



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultat de Ciències

Memòria del Treball de Fi de Grau

**Estudi de la biodiversitat de colonitzadors de
caixes niu artificials: pol·linitzadors i enemics
naturals de plagues**

Joan Díaz Calafat

Grau de Biologia

Any acadèmic 2016-17

Treball tutelat per Maria del Mar Leza Salord
Departament de Biologia

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació

Autor		Tutor	
Sí	No	Sí	No
X		X	

Paraules clau del treball:

Colonització, caixa niu, hotel d'insectes, pol·linització, abelles solitàries, plagues, enemics de plagues, parasitoids, colonització...

Índex

Resum	4
Introducció i objectiu	5
Material i mètodes	6
Descripció de les zones d'estudi	6
Construcció de les caixes niu	7
Construcció de les cambres d'observació	7
Anàlisi de les postes	8
Realització de les observacions	8
Identificació, conservació d'espècimens i taxonomia	9
Anàlisi de dades	9
Anàlisi del pol·len.....	9
Resultats	9
Anàlisi qualitatiu (tàxons) i quantitatiu (abundància d'espècies de l'ocupació de les caixes niu	10
Coeficients de similaritat.....	14
Anàlisi de les postes	15
Anàlisi de pol·len	17
Discussió	18
Pol·linitzadors	18
Anàlisi de les postes i del pol·len	18
Enemics naturals de plagues	19
Comparació de l'abundància d'espècies.....	20
Conclusions	21
Agraïments	21
Referències	22
Annexes	26
Annex I: llistat complet de tàxons trobats a ambdues zones d'estudi.....	26
Annex II: Materials i construcció de les caixes niu	28
Annex III: Pol·linitzadors.....	29
Annex IV: Enemics naturals de plagues	30
Annex V: Coleòpters plaga de productes emmagatzemats	31
Annex VI: Hiperdepredadors	31
Annex VII: Altres insectes i artròpodes colonitzadors de les caixes niu	32

Resum

Les caixes niu són eines d'estudi de la biodiversitat que es poden utilitzar tant per atreure pol·linitzadors (abelles solitàries) com enemics naturals de plagues. En aquest estudi s'ha dissenyat una caixa niu capaç d'acollir tant als primers com als segons, per tal d'estudiar les diferències en quant a composició d'espècies d'aquests dos grups zoològics a dues zones diferents: una zona urbanitzada: Cas Valencià (CV); i una altra zona més natural: la Font de la Vila (FV). A més, també s'han estudiat les preferències dels enemics de plagues per cadascun dels substrats emprats a la caixa niu i les diferents estratègies de nidificació de les abelles solitàries. Després de 5 mesos d'observació, la biodiversitat de tàxons registrats (tant himenòpters pol·linitzadors com enemics naturals de plagues) fou major a CV, presentant 21 espècies exclusives; en front de les 4 de FV. Aquestes diferències, no obstant, possiblement es deguin a la presència d'una petita zona agrícola prop de la primera zona que actua com a reservori de biodiversitat i a que a la zona més natural els recursos nidificants oferts a la caixa niu no són recursos limitants a l'ambient, pel que les taxes d'ocupació són més baixes.

Resumen

Las cajas nido son herramientas de estudio de la biodiversidad que se pueden utilizar tanto para atraer polinizadores (abejas solitarias) como enemigos naturales de plagas. En este estudio se ha diseñado una caja nido capaz de alojar tanto a los primero como a los segundos, con la finalidad de estudiar las diferencias en cuanto a la composición de especies de estos dos grupos zoológicos en dos zonas diferentes: una zona urbanizada: Cas Valencià (CV); y otra zona más natural: la Font de la Vila (FV). Además, también se han estudiado las preferencias de los enemigos naturales de plagas por cada uno de los sustratos utilizados en la caja nido y las diferentes estrategias de nidificación de las abejas solitarias. Después de 5 meses de observación, la biodiversidad de taxones registrados (tanto himenópteros polinizadores como enemigos naturales de plagas) fue mayor en CV, presentando 21 especies exclusivas, frente a las 4 de FV. Estas diferencias, sin embargo, posiblemente se deban a la presencia de una pequeña zona agrícola cerca de la primera zona que actua como reservorio de biodiversidad y a que en la zona más natural, los recursos nidificantes ofrecidos en la caja nido no son recursos limitantes en el ambiente, por lo que las tasas de ocupación son más bajas.

Abstract

Nest-boxes are tools for studying biodiversity that can be used to attract both pollinators (solitary bees) and natural enemies of pests. In this study, a nest-box capable of housing both kinds of insects has been designed. Thus, differences in the species' composition of these two zoological groups are going to be studied in two different zones. One zone will be an urbanized location: Cas Valencià (CV); and the other a more natural area: the Font de la Vila (FV). In addition, preferences of natural pests' enemies for each of the substrates used in the nest-box have been studied, as well as the different nesting strategies used by solitary bees. After 5 months of observation, the biodiversity of recorded taxa (for both pollinators and natural pests' enemies) was higher in CV, showing 21 exclusive species, compared to the 4 in FV. However, these differences may exist due to the presence of a small agricultural zone near the first area, which might function as a biodiversity reservoir. Plus, in the most natural area, nesting resources offered in the nest-box were not probably limiting resources in the Environment itself, thus occupancy rates were lower.

Introducció i objectiu

La destrucció i degradació dels hàbitats és una de les principals causes de pèrdua de biodiversitat a nivell mundial (Pereira et al., 2010), essent l'activitat humana un dels principals responsables d'aquesta. La constant urbanització, construcció de carreteres, i els canvis en l'ús del sòl poden resultar en la fragmentació del territori: la divisió de l'hàbitat en fragments més petits i aïllats separats per una matriu molt transformada per l'acció humana, la qual genera a la llarga canvis en l'estructura i funció de cada un d'aquests fragments (Lindenmayer & Fischer, 2013). A causa d'això, una gran varietat d'éssers vius es veu afectada: des de la flora, on diverses espècies veuen compromesa la seva dispersió (Aguilar et al., 2006); fins a la fauna, que pot tenir problemes a l'hora de trobar determinats recursos (Day, 1991) o desplaçar-se (Bélisle, Desrochers & Fortin, 2001; Rytwinski & Fahrig, 2015). A més, s'ha observat que la urbanització i altres activitats antròpiques que provoquen canvis a l'ús del paisatge no només poden alterar la diversitat de les espècies silvestres, sinó que també poden modificar el comportament d'aquestes (Slabbekoorn & Peet, 2003; Suárez-Rodríguez, López-Rull & Garcia, 2013).

Un dels grups zoològics que es veuen més afectats per la fragmentació del territori són les abelles solitàries, ja que aquest tipus de pertorbació destrueix el seu hàbitat i els seus recursos nidificants, a banda de modificar la distribució d'espècies vegetals de la zona (Hennig & Ghazoul, 2012; Cane et al., 2006), algunes de les quals poden ser determinants per la presència de certes espècies d'abelles (Cane & Sipes, 2006; González-Varo, 2016). A més, amb la urbanització no només s'eliminen plantes locals, sinó que a més s'introdueixen altres espècies vegetals ornamentals, només accessibles per abelles amb un ample rang de plantes de les que poden aprofitar el pol·len (abelles polilèctiques), dificultant així l'estada de les que tenen una dieta més específica (abelles oligolèctiques) (Banaszak-Cibicka & Żmihorski, 2012). És per això que a centres urbans les espècies oligolèctiques són menys abundants que les polilèctiques (Fetridge et al., 2008; Banaszak-Cibicka & Żmihorski, 2012).

Per altra banda, dins les abelles solitàries trobem diferents famílies que poden nidificar o bé al sòl o bé a cavitats aèries (Michener, 2007). No obstant, les primeres es veuen més afectades que les segones per la urbanització i els nous usos que es donin al sòl (Cane et al., 2006).

A més, a tot això és necessari sumar-li els problemes ambientals no derivats de la fragmentació, com ara són els pesticides, que fan més susceptibles a les abelles de contraure paràsits, a banda d'afectar a la seva salut (Goulson et al., 2015).

Afortunadament, la societat està cada cop més conscienciada sobre aquesta problemàtica, i a meitats del segle passat es començaren a utilitzar caixes niu artificials, estructures aprofitades per un ample rang d'abelles i vespes que nidifiquen a cavitats preestablertes (Krombein, 1967; Cane et al., 2007). L'objectiu principal de les caixes niu és implementar el nombre de pol·linitzadors a ecosistemes agrícoles (Bosch & Kemp, 2002), suplint la manca de recursos nidificants de l'ambient, reduint així el temps de cerca d'aquests per part de les abelles i permetent-les invertir més temps en la posta d'ous, augmentant així la mida de les seves poblacions (Tscharrntke, 1998).

A més, de cara a reduir l'ús de pesticides, cada cop es proposen alternatives més naturals, com ara fomentar la presència d'enemics naturals de plagues, els quals poden ajudar a minvar la densitat d'insectes perjudicials per als cultius, a canvi de refugi de les condicions adverses del medi, aliment per les seves formes adultes i preses o hostes alternatius (Landis, Wratten & Gurr, 2000). Aquests enemics naturals de plagues poden dividir-se en depredadors i parasitoids. Entre els primers, podem trobar per una banda els coccinèl·lids (fam. *Coccinellidae*) (Honek, Dixon & Martinková, 2008), les crisopes (fam. *Chrysopidae*) (Tauber et al., 2000) i larves de sírfids (Diptera, fam. *Syrphidae*) (Hindayana et al., 2001), entre altres; com a principals depredadors d'una de les plagues més comunes: els pugons (fam. *Aphididae*). A més, cal destacar també altres insectes com vespes (fam. *Vespidae*), que cacen erugues de la família dels Noctuids (Richter, 2000) per alimentar la seva cria. Per altra banda trobem els parasitoids, majoritàriament himenòpters (principalment de la família *Braconidae*), que poden tenir com a hostes des de diferents espècies de larves d'escarabat, fins a larves de lepidòpters i els pugons.

Per tant, és possible realitzar un disseny de caixa niu que combini els elements i substrats necessaris per a la colonització tant de pol·linitzadors com d'enemics naturals de plagues, aconseguint així una estructura que en zones urbanes i agrícoles pugui esdevenir un recurs per diferents espècies que han vist minvat el seu hàbitat natural. Així doncs, l'objectiu d'aquest treball és estudiar i comparar la fauna colonitzadora, tant a nivell de pol·linitzadors com a nivell d'enemics naturals de plagues, de dues caixes niu: una situada a una zona urbanitzada amb l'hàbitat fragmentat i l'altra a una zona manco antropitzada (alzinar).

Material i mètodes

Descripció de les zones d'estudi

Zona Cas Valencià (CV)

Es tracta d'una zona on predomina l'estrat herbaci, amb espècies ruderals nitròfiles com a principals representants. Per altra banda, també podem trobar-hi un hort ecològic propietat de la Universitat de les Illes Balears (UIB), amb una superfície de 40 m² dividida en 28 parcel·les on es cultiven espècies de temporada.

A més, podem trobar-hi, de forma més ocasional, espècies ornamentals com *Eriocephalus africanus*. Així doncs, es tracta d'una zona antròpica on es pot observar una notable fragmentació de l'hàbitat, ja sigui per l'ús del sòl, camins que han compactat el substrat, carreteres o la construcció (pàrking 2 del campus universitari, edificis).

Zona Font de la Vila (FV)

Es tracta d'una zona d'alzinar jove, amb un ambient bastant més humit i ombrívol que l'anterior, on destaquen la presència d'espècies com *Asphodelus microcarpus* i *Cistus albidus*, absents a l'altra zona d'estudi. La fenologia de la floració és bàsicament primaveral (començant a florir al març, però amb el màxim nombre d'arbres i arbusts en flor entre abril i maig), a excepció de les lianes, que tendeixen a florir cap a l'estiu (Llorens, 2007). Respecte a l'estrat herbaci, aquest presenta una cobertura menor que a la zona de Cas Valencià.

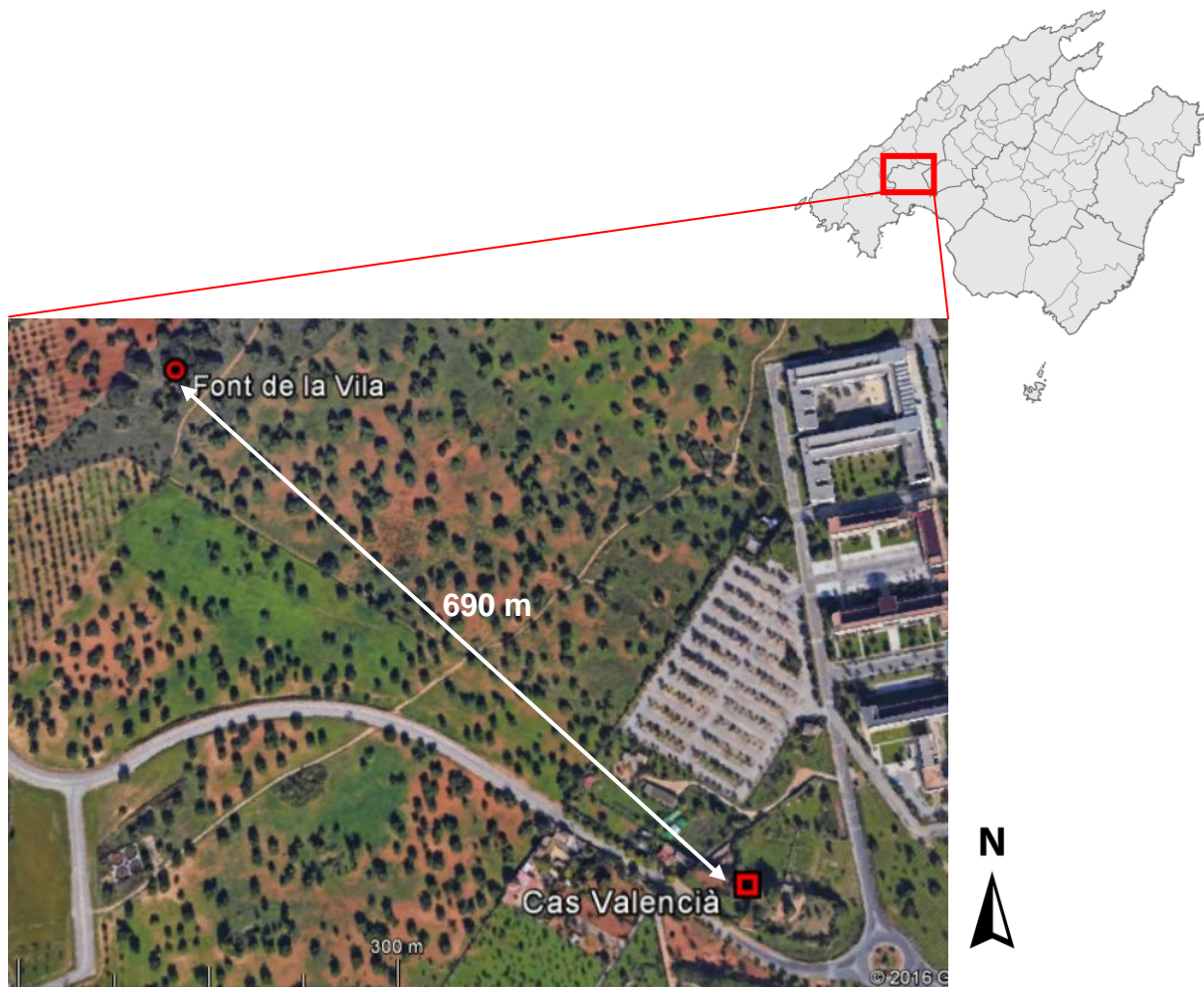


Figura 1. Imatge aèria de les zones d'estudi. A la dreta (■), zona de Cas Valencià, antròpica. A l'esquerra (●), Font de la Vila, més natural. Imatge del 2015 extreta de Google Earth.

Ambdues zones es troben separades 690 m l'una de l'altra.

Disseny i elaboració de les caixes niu

La construcció de les caixes niu s'ha dut a terme a partir de materials reciclats, utilitzant com a base un total de sis palets apilats. Entre aquests, s'hi han disposat diversos elements per facilitar la nidificació i el refugi tant de pol·linitzadors com d'enemics naturals de plagues (Annex II: materials i construcció de les caixes niu).

Ambdues caixes niu s'han construït amb la mateixa distribució de materials, amb un sostre de suro per protegir de la pluja, i orientades cap al sud, ja que l'activitat de tresca augmenta amb condicions lumíniques altes; i d'aquesta manera, la caixa niu pot captar bona llum ja des de l'inici del dia (Mader, Spivak, & Evans, 2010).

Pol·linitzadors

Els dos palets superiors estan destinats a la cria d'abelles solitàries, ja que són els que es troben menys a l'abast de la humitat del sòl. El material destinat per aquest objectiu consta de trossos de canya (*Arundo donax*) tallats pel nus, de forma que un costat queda tapat i el mateix orifici servís tant d'entrada com de sortida. Això evita que hi hagi corrents d'aire, desfavorables per la posta de les abelles. Les canyes s'han enumerat, ajuntat en feixos i s'han disposat dins botelles de plàstic tallades, per facilitar la seva manipulació (Annex III: Figura 1-a). A més, la seva distribució dins cada feix és irregular per millorar l'orientació de les abelles, evitant que es confonguin de lloc de posta. Addicionalment, dins cada canya es col·locà un paper enrotllat tal com ho feren Vicens & Bosch (2000), per tal de poder extreure els continguts de les canyes un cop s'ha acabat el procés de nidificació i poder analitzar-los, així com per facilitar el procés de neteja de les canyes de cara als següents anys d'utilització de la caixa niu.

El diàmetre interior de les canyes variava des dels 0.8 cm fins a 2 cm. No obstant, com algunes abelles nidifiquen únicament a cavitats preestablertes més petites (Stephen & Osgood, 1965; Bosch, 1993), i el diàmetre de la cavitat és determinant per la selecció del lloc de nidificació (Scott, 1994; Budriené, 2004), es realitzaren forats més petits (0.3 – 0.8 cm) directament amb un berbiquí sobre troncs (Annex II: Figura 1-b). A més, a aquests també es feren forats de la mateixa mida que el diàmetre de les canyes (0.8 – 1.4 cm).

A banda d'això, és possible que les diferents espècies que poden ocupar aquesta estructura presentin certs requeriments pel que fa al tipus de material que necessiten per la seva nidificació (Cane et al., 2007), pel que d'acord amb Fortel et al. (2016) també s'han disposat feixos de branques de mida petita de *Rubus ulmifolius* (Annex II: Figura 1-c), substrat utilitzat per algunes abelles que caven el seu propi niu dins la part tova de la branca; i closques buides del cargol *Otala lactea* (Annex II: Figura 1-d), que tot i que no es solen emprar en caixes niu, és un dels substrats més habituals per la posta d'algunes espècies dels gèneres *Osmia*, *Hoplitis* o *Rhodanthidium* (Gess, Gess & Gess, 2007).

Enemics naturals de plagues

Per altra banda, el disseny de la caixa niu permet també l'acomodament d'insectes que són enemics naturals de plagues, ja siguin depredadors d'aquestes o parasitoids.

Per atreure aquestes espècies s'han utilitzat diversos materials: cartró enrotllat dins botelles de plàstic per facilitar la posta i la hibernació a crisopes (Chrysopidae) (Koczor et al., 2015; Annex II: Figura 1-h); troncs i trossos d'escorça pels sírfids (Diptera, fam. Syrphidae; els quals a més són pol·linitzadors en estat adult) (Weems, 1953; Annex II: Figura 1-g), palla dins tests de fang cap avall per dermàpters (O. Dermaptera) (Chinery et al., 1977; Annex II: Figura 1-i) i pinyes de *Pinus halepensis*, que proporcionen racons estrets entre les bràctees per a la hibernació de coccinèl·lids (Ruzicka & Vostrel, 1985; Honek et al., 2008; Annex II: Figura 1-f) com *Coccinella septempunctata* (un dels principals depredadors de pulgons (Aphididae)).

A més, per tal de facilitar un ambient que protegeixi del vent i les condicions atmosfèriques, s'han afegit branques i palla a alguns pisos de la caixa niu (Annex II: Figura 1-e), ja que segons Dix et al. (1995) la protecció vers aquests factors és beneficiosa pel manteniment de les poblacions d'enemics naturals de plagues.

Construcció de cambres d'observació

Les cambres d'observació funcionen com les canyes de la caixa niu, a diferència de que es pot observar el que passa a l'interior. Consisteixen en una taula de fusta de 23x31 cm, on s'han aferrat 16 llistons d'1x1 cm, amb una separació d'1 cm entre ells. Tot això s'ha tapat amb una làmina de metacrilat transparent de la mateixa mida que la taula de fusta que fa de base, tal com es mostra a la Figura 2. D'aquesta forma, queden 15 forats quadrats d'1cm², on una de les seves parets és transparent i es pot observar el que ocorre a l'interior. A sobre del metacrilat, no obstant, s'ha afegit una altra peça de fusta, unida amb la fusta base mitjançant una frontissa. Així, es pot recrear la foscor

que hi hauria dins una canya on totes les parets fossin opaques, és a dir, s'apropa la cambra d'observació a les condicions reals el màxim possible.

Per altra banda, els cantons dels llistons que queden mirant a l'exterior s'han pintat de color blau clar, ja que segons Artz et al. (2014), aquest color atreu als pol·linitzadors nidificants, aconseguint un major nombre d'individus per caixa niu i més postes per individu.

A ambdues zones d'estudi, les cambres d'observació es situaren a la mateixa altura que les canyes, al lateral esquerre de la caixa niu principal.



Figura 2. Cambra d'observació per la nidificació d'abelles solitàries. Consta de diferents llistons aferrats a una taula de fusta que deixen una obertura d'1cm. S'ha pintat de blau clar per atreure les abelles. 23x31x5 cm.

Foto: Joan Díaz Calafat

Anàlisi de les postes i pol·len

Es seleccionà una posta completament acabada per cada una de les següents espècies: *Osmia latreillei*, *Osmia tricornis*, *Osmia caerulea* i *Osmia cornuta* de la caixa niu de Cas València; verificant abans que la canya ja no rebia més visites per part de la femella progenitora. No se seleccionà cap posta de l'alzinar perquè només n'hi havia una d'acabada, de la qual, a més, no es pot afirmar l'espècie a la que pertany amb total seguretat.

Seguidament, es retirà el paper de dins les canyes amb l'ajuda d'unes pinces i es procedí a desfer-lo per deixar al descobert les cel·les de nidificació. S'apuntà el nombre de cel·les ocupades, la mida dels envans, i els materials observats, així com la longitud i diàmetre de la canya. A banda d'això, també es feu una preparació sense tinció del pol·len d'aprovisionament per tal d'avaluar si la dieta de les abelles era oligolèctica o polilèctica.

Un cop acabades totes les anàlisi, es tornaren a col·locar les postes dins les canyes el més semblant possible a com es trobaven originalment i es conservaren a l'insectari.

Observacions visuals de les caixes niu

Es dugueren a terme observacions visuals un pic per setmana durant 5 mesos (gener 2017-maig 2017). Aquestes consistiren primerament en una observació passiva de 15 minuts, sense entrar en contacte físic amb la caixa niu, i apuntant tots els insectes que interaccionassin amb aquesta durant el període de temps marcat. En el cas dels pol·linitzadors, que es dediquen a l'aprovisionament de pol·len per poder dur a terme la seva posta, s'apuntà el nombre de la canya visitada i el nombre aproximat de visites durant els quinze minuts (nombre d'entrades i sortides), cronometrant el temps que passaven fora de la canya.

Seguidament, es duia a terme una observació més invasiva, cercant activament entre els diferents substrats de la caixa niu insectes que s'hi haguessin pogut allotjar.

A aquestes observacions periòdiques s'apuntaren els exemplars d'insectes trobats, així com el dia, l'hora d'observació i la temperatura. Els individus no identificables a simple vista es recol·lectaren i s'identificaren posteriorment al laboratori, intentant interferir el menys possible en la dinàmica de la caixa niu.

Identificació, conservació d'espècimens i taxonomia

Les fotografies de les espècies identificables per imatge foren preses amb una càmera Nikon D5300 i es troben als annexes finals d'aquesta memòria. Totes les fotografies són pròpies de l'autor. Per altra banda, pels individus que hagueren de ser determinats al laboratori, les següents guies i claus de determinació foren utilitzades:

- Barrientos, J. A. (2004). *Curso práctico de entomología* (Vol. 41). Univ. Autònoma de Barcelona.
- Chinery, M., Ovenden, D. W., Riley, G., & Hargreaves, B. (1977). *Guía de campo de los insectos de España y de Europa*. Editorial Omega.
- Falk, S. J., & Lewington, R. (2015). *Field guide to the bees of Great Britain and Ireland*. British Wildlife Publishing Lt.
- Harde, K., & Severa, F. (1984). *Guía de campo de los coleópteros de Europa*. Barcelona.
- Jones, D., & Almerje, C. R. (1985). *Guía de campo de los arácnidos de España y de Europa*. Editorial Omega.
- Pauly, A. (2015). *Clé illustrée pour l'identification des abeilles de Belgique. Megachilidae II*. Document de travail du projet BELBEES

Tots els tàxons foren conservats en sec, muntats amb agulles entomològiques a una caixa de preparacions a excepció dels aràcnids, psicòpters, dermàpters, tisanurs i isòpodes, que foren conservats amb etanol al 70%.

Pel que fa a la taxonomia, es seguiren els criteris descrits per de Jong et al. (2014) al projecte Fauna Europaea.

Anàlisi de dades

Es realitzà l'estadística descriptiva amb els corresponents gràfics amb l'ajut d'Excel.

També es compararen ambdues zones d'estudi mitjançant l'Índex de Jaccard (I_{JAC}) i el coeficient de Sørensen-Dice (QS). El primer, per mesurar el percentatge de tàxons en comú de les dues caixes niu: podent prendre valors entre 0 i 1, on 0 representa que les dues mostres no comparteixen cap tàxon, i 1 que les dues mostres són idèntiques. El segon, per altra banda, s'ha emprat per calcular el grau de semblança entre els dos llocs d'estudi. També pren valors entre 0 i 1, on 0 reflecteix una dissimilitud total entre les dues mostres comparades i 1 una similitud del 100%.

$$I_{JAC} = \frac{|X \cap Y|}{|X \cup Y|} \quad QS = \frac{2|X \cap Y|}{|X| + |Y|}$$

Per ambdues formules es considerarà X el nombre d'espècies presents a CV i Y les de FV.

Resultats

Es trobaren un total de 27 tàxons a la caixa niu de FV i 44 a CV. En general, tal com s'observa a la Figura 3; hi hagué una major diversitat d'espècies a la zona antròpica que a l'alzinar. Ara bé, tant a una zona d'estudi com a l'altra, la majoria d'espècimens mostrejats (>50%) no pertanyeren a cap dels grups funcionals contemplats a aquest estudi. Entre les altres categories trobem els enemics naturals de plagues (tant depredadors naturals com parasitoids), amb una representació del 25.9% total de la biodiversitat de FV i del 18.2% de la de CV. No obstant, fou aquesta darrera zona la que presentà un major nombre d'espècies (8 espècies en front a les 7 de CV). Per altra banda tenim els pol·linitzadors, que presentaren una major diversitat a CV (5 espècies, 11.4% del total de tàxons) que a FV (2 espècies, representant el 7.4% del total d'espècimens mostrejats) i els hiperdepredadors, dels quals podem trobar quasi el doble d'espècies a CV que a FV. Ambdues zones presentaren el mateix nombre d'espècies de parasitoids (n=2).

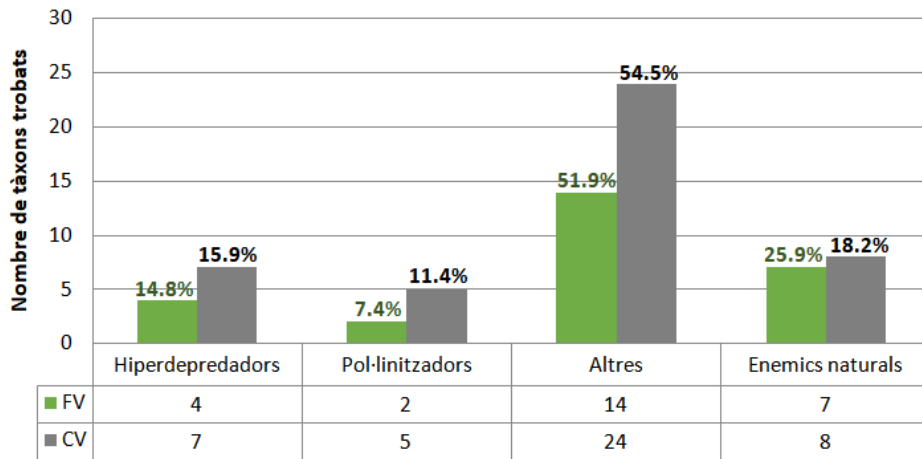


Figura 3. Nombre de tàxons trobats a CV (gris) i a FV (verd), amb els corresponents percentatges respecte al total de tàxons de cada zona per cadascun dels grups funcionals.

Anàlisi qualitatiu (tàxons) i quantitatiu (abundància d'espècies) de l'ocupació de les caixes niu

Els primers artròpodes en arribar a la caixa niu foren les aranyes, de diverses famílies (Dysderidae, Gnaphosidae, Linyphiidae, Salticidae i Thomisidae), que s'establiren indiscriminadament tant als substrats com a la pròpia estructura de la caixa niu (Annex VI: Imatge a). Seguidament, durant les primeres setmanes, s'observaren psocòpters alats i àpters (famílies Psocidae i Ectopsocidae) (Annex VII: Imatges g-h), els quals es mantingueren presents fins al final de l'experiment. També es trobaren altres artròpodes com *Loboptera* sp. o isòpodes (Annex VII: Imatges e i a-b, respectivament), tot i que no fou fins la cinquena setmana d'observació que aparegueren els enemics de plagues (veure Annex IV: Enemics de plagues). En darrer lloc s'establiren els pol·linitzadors, ja únicament durant les darreres sis setmanes de l'estudi (veure Annex III: Pol·linitzadors).

Palla

Fou el material més àmpliament utilitzat de la caixa niu. S'hi troben una gran varietat de tàxons, tal com s'observa a la Figura 4.

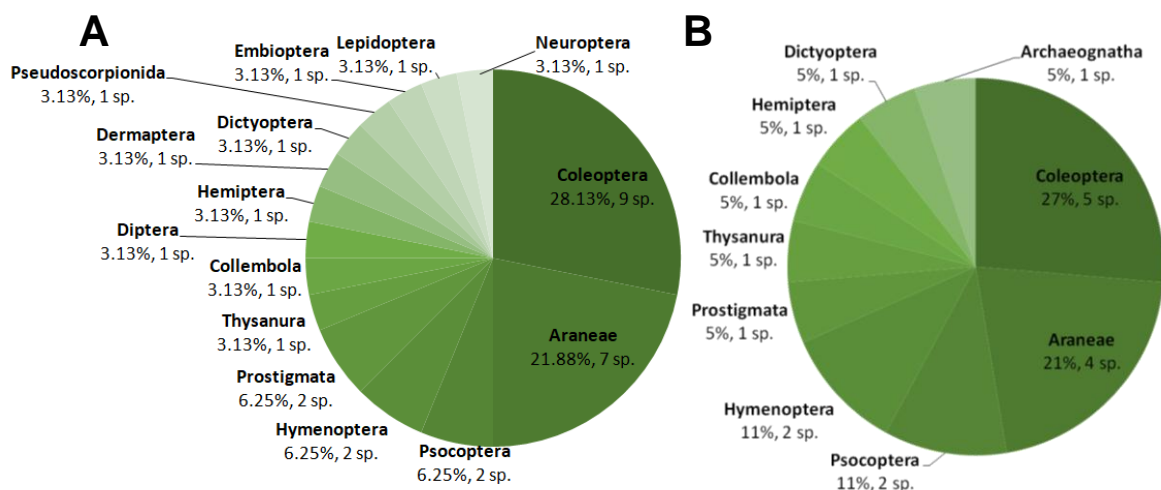


Figura 4. Abundància d'espècies agrupades a nivell d'ordre presents a la palla de CV (A) i FV (B). Es mostra el percentatge que ocupa cada ordre respecte al nombre total d'espècies i el nombre d'espècies trobades dins cada ordre.

A continuació, i per cadascun dels substrats de les caixes niu es presenten una sèrie de taules (Taules 1-4), on apareix el llistat de tàxons que es trobà a cadascuna de les zones d'estudi, així com el paper d'aquestes espècies dins l'ecosistema (pol·linitzadors, enemics de plagues, parasitoids, hiperdepredadors...):

<i>Font de la Vila</i>		<i>Cas Valencià</i>	
Tàxons trobats		Tàxons trobats	
Araneae	Salticidae ● <i>Salticus scenicus</i> ● <i>Trematocephalus cristatus</i> ● <i>Zelotes</i> sp. ●	Araneae	Dysderidae ● <i>Harpactea hombergi</i> ● Salticidae ● <i>Salticus scenicus</i> ● <i>Trematocephalus cristatus</i> ● <i>Xysticus</i> sp. ● <i>Zelotes</i> sp. ●
Archaeognatha	Machilidae		
Coleoptera	<i>Cryptophagus</i> sp. <i>Melanophthalma transversalis</i> <i>Oryzaephilus surinamensis</i> <i>Sericoderus lateralis</i> Staphylinidae ●	Coleoptera	<i>Calyptomerus dubius</i> <i>Cryptophagus</i> sp. Curculionidae Dermestidae* <i>Melanophthalma transversalis</i> <i>Oryzaephilus surinamensis</i> <i>Sericoderus lateralis</i> <i>Silvanus unidentatus</i> ● Staphylinidae
Collembola	<i>Entomobrya atrocincta</i>	Collembola	<i>Entomobrya atrocincta</i>
Dictyoptera	<i>Loboptera</i> sp.	Dermaptera	<i>Euborellia moesta</i> ●
Hemiptera	Anthocoridae ●	Diptera	Psychodidae
Hymenoptera	Chalcidoidea ● Proctotrupeoidea ●	Dictyoptera	<i>Loboptera</i> sp.
		Embioptera	Embioptera
Prostigmata	Bdellidae ● Erythracaridae ●	Hemiptera	Anthocoridae ●
		Hymenoptera	Chalcidoidea ● Proctotrupeoidea ●
Psocoptera	Ectopsocidae Psocidae	Lepidoptera	Noctuidae*
Thysanura	Lepismatidae	Neuroptera	Chrysopidae ●
		Prostigmata	Bdellidae ●
		Pseudoscorpionida	Pseudoscorpionida ●
		Psocoptera	Ectopsocidae Psocidae
		Thysanura	Lepismatidae

Taula 1. Llistat de tàxons trobats a la palla de cada zona d'estudi. Apareix la categoria més baixa a la que s'ha pogut arribar amb la determinació. De color verd (●) els enemics de plagues, taronja (●) els parasitoids i vermell (●) els hiperdepredadors.

Pinyes

Com s'observa a la Figura 5, s'hi trobaren principalment psocòpters i alguns coleòpters, així com dos mascles de chironomidae (Annex VII: Imatge n) a Cas Valencià i àcars de la família Bdellidae a la Font de la Vila (Annex IV: Imatge k).

No s'hi trobaren porriols ni altres coccinèl·lids, però a Cas Valencià se n'observaren propers a la caixa niu (Annex IV: Imatge f).

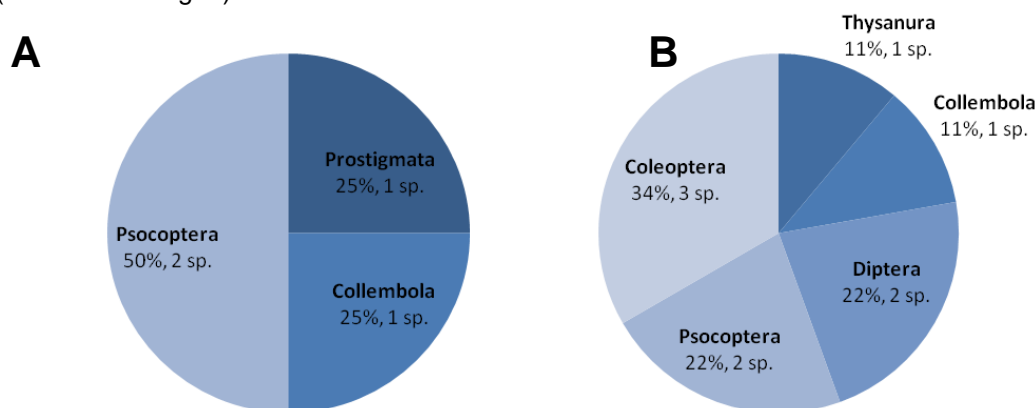


Figura 5. Riquesa d'espècies trobades a les pinyes de cada zona d'estudi (A: CV; B: FV) agrupades a nivell d'ordre. Apareix també el nombre d'espècies trobades de cada ordre i el percentatge respecte el nombre total d'espècies trobades a les pinves de la zona.

<i>Font de la Vila</i>		<i>Cas Valencià</i>	
Tàxons trobats		Tàxons trobats	
		Coleoptera	<i>Cryptophagus</i> sp. <i>Sericoderus lateralis</i> Staphylinidae ●
Collembola	<i>Entomobrya atrocincta</i>	Collembola	<i>Entomobrya atrocincta</i>
Prostigmata	Bdellidae ●	Diptera	Chironomidae
Psocoptera	Epipsocidae Troctidae	Psocoptera	Epipsocidae Troctidae
		Thysanura	Lepismatidae

Taula 2. Llistat de tàxons trobats a les pinyes de cada zona d'estudi. Apareix la categoria més baixa a la que s'ha pogut arribar amb la determinació. De color verd (●), els enemics de plagues.

Canyes, troncs i cargols

Foren utilitzades principalment per himenòpters pol·linitzadors. En el cas de la zona de la Font de la Vila, aquests foren principalment *Xylocopa violacea* (fins a un total de 7 individus alhora), les quals no arribaren a nidificar, però si que utilitzaren les mateixes canyes per protegir-se durant setmanes (Annex III: Imatges a-c). A més, només ocuparen canyes a les que no se'ls havia posat el paper a dins, arribant en alguns casos a retirar aquest paper per elles mateixes amb les mandíbules. Un individu va fer un forat des de zero a un dels troncs utilitzats a la caixa niu (Annex III: Imatge l). Les úniques postes acabades a aquesta zona d'estudi foren d'*Eumenes coarctatus* (Fam. Vespidae; un sol niu; Annex IV: Imatge g) i d'*Osmia cornuta* (també un sol niu; Annex III: Imatge k), tot i que a aquesta no se l'observà durant el provés de nidificació, però si al voltant de la posta acabada. Per altra banda, s'observaren també altres espècies d'abelles (subterrànies i nidificants a cavitats) que interactuaren amb la caixa niu, inspeccionant les canyes i la resta de materials, tot i no arribar a nidificar: *Rhodanthidium sticticum*, *Rhodanthidium septemdenctatum* (Annex III: Imatge i), *Hoplitis* sp., *Eucera* sp., *Halictus scabiosae*, *Andrena* sp. (diverses espècies) i *Anthophora subterranea*.

A Cas Valencià, no obstant, trobem una major diversitat d'abelles. Vint-i-una de les 146 canyes (14,38%) foren ocupades per diferents espècies d'*Osmia*: *Osmia latreillei*, *Osmia cornuta*, *Osmia tricornis* i *Osmia caerulescens* (Annex III: Imatges d-h), les quals es mostraren actives durant les darreres 5 setmanes de l'experiment. A aquesta zona s'observà també un individu de *Xylocopa violacea*, que arribà a establir-se a una canya durant una setmana, però que no nidificà.

A cap de les dues zones nidificaren abelles als troncs foradats, però s'observaren exemplars de *Crematogaster scutellaris* entrant i sortint de les cavitats (Annex VII: Imatge j). Tampoc hi hagué nidificació als cargols.

Font de la Vila			Cas Valencià		
Tàxons trobats			Tàxons trobats		
Hymenoptera	<i>Osmia cornuta</i>	●	Hymenoptera	<i>Osmia caerulecens</i>	●
	<i>Eumenes coarctatus</i>	●		<i>Osmia cornuta</i>	●
	<i>Xylocopa violacea</i>	●		<i>Osmia latreillei</i>	●
				<i>Osmia caerulescens</i>	●
				<i>Xylocopa violacea</i>	●

Taula 3. Llistat de tàxons trobats a les canyes de cada zona d'estudi. Apareix la categoria més baixa a la que s'ha pogut arribar amb la determinació. De color verd (●), els enemics de plagues i de color groc (●), els pol·linitzadors.

Els viatges d'aprovisionament d'*Osmia latreillei* (n=4) duraren un promig de 5±1 min, els d'*Osmia tricornis* (n=2) 4 min 25 s. ± 1 min 44 s. D'*Osmia cornuta* només es pogué fer una observació (2 min 51 s). *Xylocopa violacea* tardava entre 12 i 15 min.

Cartró

Tot i estar dissenyat per la posta de Chrysopidae, a cap de les dues zones d'estudi se n'observaren. No obstant, a la Font de la Vila es trobaren ous de *Chrysopa* sp. a les fulles d'un *Asphodelus microcarpus* que sortia de davall de la caixa niu (Annex IV: Imatge c) i una larva a la palla (Taula 1). A Cas Valencià es trobà una muda de cicadèl·lid al cartró (Annex VII: Imatge d).

Zona edàfica

A ambdues zones d'estudi s'hi trobaren principalment isòpodes (*Armadillidium vulgare* i *Porcellio* sp.; Annex VII: Imatges a i b, respectivament) i mol·luscs com *Cornu aspersum* o llimacs (Fam. Limacidae) en el cas de Cas Valencià i *Otala lactea* en el cas de la Font de la Vila, tal com mostra la Figura 6. També cal destacar la presència d'himenòpters parasitoids a les dues zones d'estudi, pertanyents a les superfamílies Proctotrupoidea i Chalcidoidea (Annex IV: Imatges h-i).

A cap de les zones d'estudi s'observaren postes a les closques d'*Otala lactea*.

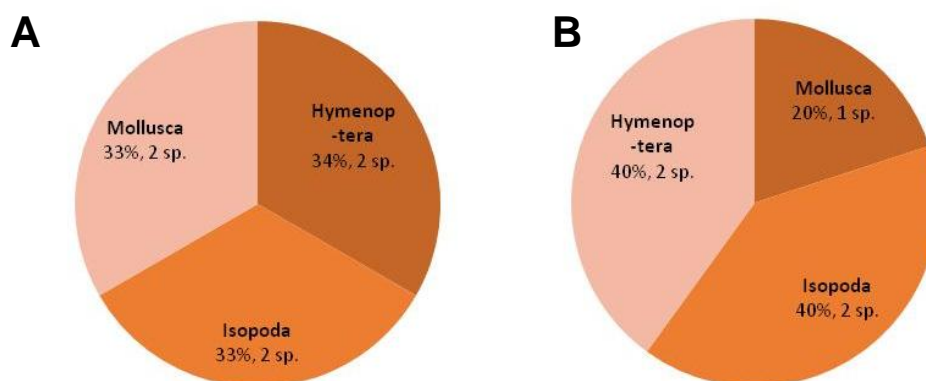


Figura 6. Riquesa d'espècies agrupades a nivell d'ordre trobades a la zona edàfica de Cas Valencia (A) i sa Font de sa Vila (B). Figura també el nombre d'espècies i el percentatge de cada categoria respecte el nombre total de tàxons de la zona.

<i>Font de la Vila</i>			<i>Cas Valencià</i>		
Tàxons trobats			Tàxons trobats		
Hymenoptera	Chalcidoidea	●	Hymenoptera	Chalcidoidea	●
	Proctotrupoidea	●		Proctotrupoidea	●
Isopoda	<i>Armadillidium vulgare</i>		Isopoda	<i>Armadillidium vulgare</i>	
	<i>Porcellio</i> sp.			<i>Porcellio</i> sp.	
Mollusca	<i>Otala lactea</i>		Mollusca	<i>Cornu aspersum</i>	
				Limacidae	

Taula 4. Llistat de tàxons trobats a la zona edàfica de cada zona d'estudi. Apareix la categoria més baixa a la que s'ha pogut arribar amb la determinació. De color taronja (●) els parasitoids.

Estructures superficials

Destaca la presència de formigues com *Crematogaster scutellaris* i *Temnothorax recedens* a ambdues caixes niu i *Plagiolepis schmitzii* a Cas Valencià (Annex VII: Imatges j-l), així com d'aràcnids, amb predomini de la família Salticidae.

Coeficients de similaritat

Per tal d'avaluar la semblança entre les dues comunitats estudiades, es calcularen els coeficients de similaritat de Sørensen-Dice i de Jaccard a partir de la Taula 5. No obstant, hagués estat interessant utilitzar índexs de biodiversitat quantitius com el coeficient de dissimilaritat de Bray-Curtis o el càlcul de distàncies euclidianes per aconseguir valors més apropiats a la realitat. Ara bé, és impossible realitzar el càlcul de l'abundància de cada espècie sense alterar la dinàmica de la caixa niu. Per aquesta raó, s'utilitzaren únicament índexs binaris.

<i>Tàxons</i>	Núm. d'espècies				
	Font de la Vila (FV)		Cas Valencià (CV)		CV + FV
	<i>Totals</i>	<i>Exclusives</i>	<i>Totals</i>	<i>Exclusives</i>	<i>Comuns</i>
Araneae	4	0	7	3	4
Prostigmata	1	0	2	1	1
Pseudoscorpionida	0	0	1	1	0
Archaeognatha	1	1	0	0	0
Coleoptera	5	0	9	4	5
Collembola	1	0	1	0	1
Dermaptera	0	0	1	1	0
Dictyoptera	1	0	1	0	1
Diptera	0	0	2	2	0
Embioptera	0	0	1	1	0
Hemiptera	1	0	1	0	1
Hymenoptera	7	1	10	5	6
Lepidoptera	0	0	1	1	0
Neuroptera	1	1	0	0	0
Psocoptera	2	0	2	0	2
Thysanura	1	0	1	0	1
Isopoda	2	0	2	0	2
Pulmonata	1	1	2	2	0
TOTALS	28	4	44	21	24

Taula 5. Nombre d'espècies (totals, exclusives i comuns) de cada taxó en funció de la zona d'estudi, utilitzat per calcular l'índex de Jaccard i el coeficient de Sørensen-Dice.

- Coeficient de Sørensen-Dice (Sørensen, 1948):
Coneixent els següents valors (a partir de la Taula 5):

Nombre d'espècies presents a CV (X)= 44
Nombre d'espècies presents a FV (Y)= 28
Nombre d'espècies comuns a CV i a FV ($X \cap Y$)= 24

El Coeficient de Similitud (QS) és igual a:

$$QS = \frac{2|24|}{|28| + |44|} = 0.67$$

És a dir, en matèria de tàxons trobats, les dues zones d'estudi s'assemblen en un 67%.

- Índex de Jaccard (Jaccard, 1901):
Coneixent els següents valors (a partir de la Taula 5):

Nombre d'espècies comunes a CV i a FV ($X \cap Y$)= 24
Nombre d'espècies comunes i nombre d'espècies exclusives de CV i de FV ($X \cup Y$)= 24+21+4 =49

L'Índex de Jaccard (I_{JAC}) és igual a:

$$I_{JAC} = \frac{|24|}{|24 + 21 + 4|} = 0.49$$

És a dir, FV i CV comparteixen el 49% dels tàxons.

Anàlisi de les postes

No hi hagué nificacions a les cambres d'observacions, pel que es procedí a fer una anàlisi manual i invasiva de les postes:

- *Osmia tricornis*

La longitud de la canya era de 15.8 cm i el diàmetre de 12 mm. Es trobaren 10 cel·les ocupades i una de buida a la part més externa. Tots els envans eren de fang, còncaus i d'uns 3 mm, amb el tap terminal arribant als 1.8 cm (Figura 7).

El pol·len era d'un color groc més clar que a *O. latreillei*, igual a totes les cel·les.

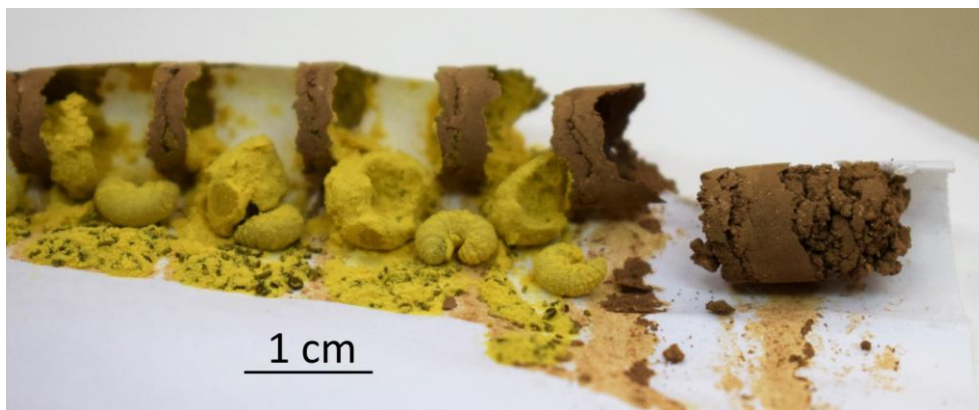


Figura 7. Anàlisi del niu d'*Osmia tricornis*. S'observen les diferents cel·les, així com les larves i el pol·len d'aprovisionament. Destaca el tap terminal, més gruixut que la resta d'envans.

Foto: Joan Díaz Calafat

- *Osmia latreillei*:

La canya midava 17 cm, i tenia un diàmetre de 9 mm. S'hi trobaren 15 cel·les ocupades per larves i una cel·la terminal, de la mateixa mida que les anteriors, buida i amb funció protectora. Els envans de separació eren prims (<1 mm), a excepció del tap terminal que arribava a 5 mm (Figura 8). Ambdues estructures estaven construïdes a partir de material vegetal mastegat. El pol·len d'aprovisionament era de color groc en totes les cel·les, on també s'observaren els excrements de les larves, d'un color vermellós i de forma allargada.



Figura 8. Posta d'*Osmia latreillei*. S'observen les cel·les, d'aproximadament 1 cm (A), i els envans que les separen (B), que no arriben a 1 mm. També s'aprecia la darrera cel·la buida i les larves i els excrements. Foto: Joan Díaz Calafat

- *Osmia cornuta*:

La canya mesurava 12.4 cm de longitud i presentava una obertura de 11 mm. A diferència de les altres postes, només presentà 3 cel·les completes, seguides d'un buit d'uns 5.7 cm i una cel·la buida de la mateixa mida que les cel·les completes. Els envans estaven fets amb fang en lloc de material vegetal i eren còncaus i més gruixuts (3-5 mm).

El pol·len presentava colors diferents en funció de la cel·la (verd i groc, com es mostra a la Figura 9).

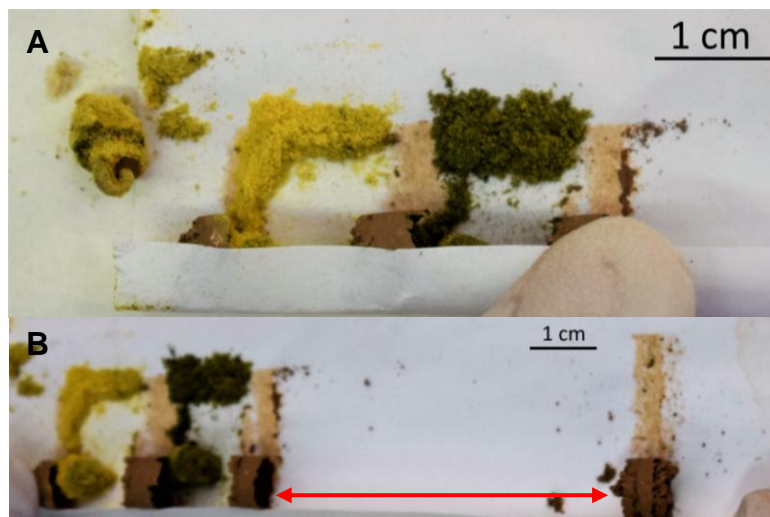


Figura 9. Posta d'*Osmia cornuta*. S'observa el pol·len de diferents colors (A) i una gran cel·la buida (B, fletxa vermella). Foto: Joan Díaz Calafat

- *Osmia caerulescens*:

La longitud de la canya era de 10.7 cm i el diàmetre 9 mm. La posta estava formada per 12 cel·les ocupades per larves de mida més petita que a l'espècie anterior i una cel·la buida terminal, on es trobà una abella femella d'*Osmia caerulescens* diferent a la femella original acabant el tap terminal. Els envans de separació eren prims (d'aproximadament 1 mm) i fets de material vegetal. Es trobà pol·len de dos colors diferents (blanc i morat), tot i que no es veien diferències morfològiques al microscopi. A més, també s'observaren unes estructures filamentoses a algunes cel·les (Figura 10).

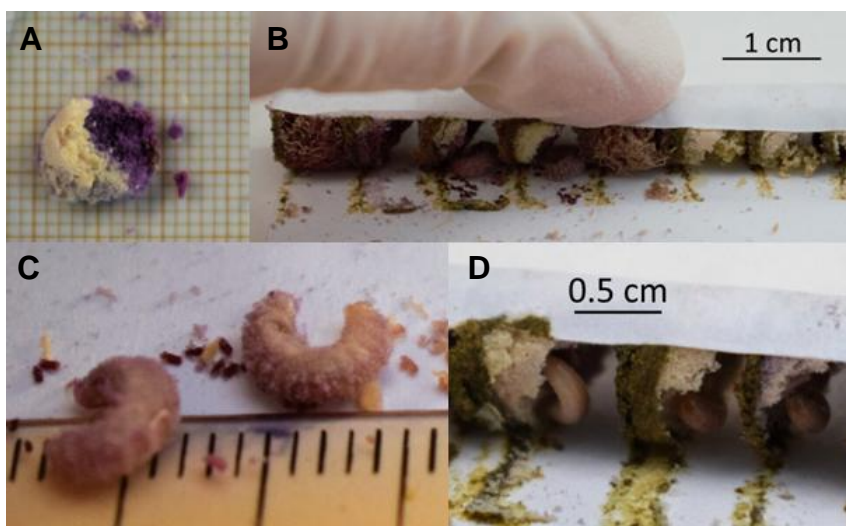


Figura 10. Posta d'*Osmia caerulescens*. S'observa la mescla de pol·lens diferents (A), així com les diferents cel·les; algunes de les quals presenten estructures filamentoses (B). Més baix s'aprecia la mida de les larves: larves antigues (C), més grosses, i larves noves (D), més petites.

Foto: Joan Díaz Calafat

Anàlisi de pol·len

A banda de fer les anàlisis de les postes, s'observà al microscopi una preparació del pol·len d'aquestes (Figura 11), amb la que es veié que aquest provenia d'espècies vegetals diferents.



Figura 11. Preparació de pol·len (sense tinció) d'una posta d'*Osmia*. S'observen grans de pol·len pertanyents a diferents espècies vegetals (fletxes vermelles). x400

Foto: Joan Díaz Calafat

Discussió

Pol·linitzadors

Segons Gathmann & Tschardt (2002), el temps que tarda una abella solitària en fer un viatge d'aprovisionament per nodrir la seva posta es podria utilitzar com a indicador de la qualitat de l'hàbitat, ja que s'ha vist que a major abundància i diversitat d'espècies vegetals, menys tarda l'abella en recollir el pol·len. A més, també s'ha correlacionat el temps de tresca amb la distància entre el niu i l'aliment (Rathjen, 1994). D'aquesta forma, quan menys tardi una abella en fer un viatge de recol·lecció de pol·len, major qualitat té l'hàbitat; tant en matèria d'aliment, com en matèria de recursos nidificants (a major quantitat de recursos, més probabilitat de que aquests estiguin prop de l'aliment necessari si aquest darrer és un recurs limitant). No obstant, com no hi hagué cap espècie d'abella en comú entre les nidificacions de les dues caixes niu, no es pogueren fer comparatives ni índexs de qualitat de l'hàbitat. La única espècie que possiblement tingueren en comú ambdues caixes niu fou *Osmia cornuta* (Annex III: Imatge e), de la que no es tenen registres de temps de vol i no es pot assegurar al 100% que fos la responsable de l'única posta d'abella de FV. Ara bé, els temps de tresca registrats (entre 3 i 6 minuts per abelles del gènere *Osmia*, i entre 12 i 15 minuts per *Xylocopa violacea*) concorden amb les observacions de Van Nieuwstadt & Ruano-Iraheta (1996) i Gathmann & Tschardt (2002), que suggereixen que a major mida corporal, major distància a partir del seu niu pot recórrer una abella a l'hora de trescar.

Pel que fa a les closques d'*Otala lactea*, a cap de les dues zones s'han observat nidificacions, tot i que se n'han trobades pels voltants de la zona FV (veure Annex III, Imatge j), pel que es dedueix que tot i augmentar la densitat del recurs nidificant en front de la caixa niu, aquest no es troba limitat a l'ambient. A CV és possible que no hagi hagut nidificacions perquè espècies presents a FV que nidifiquen a aquests cargols (com *Rhodanthidium sticticum* o *Rhodanthidium septemdentatum*), tot i ser polilèctiques, recullen predominantment pol·len de *Quercus* i *Cistus*, espècies absents a CV (Bosch, Vicens & Blas, 1993).

Als forats realitzats amb berbiquí als troncs no hi hagué postes, possiblement per la presència de formigues (Annex VII, Imatge j) i en part perquè les espècies que nidifiquen a cavitats de dimensions més petites (com els gèneres *Hylaeus* o *Megachile*) tenen una fenologia diferent, nidificant a principis d'estiu en lloc de durant la primavera (Scott, 1994; Michener, 2007).

Anàlisi de les postes i pol·len

Totes les postes analitzades concorden amb les dades recollides per Vicens, Bosch & Blas (1993) a excepció de la posta d'*Osmia cornuta*, que només presentà tres cel·les completes i un espai buit de 5.7 cm anterior a la cel·la terminal (Figura 9). Això podria indicar que l'abella, per tal d'evitar competència ocupà tot l'espai disponible o bé que és una mesura de seguretat en front a parasitoides i paràsits socials. Aquests, solen posar els ous a través dels envans perquè les larves s'alimentin del pol·len destinat a la larva original o bé d'aquesta mateixa. Així, en cas de tractar-se d'una cel·la buida, les larves dels paràsits i parasitoides moren de fam en eclosionar (Münster-Swendsen & Calabuig, 2000). No obstant, aquesta posta presentava ja una cel·la terminal buida (de la mateixa mida que les cel·les ocupades), pel que segurament l'abella només tractava d'evitar la possible competència en front a altres insectes que poguessin detectar que la posta estava interrompuda i ja no rebia visites de cap abella a la que li interessés protegir-la activament.

Un altre fet interessant és el de la posta d'*Osmia caerulescens*, on es trobà un individu adult de la mateixa espècie acabant una de les cel·les, quan la femella que havia començat la posta inicialment havia estat mostrejada setmanes abans. Es podria pensar que va ser un error de mostreig, però les diferents mides de les larves a cel·les contigües descarten aquesta possibilitat (Figura 10). Així doncs, es podria tractar d'un error per part de la segona femella, d'una col·laboració entre dos individus adults de la mateixa espècie (poc probable, ja que es tracta d'abelles solitàries, tot i que algunes espècies de la família Halictidae tenen aquest comportament (Soucy, 2002)) o de l'aprofitament per part de la segona abella del treball de la primera, la qual ja havia netejat i desinfectat prèviament la canya. No s'han trobat articles científics referents al tema. Ara bé, en el moment de l'eclosió dels adults, les larves que porten més temps vives (i que es troben al final de la canya), sortiran abans, possiblement destruint les cel·les posteriors que contenen les larves de la segona *Osmia caerulescens*, encara no desenvolupades del tot. En condicions normals, totes les larves, les quals hivernen en fase de prepupa, es sincronitzen per sortir alhora, evitant així perdre individus (Michener, 2007). No obstant, no es sap si aquesta sincronització funcionaria en cas de tractar-se d'individus que

provenen de dues abelles diferents. A més, les larves més exteriors solen ser mascles, ja que tarden menys en emergir, i en el cas de que no funcionés la sincronització, un cop les femelles eclosionassin ja tindrien via lliure a l'exterior (Michener, 2007). Per aquesta raó, seria interessant incubar la posta i veure de quin sexe són els primers individus en emergir, així com comparar el nombre total d'individus que neixen amb el nombre total de cel·les per tal d'avaluar la viabilitat de la posta compartida.

Pel que fa a l'anàlisi del pol·len, s'han pogut observar grans de diferents famílies vegetals en tots els casos, fins i tot quan l'aparença d'aquest era homogeni en color (Figura 11). Això indica que les espècies estudiades tenen una dieta polilèctica, essent capaces d'alimentar-se d'una gran diversitat de flors; i per tant, no veient-se limitades pels escassos recursos dels entorns urbanitzats.

Enemics naturals de plagues

Tal com s'observa a la Figura 4, acompanyada de la Taula 1, la majoria d'enemics naturals de plagues colonitzaren la palla. Ara, a la palla també es trobaren coleòpters com *Melanophthalma transversalis*, *Sericoderus lateralis*, *Oryzaephilus surinamensis* i *Silvanus unidentatus* (Annex V: Imatges c-f), els quals pertanyen a famílies que són considerades plagues de productes emmagatzemats (Howe, 1956; Borgemeister et al., 2003; White et al., 2011), tot i que també poden trobar-se de forma natural a l'ecosistema (Harde & Severa, 1984). D'altra banda, com no es coneix la procedència de la palla ni s'han pogut aconseguir mostres per contrastar la presència de dites espècies, no es pot saber si aquestes es trobaven al substrat des de l'inici de l'experiment o si el material fou colonitzat a mesura que passà el temps. Això ens planteja millores de cara a futurs estudis, com congelar la palla per esterilitzar-la abans de posar-la a la caixa niu, per exemple. No obstant, la presència d'aquestes plagues pot haver estat l'atractiu principal dels enemics de plagues, els quals es necessiten d'aquests com aliment de les formes adultes o larvàries (Landis et al., 2000). Un clar exemple és la presència d'hemípters de la família Anthocoridae (Annex IV: Imatge d) a ambdues zones d'estudi, algunes espècies de la qual són depredadors naturals del corc dentat dels grans (*Oryzaephilus surinamensis*, Annex V: Imatge d) (Arbogast, 1976; Parajulee & Phillips, 1994) i d'altres escarabats.

Com a coleòpters enemics de plagues, trobem la família dels estafilínids (Fam. Staphylinidae; Annex IV: Imatge l); presents generalment a la palla (a ambdós llocs d'estudi; Taula 3) i, en un cas puntual, entre les bràctees de les pinyes de la caixa niu de CV (Taula 4). Aquests escarabats són depredadors de larves de mosques detritívores i d'altres insectes, així com d'ous i larves de formigues (Chinery et al., 1977), pel que la seva presència es podria explicar a causa de la presència d'aquestes darreres, que tot i que només se'n trobessin en estat adult, no es pot descartar que nidifiquessin. De les espècies de formigues que es trobaren, *Crematogaster scutellaris* podria haver estat hibernant dins les branques que s'utilitzaren a les caixes niu, i *Temnothorax recedens* presenta una mida de colònia petita (Lebas et al., 2017), de forma que si una reina s'hagués establert a la caixa niu no tindria per què ser evident a la vista.

Per altra banda, els dermàpters (*Euborellia moesta*; l'Annex IV: Imatge a) són insectes omnívors considerats enemics de plagues ja que depreden sobre àfids (Romeu-Dalmau et al., 2012b), plagues d'erugues (Frank et al., 2007) i psíl·lids (Höhn et al., 2007). No obstant, poden alimentar-se d'altres insectes i restes animals i vegetals, com fulles, flors i fruits, podent arribar a convertir-se ells mateixos en una plaga agrícola si les seves poblacions es descontrolen i ataquen als cultius (Romeu-Dalmau et al., 2012a).

Així doncs, molts dels enemics de plagues presents a la palla també s'han trobat a altres materials, com àcars de la família Bdellidae a les pinyes (Figura 5; Taula 2) o parasitoids a la zona edàfica (Figura 6; Taula 4), essent *Eumenes coarctatus* l'únic que es troba únicament a un material diferent a la palla: les canyes (Taula 3). Pel que fa als àcars, se sap que la família Bdellidae (Annex IV: Imatge k) depreda plagues de psocòpters o d'altres àcars, als quals es queden adherits mitjançant els palps, i els xuclen tot el contingut (Gerson, Smiley & Ochoa, 2003); mentre que la família Erythrocaridae (Annex IV: Imatge j) depreda sobre àfids, petites erugues, larves de símfits i petits escarabats (Miller, 1925). Per tant, l'existència de psocòpters (Annex VII: Imatges g-h) podria ser determinant per la presència d'aquestes dues famílies d'aràcnids, així com de pseudoescorpins (Annex IV: Imatge e), que també depreden sobre aquests, entre d'altres.

Per altra banda, es trobaren també vespes parasitoids tant a la palla com a la zona edàfica d'ambdues zones d'estudi (Annex I i Taula 3). Ara bé, els individus mostrejats no es pogueren

determinar més enllà del nivell de superfamília (Chalcidoidea i Proctotrupoidea; Annex IV: Imatges h-i), degut al nivell de complexitat d'aquest grup d'insectes. Per aquesta mateixa raó, no es pot saber si les espècies trobades tenien hostes específics o eren generalistes. Segons la base de dades universal de Chalcidoidea (<http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>), aquesta superfamília pot atacar a 339 famílies d'insectes de 15 ordres diferents (Noyes, 2017), pel que aquestes mostres s'haurien d'enviar a especialistes per tal de determinar a quina espècie pertanyen i quins són els seus hostes.

Pel que fa a l'absència de coccinèl·lids hivernants, es pot explicar mitjançant dos factors: la necessitat de preses disponibles (Landis et al., 2000) i el fet de que les caixes niu quedessin muntades del tot per desembre del 2016; és a dir, ja començat l'hivern. Els coccinèl·lids de les dues zones segurament ja estaven hivernant. Ara bé, de cara a l'any següent, si hi ha hagut preses disponibles prop de les caixes niu i les zones d'hivernació són escasses, s'espera que facin ús de les pinyes o d'altres racons estrets per hivernar. El mateix ha passat amb el cartró destinat a la hibernació i posta d'individus de la família Chrysopidae: tot i que es trobaren ous a pocs metres de distància de la caixa niu de FV (Annex IV: Imatge b), el material no fou utilitzat. Ara bé, es trobaren larves (Annex IV: Imatge c) a la palla de FV.

A CV, no obstant, possiblement també se n'hi trobin, degut a la presència de l'hortet, tot i que no hagin colonitzat la caixa niu.

Per acabar, tenim els hiperdepredadors (Annex VI), que tot i ser més generalistes amb les seves preses que els enemics naturals de plagues, poden actuar com aquests darrers si depreden sobre grups d'invertebrats determinats, rebaixant considerablement la densitat de les seves poblacions (Riechert & Lockley, 1984).

Comparació de l'abundància d'espècies

Tot i que en general s'esperaria una major biodiversitat a un paratge natural que a un més urbanitzat, a Cas Valencià (CV), zona d'estudi considerada poc natural, es trobà un major nombre de tàxons (Figura 3). No obstant, la pròpia natura dels hàbitats és la que determina la biodiversitat: a CV trobem més espècies associades a zones agrícoles, com diferents pol·linitzadors o els dermàpters, degut a l'hortet que hi ha prop de la zona, el qual segurament actua com a una petita taca natural enmig d'una matriu semi-urbana, oferint refugi i aliment a la fauna local com si fos un reservori de biodiversitat.

Per aquesta raó, l'ús de caixes niu prop de zones agrícoles podria ser un factor a valorar positivament, ja que contribueixen a augmentar les poblacions d'enemics naturals de plagues (Dix et al., 1995), oferint recursos que no es troben a l'ambient.

Per altra banda, a FV trobem manco espècies, tant d'enemics naturals de plagues com de pol·linitzadors (tot i que d'aquests se n'observaren molts d'interactuants, a diferència de a CV; Annex III: Imatge i). Pel que fa a aquests darrers, es podria pensar que competeixen amb les caixeres d'*Apis mellifera* que hi ha prop de la zona, però diversos estudis com el de Goras et al. (2016) desmenteixen aquest fet. Així doncs, la baixa biodiversitat podria explicar-se perquè els recursos que ofereix la caixa niu (nidificants i hivernants) no són recursos limitants o bé a causa de la degradació de l'ambient. FV és una zona on es practiquen diverses activitats (com per exemple anar a cavall) que compacten el sòl i dificulten el creixement de les plantes (les quals determinen les poblacions de pol·linitzadors i d'enemics naturals de plagues (Thomson & Hoffmann, 2010)), a banda de que es generen nous camins (que a la llarga fragmentaran l'hàbitat) i s'augmenta l'erosió. A banda d'això, tampoc s'ha d'oblidar que es tracta d'una zona pública a la que tothom té accés, pel que és possible que la caixa niu hagi estat visitada i manipulada (expressament o de forma no intencionada) per persones alienes a la investigació.

Tot i així, les dues zones d'estudi comparteixen moltes de les seves espècies: segons l'Índex de Jaccard, ambdues caixes niu tenen en comú el 49% de les espècies, i segons el coeficient de Sørensen-Dice, s'assemblen en un 67%. Es podria pensar que aquest fet és una conseqüència de que ambdues zones d'estudi estiguin relativament properes l'una de l'altra (690 m; veure Figura 1), però no s'han trobat articles científics que avaluin de forma explícita la capacitat de dispersió dels enemics de plagues, a excepció dels dermàpters (Moerkens et al., 2010), que es desplacen uns pocs metres i els pseudoescorpins, que poden realitzar relacions de forsi amb altres insectes (Gardenfors & Wilander, 1995; Castillo et al., 2016). A més, segons Zurbuchen et al. (2010) i Gathmann & Tscharrntke (2002), la distància entre les dues caixes niu és suficient perquè una abella solitària que estigui nidificant a una de les zones no arribi a l'altra lloc d'estudi durant els seus viatges d'aprovisionament (a excepció de *Xylocopa violacea*, que segons Molitor (1937) pot arribar a

desplaçar-se 1200 m). Ara bé, cal destacar també que existeixen grans diferències en l'estimació de les distàncies de tresca de les abelles, com és el cas de Tasei & Delaude (1984), que preveu un desplaçament màxim de 100 m per a *Megachile rotundata*, mentre que Tepedino (1983) estima un radi de 500 m per a la mateixa espècie.

Així doncs, si comparéssim únicament els enemics de plagues i pol·linitzadors (principals objectes d'estudi d'aquest treball) de les dues zones, ignorant altres grups d'artròpodes com els isòpodes i els tisanurs, segurament tant l'Índex de Jaccard com el coeficient de Sørensen-Dice disminuirien. Com es pot veure a l'Annex I i a la Taula 4, la meitat de les espècies exclusives tant de CV com de FV són o bé enemics de plagues o bé pol·linitzadors. A FV, de les 4 espècies exclusives, 2 són enemics de plagues: les crisopes i *Eumenes coarctatus*; mentre que a CV, per altra banda, dels 21 tàxons representatius, 3 pertanyen a hiperdepredadors, 3 a enemics de plagues (dermàpters, àcars i pseudoescorpins) i 4 a pol·linitzadors; deixant com a únics tàxons comuns entre les dues caixes niu 2 enemics de plagues (àcars de la família Bdellidae i hemípters de la família Anthocoridae), *Xylocopa violacea* i els 2 parasitoids. D'aquesta manera podem afirmar que la majoria d'espècies que tenen en comú les dues zones d'estudi són artròpodes que no pertanyen als pol·linitzadors ni als enemics naturals de plagues; mentre que les diferències més característiques es troben a nivell d'aquests grups, possiblement degut a la natura de l'hàbitat mateix de cada zona (com s'ha explicat abans). Ara bé, no s'ha de confondre l'abundància d'espècies total de cada una de les zones (no mesurada a aquest estudi) amb l'abundància d'espècies que ha estat capaç de colonitzar cada una de les caixes niu. Tot i haver-hi un nombre determinat de tàxons a una zona, aquests no tenen per què colonitzar la caixa niu si aquesta no els ofereix res que no tinguin ja a l'ambient. Per això, l'abundància d'espècies registrada amb les caixes niu no és determinant de l'abundància total de tàxons de cada una de les zones.

Conclusions

- 1- Les caixes niu són una bona eina per conservar la biodiversitat de zones semi-urbanitzades, on els recursos poden trobar-se en baixes densitats a l'ambient, actuant com a limitants.
- 2- A zones naturals on els recursos nidificants oferts a la caixa niu no són recursos limitants, l'ús d'aquestes serà mínima, amb poblacions amb una densitat semblant a la de l'ecosistema en si.
- 3- L'ocupació de les caixes niu, per tant, és major a indrets antropitzats, i menor a zones poc antropitzades.
- 4- L'ús de caixes niu és recomanable a zones properes a territoris agrícoles, ja que augmenta la densitat de les poblacions d'enemics de plagues, així com la d'himenòpters pol·linitzadors.
- 5- Els enemics naturals de plagues només es trobaran a indrets on disposin d'aliment i refugi.

Agraïments

Moltes persones han intervingut i ajudat durant el transcurs d'aquest Treball Final de Grau. Per una part, agraeixo a totes aquelles que m'han ajudat a muntar les caixes niu, així com a dur a terme les observacions visuals o a determinar alguns espècimens dificultosos. Per altra banda, agraeixo també als companys que m'han donat la seva opinió d'aquest manuscrit abans de la seva avaluació, ajudant-me a millorar-lo.

Referències

- Aguilar, R., Ashworth, L., Galetto, L., & Aizen, M. A. (2006). Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology letters*, 9(8), 968-980.
- Arbogast, R. T. (1976). Suppression of *Oryzaephilus surinamensis* (L.) (Coleoptera, Cucujidae) on shelled corn by the predator *Xylocoris flavipes* (Reuter)(Hemiptera, Anthocoridae)[Biological control, insect pests]. *Journal Georgia Entomological Society*.
- Artz, D. R., Allan, M. J., Wardell, G. I., & Pitts-Singer, T. L. (2014). Influence of nest box color and release sites on *Osmia lignaria* (hymenoptera: Megachilidae) reproductive success in a commercial almond orchard. *Journal of economic entomology*, 107(6), 2045-2054.
- Banaszak-Cibicka, W., & Żmihorski, M. (2012). Wild bees along an urban gradient: winners and losers. *Journal of Insect Conservation*, 16(3), 331-343.
- Bélisle, M., Desrochers, A., & Fortin, M. J. (2001). Influence of forest cover on the movements of forest birds: a homing experiment. *Ecology*, 82(7), 1893-1904.
- Borgemeister, C., Holst, N., & Hodges, R. J. (2003). Biological control and other pest management options for larger grain borer *Prostephanus truncatus*. *Biological control in IPM systems in Africa*, 311-28.
- Bosch, J., Vicens, N., & Blas, M. (1993). Análisis de los nidos de algunos Megachilidae nidificantes en cavidades preestablecidas (Hymenoptera, Apoidea). *Orsis: organismos i sistemes*, 8, 053-63.
- Bosch, J., & Kemp, W. P. (2002). Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp.(Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of entomological research*, 92(01), 3-16.
- Budrienė, A., Budrys, E., & Nevronytė, Ž. (2004). Solitary Hymenoptera Aculeata inhabiting trap-nests in Lithuania: nesting cavity choice and niche overlap. *Latvijas Entomologs*, 41, 19-31.
- Cane, J. H., Minckley, R. L., Kervin, L. J., & Williams, N. M. (2006). Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. *Ecological Applications*, 16(2), 632-644.
- Cane, J. H., & Sipes, S. (2006). Characterizing floral specialization by bees: analytical methods and a revised lexicon for oligolecty. In: *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*, 99-122.
- Cane, J. H., Griswold, T., & Parker, F. D. (2007). Substrates and materials used for nesting by North American *Osmia* bees (Hymenoptera: Apiformes: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 100(3), 350-358.
- Castillo, Maria Luisa; Villegas-Guzmán, Gabriel A. Phoretic relationship between *Lustrochernes grossus* (Pseudoscorpionida: Chernetidae) and *Odontotaenius striatopunctatus* (Coleoptera: Passalidae). *Acta Zoológica Mexicana*, 2016, 32.01.
- Chinery, M., Ovenden, D. W., Riley, G., & Hargreaves, B. (1977). *Guía de campo de los insectos de España y de Europa*. Editorial Omega.
- Day, M. C. (1991). *Towards the conservation of aculeate Hymenoptera in Europe (Vol. 51)*. Council of Europe.
- de Jong, Y., Verbeek, M., Michelsen, V., de Place Bjørn, P., Los W., Steeman, F., Bailly, N., Basire, C., Chylarecki, P., Stloukal, E., Hagedorn, G., Wetzels, F. T., Glöckler, F., Kroupa, A., Korb, G., Hoffmann, A., Häuser, C., Kohlbecker, A., Müller, A., Güntsch, A., Stoev, P., & Penev, L. (2014) *Fauna Europaea - all European animal species on the web*. Biodiversity Data Journal 2: e4034. doi: 10.3897/BDJ.2.e4034.
- Dix, M. E., Johnson, R. J., Harrell, M. O., Case, R. M., Wright, R. J., Hodges, L., Brandle, J. R., Schoeneberger, M. M., Sunderman, N. J., Fitzmaurice, R. L., & Young, L. J. (1995). Influences of trees on abundance of natural enemies of insect pests: a review. *Agroforestry Systems*, 29(3), 303-311.
- Fetridge, E. D., Ascher, J. S., & Langellotto, G. A. (2008). The bee fauna of residential gardens in a suburb of New York City (Hymenoptera: Apoidea). *Annals of the entomological Society of America*, 101(6), 1067-1077.
- Fortel, L., Henry, M., Guilbaud, L., Mouret, H., & Vaissière, B. E. (2016). Use of human-made nesting structures by wild bees in an urban environment. *Journal of Insect Conservation*, 20(2), 239-253.

- Frank, S. D., Wratten, S. D., Sandhu, H. S., & Shrewsbury, P. M. (2007). Video analysis to determine how habitat strata affects predator diversity and predation of *Epiphyas postvittana* (Lepidoptera: Tortricidae) in a vineyard. *Biological Control*, 41(2), 230-236.
- Gardenfors, U., & Wilander, P. (1995). Ecology and phoretic habits of *Anthrenochernes stellae* (Pseudoscorpionida, Chernetidae). *POLIS*, 134, 138.
- Gathmann, A., & Tschardt, T. (2002). Foraging ranges of solitary bees. *Journal of animal ecology*, 71(5), 757-764.
- Gerson, U., Smiley, R. L., Ochoa, R. (2003). Bdellidae. In: *Mites (Acari) for Pest Control*. Ed. Blackwell science. p. 96-100.
- Gess, S. K., Gess, F. W., & Gess, R. W. (2008). Patterns of usage of snail shells for nesting by wasps (Vespidae: Masarinae and Eumeninae) and bees (Megachilidae: Megachilinae) in Southern Africa. *Journal of Hymenoptera Research*, 17(1), 86-109.
- González-Varo, J. P., Ortiz-Sánchez, F. J., & Vilà, M. (2016). Total Bee Dependence on One Flower Species Despite Available Congeners of Similar Floral Shape. *PloS one*, 11(9), e0163122.
- Goras, G., Tananaki, C., Dimou, M., Tscheulin, T., Petanidou, T., & Thrasylvoulou, A. (2016). Impact of honeybee (*Apis mellifera* L.) density on wild bee foraging behaviour. *Journal of Apicultural Science*, 60(1), 49-62.
- Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957.
- Harde, K., & Severa, F. (1984). *Guía de campo de los coleópteros de Europa*. Barcelona.
- Hennig, E. I., & Ghazoul, J. (2012). Pollinating animals in the urban environment. *Urban Ecosystems*, 15(1), 149-166.
- Hindayana, D., Meyhöfer, R., Scholz, D., & Poehling, H. M. (2001). Intraguild predation among the hoverfly *Episyrphus balteatus* de Geer (Diptera: Syrphidae) and other aphidophagous predators. *Biological Control*, 20(3), 236-246.
- Höhn, H., Lahusen, A., Eder, R., Ackermann, T., Franck, L., Höpli, H., & Samietz, J. (2007). Régulation du psylle du poirier. *Rev Suisse Vitic Arboric Hortic*, 39, 169-176.
- Honek, A., Dixon, A. F., & Martinková, Z. (2008). Body size and the temporal sequence in the reproductive activity of two species of aphidophagous coccinellids exploiting the same resource. *European Journal of Entomology*, 105(3), 421.
- Howe, R. W. (1956). The biology of the two common storage species of *Oryzaephilus* (Coleoptera, Cucujidae). *Annals of Applied Biology*, 44(2), 341-355.
- Jaccard, P. (1901). Étude comparative de la distribution florale dans une portion des Alpes et des Jura. *Bull Soc Vaudoise Sci Nat*, 37, 547-579.
- Koczor, S., Knudsen, G. K., Hatleli, L., Szentkirályi, F., & Tóth, M. (2015). Manipulation of oviposition and overwintering site choice of common green lacewings with synthetic lure (Neuroptera: Chrysopidae). *Journal of Applied Entomology*, 139(3), 201-206.
- Krombein, K. V. 1967. *Trap-nesting wasps and bees: life histories, nests, and associates*. Smithsonian Press, Washington, DC
- Kromp, B. (1999). Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1), 187-228.
- Landis, D. A., Wratten, S. D., & Gurr, G. M. (2000). Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual review of entomology*, 45(1), 175-201.
- Lebas, C., Galkowski, C., Blatrix, R., & Wegnez, P. (2017). *Guía de campo de las hormigas de Europa Occidental*. Ediciones Omega. Barcelona.
- Lindenmayer, D. B., & Fischer, J. (2013). *Habitat fragmentation and landscape change: an ecological and conservation synthesis*. Island Press.

- Llorens, L., Vives, L. G., & Tébar, F. J. (2007). La vegetació de l'Illa de Mallorca: bases per a la interpretació i gestió d'hàbitats. Conselleria de Medi Ambient.
- Mader, E., Spivak, M., & Evans, E. (2010). Managing Alternative Pollinators. Sustainable Agriculture Research and Education (SARE), US Dept. of Agriculture.
- Michener, C. D. (2007). *The Bees of the World*. 2nd. Ed. Johns Hopkins, Baltimore. The Johns Hopkins University Press.
- Miller, A. E. (1925). *Family Erythroacaridae*. In: *An introductory study of the Acarina, or mites, of Ohio*. OHIO Agricultural Experiment Station. p. 97-98
- Moerkens, R., Leirs, H., Peusens, G., & Gobin, B. (2010). Dispersal of single-and double-brood populations of the European earwig, *Forficula auricularia*: a mark-recapture experiment. *Entomologia experimentalis et applicata*, 137(1), 19-27.
- Molitor, A. (1937) Zur vergleichenden Psychobiologie der akuleaten Hymenopteren auf experimenteller Grundlage. *Biologia Generalis*, 13, 294–333.
- Münster-Swendsen, M., & Calabuig, I. (2000). Interaction between the solitary bee *Chelostoma florissomne* and its nest parasite *Sapyga clavicornis*– empty cells reduce the impact of parasites. *Ecological Entomology*, 25(1), 63-70.
- Noyes, J.S. 2017. *Universal Chalcidoidea Database*. World Wide Web electronic publication. <http://www.nhm.ac.uk/chalcidoids>
- Parajulee, M. N., & Phillips, T. W. (1994). Life history, predatory biology, and population ecology of *Lyctocoris campestris* (F.)(Heteroptera: Anthocoridae). In *Proc. 6th Intl. Working. Conf. Stored-Prod. Prot., CAB International, Wallingford, United Kingdom* (pp. 1122-1131).
- Pereira, H. M., Leadley, P. W., Proença, V., Alkemade, R., Scharlemann, J. P., Fernandez-Manjarrés, J. F., Araujo, M. B., Balvanera, P., Biggs, R., Cheung, W. W. L., Chini, L., Cooper, H. D., Gilman, E. L., Guenette, S., Hurr, G. C., Huntington, H. P., Mace, G. M., Oberdorff, T., Revenga, C., Rodrigues, P., Scholes, R. J., Sumaila, U. R., Walpole, M. (2010). Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science*, 330(6010), 1496-1501.
- Rathjen, H. (1994). Neuere Aspekte zur Brutbiologie und zum Orientierungsvermögen von *Osmia rufa* (L.)(Hymenoptera, Megachilidae) (Doctoral dissertation, Diploma Thesis, University of Bielefeld).
- Richter, M. R. (2000). Social wasp (Hymenoptera: Vespidae) foraging behavior. *Annual review of entomology*, 45(1), 121-150.
- Riechert, S. E., & Lockley, T. (1984). Spiders as biological control agents. *Annual review of entomology*, 29(1), 299-320.
- Romeu-Dalmau, C., Gu, P., Scott, S., & Grafton-Cardwell, B. (2012a). Earwigs: pests or beneficials in California citrus orchards. *Citrograph*, 3, 18-22.
- Romeu-Dalmau, C., Piñol, J., & Agustí, N. (2012b). Detecting aphid predation by earwigs in organic citrus orchards using molecular markers. *Bulletin of entomological research*, 102(05), 566-572.
- Ruzicka, Z., & Vostrel, J. (1985). Hibernation of *Coccinella quinquepunctata* and *Propylea quatuordecimpunctata* (Coleoptera, Coccinellidae) in pinecones. *Vest. Cs. Spol. Zool*, 49, 281-284
- Rytwinski, T., & Fahrig, L. (2015). The impacts of roads and traffic on terrestrial animal populations. *Handbook of Road Ecology*, 237-246
- Scott, V. L. (1994). Phenology and trap selection of three species of *Hylaeus* (Hymenoptera: Colletidae) in upper Michigan. *Great Lakes Entomologist*, 27(1), 39-48.
- Slabbekoorn, H., & Peet, M. (2003). Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature*, 424(6946), 267-267.
- Sørensen, T. (1948). A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Biol. Skr.*, 5, 1-34.
- Soucy, S. L. (2002). Nesting biology and socially polymorphic behavior of the sweat bee *Halictus rubicundus* (Hymenoptera: Halictidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 95(1), 57-65.

- Stephen, W. P., & Osgood, C. E. (1965). Influence of tunnel size and nesting medium on sex ratios in a leaf-cutter bee, *Megachile rotundata*. *Journal of Economic Entomology*, 58(5), 965-968.
- Suárez-Rodríguez, M., López-Rull, I., & Garcia, C. M. (2013). Incorporation of cigarette butts into nests reduces nest ectoparasite load in urban birds: new ingredients for an old recipe?. *Biology letters*, 9(1), 20120931.
- Tasei, J.-N. & Delaude, A. (1984) Efficacité pollinisatrice de *Megachile rotundata* F. (Hym. Megachilidae) utilisée sur luzerne (*Medicago sativa* L.). *Agronomie*, 4, 653–662
- Tauber, M. J., Tauber, C. A., Daane, K. M., & Hagen, K. S. (2000). Commercialization of predators: recent lessons from green lacewings (Neuroptera: Chrysopidae: Chrosoperla). *American Entomologist*, 46(1), 26-38.
- Tepedino, V.J. (1983) An open field test of *Megachile rotundata* as a potential pollinator of hybrid carrot fields. *Journal of Apicultural Research*, 22, 64–68.
- Thomson, L. J., & Hoffmann, A. A. (2010). Natural enemy responses and pest control: importance of local vegetation. *Biological Control*, 52(2), 160-166.
- Tscharntke, T., Gathmann, A., & Steffan-Dewenter, I. (1998). Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of applied ecology*, 35(5), 708-719.
- Van Nieuwstadt, M. G. L., & Ruano Iraheta, C. E. (1996). Relation between size and foraging range in stingless bees (Apidae, Meliponinae). *Apidologie*, 27, 219-228.
- Vicens, N., Bosch, J., & Blas, M. (1993). Análisis de los nidos de algunas *Osmia* (Hymenoptera, Megachilidae) nidificantes en cavidades preestablecidas. *Orsis: organismos i sistemes*, 8, 041-52.
- Vicens, N., & Bosch, J. (2000). Nest site orientation and relocation of populations of the orchard pollinator *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). *Environmental entomology*, 29(1), 69-75.
- Weems, H. V. (1953). Notes on collecting syrphid flies (Diptera: Syrphidae). *The Florida Entomologist*, 36(3), 91-98.
- White, N. D., Fields, P. G., Demianyk, C. J., Timlick, B., & Jayas, D. S. (2011). Arthropods of stored cereals, oilseeds, and their products in Canada: artificial ecosystems on grasslands. *Arthropods of Canadian grasslands*, 2, 267-289.
- Zurbuchen, A., Landert, L., Klaiber, J., Müller, A., Hein, S., & Dorn, S. (2010). Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation*, 143(3), 669-676.

Annexes

Annex I: llistat complet de tàxons trobats a ambdues zones d'estudi.

S'assenyalen les espècies exclusives de CV (◆), i les de FV (■). Les espècies que apareixen amb un asterisc (*) només es trobaren en estat larvari.

Phylum Arthropoda

Cl. Arachnida

O. Araneae

Fam. Dysderidae ◆ (espècie no identificada)

Gen. *Harpactea* Bristowe 1939

Harpactea hombergi (Scopoli 1763) ◆

Fam. Gnaphosidae

Gen. *Zelotes* Gistel 1848

Fam. Linyphiidae

Gen. *Trematocephalus* Dahl 1886

Trematocephalus cristatus (Wider 1834)

Fam. Salticidae

Gen. *Salticus* Latreille 1804

Salticus scenicus (Clerck 1757)

Fam. Thomisidae

Gen. *Xysticus* C.L. Koch 1835 ◆

O. Prostigmata

Fam. Bdellidae

Fam. Erythracaridae ◆

O. Pseudoscorpionida ◆

Cl. Insecta

O. Archaeognatha

Fam. Machilidae ■

O. Coleoptera

Fam. Clambidae

Gen. *Calyptomerus* Redtenbacher 1849

Calyptomerus dubius Marsham 1802 ◆

Fam. Corylophidae

Gen. *Sericoderus* Stephens 1829

Sericoderus lateralis (Gyllenhal 1827)

Fam. Cryptophagidae

Gen. *Cryptophagus* Crotch 1873

Fam. Curculionidae ◆

Fam. Dermestidae* ◆

Fam. Lathridiidae

Gen. *Melanophthalma* Motschulsky 1866

Melanophthalma transversalis (Gyllenhal 1827)

Fam. Silvanidae

Gen. *Oryzaephilus* Ganglbauer 1899

Oryzaephilus surinamensis (Linnaeus 1758)

Gen. *Silvanus* Latreille 1804

Silvanus unidentatus (Olivier 1790) ◆

Fam. Staphylinidae

O. Collembola

Fam. Entomobryidae

Gen. *Entomobrya* Rondani 1861

Entomobrya atrocincta Schoett 1897

- O. Dermaptera
 - Fam. Anisolabidiidae
 - Gen. *Euborellia* Burr 1910
 - Euborellia moesta* (Gene 1839) ◆
 - O. Dictyoptera
 - Fam. Blatellidae
 - Gen. *Loboptera* Brunner von Wattenwyl 1865
 - O. Diptera
 - Fam. Chironomidae ◆
 - Fam. Psychodidae ◆
 - O. Embioptera ◆
 - O. Hemiptera
 - Fam. Anthocoridae
 - O. Hymenoptera
 - Fam. Apidae
 - Gen. *Xylocopa* Latreille 1802
 - Xylocopa violacea* (Linnaeus 1758)
 - Gen. *Osmia* Panzer 1806
 - Osmia tricornis* Latreille 1811 ◆
 - Osmia caerulescens* (Linnaeus 1758) ◆
 - Osmia cornuta* (Latreille 1805) ◆?
 - Osmia latreillei* (Spinola 1806) ◆
 - SupFam. Chalcidoidea
 - SupFam. Proctotrupoidea
 - Fam. Formicidae
 - Gen. *Crematogaster* Lund 1831
 - Crematogaster scutellaris* (Olivier 1792)
 - Gen. *Temnothorax* Mayr, 1861
 - Temnothorax recedens* (Nylander, 1856)
 - Gen. *Plagiolepis* Mayr 1861
 - Plagiolepis schmitzi* Forel 1895 ◆
 - Fam. Vespidae
 - Gen. *Eumenes* Latreille 1802
 - Eumenes coarctatus* (Linnaeus 1758) ■
 - O. Lepidoptera
 - Fam. Noctuidae* ◆
 - O. Neuroptera
 - Fam. Chrysopidae* ■
 - O. Psocoptera
 - Fam. Ectopsocidae
 - Fam. Psocidae
 - O. Thysanura
 - Fam. Lepismatidae
- Cl. Malacostraca
- O. Isopoda
 - Fam. Armadillidiidae
 - Gen. *Armadillidium* Brandt & Ratzenburg 1831
 - Armadillidium vulgare* (Latreille 1804)
 - Fam. Porcellionidae
 - Gen. *Porcellio* Latreille 1804
- Phylum Mollusca
- Cl. Gastropoda
- O. Pulmonata
 - Fam. Helicidae
 - Gen. *Cornu* Born 1778
 - Cornu aspersum* (O.F. Muller 1774) ◆
 - Gen. *Otala* Schumacher 1817
 - Otala lactea* (O.F. Muller 1774) ■
 - Fam. Limacidae ◆

Annex II: Materials i construcció de les caixes niu



Figura 1. Diferents materials i substrats utilitzats a les caixes niu. Els materials corresponents a les imatges *a-d* estan preparats per ser ocupats per himenòpters pol·linitzadors, e com a protecció contra el vent i altres fenòmens atmosfèrics i *f-i* per als enemics naturals de plagues.



Figura 2. Aspecte final de la caixa niu de Cas València acabada.

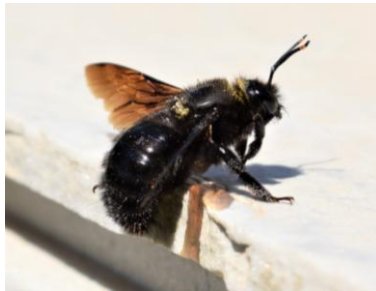


Figura 3. Aspecte final de la caixa niu de la Vila acabada.

Annex III: pol·linitzadors



a. *Xylocopa violacea* a l'interior d'una de les canyes de la caixa niu de l'alzinar.



b. Mascle de *Xylocopa violacea* reposant sobre el sostre de la caixa niu de l'alzinar, possiblement esperant a una femella a la que fecundar.



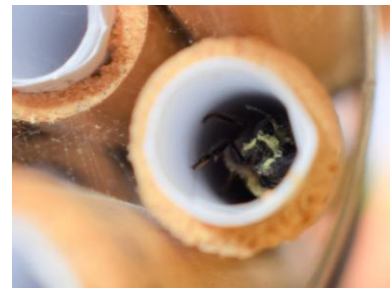
c. Femella de *Xylocopa violacea* inspeccionant una canya per nidificar-hi.



d. *Osmia tricornis* a punt d'entrar a la canya on nidifica de la caixa niu de CV.



e. *Osmia cornuta* acabant el darrer envà terminal que protegeix la seva posta. Zona CV.



f. Femella d'*Osmia caerulescens* en actitud de defensa de la seva posta. Zona CV.



g. *Osmia latreillei* acabant la seva posta a CV.



h. *Osmia latreillei* caçada a CV amb la finalitat de determinar la seva espècie.



i. Una de les espècies (*Rhodanthidium septemdentatum*) presents a FV que interactuaren amb la caixa niu però que no hi nidificaren.



j. *Rhodanthidium sticticum* nidificant a una closca d'*Otala lactea* a la zona de FV, prop de la caixa niu (però no a aquesta).



k. Única posta acabada a la caixa niu de FV. Corresponent a *Osmia cornuta*.



l. Forat realitzat a un dels troncs de la caixa niu de FV per una *Xylocopa violacea*. S'observa el serradís generat durant el procés.

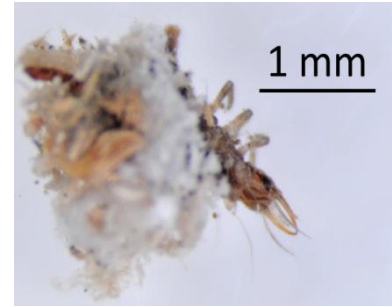
Annex IV: Enemics de plagues



a. Femella d'*Euborellia moesta*, enemic natural de plagues trobat a CV.



b. Posta de Chrysopidae, a pocs metres de la caixa niu de FV.



c. Larva de Chrysopidae, recol·lectada de la palla de la caixa niu de FV.



d. Hemípter de la família Anthocoridae, enemic de plagues i comú a ambdues zones d'estudi.



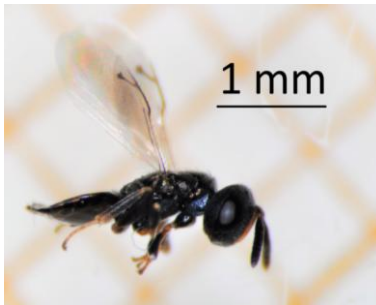
e. Pseudoescorpi, trobat a CV. Enemic natural de plagues.



f. *Coccinella septempunctata* trobada als voltants de CV.



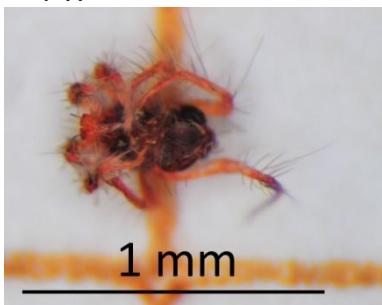
g. *Eumenes coarctatus*, vespa enemiga natural de plagues de lepidòpters. Trobada a FV.



h. Parasitoid de la superfamília Chalcidoidea.



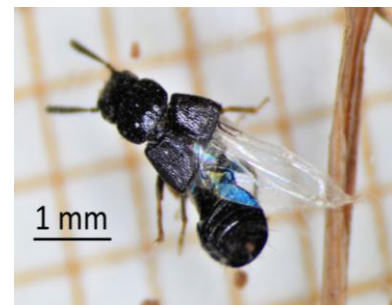
i. Parasitoid de la superfamília Proctotrupoidea.



j. Àcar de la família Erythracaridae, enemic natural de plagues. Trobat únicament a CV.



k. Àcar de la família Bdellidae. Enemic natural de plagues.



l. Un de les moltes espècies d'estafilínids que es trobaren a les caixes niu. Enemic natural de plagues.

Annex V: coleòpters plaga de productes emmagatzemats



a. *Cryptophagus* sp. a la lupa.



b. *Calyptomerus dubius* a la lupa.



c. *Sericoderus lateralis*.



d. *Oryzaephilus surinamensis* (corc dentat dels grans)



e. *Silvanus unidentatus*, sobre una branca de la caixa niu de CV. Mida aproximada: 3 mm.



f. Vista ventral de *Melanophthalma transversalis*.

Annex VI: Hiperdepredadors



a. Proves de la presència d'aràcnids als materials de les caixes niu.



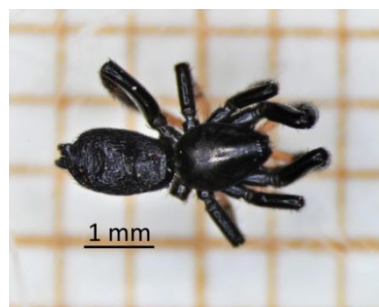
b. *Trematocephalus cristatus*, comú a les dues zones d'estudi.



c. *Salticus scenicus*, comú a les dues zones d'estudi



d. *Harpactea hombergi*. Només trobada a la palla de CV.



e. *Zelotes* sp.



f. *Xysticus* sp., exclusiu de CV.

Annex VII: altres insectes i artròpodes colonitzadors de les caixes niu



a. Isòpode del gènere *Porcellio*.



b. *Armadillidium vulgare*.



c. Lepismàtid.



d. Muda de cicadèl·lid al cartró destinat a la cria de crisopes.



e. *Loboptera* sp., dictiòpter trobat a CV.



f. *Archaeognatha*.



g. Psocòpter, fam. Ectopsocidae



h. Psocòpter, família Psocidae.



i. Embiòpter.



j. *Crematogaster scutellaris* als forats d'un tronc.



k. *Plagiolepis schmitzi*.



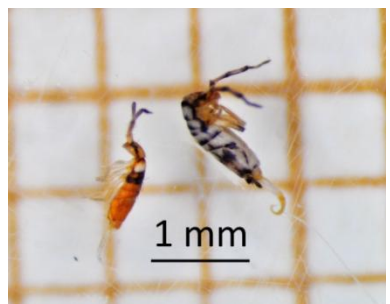
l. *Temnothorax recedens*.



m. Dípter Psicòdid.



n. Dípter Quironòmida. Mascle sense atenes.



o. *Entomobrya atrocincta*, ♂ (esquerra) i ♀ (dreta).