

Comparació entre les poblacions d'insectes pol·linitzadors presents en cultius de plantes aromàtiques i medicinals (PAM) i les poblacions de finques properes representatives dels cultius de la zona

Annex 2a

Dr. Gerard Bota Cabau Grup de Biologia de la Conservació
Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya

Dr. Jordi Artola i Casacuberta
DORCUS, Observatori dels Invertebrats



Nous Escenaris de Producció industrial de Planta aromàtica i medicinal als sistemes agraris tradicionals de Catalunya

Socis del projecte:



Creiem en el valor de l'aigua



Projecte finançat a través de l'Operació 16.01.01
(cooperació per a la innovació) del Programa de Desenvolupament Rural de Catalunya 2014-2020.



Comparació entre les poblacions d'insectes pol·linitzadors presents en cultius de plantes aromàtiques i medicinals (PAM) i les poblacions de finques properes representatives dels cultius de la zona

Introducció

Una de les relacions ecològiques més importants és el procés de la pol·linització, en el qual interaccionen en simbiosi diverses espècies d'insectes i la major part de les angiospermes. L'evolució d'aquests insectes antòfils ha estat lligada i condicionada per l'evolució de les plantes i viceversa (Brusca *et al.*, 2016). Aquestes adaptacions tenen com a funció l'optimització del procés de recol·lecció de pol·len i nèctar per part dels insectes i el desenvolupament de determinades estratègies reproductores en les plantes entomòfiles, destinades a aprofitar la mobilitat i la capacitat pol·linitzadora dels insectes (Bosch, 1989).

No totes les espècies o grups d'espècies presenten la mateixa capacitat pol·linitzadora, sinó que en funció del recurs tròfic que busquin (pol·len, nèctar, olis florals, resines, parts de les flors, etc.) tenen una major o menor incidència en la reproducció de les plantes. A més, hi ha insectes que van a les flors per alimentar-se ells mateixos, altres per alimentar les seves cries i també depredadors que s'alimenten de pol·linitzadors. En aquest sentit, els principals grups taxonòmics que participen en un grau més elevat en la pol·linització són els coleòpters, els lepidòpters, els dípters i els himenòpters (Aguado, *et al.*, 2015).

Cada un d'aquests quatre grups taxonòmics participa en els processos de pol·linització de manera diferent. Així, els coleòpters són els insectes antòfils més primitius i com a mandibulats, no presenten adaptacions específiques. S'alimenten de pol·len, nèctar i diverses estructures florals, i són molt poc mòbils (visiten poques flors per unitat de temps).

Els lepidòpters, tot i que són mòbils, visiten poques flors i només ho fan per alimentar-se del nèctar. Les espècies del grup dels esfíngids estan especialitzades en arribar al nèctar de les flors tubulars profundes i per tant, en són bons pol·linitzadors.

Els dípters visiten les flors a la recerca tant de nèctar com de pol·len i tenen una mobilitat molt alta. La importància dels dípters sol ser molt alta ja que, al menys 71 de les 150 famílies de dípters inclouen espècies que s'alimenten de flors en el seu estat adult (Evenhuis *et al.*, 2008) i més de 550 espècies de plantes són visitades regularment per dípters que en són potencials pol·linitzadors (Larson *et al.*, 2001). Una de les famílies més especialitzades pel que fa a la pol·linització és la dels sírfids.

Ara bé, els pol·linitzadors més freqüents són els himenòpters. D'aquest grup podem separar, per una banda, els himenòpters vespoïdeus (vespes, formigues, escòlids, pompílids, ...) i per l'altra, els himenòpters apoïdeus (abella de la mel, abellots i diverses famílies d'abelles solitàries). Mentre que els vespoïdeus, tot i que són molt mòbils, visiten les flors per alimentar-se de nèctar, els apoïdeus, que tenen unes estructures especialitzades per recollir pol·len i nèctar, van a les

flors per recollir aquest aliment per a les seves larves. Això fa que siguin els principals pol·linitzadors en les zones temperades del planeta (Aguado, *et al.*, 2015).

Durant les properes dècades, es preveu que les poblacions de moltes espècies de pol·linitzadors pateixin una disminució de la seva àrea de distribució provocada pel canvi climàtic (Rasmont *et al.*, 2015). Aquest fet se suma a altres impactes com els canvis en els usos del sòl i en el paisatge, les pràctiques agroromaderes intensives, l'ús de pesticides o l'entrada d'espècies forànies (Obeso & Herrera, 2018). Cal també tenir en compte que les relacions planta-pol·linitzador poden veure's afectades pel canvi de fenologia, tant de plantes com de pol·linitzadors i per un costat, provocar una manca de disponibilitat d'aliment per part dels pol·linitzadors, i per l'altre, disminuir el número potencial de pol·linitzadors que necessiten les plantes, ja siguin espècies generalistes o pol·linitzadors especialitzats (Santamaría & Méndez, 2013).

Mantenir o afavorir una major diversitat d'hàbitats per a pol·linitzadors en els paisatges agrícoles, promoure les pràctiques tradicionals que afavoreixen el paisatge en mosaic o establir la rotació de cultius, són pràctiques de gestió que redueixen els riscos que pateixen els pol·linitzadors i ajuden a millorar els diferents ecosistemes naturals. També cal disminuir l'exposició dels pol·linitzadors als pesticides mitjançant la reducció del seu ús, la recerca de formes alternatives de control de plagues i l'adopció de pràctiques tecnològiques específiques per a l'aplicació de productes als cultius amb l'objectiu de reduir-ne la seva dispersió (IPBES, 2016).

Conèixer quina és la comunitat d'insectes pol·linitzadors en els cultius de plantes aromàtiques i medicinals (PAM), comparar-la amb les poblacions de pol·linitzadors dels cultius o ambients adjacents i valorar la compatibilitat i l'efecte d'aquests cultius en la millora del paisatge i de la biodiversitat, són els principals objectius d'aquest estudi.

Metodologia

Mostreig de pol·linitzadors

L'ús de plats trampa o plats de colors ("pan traps" o "bowl traps" en anglès) és un dels mètodes més utilitzats per monitoritzar pol·linitzadors i especialment abelles (Westphal *et al.*, 2008). Aquest sistema consisteix en col·locar plats de color amb aigua i un líquid que trenqui la tensió superficial. Els pol·linitzadors se senten atrets pels colors i acaben ofegats dins del plat. S'ha comprovat que és un mètode eficient, imparcial i amb un cost-benefici més gran, en comparació amb altres mètodes (Droege, 2009; Droege *et al.*, 2009). Així mateix, s'ha demostrat que és el millor mètode en zones àrides, ja que és simple i eficient per a la captura d'un nombre més gran d'individus.

En el present projecte, s'han utilitzat estructures de plats trampa compostes de dos plats de color (groc i blau) omplertes amb aigua i etilenglicol (conservant). Aquestes trampes es van col·locar a una alçada d'uns 70-80 cm per sobre del nivell del terra utilitzant un pal de reia de ferro (Imatge 1). Després de la seva col·locació, van estar operatives durant una setmana en cada punt de mostreig. Posteriorment, es van recollir les mostres de cada trampa (Imatge 2).

S'han realitzat mostrejos en l'interior de les 2 parcel·les demostratives de cultiu PAM (Castelldans i Sanaüja) i cultius adjacents, un l'any 2021 i l'altre 2022 (Taula 1). El moment del mostreig en els dos anys ha coincidit amb el màxim moment de floració del lavandí. En les parcel·les demostratives s'han col·locat 2 plats trampa. En finques properes i representatives dels cultius de la zona s'han col·locat un total de 4 plats trampa per localitat (Castelldans i Sanaüja). Així doncs, s'han mostrerjat un total de 24 punts, per al conjunt d'anys i punts de mostreig.



Imatge 1: Detall dels plats trampa utilitzats i la seva ubicació en una de les parcel·les d'ametllers.



Imatge 2: Detall de la recollida d'insectes capturats en una de les trampes i de les mostres obtingudes.

Taula 1. Relació de punts de mostreig de pol·linitzadors.

** Aquest punt es va anul·lar ja que les plats es van trobar al terra.*

Any	Zona	Codi mostra	X(long)	Y(lat)	Ús
2021	Castelldans	Alm1	0,812788	41,501519	Ametller
2021	Castelldans	Alm2	0,81282	41,502492	Ametller
2021	Castelldans	Alm3	0,811012	41,502473	Ametller
2021	Castelldans	Alm4	0,812345	41,50098	Ametller
2021	Castelldans	Lav1	0,811951	41,501908	Cultiu PAM
2021	Castelldans	Lav2	0,811997	41,502005	Cultiu PAM
2021	Sanahuja	Cer1	1,269922	41,857824	Cereal
2021	Sanahuja	Cer2	1,273622	41,860426	Cereal
2021	Sanahuja	Gua1	1,272136	41,858564	Guaret
2021	Sanahuja	Gua2	1,272796	41,859171	Guaret
2021	Sanahuja	Lav3	1,272158	41,858712	Cultiu PAM
2021	Sanahuja	Lav4	1,272474	41,858534	Cultiu PAM
2022	Castelldans	Alm1	0,812788	41,501519	Ametller
2022	Castelldans	Alm2	0,81282	41,502492	Ametller
2022	Castelldans	Alm3	0,811012	41,502473	Ametller
2022	Castelldans	Alm4	0,812345	41,50098	Ametller*
2022	Castelldans	Lav1	0,811951	41,501908	Cultiu PAM
2022	Castelldans	Lav2	0,811997	41,502005	Cultiu PAM
2022	Sanahuja	Cer1	1,269922	41,857824	Rostoll
2022	Sanahuja	Cer2	1,273622	41,860426	Rostoll
2022	Sanahuja	Gua1	1,272136	41,858564	Guaret
2022	Sanahuja	Gua2	1,272796	41,859171	Rostoll
2022	Sanahuja	Lav3	1,272158	41,858712	Cultiu PAM
2022	Sanahuja	Lav4	1,272474	41,858534	Cultiu PAM

Protocol identificació del insectes i tractament de les dades

Per a cada una de les mostres recollides, s'ha realitzat una primera separació de tots els individus recol·lectats, classificant-los a nivell taxonòmic d'ordre. Posteriorment han estat determinats a nivell de gènere i ordenats sistemàticament en els diferents famílies corresponents, anotant l'abundància de cada un dels tàxons. Per a la identificació de les mostres s'han utilitzat diferents referències bibliogràfiques, des de guies més generalistes fins a claus d'identificació especialitzades (p.e., Barrientos, 2004; Haupt & Haupt, 2000; Lebas et al., 2017; Michener, 2007; Michez et al., 2019; Mingo, 1994; Oosterbroek, 2006; Pauly, 2015; Veen, 2004; Verdugo, 2005; Warchalowski, 2003).

Tenint en compte la tipologia de mostreig utilitzada, el grup dels lepidòpters, tot i ser uns bons pol·linitzadors, no s'ha tingut en compte, ja que només cauen de forma accidental als plats de colors. Hi ha altres grups d'artròpodes que no es consideren pol·linitzadors o pol·linitzadors eficients i que també es recullen en aquestes trampes (aràcnids, ortòpters, hemípters,

tisanòpters, ...), però la seva captura és sempre esporàdica i per aquest motiu, no s'han tingut en compte a l'hora d'analitzar les dades. Per tant, els grups d'insectes que han estat identificats a nivell taxonòmic de gènere han estat els coleòpters (Ordre Coleoptera), els dípters (Ordre Diptera) i els himenòpters (Ordre Hymenoptera).

A partir de la mida mitjana de cada un dels individus recol·lectats i segons la metodologia proposada per Hódar (1997), s'ha estimat el pes dels insectes, obtenint un valor de biomassa per a cada localitat i grup taxonòmic. Per determinar la biodiversitat biològica de cada un dels punts de mostreig, s'ha utilitzat l'índex de Shannon que no només té en compte la riquesa d'espècies, sinó que la relaciona amb l'abundància relativa de cada una d'elles, donant un valor del grau d'equilibri de l'ecosistema (Magurran, 1989).

Resultats i discussió

La metodologia utilitzada en el mostreig de camp al llarg dels anys 2021 i 2022, ha permès la identificació de 4.662 individus pertanyents a 151 gèneres inclosos en 65 famílies diferents (Annex 1). El número de famílies i gèneres dels tres ordres determinats (Coleoptera, Diptera i Hymenoptera) per a cada una de les localitats i mostres obtingudes es pot veure a la taula 2. Les dades de riquesa de tàxons i d'abundància s'han calculat amb el global de les mostres recollides durant els dos anys de mostreigs i així, s'ha minimitzat l'efecte de les condicions meteorològiques a l'hora de comparar les diferents parcel·les estudiades.

Taula 2. Dades del número de famílies i de gèneres observats en cada una de les sis parcel·les de seguiment i valors d'abundància de cada categoria. Valors totals i per a cada ordre. El grup dels apoïdeus està inclòs dins els himenòpters i engloba abellots, abella de la mel i abelles solitàries. (Fam-Família; Gèn-Gènere; Ind-número d'individus)

	TOTAL			COLEOPTERA			DIPTERA			HYMENOPTERA			APOIDEA		
Parcel·les	Fam.	Gèn.	Ind.	Fam.	Gèn.	Ind.	Fam.	Gèn.	Ind.	Fam.	Gèn.	Ind.	Fam.	Gèn.	Ind.
LAV Sanaüja	44	76	1.593	16	22	1.174	11	22	216	18	32	203	5	11	93
CER Sanaüja	37	70	996	13	24	640	10	19	228	14	27	128	2	5	98
GUA Sanaüja	38	64	946	14	24	616	9	15	186	15	25	144	5	8	107
LAV Castellldans	42	59	520	13	19	362	15	17	61	14	23	97	5	10	79
ALM1 Castellldans	34	52	277	14	21	127	10	13	30	10	18	120	3	6	98
ALM2 Castellldans	36	48	330	14	22	80	13	14	35	9	12	215	4	5	202

LAV: lavanda CER: cereals GUA: guaret ALM: ametllers

Tal com es pot observar a la taula 2 i a les figures 1 i 2, tant en les parcel·les de Sanaüja com en les de Castellldans, els punts amb més número de gèneres localitzats i amb més abundància de pol·linitzadors han estat les parcel·les PAM. A Sanaüja (Figura 1), a les parcel·les PAM, s'han arribat a detectar 76 gèneres diferents amb un total de 1.593 individus, mentre que en les altres

finques properes, de cereals i guarets, els valors no han passat de 70 gèneres i de 1.000 individus. Aquest elevat nombre d'individus ha quedat monopolitzat per uns escarabats de la família dels mordèl·lids (Mordellidae) molt abundants en totes les trames. A les finques de Castellldans (Figura 2), les dades segueixen un patró molt semblant, essent les parcel·les PAM les més riques en gèneres detectats i en abundància d'insectes. A les PAM, 59 gèneres i 520 individus enfront dels 50 gèneres i 300 individus de les altres parcel·les properes a les PAM.

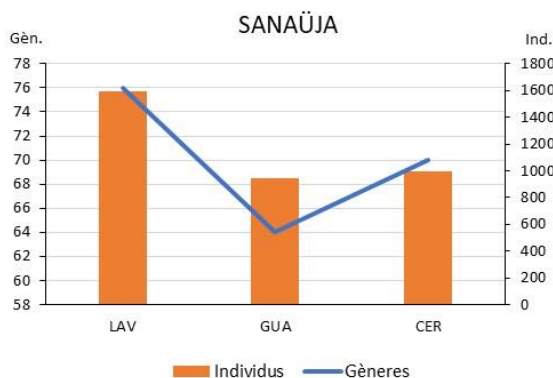


Figura 1. Número d'individus total de pol·linitzadors i gèneres als quals pertanyen per a les tres parcel·les presents a la localitat de Sanaüja (LAV-Lavanda; GUA-Guaret; CER-Cereal).

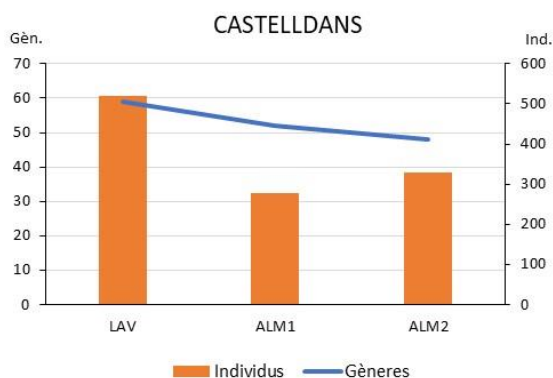


Figura 2. Número d'individus total de pol·linitzadors i gèneres als quals pertanyen per a les tres parcel·les presents a la localitat de Castellldans (LAV-Lavanda; ALM-Ametller).

Les dades en funció de cada un dels grups estudiats (Figures 3 i 4), permeten veure que pel que fa a la riquesa de grups taxonòmics, a les parcel·les PAM els valors per als dípters i per als himenòpters són superiors als de les altres parcel·les estudiades i només en el cas del coleòpters, les dades de riquesa taxonòmica són una mica inferiors. Tot i així, en relació a l'abundància, és al contrari, mentre a per als coleòpters els valors són molt més alts a les PAM, per a dípters i himenòpters són més elevats a les finques de guarets, cereals o ametllers.

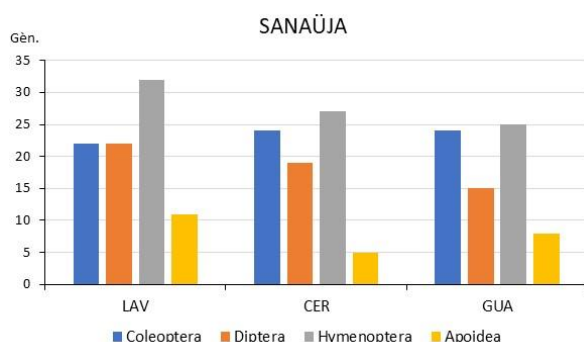


Figura 3. Número de gèneres dels diferents grups taxonòmics estudiats a les tres parcel·les presents a la localitat de Sanaüja (LAV-Lavanda; GUA-Guaret; CER-Cereal).

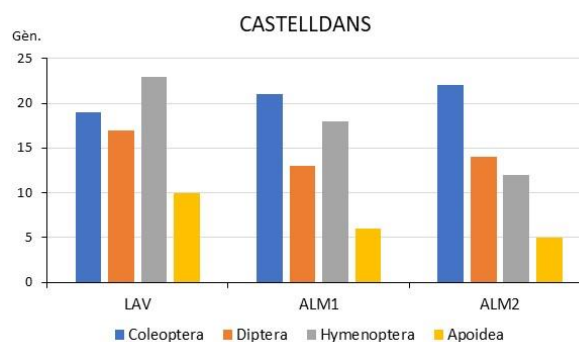


Figura 4. Número de gèneres dels diferents grups taxonòmics estudiats a les tres parcel·les presents a la localitat de Castellldans (LAV-Lavanda; ALM-Ametller).

Els coleòpters són el grup de pol·linitzadors menys especialitzat i moltes vegades s'acumulen en gran quantitat en determinades espècies de plantes, moltes vegades en flors d'umbel·líferes, rosàcies o asteràcies. Per contra, els dípters i sobretot els himenòpters estan més especialitzats en la recollida de pol·len i nèctar de lleguminoses i lamiàcies, fet que apunta a que les parcel·les PAM, amb molta lavanda i lavandí, atrauen més diversitat d'espècies de dípters i himenòpters, encara que els valors absoluts d'abundància no siguin els més elevats. En aquest sentit, també hi ha un biaix relacionat amb la metodologia emprada, ja que tant coleòpters, com dípters petits, per la seva manera de desplaçar-se queden més fàcilment atrapats en els plats de colors que no pas molts dels himenòpters, almenys en relació a l'abundància.

Tenint en compte aquest grau d'especialització en la recollida de productes florals, el grup dels apoïdeus, està molt més ben representat en riquesa de gèneres a les parcel·les amb plantes aromàtiques i medicinals que en les altres parcel·les adjacents (Figures 5 i 6).

APOIDEA SANAÜJA

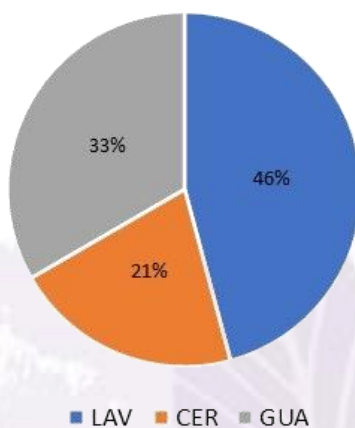


Figura 5. Percentatges dels himenòpters apoïdeus presents a cada una de les tres parcel·les presents a la localitat de Castellldans (LAV-Lavanda; ALM-Ametller).

APOIDEA CASTELLDANS

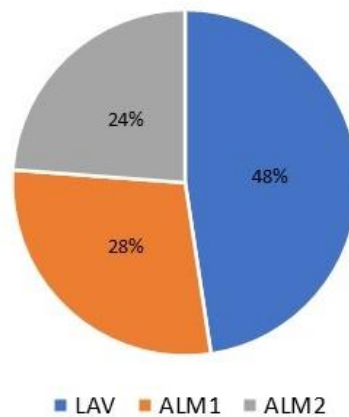


Figura 6. Percentatges dels himenòpters apoïdeus presents a cada una de les tres parcel·les presents a la localitat de Sanaüja (LAV-Lavanda; GUA-Guaret; CER-Cereal).

A les parcel·les PAM de Sanaüja s'han localitzat fins a 11 gèneres diferents d'apoïdeus englobats en les famílies Andrenidae, Apidae, Colletidae, Halictidae i Megachilidae que són els tàxons amb més diversitat d'espècies especialitzades en la pol·linització de plantes amb flors. A Castellldans s'han detectat 10 gèneres diferents a les PAM mentre que només cinc o sis en les finques amb ametllers.

En relació a la biomassa estimada per a cada un dels grups taxonòmics estudiats i a les diferents finques on s'ha realitzat el seguiment, els resultats mostren que les parcel·les PAM acumulen una major biomassa que qualsevol de les altres parcel·les (Taula 3 i Figures 7 i 8). A Sanaüja, els valors de biomassa de pol·linitzadors estan un 32,5% més alts que a les finques del voltant

mentre que a Castelldans, la biomassa de pol·linitzadors de les parcel·les PAM és gairebé el doble que la de les finques d'ametllers.

Taula 3. Biomassa total expressada en mg dels individus pertanyents als tres ordres estudiats col·lectats en les parcel·les de les dues localitats estudiades

(LAV-Lavanda; CER-Cereal; GUA-Guaret; ALM-Ametller).

LOCALITAT	PARCEL·LES	COLEOPTERA (mg)	DIPTERA (mg)	HYMENOPTERA (mg)	TOTAL (mg)
SANAÜJA	LAV	2.966,4	408,2	1.076,4	4.451,1
	CER	1.953,5	281,8	1.126,3	3.361,6
	GUA	1.662,2	241,5	1.179,6	3.083,3
CASTELLDANS	LAV	2.121,0	93,0	760,5	2.974,5
	ALM1	390,1	31,5	1.088,2	1.509,8
	ALM2	257,1	76,7	1.348,8	1.682,6
TOTAL		9.141,5	1.118,0	6.518,1	16.777,6

Exceptuant el grup dels himenòpters, tant en el cas dels dípters com en el dels coleòpters, les biomasses també són més altes a les finques PAM. A Sanaüja, aquests valors de biomassa, en el cas dels himenòpters, es veuen afectats per la presència d'individus del gènere *Megascolia*, una vespa molt gran de més de 35 mm que no s'ha localitzat a les PAM i en canvi sí que s'han trobat individus en les altres parcel·les. Cal tenir en compte, que cada una d'aquestes vespes té el mateix pes que 45 individus d'una altra espècie que estigui a la mitjana de pes.

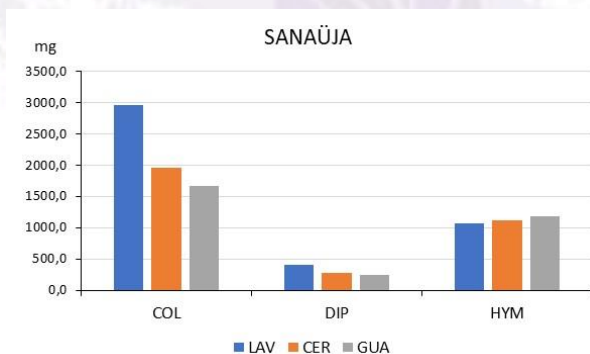


Figura 7. Comparativa de la biomassa total de les parcel·les mostrejades a Sanaüja per als tres grups taxonòmics estudiats (LAV-Lavanda; GUA-Guaret; CER-Cereal).

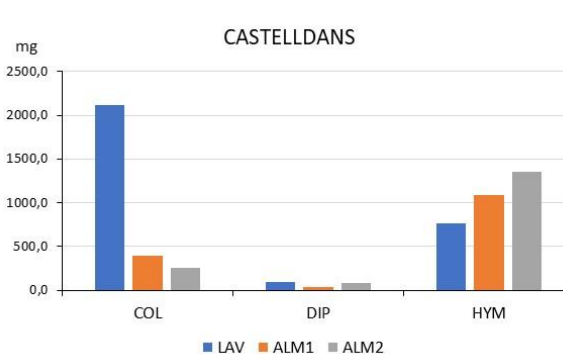


Figura 8. Comparativa de la biomassa total de les parcel·les mostrejades a Castelldans per als tres grups taxonòmics estudiats (LAV-Lavanda; ALM-Ametller).

Tot i que els insectes pol·linitzadors no són un recurs tròfic important per als ocells estèpics de la zona (Bravo *et al.*, 2017, Cabodevilla *et al.*, 2021) els alts valors de biomassa observats a les parcel·les PAM, són un bon indicador de l'estat de l'ecosistema i de la possible presència d'altres insectes que sí són aliment d'aquestes aus que al llarg de les darreres dècades han patit davallades poblacionals importants.

Pel que fa als valors de l'índex de Shannon, cal tenir en compte que, en ambients naturals, es troben entre 0,5 i 5, considerant-se que per sota de 2 la diversitat biològica és baixa i per sobre de 3 es pot considerar que l'ecosistema presenta una elevada diversitat.

Els valors de l'índex de Shannon en les diferents parcel·les estudiades (Taula 4), són molt variables i estan molt influenciats per l'elevada abundància d'un sol tàxon. Aquest fet s'observa clarament en els coleòpters, on el gènere *Mediimorda* (Família Mordellidae) amb 2.200 individus col·lectats, representa gairebé la meitat de l'abundància total. Així, en les parcel·les on aquest gènere és molt abundant (el cas de la localitat de Sanaüja), els valors de diversitat també són especialment baixos. En els dípters la diversitat biològica és més alta en les parcel·les PAM que en les altres, i en els himenòpters, mentre que a Sanaüja els valors són molt semblants a les tres finques, a Castellldans, l'índex de Shannon és també més elevat a les finques PAM. Els valors globals de diversitat, també es veuen molt afectats per l'elevada abundància del gènere *Mediimorda* i per això, en les parcel·les PAM, que és on hi ha més abundància d'aquest gènere d'escarabats, els valors de diversitat surten més baixos que en la major part de les altres finques.

Taula 4. Valors de l'índex de Shannon referents a la diversitat biològica de les diferents parcel·les mostrejades i per al total de cada un dels ordres estudiats.

(LAV-Lavanda; CER-Cereal; GUA-Guaret; ALM-Ametller)

LOCALITAT	PARCEL·LES	COLEOPTERA	DIPTERA	HYMENOPTERA	TOTAL	
SANAÜJA	LAV	0,92	3,35	3,17	2,63	3,15
	CER	1,81	3,00	2,89	3,50	
	GUA	1,25	2,97	3,21	3,16	
CASTELLDANS	LAV	2,19	3,68	3,27	3,75	4,41
	ALM1	2,77	3,42	2,79	4,23	
	ALM2	3,48	3,28	2,01	3,74	

Si en comptes de mirar la diversitat biològica en funció de cada parcel·la en fixem en el global del paisatge, és a dir, mirem l'índex de Shannon per al global de cada localitat, observem que els valors obtinguts són molt alts. A Sanaüja s'arriba a un valor de 3,15 i a Castellldans, s'assoleix la diversitat biològica més elevada que a qualsevol parcel·la per separat (4,41). Aquest fet indica que el paisatge en mosaic, que combina diferents tipologies de conreus, amb marges de camps i sobretot, amb la inclusió de parcel·les de plantes aromàtiques i medicinals, és una de les millors fórmules per millorar la diversitat biològica d'aquest grup funcional, però també de tota la fauna auxiliar relacionada amb els pol·linitzadors.

Conclusions

Les parcel·les PAM tant a Sanaüja com a Castellldans són les que han mostrat uns valors de riquesa i abundància d'insectes pol·linitzadors més elevats, en relació a les finques dels voltants.

Els grups de pol·linitzadors especialitzats, com són els dípters i els himenòpters, també presenten una major riquesa de grups taxonòmics a les parcel·les PAM. Dins dels himenòpters,

el grup de les abelles solitàries té una presència molt elevada en aquestes finques amb plantes aromàtiques i medicinals.

L'estima de la biomassa dels pol·linitzadors col·lectats en aquestes parcel·les ha permès determinar que on es concentra la major part de la biomassa total és a les parcel·les PAM i que per tant, poden representar un recurs tròfic útil per a altres animals, ja siguin invertebrats com vertebrats. Encara que aquest insectes pol·linitzadors no són importants en la dieta dels ocells estèpics, sí que són uns bons indicadors de l'estat de l'ambient i mostren la possible presència d'altres insectes que sí que complementen la dieta d'aquests ocells amenaçats.

La diversitat biològica expressada en l'índex de Shannon, se situa per sobre de 3 en la major part de parcel·les. Només en les finques amb valors d'abundància molt alts per un sol tàxon, la diversitat baixa. En general, per als grups de dípters i himenòpters la diversitat biològica és més alta en les parcel·les PAM que no en la resta.

Els alts valors de l'índex de Shannon per a les finques en el seu conjunt, suggereixen que un paisatge en mosaic, amb la incorporació de parcel·les de plantes aromàtiques i medicinals, és una excel·lent tipologia de gestió per a aquests ambients estèpics, on hi augmenta la biodiversitat i les relacions entre els diferents grups funcionals de fauna, des d'espècies d'invertebrats, fins als vertebrats que es troben en els nivells més alts de la xarxa tròfica.

Referències

- Aguado, L. O., Fereres, A. & Viñuela, E. 2015. *Guía de campo de los polinizadores de España*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. 341 pp.
- Barrientos, J. A. (ed.). 2004. *Curso práctico de entomología*. CIBIO-AeE_UAB, Alicante-Bellaterra. 947 pp.
- Bosch, J. 1989. *L'estratègia biològica: l'activitat pol·linitzadora*. A: Folch, R. (Coord.). Artròpodes II. Història Natural dels Països Catalans Vol. 10. Enciclopèdia Catalana. Barcelona.
- Bravo, C., Cuscó, F., Morales, M. & Mañosa, S. 2017. Diet composition of a declining steppe bird the Little Bustard (*Tetrax tetrax*) in relation to farming practices. *Avian Conserv. Ecol.*, 12(1): 1-13. <https://doi.org/10.5751/ACE-00938-120103>.
- Brusca, R. C., Moore, W. & Shuster, S. M. 2016. *Invertebrates*. Third Edition. Sinauer Associates, Inc. Massachusetts. 1104 pp.
- Cabodevilla, X., Mougeot, F., Bota, G., Mañosa, S., Cuscó, S., Martínez-García, J., Arroyo, B. & Madeira M. J. 2021. Metabarcoding insights into the diet and trophic diversity of six declining farmland birds. *Scientific Reports*, 11: 21131.
- Droege, S. (Comp). 2009. *The Very Handy Manual: How to Catch and Identify Bees and Manage a Collection*. USA. 71 pp.
- Droege, S., Tepedino, V. J., Lebuhn, G., Link, W., Minckley, R. L., Chen, Q. & Conrad, C. 2009. Spatial patterns of bee captures in North American bowl trapping surveys. *Insect Conservation and Diversity*, 3: 15-23.
- Evenhuis, N. L., T. Pape, A.C. Pontand, F.C. Thomposon (Eds.). 2008. *Biosystematic Database of World Diptera, Version 10*. <http://www.diptera.org/biosys.htm>
- Haupt, J. & Haupt, H. 2000. *Guide des mouches et des moustiques. L'identification des espèces européennes*. Delachaux et Niestlé, Lausanne. 352 pp.
- Hódar, J. A. 19997. The use of regression equations for estimation of prey length and biomass in diet studies of insectivore vertebrates. *Misc. Zool.*, 20:2: 1-10.

- IPBES, 2016. *Pollinators vital to our food supply under Threat*. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. <https://bit.ly/3TClymu>
- Larson, B. M. H., Kevan, P. G. & Inouye, D. W. 2001. Flies and flowers: The taxonomic diversity of anthophiles and pollinators. *Canadian Entomologist*, 133(4): 439-465.
- Lebas, C., Galkowski, C., Blatrix, R. & Wegnez, P. 2017. *Guía de campo de las hormigas de Europa occidental*. Ediciones Omega, Barcelona. 415 pp.
- Magurran, A. E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones Vedral. Barcelona. 200 pp.
- Michener, C. D. 2007. *The Bees of the World*. John Hopkins University Press, Baltimore. 992 pp.
- Michez, D., Rasmont, P., Terzo, M. & Vereecken, N. J. 2019. *Bees of Europe. Hymenoptera of Europe, 1*. NAP Editions. 547 pp.
- Mingo, E. 1994. *Hymenoptera: Chrysididae*. A: Fauna Ibérica, vol. 6. Ramos, M.A. et al. (Eds.). Museo Nacional de Ciencias Naturales. CSIC. Madrid. 255 pp.
- Obeso, J. R. & Herrera, J. M. 2018. Polinizadores y cambio climático. *Ecosistemas*, 27(2): 52-59.
- Oosterbroek, P. 2006. *The European Families of the Diptera. Identification, Diagnosis & Biology*. KNNV Uitgeverij. Zeist. 208 pp.
- Pauly, A. 2015. Clés illustrées pour l'identification des abeilles de Belgique et des regions limitrophes (Hymenoptera: Apoidea). I. Halictidae. Document de Travail du Projet BELBEES. 118 pp.
- Rasmont, P., Franzén, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S. P. M., Biesmeijer, J. C., Castro, L., Cederberg, B., Dvorák, L., Fitzpatrick, Ú., Gonseth, Y., Haubruge, E., Mahé, G., Manino, A., Michez, D., Neumayer, J., Ødegaard, F., Paukkunen, J., Pawlikowski, T., Potts, S. G., Reemer, M., Settele, J., Straka, J. & Schweiger, O. 2015. *Climatic Risk and Distribution Atlas of European Bumblebees*. Biorisk 10 (Special Issue). 246 pp.
- Santamaría, S. & Méndez, M. 2013. Cómo conservar las interacciones entre polinizadores y plantas en ecosistemas de alta montaña con la ayuda de la teoría de redes complejas. A: Proyectos de investigación en parques nacionales: convocatoria 2009-2012. 111-122 pp. Organismo Autónomo de Parques Nacionales.
- Veev, M. P. van. 2004. *Hoverflies of Northwest Europe. Identification keys to the Syrphidae*. KNNV Uitgeverij. Zeist. 247 pp.
- Verdugo, A. 2005. *Fauna de Buprestidae de la Península Ibérica y Baleares (Coleoptera)*. Argania Editio. Barcelona. 350 pp.
- Westphal, C., Bommarco, R., Carre, G., Lamborn, E., Morison, N., Petanidou, T., ... Steffan-Dewenter, I. (2008). Measuring bee diversity in different habitats European habitats and Biogeographical Regions. *Ecological Monographs*, 78(4), 653–671. <https://doi.org/10.1890/07-1292.1>

ANNEX 1: Relació, ordenada sistemàticament, de tots els gèneres d'insectes pol·linitzadors col·lectats a les diferents parcel·les d'estudi indicant per a cada tàxon la seva abundància (LAV-Lavanda; CER-Cereal; GUA-Guaret; ALM-Ametller; SAN-Sanaüja; CAS-Castelldans).

GRUPS TAXONÒMICS	LAV1 SAN	LAV2 SAN	CER1 SAN	CER2 SAN	GUA1 SAN	GUA2 SAN	LAV1 CAS	LAV2 CAS	ALM1 CAS	ALM2 CAS	ALM3 CAS	ALM4 CAS	TOTAL
COLEOPTERA	617	557	413	227	430	186	187	175	94	33	30	50	2.999
Anobiidae						1							1
<i>Stegobium</i>						1							1
Buprestidae	13	16	22	4	20	6	1	6	6	1	8	4	107
<i>Acmaeodera</i>			7	1	5								13
<i>Acmaeoderella</i>	1	1	2					1	4		3	1	13
<i>Agrilus</i>	8	3	8	3	3	3		4			3	1	36
<i>Anthaxia</i>	4	12	5		12	3	1	1	2	1	2	1	44
<i>Coraeus</i>												1	1
Cantharidae	3	2	1	1			99	81					187
<i>Rhagonycha</i>	3	2	1	1			9	8					187
Cerambycidae	1	1	2		1	1			1			2	9
<i>Chlorophorus</i>			1										1
<i>Clytus</i>									1			2	3
<i>Stenopterus</i>	1	1	1										3
<i>Stenurella</i>					1	1							2
Chrysomelidae	4		5		1	2	11	8	3	1		20	55
<i>Bruchidius</i>	4		1		1		1	8					25
<i>Chrysocephalus</i>			3						2	1		20	26
<i>Crepidodera</i>									1				1
<i>Crioceris</i>						1							1
<i>Oulema</i>			1			1							2
Cleridae	18	3	23	3	4	8	1	3	3	1		1	68
<i>Trichodes</i>	18	3	23	3	4	8	1	3	3	1		1	68
Coccinellidae		2	2	3	3		1	1	3	3		1	19
<i>Adonia</i>		1	1		1			1	1	1			6
<i>Coccinella</i>							1		2	2		1	6
<i>Hyperaspis</i>			1										1
<i>Scymnus</i>		1		3	2								6
Corylophidae							1						1
<i>Sericoderus</i>							1						1
Curculionidae	1				1				4	1	1		8
<i>Larinus</i>	1				1				4	1	1		8
Dermestidae							1						1
<i>Dermestes</i>							1						1
Elateridae										1			1
<i>Cardiophorus</i>										1			1
Histeridae							1	2					3
<i>Saprinus</i>							1	2					3
Lampyridae		1	1		2	3							7
<i>Nyctophila</i>		1	1		2	3							7
GRUPS TAXONÒMICS	LAV1 SAN	LAV2 SAN	CER1 SAN	CER2 SAN	GUA1 SAN	GUA2 SAN	LAV1 CAS	LAV2 CAS	ALM1 CAS	ALM2 CAS	ALM3 CAS	ALM4 CAS	TOTAL
Malachiidae		1	1		1								3

<i>Axinotarsus</i>		1	1		1								3
Meloidae				1				3			2		6
<i>Mylabris</i>				1							1		2
<i>Nemognatha</i>								3			1		4
Melyridae		2					6	2		5	1	15	31
<i>Psilothrix</i>		2					6	2		5	1	15	31
Mordellidae	570	526	350	210	392	161	54	64	67	19	14	2	2.429
<i>Mediimorda</i>	539	497	281	173	374	142	47	61	51	18	12	1	2196
<i>Mordella</i>		7	5	17	5	7			1		1		43
<i>Mordellistena</i>	9	6	15	7	3	4	4	3	12		1	1	65
<i>Variimorda</i>	22	16	49	13	10	8	3		3	1			125
Nitidulidae		1			1			2				1	5
<i>Brassicogethes</i>		1											1
<i>Meligethes</i>					1			2				1	4
Oedemeridae	3	1	4	5	2	1		1		1	1		19
<i>Oedemera</i>	3	1	4	5	2	1		1		1	1		19
Phalacridae									1			2	3
<i>Tolyphus</i>									1			2	3
Scarabaeidae	2		1			3	11	5	2		1	1	26
<i>Oxythyrea</i>	2					2	8	4	1		1	1	19
<i>Protaetia</i>						1							1
<i>Tropinota</i>			1				3	1	1				6
Staphylinidae	1		1		2				1		2	1	8
<i>Atheta</i>											1		1
<i>Carpelimus</i>			1										1
<i>Othius</i>					1						1		2
<i>Philonthus</i>	1				1							1	3
<i>Platystethus</i>									1				1
Tenebrionidae	1	1											2
<i>Alphitophagus</i>	1	1											2
DIPTERA	98	118	168	60	96	90	49	12	19	11	18	17	756
Anthomyiidae			2				1						3
Antomid			2				1						3
Bibionidae							1	2					3
<i>Dilophus</i>							1	2					3
Bombyliidae					7			1	1	1	1		11
Bombilid								1					1
<i>Bombylius</i>										1	1		2
<i>Lomatia</i>									1				1
<i>Villa</i>					7								7
Calliphoridae	5	12	1	2	4	3	6					1	34
<i>Calliphora</i>	2	6			1	3							12
<i>Lucilia</i>	1												1
<i>Pollenia</i>		1			3		4						8
GRUPS TAXONÒMICS	LAV1 SAN	LAV2 SAN	CER1 SAN	CER2 SAN	GUA1 SAN	GUA2 SAN	LAV1 CAS	LAV2 CAS	ALM1 CAS	ALM2 CAS	ALM3 CAS	ALM4 CAS	TOTAL
<i>Rhyncomyia</i>	2	4	1	2								1	10
<i>Sarcophaga</i>		1					2						3
Cecidomyiidae	3							3	1		1		8
Cecidomid	3							3	1		1		8

Chloropidae	25	33	92	16	42	39	9	4	6	4	1	1	272
Chloropid	10	16	54	3	28	27	3	2	3	2			148
Oscinellid	15	17	38	13	14	12	6	2	3	2	1	1	124
Conopidae	3	2	2	3						2	1		13
Conopid	3	2	2	3						2	1		13
Dolichopodidae									1		1	1	3
<i>Dolichopus</i>									1		1	1	3
Drosophilidae							1						1
<i>Drosophila</i>							1						1
Empididae											2		2
<i>Empis</i>											2		2
Ephydriidae							1						1
<i>Discomyza</i>							1						1
Fanniidae	20	28	29	15	15	13	9					1	130
<i>Fannia</i>	2	2	2	1	1	1	9					1	130
Muscidae	16	13	11		9	14	7		2	1	2	1	76
<i>Musca</i>	15	13	10		9	13	7		2	1	1	1	72
Muscid											1		1
<i>Neomyia</i>			1			1							2
<i>Phaonia</i>	1												1
Phoridae		9	5	3	3	4	6	2	1	3	1	3	40
Forid		1	2	1		3							7
<i>Megaselia</i>		8	3	2	3	1	6	2	1	3	1	3	33
Platystomatidae							1						1
<i>Platystoma</i>							1						1
Scathophagidae				1	2		2		2		3	7	17
Escatofagid				1	2		2		2		3	7	17
Sepsidae	1	2											3
<i>Sepsis</i>	1	2											3
Simulidae		2											2
<i>Simulium</i>		2											2
Syrphidae	3	2	7	3	1	2	1		2		4	2	27
<i>Cheilosia</i>			1										1
<i>Eristalis</i>	2												2
<i>Eupeodes</i>			1				1				4	2	8
<i>Ferdinandea</i>					1								1
<i>Paragus</i>									1				1
<i>Parhelophilus</i>				1									1
<i>Sphaerophoria</i>		2	5	1		2			1				11
<i>Syritta</i>	1												1
<i>Xanthogramma</i>				1									1
GRUPS TAXONÒMICS	LAV1 SAN	LAV2 SAN	CER1 SAN	CER2 SAN	GUA1 SAN	GUA2 SAN	LAV1 CAS	LAV2 CAS	ALM1 CAS	ALM2 CAS	ALM3 CAS	ALM4 CAS	TOTAL
Tachinidae	22	15	19	17	13	15	4				1		106
<i>Cylindromyia</i>		1											1
<i>Dexia</i>	1	1											2
Fasid			3	3									6
<i>Tachina</i>				1	1								2
Taquinid	2	1	1	1	1	1	4				1		95
Tephritidae									3				3

<i>Orellia</i>									3				3
HYMENOPTERA	87	116	75	53	94	50	46	51	58	62	128	87	907
Andrenidae	1					1	12	13	22	22	29	43	143
<i>Andrena</i>	1					1		2	2	1			7
<i>Panurgus</i>							12	11	20	21	29	43	136
Apidae	1	2	5	1	5	6	1	4	4	4	7	2	42
<i>Anthophora</i>								1					1
<i>Apis</i>		1						2	3	4	7	2	19
<i>Bombus</i>								1	1				2
<i>Ceratina</i>	1		3		4	1							9
<i>Eucera</i>			2	1	1	5	1						10
<i>Nomada</i>		1											1
Bethylidae		1						3	1				5
<i>Holepyris</i>		1						3	1				5
Chalcididae	1	2		1									4
<i>Brachymeria</i>	1	1		1									3
<i>Lasiochalcidia</i>		1											1
Chrysididae	3	1	2	4		1				1			12
<i>Chrysis</i>	1			2		1							4
<i>Chrysura</i>				1						1			2
<i>Hedychridium</i>	2	1	2	1									6
Colletidae		1				1	2	1					5
<i>Hylaeus</i>		1				1	2	1					5
Crabronidae	2		3		1	2	1	2			1		12
<i>Crossocerus</i>						1					1		2
<i>Ectemnius</i>					1								1
<i>Miscophus</i>	1		1				1	2					5
<i>Oxybelus</i>	1		2			1							4
Eulophidae	5		1			1							7
<i>Omphale</i>	4					1							5
<i>Tetrastichus</i>	1		1										2
Formicidae	1			3	1	9	1	1	2	1	1		20
<i>Dolichoderus</i>						2							2
<i>Formica</i>				2				1	1		1		5
<i>Myrmica</i>	1				1								2
<i>Tapinoma</i>							1		1				2
<i>Tetramorium</i>				1		7				1			9
Gasteruptiidae				1					1				2
GRUPS TAXONÒMICS	LAV1 SAN	LAV2 SAN	CER1 SAN	CER2 SAN	GUA1 SAN	GUA2 SAN	LAV1 CAS	LAV2 CAS	ALM1 CAS	ALM2 CAS	ALM3 CAS	ALM4 CAS	TOTAL
<i>Gasteruption</i>				1					1				2
Halictidae	41	44	55	37	73	18	22	21	17	29	82	38	477
<i>Halictus</i>	27	18	33	22	47	13	11	3	5	6	16	6	207
<i>Lasioglossum</i>	9	17	20	15	19	4	11	18	12	23	66	32	246
<i>Nomioides</i>	4	8	2		7	1							22
<i>Sphecodes</i>	1	1											2
Heloridae			2										2
<i>Helorid</i>			2										2
Ichneumonidae	1	1			3	4	1		1	1	1	2	15
<i>Ichneumon</i>		1				2	1			1		2	7

Ichneumonid 1											1		1
Ichneumonid 2					1				1				2
<i>Ophion</i>	1				2	2							5
Megachilidae		3			1	2	1	2			1		10
<i>Anthidium</i>		2					1	2					5
<i>Lithurgus</i>											1		1
<i>Megachile</i>		1			1	2							4
Pompilidae		3	2				2						7
<i>Caliadurgus</i>			1				1						2
<i>Dipogon</i>		3	1				1						5
Pteromalidae	23	49		3	7			2	8	1	3	2	98
<i>Pachycrepoideus</i>					1								1
<i>Pteromalus</i>	23	49		3	6			2	8	1	3	2	97
Scelionidae								1					1
Scelionid								1					1
Scoliidae	5	7	3	1	2	3	2	1	2	3	3		32
<i>Colpa</i>		1	1				1						3
<i>Dasyscolia</i>			1					1		1	2		5
<i>Megascolia</i>	4	5		1		3			2				15
<i>Scolia</i>	1	1	1		2		1			2	1		9
Sphecidae	1	2	2	1									6
Esfecid 1	1	1											2
Esfecid 2		1											1
Esfecid 3				1									1
<i>Podalonia</i>			1										1
<i>Sphex</i>			1										1
Tenthredinidae						1							1
<i>Athalia</i>						1							1
Vespidae	2			1	1	1	1						6
<i>Ancistrocerus</i>	1												1
<i>Eumenes</i>	1												1
<i>Euodynerus</i>							1						1
<i>Polistes</i>				1	1	1							3
TOTAL	802	791	656	340	620	326	282	238	171	106	176	154	4.662