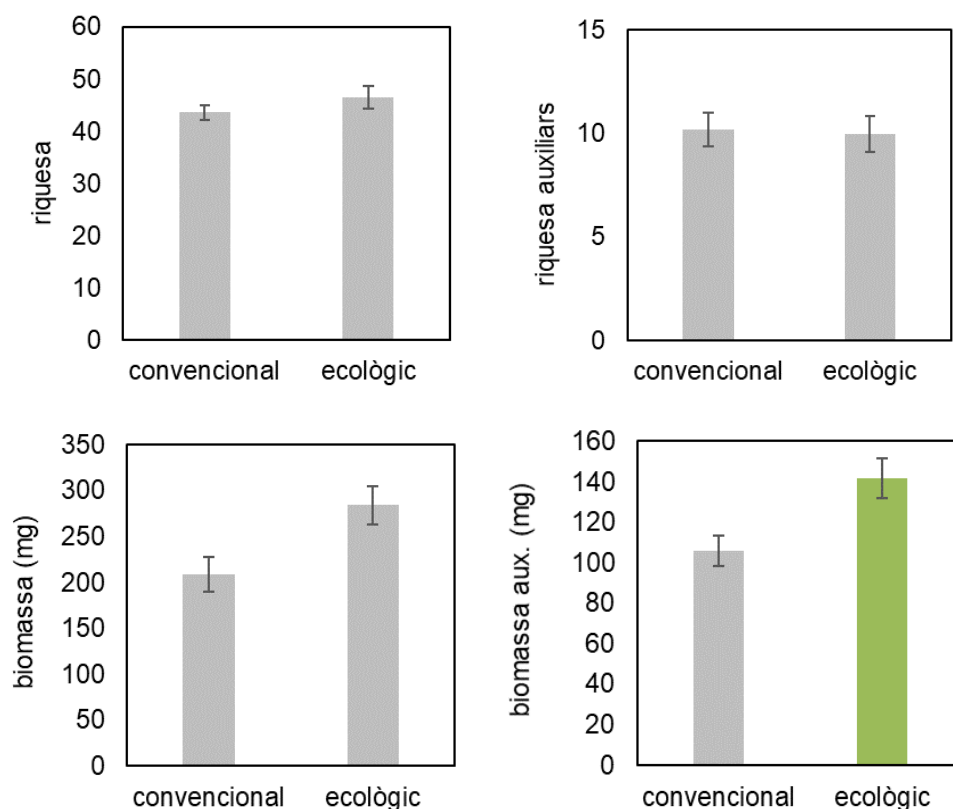


Figura 7. Diferències entre riquesa de morfoespècies total i per auxiliars, i biomassa total i per auxiliars, en el mostreig d'artròpodes pol·linitzadors (plats de colors). Quan les diferències són significatives, s'assenyala en verd el tractament amb valors superiors. Les barres d'error representen l'error estàndard.

2.2.2.3. Artròpodes de les capçades

Es van trobar 230 individus diferents, classificats en 57 morfoespècies. L'ordre amb més individus va ser el dels araneïds (aranyes), que va acumular el 51% del total d'individus capturats, seguit dels psocòpters, amb un 17% (Taula 3).

Taula 3. Ordres d'artròpodes trobats durant el mostreig amb trapes de caiguda, mostrant el nombre d'individus de cadascun d'ells en la plantació en règim ecològic i la convencional. L'esforç de captura va ser el mateix en totes dues plantacions (un sol mostreig a l'octubre, amb 18 rèpliques per cada plantació).

Ordre	Convencional	Ecològic
Araneae	37	80
Coleoptera	2	15
Dermaptera	5	5
Diptera	3	8
Phasmida	0	4
Heteroptera	0	3
Hymenoptera	2	9
Homoptera	4	13
Psocoptera	1	37
Thysanoptera	2	0
Total	56	175

La riquesa i la biomassa totals d'artròpodes de les capçades presenten diferències importants entre la plantació ecològica i la convencional, amb augments del doble de morfoespècies (105% més en l'ecològica; $t=3.460$, $p=0.002$) o gairebé, per la biomassa (89% d'increment en l'ecològica; $t=2.237$, $p=0.033$). Les espècies auxiliars en aquest cas no presentaven diferències en riquesa ni en biomassa.

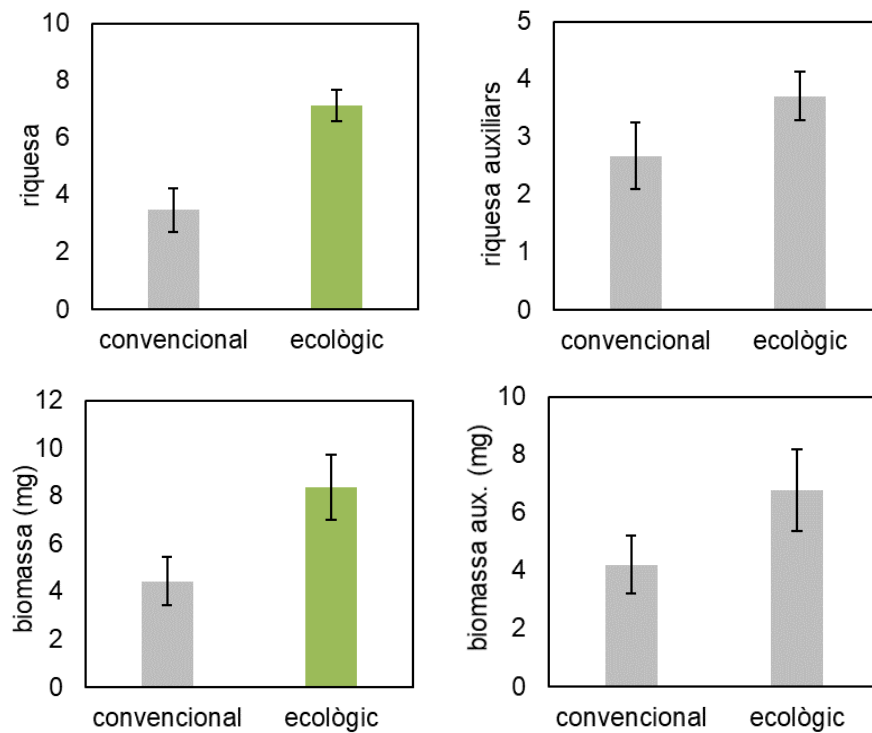


Figura 8. Diferències entre riquesa de morfoespècies total i per auxiliars, i biomassa total i per auxiliars, en el mostreig d'artròpodes de les capçades (paraigües japonès). Quan les diferències són significatives, s'assenyala en verd el tractament amb valors superiors. Les barres d'error representen l'error estàndard.

CONCLUSIONS

Aquest projecte ha aconseguit trobar resultats rellevants en diferents àmbits de la fructicultura de nogueres, que poden suposar un avenç i un impuls important pel que fa a la conversió de finques de noguera convencional cap a règim ecològic, especialment tenint en compte que la productivitat final de la parcel·la en conversió ha estat molt correcte, i tan sols un 20% inferior a la mitjana de les parcel·les convencionals. Aquestes noves dades s'han aconseguit en els àmbits de la fitopatologia de les nogueres per bacteriosi i necrosi apical, la gestió de les plagues, i la potenciació de la fauna auxiliar.

Els resultats positius de les analítiques de detecció per part dels laboratoris FERA assanyalen la presència del patògen *B. ribis* en les mostres enviades. A partir d'aquests resultats i la simptomatologia es conclou que el gènere de lòculoascomicets *Botryosphaeria* té una elevada presència al camp de producció assajat i probablement a la resta de la finca comercial. Es tracta d'una malaltia que afecta greument a la producció de nou i que, malgrat en aquest estudi s'ha fet un intent per controlar-la, encara es tracta d'una malaltia desconeguda. Aquest fet fa que sigui necessari donar continuïtat a estudis que permetin ampliar coneixement, millorar la gestió i control d'aquests nous fitopatosistemes que any rere any afecten major superfície de conreu i són causants de pèrdues importants de producció.

Pel que fa al control de la bacteriosi i necrosi apical de la noguera, s'ha pogut conèixer que l'aplicació de biofertilitzants (procedents de la fermentació anaeròbia de matèria orgànica) els quals són utilitzats en horticultura i fructicultura com a fortificants vegetals, en la prevenció de la bacteriosi, dóna com a resultat unes afectacions de la malaltia equivalents a quan aquest biofertilitzant s'aplica amb combinació d'estimulants vegetals (com era el Kelpak) i fins i tot d'antibacterians amb contingut en coure (com era el ProCrop Shield). Tanmateix, els resultats de l'afectació per bacteriosi amb aquests productes són inferiors als obtinguts amb l'aplicació de productes convencionals, que tanmateix tampoc aconsegueixen eliminar la malaltia.

Per una altra banda, són molt destacables els resultats obtinguts sobre el seguiment de les plagues de la noguera (carpocapsa, mosca de la nou) en la parcel·la en conversió a ecològic i la resta de la finca, pel fet que amb un maneig ecològic s'han obtingut abundàncies d'aquestes plagues fins i tot inferiors a les trobades en parcel·les en règim convencional. Les tècniques emprades pel control d'aquestes plagues en ecològic han consistit en l'eliminació de l'ús de pesticides i la utilització de la confusió sexual amb feromones i la potenciació de la fauna auxiliar.

Precisament l'estudi d'aquesta fauna auxiliar, i de fet de diversos grups de fauna dins de l'ecosistema de les plantacions de noguera, ha donat resultats que es relacionen amb aquest control de les plagues. En aquesta línia, les espècies d'ocells que tenen hàbits més arborícoles i que passen gran part del seu temps alimentant-se a les capçades dels arbres, amb una dieta majoritàriament insectívora a la primavera i l'estiu, presenten abundàncies que gairebé dupliquen les trobades en plantacions convencionals properes. Aquest grup d'ocells també té presència de més espècies en la parcel·la en conversió que a les parcel·les convencionals. Això tindria com a conseqüència que l'activitat depredadora sobre l'entomofauna de les capçades de les nogueres, entre la que hi ha les espècies plaga, és molt més alta amb una situació de maneig ecològic, i que al presentar més diversitat d'espècies d'ocells, hi ha més preses diferents que poden ser depredades, fent aquest control més efectiu. En el cas de la carpocapsa i la mosca de la nou, els ocells podrien fer una funció de control i reducció de les seves larves abans aquestes no entressin als fruits. Els adults, lepidòpters nocturns, haurien de ser

controlats per altres depredadors, probablement ratpenats, la presència dels quals també ha estat afavorida amb la instal·lació de caixes refugi, algunes de les quals van ser ocupades a les poques setmanes de ser col·locades als arbres.

Per altra banda, l'entomofauna en general també es beneficia del canvi de gestió cap a ecològic. En una part dels artròpodes estudiats, els que viuen al terra (epigeus), s'han observat augments de fins al triple de la seva biomassa respecte la situació de maneig convencional. Els artròpodes epigeus es podria pensar que no s'haurien de veure molt afectades per un maneig convencional, considerant que els insecticides s'apliquen amb nebulització a les capçades, i no al terra. No obstant, l'augment important d'aquest grup en el camp en conversió podria deure's, per una banda, a un possible efecte sobre el terra de l'aplicació residual d'aquests insecticides, i segurament de forma més probable, com a conseqüència de la complexificació dels microhàbitats epigeus que causa la supressió de l'aplicació d'herbicides per controlar la vegetació espontània (aquest control es feia amb pastura d'ovelles a la parcel·la en conversió). Aquesta major heterogenitat de microambients epigeus s'observava de forma clara a la parcel·la en conversió, amb menys superfície de sòl nu, més biodiversitat vegetal i més presència de vida fúngica al sòl. De forma interessant, els augments de la fauna auxiliar epigea són molt remarcables en aquest nivell de l'ecosistema, triplicant la biomassa d'aquest mateix grup que és present al camp convencional.

Per una altra banda, la supressió de l'aplicació d'insecticides a les capçades de les nogueres podria explicar els augments, de fins al doble, d'artròpodes de les capçades. Això confirmaria el que suggerien els resultats dels ocells que s'alimenten en capçades, la major presència dels quals a la finca ecològica indica que havia d'existir també una major disponibilitat d'aliment. En tot cas, aquest mostreig d'artròpodes de capçada probablement hagués donat resultats millors i hagués possibilitat unes millors conclusions d'haver-se realitzat a la primavera i a l'estiu -de forma aparellada al mostreig d'ocells- que és quan la majoria de grups d'artròpodes estan en plena activitat.

Els artròpodes voladors, en canvi, no han presentat massa diferències en abundància o nombre d'espècies, fet que podria estar relacionat amb la seva elevada mobilitat. De forma interessant, però, els voladors auxiliars sí que han estat més presents en la parcel·la en conversió. D'aquest grup, el 92% correspon a himenòpters paràsits i parasitoids, la qual cosa és una bona notícia per la remarcable funció de control de poblacions d'altres artròpodes que duen a terme. Aquests pol·linitzadors és possible que trobin millors condicions als estrats baixos de vegetació de la plantació ecològica en comparació amb la convencional pel mateix motiu que en el cas dels artròpodes epigeus: una major complexitat de microhàbitats (entre ells, probablement una major presència de flors) en un entorn sense aplicació d'herbicides.

L'efecte sobre la biodiversitat de la "pertorbació positiva" que suposa el canvi de gestió d'una plantació de nogueres cap a un règim ecològic, per tant, es pot concloure que és altament positiva. I en conseqüència, aquest augment de la biodiversitat també condueix a una millor regulació i control de les espècies d'invertebrats que són considerades plaga de les nogueres. A més, no cal perdre de vista que si els resultats del control de plagues per mètodes naturals són similars (o millors) als aconseguits amb pesticides, la no utilització d'aquests productes pot suposar un estalvi econòmic important per a l'agricultor.

És important remarcar que en paral·lel a aquests resultats, la producció final de nou a la plantació en conversió a ecològic ha estat de 2 tones/ha, mentre que a les parcel·les convencionals ha estat de 2,5 tones/ha. Cal afegir a aquestes dades que en paral·lel als

estudis realitzats durant el projecte, una avaluació de la fertilitat del sòl a diferents parts de la finca va donar com a resultat que la parcel·la en conversió presentava valors de matèria orgànica inferiors als trobats en parcel·les convencionals (parcel·la convencional: 2.30% de matèria orgànica s.m.s., parcel·la conversió: 1.90%). L'ajustament de la fertilització del sòl, juntament amb correccions en les aplicacions per controlar la necrosi apical i la bacteriosi, que aquest projecte ha permès detectar, que es puguin implementar en un futur, permeten ser optimistes en relació a millorar els rendiments de les nogueres en règim ecològic.

REFERÈNCIES

Hódar, J.A. 1996. The use of regression equations for estimation of arthropod biomass in ecological studies. *Acta Oecologica* 17(5): 421-433.

Moragrega, C.; Matias, J.; Aletà, N.; Montesinos, E.; Rovira, M. 2011. Apical necrosis and premature drop of Persian (English) walnut fruit caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *juglandis*. *Plant Disease* 95: 1565-1570.

Michailides, T.J.; Morgan, D.; Chen, S.; Felts, D.; Puckett, R., Luna M. 2015. Managing *Botryosphaeria* and *Phomopsis* in Walnut. University of California.