

# Valoració de la implantació de noves poblacions translocades de l'endemisme ibèric altament amenaçat de la flora espanyola *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* (Cistaceae)

Josep Chenoll Garcia<sup>1</sup>, Andreu Bonet<sup>1</sup> & P. Pablo Ferrer-Gallego<sup>2</sup>

1. Departament d'Ecologia, Universitat d'Alacant, Ctra. de Sant Vicent del Raspeig s/n 03690 Alacant. josep.chenoll@outlook.com; andreu@ua.es

2. Servei de Vida Silvestre-CIEF (Centre per a la Investigació i Experimentació Forestal). VAERSA, Generalitat Valenciana, Conselleria d'Agricultura, Desenvolupament Rural, Emergència Climàtica i Transició Ecològica. Av. Comarques del País Valencià, 114, 46930 Quart de Poblet, València. flora.cief@gva.es

Rebut el 13.05.2020. Acceptat el 21.05.2020

En aquest treball s'ha avaluat la viabilitat d'autoperpetuar-se de dues poblacions translocades de l'endemisme de la flora espanyola en perill d'extinció *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*. Aquestes es troben localitzades als termes municipals de la Pobla de Vallbona i Bétera, a la província de València. Aquestes poblacions introduïdes persegueixen l'objectiu del projecte de conservació de l'espècie a la Comunitat Valenciana, que obliga a crear una sèrie de poblacions amb capacitat per a generar nous individus en el temps. Per a realitzar l'avaluació, s'han caracteritzat tres aspectes fonamentals de la biologia reproductiva que repercuteixen sobre la producció de fruits i llavors: el procés de floració, la interacció amb la comunitat de pol·linitzadors i la quantificació de la fructificació obtinguda; tot sobre una sèrie d'individus seleccionats aleatòriament de les dos poblacions. Els resultats de la valoració indiquen l'èxit de les translocacions, ja que s'ha aconseguit una producció notable de propàguls i s'ha observat un alt potencial de la població per a produir-ne malgrat els efectes de l'activitat antròpica. També es desprenen algunes indicacions que possiblement podrien millorar les plantacions actuals de l'espècie i les futures reintroduccions per tal de maximitzar la producció de fruits i llavors, així com la variabilitat genètica.

*Paraules clau:* guia reproductiva, conservació in situ, espècies amenaçades, endemisme, fructificació, estepa de Cartagena, propàguls, pol·linització.

## Evaluation of the implantation of translocated populations of the highly threatened, endemic Spanish flower *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* (Cistaceae)

We evaluated the viability for self-perpetuation of two translocated populations of *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*, an endangered flower endemic to Spain, located around the towns of La Pobla de Vallbona and Bétera in the province of Valencia. These populations were introduced to further the objectives of the Valencian Community Plant Species Conservation Plan, promoting the setting up of populations with the capacity to generate new individuals over time. To conduct the evaluation three fundamental aspects of reproductive biology have been characterized on a series of randomly selected individuals from both populations and which affect the production of fruits and seeds: the flowering process, the interaction with the community of pollinators and the quantity of fructification. The results of the evaluation showed a positive trend with a remarkable level of seed production achieved together with an observed high potential of the population to produce them, all this despite the effects of anthropic activity. We include some suggestions about improvements in the species' current plantations and on the maximising of fruit and seed production in future reintroductions, as well as genetic variability.

*Keywords:* Cartagena's rockrose, endangered species, endemism, fructification, in situ conservation, propagule, pollination, reproductive biology.

L'estepa de Cartagena, *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* (Pau) M.B. Crespo & Mateo (Cistaceae), és una espècie de distribució mediterrània, sud-occidental. L'espècie tipus, *Cistus heterophyllus*

Desf. sèsmenta per primera vegada a l'obra de Desfontaines (1798), on diversos autors li atribueixen una distribució nord-africana (Crespo & Mateo 1988). La subespècie va ser descrita per primera vegada a la

península Ibèrica per Jiménez (1903), que va descobrir dos poblacions a les muntanyes de Sancti Spiritu i a la Peña de l'Àguila (Múrcia) l'any 1901. Aquestes poblacions pures, a causa de les explotacions mineres i la maduració de la pinada van anar desapareixent al llarg de la primera meitat del segle XX (Navarro-Cano 2018), fins que el 1973 es declara extinta (Ministeri per a la Transició Ecològica 2018). El descobriment posterior d'un sol individu genèticament pur a la Poble de Vallbona (partida dels Aljubs) identificat per Crespo l'any 1986 (Crespo & Mateo 1988), obri la porta a començar tot un pla de recuperació per a l'espècie amb introducció de noves poblacions al camp a partir d'aquest exemplar (Laguna et al. 2018). El que es pot suposar per la baixa capacitat dispersiva de la planta, és que aquest exemplar formava part d'una població més gran i extensa i que per diversos factors, com la pressió antròpica, la resta d'individus de la població podrien haver-se extingit. Però també es consideren fenòmens recents de dispersió a llarga distància (Navarro-Cano 2018). El 1993 es descobreix una població a la localitat murciana de Llano del Beal, amb 9 individus, alguns d'ells d'aspecte híbrid (Robledo et al. 1995), però a causa d'un incendi en 1998 la població desapareix. Es realitzaren regs per reactivar el banc de llavors i donar lloc a una nova cohort que es desenvolupa des de 1999 formant la població actual d'aquesta espècie a la zona (Sánchez-Gómez et al. 2018).

La descripció dels exemplars murcians va estar revisada per Pau (1904), que la identifica com *Cistus polymorphus* Will. però, després de la revisió dels treballs de Grosser (1903), la descriu com a *Cistus carthaginensis* (Pau 1904). Ja més tard, Vicioso (1945) examina el material de Pau, i l'assimila a *Cistus heterophyllus* Desf. Diferents autors discuteixen posteriorment sobre la nomenclatura de l'espècie per als tàxons de la península, ja que l'adscriuen al tàxon nord-africà (revisat a Crespo & Mateo 1988); finalment aquests determinen l'espècie com una combinació, *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* (Pau) M. B. Crespo. A partir d'aquest moment les poblacions peninsulars es consideraran de la subespècie *carthaginensis* (Aguilella et al., 2009). Els estudis taxonòmics, moleculars i morfològics, indiquen que l'individu valencià trobat a la Poble de Vallbona per Crespo l'any 1986 (Crespo & Mateo 1988) estaria més pròxim a les poblacions de *C. heterophyllus* d'Oran, que a les de Cartagena actuals o les del nord d'Àfrica (Jiménez et al. 2007, Pawluczyk et al. 2012).

Es troba inclosa en diferents catàlegs de protecció, en els quals es reconeix com un tàxon "en perill d'extinció". Entre ells, el Catàleg Espanyol d'Espècies Amenaçades i el Llistat d'Espècies Silvestres en Règim de Protecció Especial (Real Decreto 139/2011), el *Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia* (Decret 50/2003) i el Catàleg Valencià d'Espècies de Flora Amenaçada (Decret 70/2009). Tanmateix representa l'única espècie vegetal inclosa en la llista "d'Espècies en Perill Crític" aprovada pel Ministeri per a la Transició Ecològica (Orden TEC/1078/2018).

*Cistus heterophyllus* s. l. habita en formacions arbustives calcícoles d'altituds d'entre 100-500 m s. n. m. d'àrees seques i solejades, dins del pis bioclimàtic termomediterrani i ombrotipus sec amb tendència a semiàrid (Crespo & Mateo 1988); clars de pinedes de *Pinus halepensis* Mill., pastures de *Brachypodium retusum* (Pers.) P. Beauv. i matollars postincendi. En el cas de la població de la Poble de Vallbona, es troba dins d'una formació *Rosamarino-Ericion* Br.-Bl.1931 (Aguilella et al. 2009); mentre que la població de Llano del Beal es troba dintre de la formació *Thymo-Siderition* (Sánchez-Gómez et al. 2018).

El present treball es veu emmarcat dins l'article 4.h, Ordre 1/2015 del 8 de gener, que estableix el seguiment i cens regular dels individus introduïts en el camp; tanmateix es recull en les prioritats d'investigació, en el punt 6.1, del document tècnic del pla de recuperació de l'espècie (Servei de Vida Silvestre 2017). Complint el pla al fer un seguiment dels agents pol·linitzadors i les principals característiques de la floració, que mostren la capacitat de les poblacions introduïdes de Pla de Colom i el PNM de la Manguilla, de produir llavors, i per tant de la possibilitat d'autoperpetuar-se; tal com ja es va aconseguir a la MRF Tancat de Portaceli (Laguna et al. 2018).

L'objectiu principal del treball és caracteritzar els diferents factors de la biologia reproductiva de les poblacions translocades de *C. heterophyllus* subsp. *carthaginensis*, el 2018 al PNM de la Manguilla (la Poble de Vallbona) i a la zona de Pla de Colom (Bétera); per així determinar si les qualitats d'aquestes permeten la producció de llavors, el que es podria traduir en una perpetuació de la població.

## Materials i mètodes

La metodologia emprada per a aquest estudi ha estat dissenyada pels autors per a obtenir aquelles dades que puguen resultar de major interès per al pla de

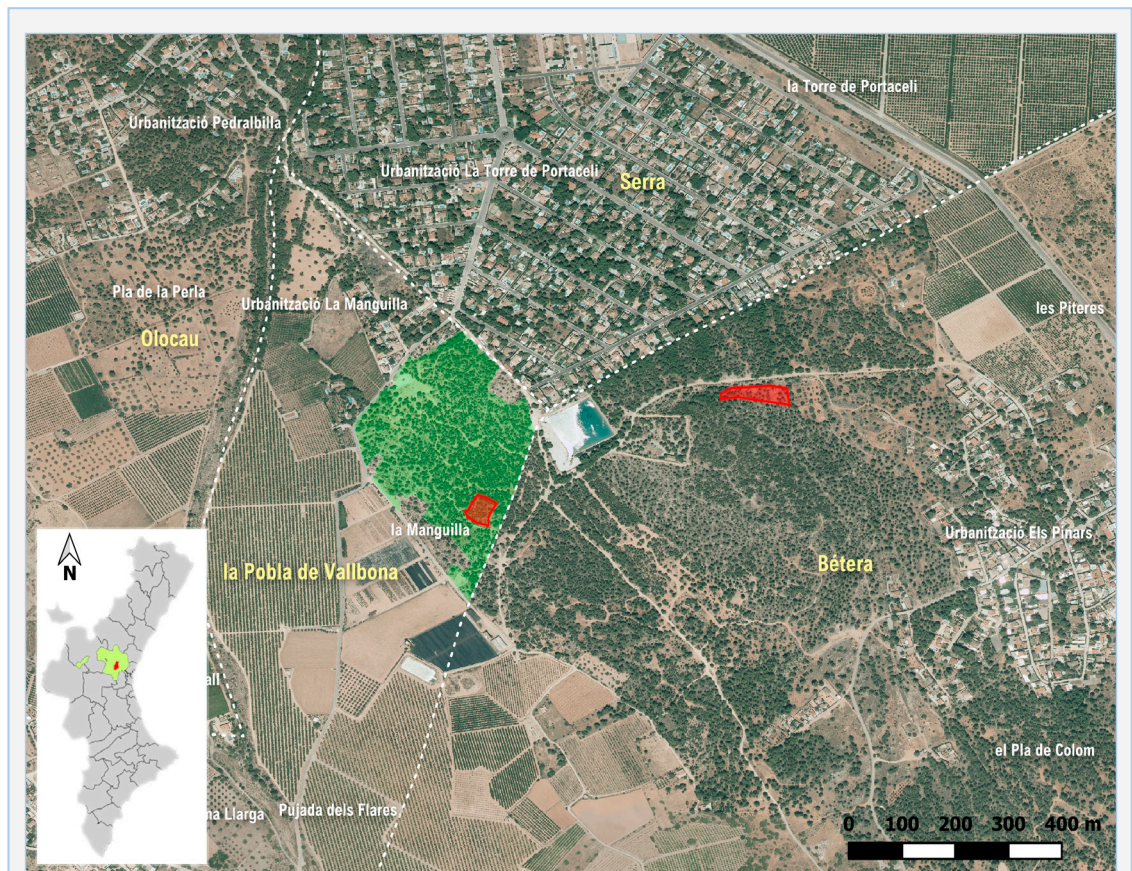
gestió i conservació d'aquestes poblacions introduïdes i donar resposta a les preguntes que han sorgit amb els treballs in situ del pla de recuperació.

### Àrea d'estudi

Les poblacions translocades objecte d'estudi se situen als termes municipals de Bétera i la Pobla de Vallbona; a la província de València com es mostra a la Fig. 1. La segona població es troba situada dintre del PNM de la Manguilla, limítrof amb els termes municipals de Serra i de Bétera. En total, el paratge compta amb 10,8 ha (Decret 35/2011, d'1 d'Abril). La zona es

troba a una altura d'entre 140-160 m s.n.m., presenta un clima semiàrid (termomediterrani), amb 16,9° C de temperatura i 424 mm de precipitació mitjanes anuals. Les precipitacions es troben presents tot l'any, però segueixen la disminució estival i el pic de la tardor típics (AM Online Projects 2019).

Els motius pels quals s'ha seleccionat aquestes àrees per a la introducció són: l'absència d'altres espècies de *Cistus* que formen híbrids amb l'espècie estudiada (Ferrer-Gallego & Laguna 2012); que és un paratge proper a l'àrea on es troba l'individu descobert per Crespo al 1986 i per tant presenta unes condicions



**FIGURA 1.** Fotografia aèria de la zona on es situen les poblacions estudiades. La línia de punts blanca delimita els termes municipals. La línia verda delimita l'àrea del PNM de la Manguilla. En roig trobem les àrees que ocupen les poblacions d'estudi. Al cantó inferior esquerre trobem la localització del municipi de la Pobla de Vallbona (en roig) dintre de la Comunitat Valenciana. Mapa d'elaboració pròpia amb les dades de la Infraestructura Valenciana de Dades Espacials, Institut Cartogràfic Valencià.

Aerial photograph of the area where the studied populations are located. The white dotted line marks the boundaries of the municipalities. The green line delimits the area of the municipal national park of La Manguilla. In red we find the areas occupied by the study populations. In the lower left corner we find the location of the municipality of La Pobla de Vallbona (painted in red) within the Valencian Community. Own elaboration map with the data of the Infraestructura Valenciana de Dades Espacials (Valencian Spatial Data infrastructure, Institut Cartogràfic Valencià (Valencian cartographic institute).

ambientals similars; que una de les poblacions es troba dintre d'un paratge natural municipal el que proporciona certes garanties de conservació a mig-llarg termini evitant afeccions negatives sobre les translocacions; i que es troba relativament prop del CIEF, facilitant les tasques de seguiment i manteniment.

La formació vegetal predominant és *Rosmarino-Ericion* Br.-Bl. 1931 (Aguilella et al. 2009). Està composta d'una pineda de pi blanc, *Pinus halepensis*, amb una densitat variable, donant lloc a àrees amb diferent nivell de cobertura vegetal. Es veu acompanyat per individus de garrofers, *Ceratonia siliqua* L., a causa de l'antiga vocació dels terrenys com bancals. Al sotabosc trobem les típiques espècies de màquia mediterrània: llentiscle, *Pistacia lentiscus* L., coscoll, *Quercus coccifera* L., arçot, *Rhamnus lycioides* L., margalló, *Chamaerops humilis* L., ginebre, *Juniperus oxycedrus* L., romaní, *Rosmarinus officinalis* L., peterrell, *Erica multiflora* L., corona de frare, *Globularia alypum* L., entre d'altres.

### Pla de treball i cronograma

Prèviament a l'inici de l'estudi a l'any 2019, es varen realitzar diferents visites a les poblacions entre finals de març i principis d'abril d'aquest any per a observar l'estat de la fenologia i iniciar l'experiment en el moment adequat. Així, el primer registre es realitzà el 9 d'abril, a partir del qual s'estableixen visites a les poblacions en un interval de temps d'entre dos i tres dies en el qual es duia a terme el registre dels pol·linitzadors i el recompte de flors fins al final de la floració, des de l'inici d'abril fins a finals de maig aproximadament (ja que depèn de la fenologia). El registre de pol·linitzadors finalitzà el dia 15 de maig (36 dies entre inici i final), quan el nombre de pol·linitzadors va caure dràsticament al realitzar-se tractaments plaguicides en els camps de conreu dels voltants del paratge. Durant aquest període de temps, hi hagueren un total de 14 dies de mostreig, en què es començava a les 8:00 del matí, fins a les 13:00, hora en què les flors han sobrepassat la màxima receptivitat i és improbable que es pugui donar la fecundació. En canvi, el registre de floració finalitzà el 22 de maig (43 dies, amb un total de 18 dies de mostreig), moment en què el nombre de flors per dia baixà i ens mostrà el final de la floració. No obstant això, es va donar un episodi de pluges entre els dies 17 a 23 d'abril, i per aquest motiu, eixos dies no es va fer cap registre. De la mateixa forma, per raons laborals, els dies entre l'1 i 5 de maig no es van dur a terme

registres. La prova d'autocompatibilitat es va fer els dies 16, 17, 20 i 22 de maig, en què es van realitzar totes les pol·linitzacions manuals. La recol·lecció dels fruits de totes les plantes es va dur a terme la primera i segona setmana de juliol.

### Floració

Per al registre de floració es marcaren un total de 40 plantes, seleccionades a l'atzar, 20 es localitzen al PNM la Manguilla (etiquetades de P01 a P20), les altres a la zona de Pla de Colom (etiquetades de P21 a P40). Es va realitzar un recompte del nombre de flors obertes dels individus seleccionats en el moment en què s'ha superat la fecunditat màxima de la flor. A més es diferenciaren tres estats, que són: a) Pol·linitzada: si l'estigma es presentava groc, amb abundant pol·len apegat; sent un possible indicatiu de fecundació; b) No viable: si l'estigma presentava alguna malformació o havia patit un atac per un insecte quedant destruït; c) No visitada: si l'estigma es presentava blanc, sense grans de pol·len. Per comprovar la validesa d'aquestes observacions es va realitzar un marcatge a diverses flors de cada estat sobre 13 plantes diferents seleccionades aleatòriament, i fer així un seguiment de la fructificació. Per a l'estat no viable es van marcar 12 flors, per a les pol·linitzades 11 i 3 per a les no visitades.

### Anàlisi estadística

Es va voler comprovar mitjançant una prova Kruskal-Wallis si hi ha diferències significatives (amb  $\alpha = 0,05$ ) entre les dues àrees estudiades per a les medianes i la distribució de la proporció de flors en cada estat. Es va escollir aquesta prova ja que el nombre de mostres és molt limitat (la Manguilla,  $n = 19$ ; Pla de Colom,  $n = 18$ ) i la variabilitat entre els individus molt gran. Es van eliminar de la mostra les plantes que no van produir cap flor els dies de registre per evitar valors extrems. El software emprat és SPSS 23.0 (IBM Corp. 2015).

### Pol·linització

El registre de pol·linitzadors es va dur a terme mitjançant una graella i una càmera fotogràfica. Es registrava un mot vulgar per a cada espècie, la durada de la visita (considerada des del moment en què l'insecte es posa sobre la flor, fins a que vola i s'hi allunya), l'hora de la visita i una referència fotogràfica per a la posterior identificació dels insectes. Per a la identificació es va consultar Chinery (1986).

A més, al registre es va diferenciar cadascuna de les

flors de la planta. D'aquesta forma es va determinar les visites que un mateix individu pol·linitzador realitzava sobre diverses flors de la planta abans d'abandonar-la, el que podria afavorir fecundacions per geitonogàmia. També vàrem obtenir el nombre d'individus pol·linitzadors.

Es va dur a terme una anàlisi de la correlació de Pearson entre el nombre de visites registrades cada dia i el nombre de flors no visitades, per comprovar si hi ha una relació significativa entre aquestes dues mesures. El software emprat per a fer l'anàlisi fou SPSS 23.0 (IBM Corp. 2015).

Amb les dades recollides també es calcularen: a) Freqüència i nombre total de visites: nombre total de contactes dels diferents grups d'insectes comptabilitzats als censos al llarg de tot el període floral; b) Abundància de visites: mitjana del nombre de contactes censats per unitat de temps de mostratge (Sih & Baltus, 1987); c) Intensitat horària de visites: índex que es calcula amb el quocient entre el nombre de contactes censats per dia i el nombre de flors comptabilitzats per dia de mostratge a l'àrea d'estudi.

### Antesi

Es va anotar el període d'antesi de les flors en les mateixes plantes en què es duia a terme el registre de pol·linitzadors. En total 47 flors en 14 plantes diferents (una per cada dia de registre), amb diverses mostres per planta ( $N = 2$  a 7 flors). Això ens permet conèixer si les flors estan disponibles en el moment de màxima activitat dels pol·linitzadors. En aquest cas es diferenciaven tres fases: a) Accessible: moment en què la flor està suficientment oberta per a què un insecte pol·linitzador entre en contacte amb els òrgans sexuals; b) Màxima obertura: quan els pètals es trobaven aproximadament perpendiculars al pla del gineceu; c)

Decaïment: els pètals superen el pla perpendicular del gineceu i es mostren a punt de caure.

### Prova d'autoincompatibilitat

Se seleccionaren aleatòriament 25 plantes de l'àrea del PNM la Manguilla (diferents de les d'estudi de floració); amb l'objectiu de realitzar la prova d'autocompatibilitat sobre tres flors d'uns 20 individus. Consistí a posar les flors per obrir (entre les 7:30 i les 8:30 h), dins d'una bossa de tul per aïllar els pol·linitzadors de la flor.

Més tard, quan les flors ja s'han obertes, entren en el període idoni per a la pol·linització a partir de les 10:30 h, 2 hores més tard de l'obertura de la flor aproximadament (Boscaiu 1997); una a una es varen treure de la bossa, es pol·linitzaren manualment i es tornaren a col·locar a la bossa. La pol·linització manual d'autogàmia es va realitzar amb unes pinces, prenent les anteres de la pròpia flor i passant-les per l'estigma fins quedar completament cobert de pol·len. Per evitar contaminacions entre flors, les pinces eren rentades amb alcohol 96° abans d'utilitzar-les en cada flor. Transcorregudes 24 hores ja es varen retirar les bosses de tul, i es realitzava un marcatge a aquestes flors per fer el posterior seguiment i comprovar els resultats un mes després, quan finalitzava el període de fructificació.

### Fructificació

Per a fer el recompte de fruits es va revisar per una banda cada flor de cada planta, ja que algunes de les flors que fructifiquen queden subjectades pel peduncle; i per altra banda es comprovava si hi ha fruits a les restes de fulles seques acumulades al seu voltant o dins del protector d'herbívors de la planta. Es varen recol·lectar només els fruits. De cadascun dels fruits es va fer un recompte de les llavors que conté.

	Total					Pol·linitzades					No viables					No visitades				
	Per planta		Per dia			Per planta		Per dia			Per planta		Per dia			Per planta		Per dia		
	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{X}$	D.E.	$\bar{X}$	D.E.
Manguilla	206	10,30	12,44	11,44	9,99	135	6,75	9,68	7,50	5,26	28	1,40	1,70	1,56	2,33	43	2,15	4,86	2,39	3,93
P. Colom	101	5,05	4,35	5,61	6,05	71	3,55	4,29	3,94	4,44	8	0,40	0,68	0,44	0,98	22	1,10	1,12	1,22	1,96
<b>Total</b>	<b>307</b>	<b>7,68</b>	<b>9,58</b>	<b>17,06</b>	<b>14,08</b>	<b>206</b>	<b>5,15</b>	<b>7,57</b>	<b>11,44</b>	<b>7,71</b>	<b>36</b>	<b>0,90</b>	<b>1,37</b>	<b>2,00</b>	<b>2,57</b>	<b>65</b>	<b>1,63</b>	<b>3,52</b>	<b>3,61</b>	<b>5,40</b>

**TAULA 1.** Dades sobre les flors produïdes en cada població i en total. Es mostren per separat els valors totals (en negreta) i els valors en cadascun dels estats diferenciats. S'ha calculat la mitjana ( $\bar{X}$ ) i la desviació estàndard (D.E.) tant per al conjunt de plantes (dintre de l'apartat "per planta",  $N = 40$ ), per a cada població individual ( $N = 20$ ) i per al conjunt de dies de mostreig (dintre de l'apartat "per dia",  $N = 18$ ).

Data on flowers produced in each population and in total. The total values (in bold) and the values of the individual states are shown separately. The mean and the standard deviation (SD) have been calculated both for the set of plants (within the section "per plant",  $N=40$ ), for each individual population ( $N=20$ ) and for the set of sampling days (within the section "per day",  $N=18$ ).

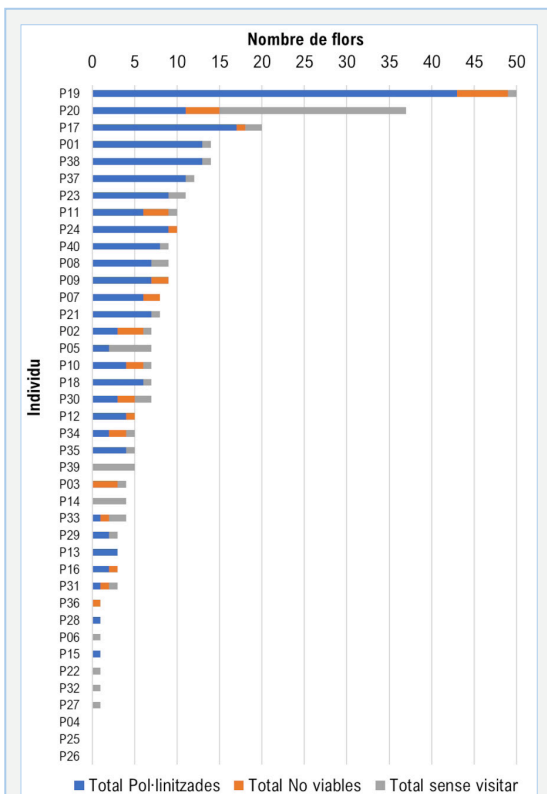
Amb aquestes dades es calculà la relació entre llavors per fruit; i el nombre de fruits per flors registrades.

## Resultats

### Floració

#### Nombre de flors

Els 18 dies de registre s'han comptat 307 flors com s'indica a la Taula 1, on també trobem el nombre de flors per poblacions, en cada estat i en total. La Manguilla (206 flors) ha duplicat la producció de Pla de Colom (101 flors). Els individus presenten molta variabilitat respecte a la producció de flors que es mostra a les desviacions estàndards, aplegant a ser majors que les mitjanes. La producció mitjana és de 7,68 flors per planta, i 17,06 per dia. Les desviacions estàndards per al nombre de flors per dies són més moderades, encara que també més grans que la mitjana en alguns casos ja que l'explosió floral es concentra en uns pocs dies.



**FIGURA 3.** Producció floral per planta total, ordenades de major a menor. Es diferencia la quantitat de flors en cada estat.

Total flower production per plant, ordered from highest to lowest. The number of flowers in each state is differentiated.

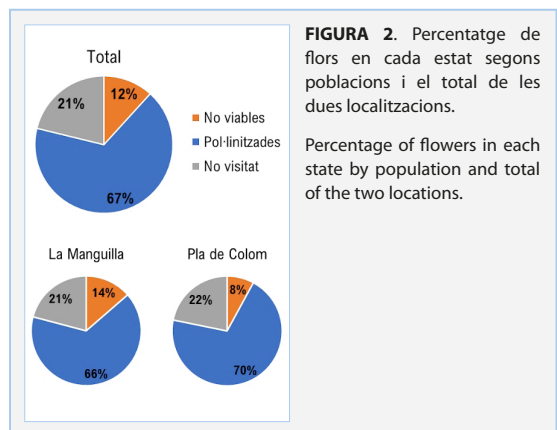
Malgrat les diferències en la producció total de flors, el percentatge de flors en cada estat no varia gaire entre les dues àrees (Fig. 2). Tot i així, s'aprecia en Pla de Colom un menor nombre de flors no viables. Les dades ens mostren una situació on aproximadament dos terços de les flors produïdes són susceptibles de fructificar al presentar pol·len a l'estigma, encara que no podem conèixer la procedència del pol·len.

#### Anàlisi estadística

La prova Kruskal-Wallis no mostra cap diferència significativa entre les dades per a les dues àrees. La mediana i la distribució per a la proporció de flors no viables presenten un p-valor de 0,243 i 0,267 respectivament, el que no ens permet descartar les hipòtesis nul·les de què aquests són iguals entre poblacions. De la mateixa forma ocorre amb els valors de mediana i distribució per a la proporció de flor pol·linitzades, que donaren un p-valor de 0,866 i 0,703 respectivament. Igualment la mediana i la distribució de la categoria no visitades va mostrar un p-valor de 0,141 i 0,172 respectivament. Així, podem afirmar que els individus de les dues àrees tenen un comportament similar pel que fa a la qualitat de les flors produïdes (ja que no hi ha diferències per a la categoria no viables) i que la probabilitat de què aquestes siguin pol·linitzades és similar a les dues localitzacions perquè no hi ha diferències per a les categories pol·linitzades i no visitades.

#### Producció de flors per planta

Si observem la producció de flors per plantes (Fig. 3), podem observar l'alta variabilitat entre la quantitat de flors produïdes entre plantes i la quantitat de flors en cada estat. El màxim de flors el va donar la planta P19, que en tot el període va produir 50 flors. Al



**FIGURA 2.** Percentatge de flors en cada estat segons poblacions i el total de les dues localitzacions.

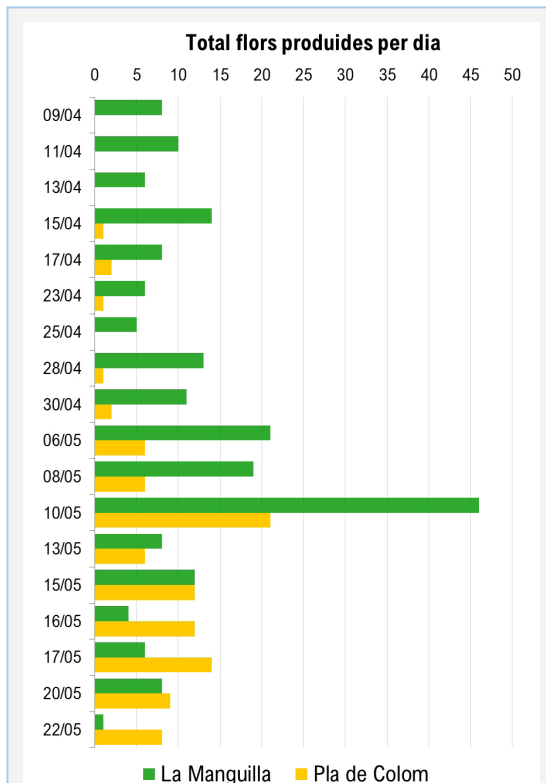
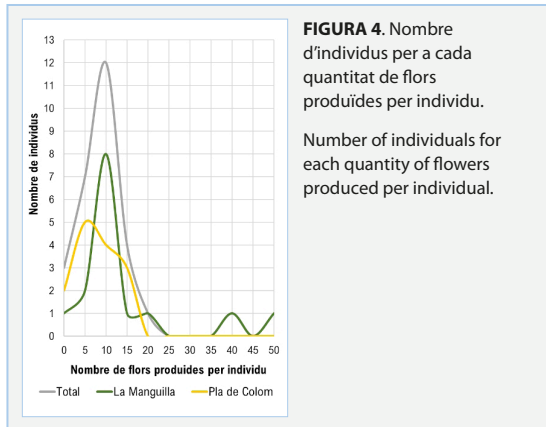
Percentage of flowers in each state by population and total of the two locations.

contrari, tres plantes (P04, P25 i P26) no produïren cap flor els dies de registre.

Trobem 28 plantes, 16 de la Manguilla i 13 de Pla de Colom, que han registrat pol·linització. D'altra banda, 17 plantes presentaven flors a la categoria no viables,

11 a la Manguilla i 6 a Pla de Colom. També 6 plantes quedaren totalment excloses de la pol·linització, sense rebre visites a pesar de la producció de flors.

La Fig. 4 ens mostra com la majoria de plantes es troben en una producció d'entre 0 i 25 flors, i que els valors superiors d'aquest rang són excepcionals ja que només es registren dos individus (P19 i P20). Per a la Manguilla trobem una distribució més concentrada, en canvi, Pla de Colom presenta una distribució menys definida; tot i així les dues poblacions agrupen la majoria d'individus productors de flors en un rang de 5 a 15 flors en el període de mostreig.



**FIGURA 5.** Nombre total de flors produïdes cada dia segons poblacions.

Total number of flowers produced each day according to population.

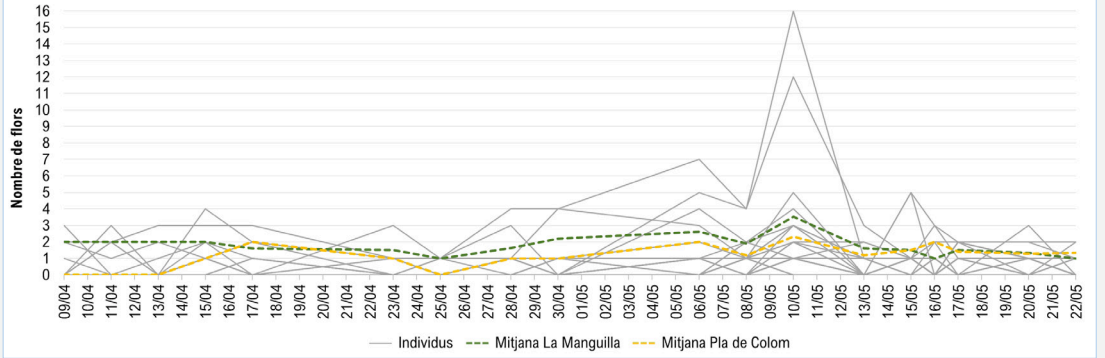
### Distribució temporal de la floració

La floració presenta una dinàmica similar a les dos localitzacions, obtenint el pic de floració el mateix dia, el 10 de maig amb 67 flors, a pesar que la població de Pla de Colom inicia la floració uns dies més tard (moment en què tots els dies es registra almenys una flor). A la figura 5 s'observa com la quantitat de flors van augmentat fins aplegar al màxim, moment en què la producció de flors cau dràsticament i es modera. Després, la dinàmica canvia lleugerament; mentre que a la Manguilla la quantitat de flors es va reduint respecte al període anterior al pic, a Pla de Colom augmenta, obtenint valors totals de població més alts que els anteriors al pic.

La població de la Manguilla supera la quantitat de flors produïdes per dia a la de Pla de Colom fins abans de passar el pic de floració, moment en què s'igualen i Pla de Colom presenta una producció major respecte a la Manguilla. De la mateixa manera podem veure com les plantes de Pla de Colom no han tingut una floració tan intensa, produint un nombre més moderat de flors fins i tot en el pic de floració; aquesta característica també s'aprecia a la taula 1, amb una mitjana de 5,61 flors al dia respecte a les 11,44 de la Manguilla.

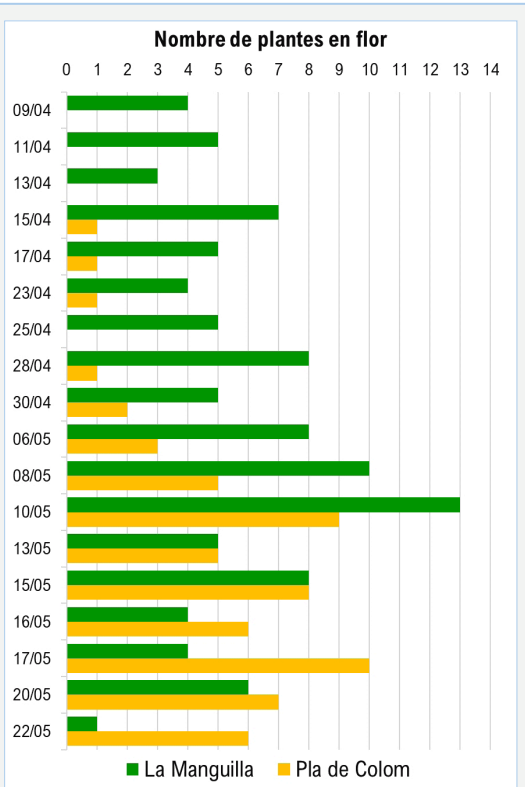
La dinàmica de les plantes individualment, figura 6, mostra que la producció diària de flors per planta és baixa els primers 20 dies de mostreig. Al pic de floració és quan es registra el major nombre de plantes en flor com veiem a la figura 7 a pesar que la mitjana de flors produïdes (entre les plantes que han produït eixe dia) és de 3,54 flors per a la població de la Manguilla (13 plantes en flor eixe dia) i 2,33 a Pla de Colom (9 plantes en flor eixe dia).

Encara que el percentatge de flors total en cada estat per a les poblacions siga similar, com veiem a la Fig. 8A, principalment trobem dos períodes en què la quantitat



**FIGURA 6.** Nombre de flors produïdes cada dia per cada planta, en gris. La mitjana de flors produïdes (entre els individus productors) a les línies de punts.

Number of flowers produced each day by each plant, in grey. Average flower production (between producing individuals) on dotted lines.



**FIGURA 7.** Nombre de plantes en flor cada dia.

Number of flowering plants each day.

de flors no visitades pren molta representació. Una ocorre entre el 17 i 23 d'abril, moment amb un episodi de pluges que podria haver impedit una major activitat dels pol·linitzadors fins i tot els dies posteriors. Excepte el dia 16 es varen trobar totes les flors

viabls pol·linitzades. El següent període comença a detectar-se el dia 6 de maig, mantenint-se fins al final del registre. Aquest episodi va estar marcat per l'inici de les fumigacions plaguicides en els camps de conreu dels voltants de l'àrea. La intensitat era suficientment forta per a notar l'olor en l'ambient de les àrees d'estudi. S'observa que almenys l'activitat de pol·linitzadors es veu molt afectada reduint-se dràsticament.

Malauradament aquest últim episodi en què baixa l'activitat dels pol·linitzadors coincideix amb el pic de floració, provocant que un gran nombre de flors quede sense cap possibilitat de ser fecundada com veiem a la Fig. 8B. Els dos episodis no tenen el mateix impacte sobre el nombre de flors no visitades, ja que en el primer hi ha 3 flors, en un moment en que la producció de flors també és baixa; mentre que en el segon són 62, que representen un 20% del total produït, un 28% del total de flors produïdes entre eixos dies i quasi totes les flors catalogades com a no visitades.

Pel que fa a la categoria de flors no viabls, trobem que varia bastant, aplegant a un màxim del 30% els primers dies i un 38% al final de la floració. La categoria no viabls compta amb 36 flors en tota la durada del registre.

### Comprovació dels estats diferenciats de flors

Aquesta prova no va resultar satisfactòria, ja que cap les flors marcades no desenvoluparen fruits. Aquest era un resultat esperable per a les de la categoria no viabls i no visitada, perquè en els dos casos era molt improbable que es produïra una fecundació exitosa. Però, s'esperava obtenir fruits amb llavors viabls d'almenys alguna de les 11 flors de la categoria pol·linitzades.



## Pol·linització

### Freqüència de visites i tàxons

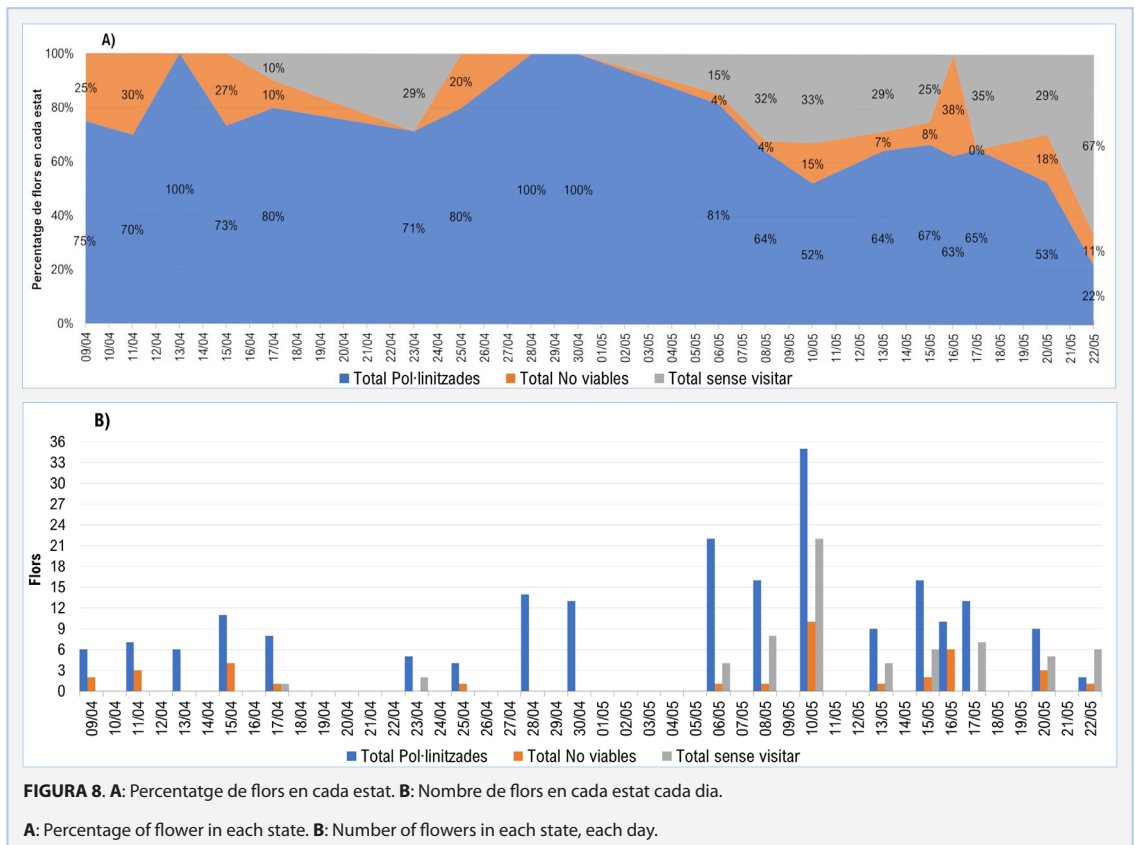
La majoria d'espècies han pogut ser identificades, no obstant això, aquelles que no s'han pogut identificar han mantingut el mot utilitzat al registre (com és el cas dels "floricols"), encara que sí se'ls ha pogut atribuir a un rang taxonòmic superior. Aquests pertanyen a la superfamília Staphylinoidea en el cas de l'anomenat Floricol I, i la família Carabidae en el cas de Floricol II i III. Igualment, al no poder identificar l'espècie de papallona, ja que no es va poder realitzar una fotografia, es va poder catalogar la família i s'ha mantingut aquest rang taxonòmic.

Les espècies sota el mot "Floricol" i el buprèstid, *Buprestis octoguttata* L., han interactuat amb les flors, però no es pot afirmar que ho han fet d'una forma que permeti la pol·linització. Les seues visites han estat molt prolongades; i a més, presentaven un comportament en el qual no interactuaven pràcticament amb les anteres o l'estigma. L'espècie *Oxythyrea funesta* Poda, seria una amenaça ja que pot danyar a les flors al ser

una espècie polífaga que s'alimenta tant del pol·len com de les parts blanques dels fruits en formació (Arregui et al., 1993); Tot i això, la seua incidència va ser molt baixa, amb 2 individus, com es mostra a la Taula 2.

A banda d'aquest registre també es detectaren altres espècies que interactuaren en els individus de *C. heterophyllus* subsp. *carthagenensis* però, al no presentar-se en l'individu de registre no s'han pogut identificar. No es van trobar individus d'espècies característicament pol·linitzadores com les del gènere *Bombus* sp., encara que es va detectar en l'àrea a pesar de ser molt escàs. Aquest gènere s'utilitza per a les pol·linitzacions de les plantes de l'hort-planter al CIEF al ser un pol·linitzador molt eficaç (Servei de Vida Silvestre 2017).

En el cens obtingut dels registres s'observen almenys 8 superfamílies d'insectes, que sumen 14 espècies diferents. Com podem veure a la Taula 2, en total hi ha 403 individus censats que realitzaren un total de 1.206 visites. No obstant la majoria de mostres per als dos casos les proporciona l'abella de la mel, *Apis mellifera* L., sent l'espècie que més activitat ha registrat, amb l'abundància més alta, que supera notablement el

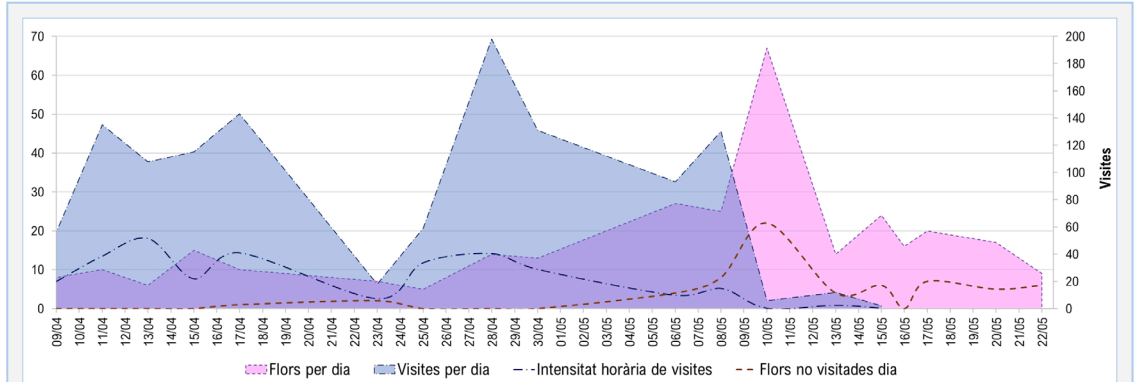


següent grup que més visites registra, els múscids. Per aquest motiu, els Apoïdeus són el grup més rellevant, que en conjunt suma aproximadament 89,72% de les visites i el 85,36% dels individus censats.

### Distribució temporal de les visites

Al llarg dels 14 dies, el nombre de visites que es

registraven també va variar fortament com es mostra a la Fig. 9. La mitjana són 86,14 visites al dia. Trobem el màxim el dia 28 d'abril, tot i això la intensitat horària màxima es registra el dia 13 d'abril, amb un valor de 18,00 visites per flor, Això podria ser perquè aquest dia només es produeixen 6 flors. Per la seua banda, el dia 28 d'abril nòbté 14 per flor.



**FIGURA 9.** Distribució temporal de les distintes variables mesurades. El nombre de visites per dia utilitza l'eix Y secundari (dreta), la resta l'eix primari Y (esquerra).

Time distribution of the different measured variables. The number of visits per day uses the secondary Y-axis (right), the rest uses the primary Y-axis (left).

	Freq.	%	Ind.	%	Abund.
Apoïdeia	1.082	89,72	343	85,36	
<i>Apis mellifera</i>	1.030	85,41	330	81,89	24,52
<i>Lasioglossum malachurus</i> cf.	43	3,57	8	1,99	1,02
<i>Anthidium florentinum</i>	7	0,58	5	1,24	0,17
<i>Colletes succinctus</i>	2	0,17	1	0,25	0,05
Muscidae					
<i>Musca domestica</i>	75	6,22	24	5,96	1,79
Syrphidae	20	1,66	9	2,23	
<i>Episyrphus balteatus</i>	10	0,83	3	0,74	0,24
<i>Syrphus ribesii</i>	7	0,58	4	0,99	0,17
<i>Xanthogramma pedissequum</i> cf.	3	0,25	2	0,5	0,07
<i>Staphylinoidea</i> cf.					
Floricol I	18	1,49	17	4,22	0,43
Carabidae cf.	5	0,41	4	0,99	
Floricol II	4	0,33	3	0,74	0,1
Floricol III	1	0,08	1	0,25	0,02
Scarabaeoidea					
<i>Oxythyrea funesta</i>	3	0,25	2	0,5	0,07
Buprestoidea					
<i>Buprestis octoguttata</i>	2	0,17	2	0,5	0,05
Papilionoidea					
Fam. Pieridae	1	0,08	1	0,25	0,02
<b>Total</b>	<b>1.206</b>		<b>403</b>		

**TAULA 2.** Freqüències (Freq.), individus diferents de cada espècie (ind.), percentatges i abundància (Abund.) de visites per unitat de temps. En negreta trobem les espècies agrupades per superfamília o família, i els valors totals per a aquests grups. Els valors de l'abundància s'han multiplicat per 100 per fer els valors fàcils de tractar.

Freqüències (Freq.), different individuals of every species (ind.), percentages and abundance of visits per time unit. In bold we find the species grouped by superfamília or family, and the total values for these groups. The abundance values have been multiplied by 100 to make the values easy to deal with.

Hi ha dos períodes en què l'activitat baixa brusca-ment, del 17 al 23 d'abril i a partir del 8 de maig. Com ja s'ha comentat anteriorment és a causa d'un episodi de pluges en primer lloc i a fumigacions plaguicides sobre els camps del voltant en segon lloc, que van obligar a acabar el registre de pol·linitzadors. Amb aquestes dades, comprovem que l'activitat dels pol·linitzadors es veu fortament afectada pels tractaments plaguicides que s'apliquen en els terrenys dels voltants com ja ho han mostrat Calvo-Agudo et al. (2019).

A més, s'aprecia com el nombre de flors en l'estat no visitades augmenta quan el nombre de visites disminueix. La prova de correlació de Pearson (unilateral) ens dona un p-valor = 0,042, pel que podem assumir que hi ha una correlació entre aquestes dues mesures. El coeficient de correlació de Pearson presenta un valor de -0,477, el que indica que la correlació és negativa; és a dir, a major nombre de visites hi ha un menor nombre de flors no visitades i viceversa.

Si observem com s'han distribuït les visites entre els tàxons, aquests no s'han presentant uniformement al llarg dels dies. Els tres primers dies de registre hi ha entre 4 i 6 tàxons diferents. Trobem el màxim de tàxons el dia 15 d'abril, amb 8 espècies; però de mitjana és de 3,5 espècies per planta diàriament, amb una desviació estàndard de 1,74. No obstant això, a mesura que avança el registre a partir del màxim esmentat, el nombre de tàxons per dia baixa, situen-se entre 3 i 4 tàxons; i reduint-se a només 2 tàxons els últims dies. Així mateix, *A. mellifera* es troba present tots els dies excepte el 10 de maig, per la qual cosa es pot afirmar

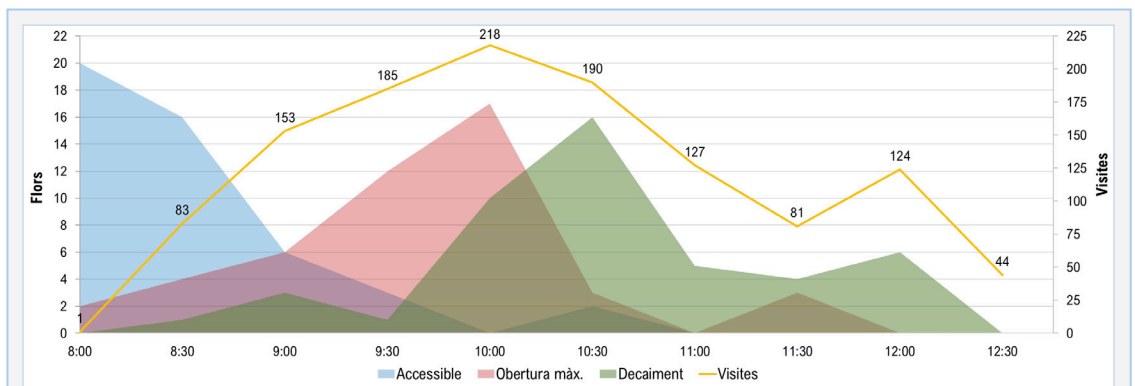
que és un pol·linitzador molt recurrent per al *C. heterophyllus* subsp. *carthagenensis*.

### Antesi i corba de vol general

Amb les dades de l'antesi de les flors i el nombre de visites, s'ha elaborat la Fig. 10, en la qual podem trobar per rangs de 30 min. el nombre de flors en cada fase de l'antesi i el nombre de visites total que s'ha registrat a cada hora al llarg dels 14 dies de registre.

S'ha observat que l'antesi de les flors ocorre de forma que permet la pol·linització. Com podem veure a la Fig. 10, les flors comencen a obrir-se abans que comencen les visites dels insectes, per tant en la majoria de casos es troben disponibles per a quan aquests inicien la seua activitat. També es pot observar com les flors van aconseguint una màxima obertura que coincideix amb el pic de visites dintre del rang 10:00 a 10:30 h. Poc després, comença el decaïment una vegada s'ha superat el pic de visites, que segueix una dinàmica molt similar a l'obertura màxima, però correguda en el temps i més prolongada en finalitzar. Curiosament les flors en aquesta categoria segueixen el patró marcat per les visites, el que ens podria indicar una relació entre aquesta fase i l'horari de visita pels pol·linitzadors a les flors.

L'activitat dels pol·linitzadors s'inicia prompte pel matí, començant la majoria de les visites al voltant de les 8:30 h. A partir d'aquest moment continua creixent fins aplegar al pic de visites. Aquest pic principal se situa en el rang de 10:00 a 10:30 h; però també trobem un altre de quasi la meitat de visites de 12:00 a 12:30 h.



**FIGURA 10.** Nombre de flors (eix Y primari, esquerra) en cada fase de l'antesi. També trobem el nombre de visites acumulades sobre la corba de vol (eix Y secundari, dreta) en cada interval de temps del total dels 14 dies de mostreig. Les dades es distribueixen en rangs de 30 minuts de 8.00 fins a les 13.00h.

Number of flowers (primary Y-axis, left) in each phase of anthesis. We also found the number of visits accumulated over the flight curve (secondary Y-axis, right) in each time interval of the total 14 days of sampling. The data is distributed in 30-minute ranges from 8:00 to 13:00.

Malgrat el pic secundari, a partir de les 10:30 h es marca una tendència de disminució del nombre de visites.

Amb la Fig. 10 també podem determinar que la màxima quantitat de visites es dona en el moment de màxima fecunditat de les flors (Boscaiu 1997), el que afavoriria la fecundació d'aquestes i la producció de fruits. Hem de tenir en compte que, com s'ha comentat en els apartats anteriors, la majoria d'aquestes dades pertanyen a *A. mellifera* i que per a altres tàxons l'antesi podria estar més descoordinada temporalment respecte a la seua activitat.

Tot i això, l'antesi és un procés molt variable al llarg dels dies que es pot veure afectat per la meteorologia, ja que les flors de l'espècie no s'obren si no reben llum solar directa (Boscaiu 1997). A la Fig. 11, es mostra la variació al llarg del període d'estudi de l'hora a la que ocorren diferents fases de l'antesi. S'observa una tendència en les tres fases d'ocórrer cada vegada més prompte al llarg de l'estudi, possiblement per l'avançament de l'eixida del sol 45 min. al llarg de l'estudi. Hem de considerar que les dades de cada dia s'obtenen de plantes diferents, el que afegeix variabilitat entre els dies; també que el nombre de mostres, és a dir flors, de cada dia és variable (entre 2 i 7 flors), la mitjana és 3,62 flors registrades al dia, amb una desviació estàndar de 1,26 flors. No es van mostrear més plantes ja que el registre de pol·linitzadors impedia moure's de la planta que s'està estudiant. A més cal recordar que, com s'ha observat, no sempre les fases de l'antesi es donen al mateix temps a totes les flors de la planta, encara que en moltes ocasions coincideix.

Per últim, els insectes modifiquen la seua activitat en funció de les condicions meteorològiques, de la

mateixa forma que les plantes regulen l'antesi, el que impediria que no trobaren flors disponibles en el moment de màxima activitat. De la mateixa manera, les flors són accessibles normalment abans de les 10:00 h durant els dies d'estudi, el que permet la total disponibilitat de les flors en el moment de màxima activitat pol·linitzadora.

### Corbes de vol dels tàxons

Cada tàxon presenta una corba de vol i un pic de visites diferent com podem veure a la Fig. 12. Tot i això, algunes corbes són similars i presenten pics que coincideixen en el temps, com és el cas d'*A. mellifera* i la mosca comú, *Musca domestica* L. Aquestes dues espècies mostraren una competència per les flors, ja que es va observar que quan les abelles apareixien la mosca se'n anava de la flor amagant-se entre les fulles de la planta o canviant de flor. Igualment, *Lasioglossum malachurus* Kirby també presenta una corba similar a les abelles, produint-se un altre pic secundari sobre les 12:00, però inicia la seua activitat una hora més tard. També es va observar un comportament similar de competència com el descrit per a *M. domestica* amb les abelles.

### Duració de les visites i visites per individu

En la Taula 3 es presenta la mitjana de la duració de les visites dels tàxons, que informa sobre l'efectivitat que poden tenir aquestes en la pol·linització. La duració de les visites presenta una alta variabilitat entre individus de la mateixa espècie, com es pot veure als valors de la duració màxima i mínima de les visites. A causa de la manca de dades disponibles, en algunes

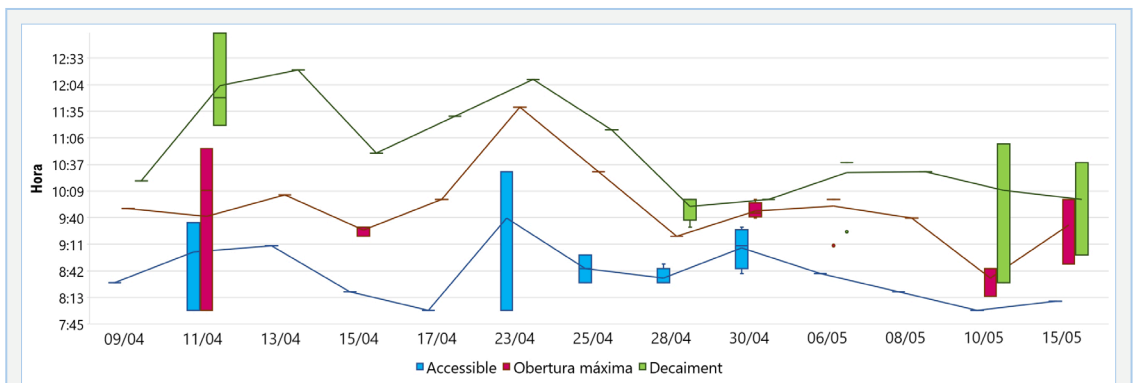


FIGURA 11. Variació horària de cadascuna de les fases de l'antesi.

Hourly variation of each phase of anthesis.

	Mitjana	Màxim	Mínim	D.E.
<b>Apoidea</b>	0:00:25	0:18:18	0:00:01	0:00:55
<i>Anthidium florentinum</i>	0:00:03	0:00:10	0:00:01	0:00:03
<i>Apis mellifera</i>	0:00:22	0:18:18	0:00:01	0:00:52
<i>Colletes succinctus</i>	0:00:04	0:00:06	0:00:01	0:00:04
<i>Lasiogl. malachurus</i>	0:01:26	0:05:50	0:00:01	0:01:33
<b>Buprestoidea</b>				
<i>Buprestis octoguttata</i>	0:19:18	0:30:22	0:08:14	0:15:39
<b>Carabidae</b>	0:17:18	1:00:23	0:01:09	0:24:19
Floricol II	0:06:31	0:10:23	0:01:09	0:03:53
Floricol III	1:00:23	1:00:23	1:00:23	-
<b>Muscidae</b>				
<i>Musca domestica</i>	0:03:25	0:20:01	0:00:02	0:04:11
<b>Papilionoidea</b>				
Fam. Pieridae	0:00:05	0:00:05	0:00:05	-
<b>Scarabaeoidea</b>				
<i>Oxythyrea funesta</i>	0:09:16	0:20:10	0:00:16	0:10:05
Staphylinoidea				
<b>Floricol I</b>	0:51:51	1:50:00	0:02:36	0:35:19
<b>Syrphidae</b>	0:01:24	0:08:19	0:00:02	0:02:17
<i>Episyrphus balteatus</i>	0:02:21	0:08:19	0:00:02	0:02:59
<i>Syrphus ribesii</i>	0:00:26	0:01:28	0:00:03	0:00:26
<i>Xanthogr. pedissequum</i>	0:00:44	0:00:44	0:00:44	-

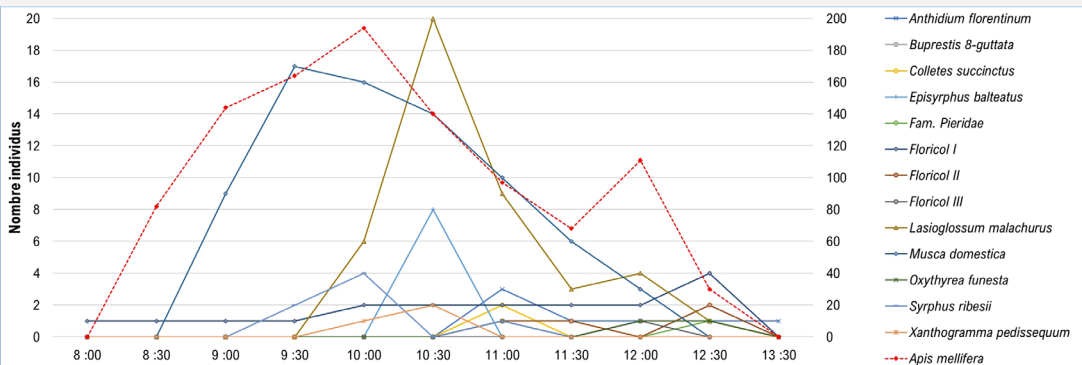
**TAULA 3.** Duració mitjana, màxima, mínima i desviació estàndard (en hores, minuts i segons) de les visites registrades per a cadascun dels tàxons detectats. Les desviacions estàndards amb el signe "-" no s'ha calculat ja que sols s'ha registrat un individu i no es pot calcular.

Medium, maximum, and minimum duration and standard deviation (in hours, minutes and seconds) of the visits registered for each of the detected taxa. The standard deviations with "-" sign have not been calculated since only one individual has been registered and cannot be calculated.

espècies no s'ha pogut calcular la desviació estàndard ja que només s'ha registrat un individu.

També es va analitzar el nombre de visites que realitza cada individu pol·linitzador sobre les diferents flors de la mateixa planta al llarg de la seua estada fins que s'allunya definitivament de la planta. Aquestes dades presentades en la Taula 4, ens poden informar de si l'activitat dels individus pot afavorir la fecundació per geitonogàmia, és a dir, entre flors de la mateixa planta. Trobem que *A. mellifera* presenta un comportament en que passa varies vegades per totes les flors de la planta de forma freqüent, aplegant a realitzar un màxim de 21 visites en la mateixa estada; el que podria afavorir la producció de fruits per aquest tipus de fecundació. *L. malachurus* també presenta un gran nombre de repetició de visites sobre les flors de la planta, aplegant a un màxim de 16. Com excepció, trobem 24 visites dintre de la mateixa estada per al grup dels múscids. La resta d'espècies es mantenen dintre del rang 1 a 6 flors visitades per estada.

Com es presenta a la Taula 4, la gran part dels individus de totes les espècies (40%) realitzen una única visita i abandonen la planta (només entren en contacte en una única flor en cada estada). Però, 60% restant de les estades impliquen visites a més d'una flor; d'aquest el 46% dels individus realitzaren entre 2 i 5 visites i el 11% entre 6 i 10; només un 3% dels insectes va aplegar a més de 10 visites en cada estada. Aquestes dades indiquen que quasi la meitat de les estades dels insectes passaren per totes les flors de la planta, fins i tot més d'una vegada; el que augmentaria la probabilitat de fecundació per geitonogàmia.



**FIGURA 12.** Corbes de vol de cada tàxon diferenciat, nombre d'individus en cada rang horari acumulat en tot l'estudi. Tots utilitzen l'eix Y primari (esquerra); solament *Apis mellifera* utilitza l'eix secundari Y (dreta) ja que sinó emmascara les dades de la resta d'espècies.

Flight curves of each differentiated taxon, number of individuals in each hour range accumulated in the whole study. Every taxon uses the primary Y-axis (left); only *Apis mellifera* uses the secondary Y-axis (right) since if it does not mask the data of the other species.

### Prova d'autoincompatibilitat

La quantitat de flors pol·linitzades manualment cada dia són: 31 el dia 16 de maig; 17 flors el dia 17; 18 flors el dia 20 i 2 flors el dia 22. En total a l'experiment es pol·linitzaren manualment 68 flors sobre 25 individus.

D'aquests, es va aconseguir pol·linitzar 3 flors en 20 individus, que foren les considerades per a la prova; sobre aquests individus es va aconseguir almenys un fruit a cinc individus diferents. El nombre de llavors que contien cada fruit són: 2, 12, 16, 10 i 2; en total

Nombre de flors visitades per estada	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	15	16	17	21	24	Total	
<b>Apoidea</b>	123	69	53	28	14	16	12	8	5	4	4	2	1	1	1	1	1		343	
<i>Apis mellifera</i>	117	66	52	28	14	16	11	8	5	4	4	2		1		1	1		330	
<i>Lasioglossum malachurus</i>	3	2					1						1		1				8	
<i>Anthidium florentinum</i>	3		1																4	
<i>Colletes succinctus</i>		1																	1	
<b>Muscidae</b>																				
<i>Musca domestica</i>	11	5	3		3	1												1	24	
<b>Syrphidae</b>	3	3	1	2															9	
<i>Syrphus ribesii</i>	2	2	1																5	
<i>Episyrphus balteatus</i>		1		2															3	
<i>Xanthogramma pedissequum</i>	1																		1	
<b>Staphylinoidea</b>																				
Floricol I	18	1																	19	
<b>Carabidae</b>	3	1																	4	
Floricol II	2	1																	3	
Floricol III	1																		1	
<b>Scarabaeoidea</b>																				
<i>Oxythyrea funesta</i>	1	1																	2	
<b>Buprestoidea</b>																				
<i>Buprestis octoguttata</i>	2																		2	
<b>Papilionoidea</b>																				
Fam. Pieridae	1																		1	
<b>Total</b>	<b>161</b>	<b>80</b>	<b>57</b>	<b>30</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>403</b>	
%	40	20	14	7	4	4	3	2	1	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1		
<b>Suma % per rangs</b>			46%				11%					3%								

**TAULA 4.** Nombre d'individus de cada espècie que realitzen un nombre determinat de visites a flors diferents durant la seua estada a la planta abans de allunyar-se definitivament d'ella. Davall es calcula el nombre total d'individus per a cada nombre de flors visitades per estada.

Number of individuals of each species that make a certain number of visits to different flowers during their stay at the plant before leaving it permanently. Below is the total number of individuals for each number of flowers visited for each stay.

	Plantes productores	Fruits			Llavors			Mitjana Llavors/fruit	Mitjana Fruits/Flors
			$\bar{X}$	D.E.		$\bar{X}$	D.E.		
La Manguilla	9	23	2,56	1,51	101	11,22	9,01	4,94	0,25
Pla de Colom	10	38	3,8	3,74	438	43,8	63,43	8,61	0,5
Total	19	61	3,21	2,9	539	28,37	48,24	6,87	0,38

**TAULA 5.** Total de plantes que han produït fruits. Es calcula la mitjana ( $\bar{X}$ ) i desviació típica (D.E.) per a la quantitat de fruits i llavors produïdes per planta dels individus que han produït fruits. També es calcula la mitjana poblacional de la mitjana de llavors per fruit i la mitjana poblacional del nombre de fruits pel nombre de flors produïdes.

Total number of plants that have produced fruit. The mean and standard deviation (SD) is calculated for the amount of fruit and seeds produced per plant from the individuals that have produced fruits. The population average of the average number of seeds per fruit and the population average of the number of fruits per number of flowers produced are also calculated.

42 llavors majoritàriament d'aspecte viable, encara que no totes.

## Fructificació

### Nombre de propàguls

A la Taula 5 es mostra que en total 19 plantes han aconseguit produir fruits amb llavors, lleugerament la meitat de la quantitat de plantes estudiades. En total han produït 61 fruits, que contenen 539 llavors. De mitjana aquestes plantes han produït 3,21 fruits i 28,37 llavors. Crida l'atenció la variabilitat del nombre de llavors per planta, mostrant una desviació estàndard major que la mitjana. S'ha de considerar que el nombre de flors no és el total que ha produït la planta, sinó el registrat, per tant és una dada aproximada.

Les dades per poblacions sorprenen ja que, la població de Pla de Colom ha produït quasi el doble de fruits que la població de la Manguilla, a pesar que

la producció de flors de la població de la Manguilla doblava a la de Pla de Colom. Tanmateix, en el cas del nombre de llavors, Pla de Colom ha quadruplicat les llavors produïdes per la Manguilla.

La mitjana de llavors produïdes per fruit ens indica que Pla de Colom és més fèrtil, aconsegueix més llavors per fruit; i la mitjana de fruits per flors és més alta, que una major quantitat d'òvuls s'ha pol·linitzat (Ferrer-Gallego et al. 2017), ja que la meitat de les flors produïdes durant el registre s'ha desenvolupat en fruit.

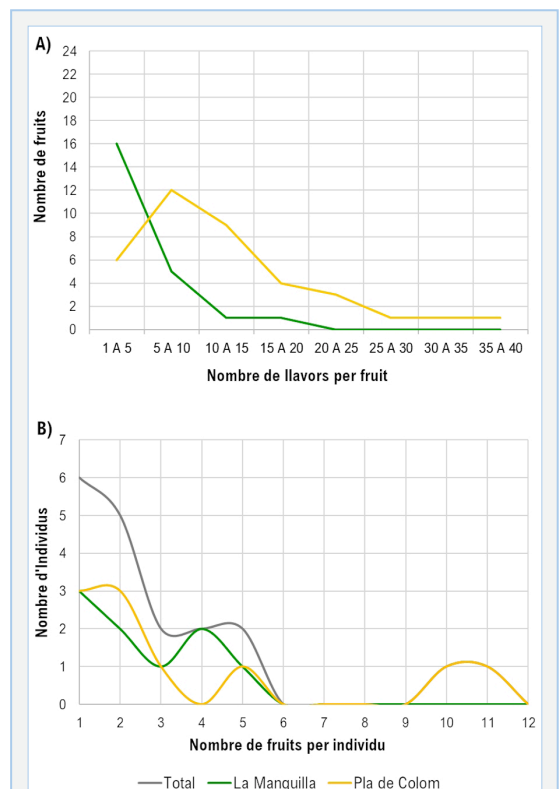
### Propàguls per planta

Si s'observa les dades per planta de la Taula 6, es pot veure que la planta que més fruits i llavors ha produït és la P38, amb 11 i 204 respectivament; que queda allunyada de la que es troba en segon lloc, la P37, que registra 10 fruits però aproximadament la meitat de llavors, 94. Entre aquestes plantes sumen el 34,42% dels

	Total fruits	%	Total llavors	%	Llavors / Fruit	Fruit / Flor
P38	11	18,03	204	37,85	18,55	0,79
P37	10	16,39	94	17,44	9,40	0,83
P24	5	8,20	60	11,13	12,00	0,50
P08	4	6,56	26	4,82	6,50	0,44
P21	3	4,92	26	4,82	8,67	0,38
P09	4	6,56	25	4,64	6,25	0,44
P23	2	3,28	18	3,34	9,00	0,18
P05	1	1,64	15	2,78	15,00	0,14
P30	1	1,64	14	2,60	14,00	0,14
P17	5	8,20	12	2,23	2,40	0,25
P31	2	3,28	8	1,48	4,00	0,67
P35	2	3,28	7	1,30	3,50	0,40
P10	2	3,28	6	1,11	3,00	0,29
P19	2	3,28	6	1,11	3,00	0,04
P40	1	1,64	5	0,93	5,00	0,11
P01	3	4,92	4	0,74	1,33	0,21
P16	1	1,64	4	0,74	4,00	0,33
P11	1	1,64	3	0,56	3,00	0,10
P22	1	1,64	2	0,37	2,00	1,00

**TAULA 6.** Nombre de fruits i llavors produïts per cada planta, ordenats de major a menor segons el nombre de llavors produïdes. Només es mostren les plantes que han produït fruits. Es calcula el nombre de llavors per fruit i el nombre de fruits pel nombre de flors produïdes registrades.

Number of fruits and seeds produced by each plant, sorted from highest to lowest according to the number of seeds produced. Only plants that have produced fruit are shown. The number of seeds per fruit is calculated and the number of fruits per number of flowers produced.



**FIGURA 13. A:** Nombre de fruits per rang de nombre de llavors de les plantes que han fructificat. **B:** Nombre d'individus per a cada quantitat de fruits produïts per individu.

**A:** Number of fruits per range of number of seed of the plants that have been fruitful. **B:** Number of individuals for each quantity of fruit produced per individual.

fruits produïts, i el 55,29% de les llavors produïdes. Pertanyen a la població de Pla de Colom, que ha registrat la majoria de plantes amb una producció de llavors per fruit major a la de la Manguilla, com es veu a la Fig. 13A. En aquesta es mostra que cap individu de la Manguilla ha produït fruits amb més de 20 llavors i que la majoria d'individus produeixen fruits amb menys de 15 llavors; mentre que a Pla de Colom s'ha trobat una major producció de llavors per fruit com es constata a les mitjanes d'aquestes dades de la Taula 5. Respecte a la producció de fruits per planta, la Fig. 13B mostra l'alta variabilitat, com ja indicava l'alta desviació estàndard de la població de Pla de Colom, i no s'aprecia cap tendència entre les poblacions. S'observen valors extrems causat pels individus abans esmentats; però, la resta de plantes han produït menys de 6 fruits, sent la moda d'1 fruit per planta.

## Discussió

### Floració

El fet d'escollir a l'atzar els individus d'estudi ens ha permès mostrejar molta de la variabilitat de les poblacions, ja que trobem individus als dos extrems de la producció de flors com es pot veure a les Fig. 3 i 4. Per tant la grandària mostral es podria considerar adequada. Tot i això, cal recordar que tots els individus provenen del mateix hort-planter, amb els mateixos parents; pel que caldria analitzar quins són els factors ambientals o genètics que estan provocant aquesta variabilitat.

En total es registren 307 flors sobre amb una mitjana de flors per planta baixa (7,68). A més, hi ha una diferència molt gran entre la producció de flors de la Manguilla i Pla de Colom, pel que seria interessant estudiar que està causant que aquesta segona població registre la meitat de flors.

Malgrat que la quantitat total de flors siga molt diferent entre poblacions, no s'han trobat diferències significatives entre les proporcions de flors en cada estat per a les poblacions. Tanmateix, les proporcions de flors en cadascun dels estats són molt similars, com es mostra a la Fig. 2; indicant possiblement que les dues poblacions tenen un comportament similar respecte a flors no viables i en quant a l'activitat dels pol·linitzadors. Per la seua banda les flors no viables es mantenen més o menys presents en tot l'estudi. Hem de recordar que dintre la categoria no viables, s'inclouen conjuntament les flors amb malformacions i que han patit un atac,

presentant les parts sexuals destruïdes o afectades; ja que era difícil determinar clarament la causa, el que ens impedeix extraure idees clares sobre els motius que les provoquen. En total les dues poblacions s'aconsegueixen un 88% de flors viables, de les quals un 67% són pol·linitzades. Aquesta dada mostra el potencial reproductiu d'aquests individus.

De les 40 plantes de l'estudi 37 produeixen flors, 28 foren pol·linitzades i 9 quedaren excloses de la pol·linització. No tots els individus estudiats presentaren flors no viables, ja que aquestes únicament es van trobar en 17 plantes diferents. La majoria de plantes es concentren en un rang de 5 a 15 flors produïdes. Aquesta dada, igual que la mitjana de flors per planta per a la població, mostra la baixa producció de flors per individu, tenint en compte que es registren dades de 18 dies. Un dels motius que podria explicar la baixa producció podria ser l'edat dels individus (aproximadament 2 anys); aquests podrien no haver aplegat a la maduresa sexual.

Encara que la mitjana del nombre de flors per dia (17,06) també siga baixa, s'ha de recordar que l'estratègia de l'espècie consisteix a concentrar la floració en uns pocs dies, amb un pic marcat, com el que observa a les Fig. 5 i 6. Això s'ha registrat ja en viver (Ferrer-Gallego et al. 2018) i en altres espècies del gènere (Bosch 1992). La dinàmica de la floració s'ha donat a les dues poblacions de forma coordinada, i dintre del rang observat en altres estudis, és a dir, de principis d'abril a finals de maig (Boscaiu 1997, Ferrer-Gallego et al. 2018). S'intueix que el pic de floració presenta alguna relació amb la temperatura ambiental. Podria estar provocant per un augment sobtat de temperatura uns dies de primavera, dins d'un període en que aquesta oscil·la de forma estable. La temperatura mitjana diària de les dues setmanes anteriors al pic de floració, oscil·la entre els 14 i 16° C; però des del dia 6 de maig la temperatura mitjana augmenta, passant dels 13,6° C fins als 26,1° C del dia 10 de maig, en el què es dona el pic de floració. El nombre de flors passa de 27 a 67 entre els dies esmentats.

Superar certs llindars de temperatura podria ser un desencadenant de la floració (Elzinga et al. 2007). Hipotèticament, seria una forma amb la qual es podria coordinar la floració entre els individus de la població per augmentar la probabilitat de fecundació creuada al augmentar el nombre de flors disponibles per dia. El dia 10 de maig també es registra el major nombre de plantes en flor (Fig. 7). De la mateixa manera, els



dies posteriors a les precipitacions augmenta moderadament el nombre de flors. La informació meteorològica s'obté de l'estació meteorològica de la Conarda, a Bétera de la xarxa AVAMET, situada en un lloc similar al de les nostres poblacions, a només 9 Km de distància. Malauradament el nostre disseny experimental no preveia analitzar aquest factor, motiu pel qual no s'ha pogut realitzar una inferència estadística. Després del pic de floració la producció de flors disminueix, degut, possiblement, a l'extenuació.

### **Prova de determinació de l'estat de la flor**

Encara que algunes flors es presentaren com pol·linitzades, com s'ha comentat, amb aquest reconeixement visual no es pot saber si entre el pol·len dipositat es troba present *C. heterophyllus* subsp. *carthaginensis*; aquest podria ser un dels motius pels quals aquesta prova ha fallat. Un altre motiu, podria ser que el mostreig no haja estat suficientment intensiu, ja que la producció de fruits en general de la població ha estat molt baixa (0,38 fruits per flor). Com a millora de la metodologia experimental, caldria haver marcat les flors pol·linitzades de les 40 plantes seleccionades inicialment, en lloc d'altres plantes aleatòries; d'aquesta forma s'haguera pogut estudiar millor l'efectivitat de la pol·linització de la zona i aplicar mesures per a millorar-la.

## **Pol·linització**

### **Freqüència de visites i tàxons**

En total s'han registrat 14 tàxons diferents, pertanyents a 8 superfamílies. Però, el nombre de tàxons que interactuen amb l'espècie pot ser major, ja que s'ha observat una major diversitat de pol·linitzadors en l'àrea que no han interactuat amb l'espècie en el moment de registre, però que sí que podrien haver interactuat en altres ocasions. A més, cal esperar que la presència humana en les proximitats de la planta que s'està estudiant, selecciona aquells tàxons que tinguen un determinat comportament.

Malgrat la diversitat trobada, algunes espècies no mostraren una activitat pol·linitzadora. La presència de coleòpters polífags com *O. funesta*, poden causar perjudicis sobre la capacitat reproductiva de les flors (a pesar que poden tenir cert potencial pol·linitzador) (Arregui et al., 1993).

L'espècie *A. mellifera* és el pol·linitzador més rellevant en termes de freqüència de visites, nombre d'individus

i abundància com es comprova a la Taula 2. Igualment, es tracta d'un tàxon present en quasi tots els dies de registre. A més, com ens mostren les Fig. 11, 12 i 13, trobem un molt bon acoblament entre l'obertura de les flors i la seua activitat pol·linitzadora. Tanmateix, les espècies del gènere *Cistus* destaquen perquè la major recompensa per als pol·linitzadors és el pol·len; ja que la producció de nèctar és ínfima (Herrera, 1985). Aquest també serà un factor que afavoriria especialment *A. mellifera*.

Per aquestes característiques podríem dir que l'abella de la mel és l'espècie que més participa de la pol·linització de *C. heterophyllus* subsp. *carthaginensis* en les poblacions estudiades. Aquesta interacció tan forta entre les dues espècies ja havia sigut mencionada als treballs de Boscaiu (1997) de la mateixa forma que s'ha trobat en altres espècies del gènere (Brandt & Gottsberger 1988). Altres pol·linitzadors que cal remarcar són *L. malachurus* (apoïdeus), *M. domestica* (múscids) i la família dels sírfids; que sumen un nombre moderat de visites i individus.

### **Distribució temporal de les visites**

L'activitat dels pol·linitzadors és molt variable entre els dies com mostra el nombre de visites i la intensitat horària. Aquesta variabilitat, es pot explicar per les condicions meteorològiques que obliguen els insectes a modificar el seu patró de comportament, com s'observa amb la caiguda del nombre de visites entre el 17 i el 23 d'abril a la Fig. 9. Aquest fenomen també sembla afectar a la diversitat dels tàxons com han mostrat els resultats.

Tot i això, aquest no ha sigut l'únic factor que ha afectat a l'activitat dels pol·linitzadors. Les fumigacions plaguicides que es dugueren a terme la primera setmana de maig en els camps dels voltants de les poblacions afecten profundament a la quantitat de visites i tàxons que es registren. A diferència de la disminució de l'activitat dels insectes pol·linitzadors dels dies 17 a 23 d'abril, a partir del dia 6 de maig, no hi ha una recuperació de l'activitat (en nombre de visites). També el nombre de tàxons es redueix a 2 en aquest segon esdeveniment; mentre que en el primer es recupera en els dies següents. Les fumigacions afecten greument a l'activitat de l'abella de la mel, que desapareix pràcticament a partir del dia 8 de maig. Malgrat tot, no trobem mecanismes per a regular directament aquest problema, ja que les parcel·les de conreu són de domini privat i sols una de les poblacions (la de la

Manguilla) es troba dintre d'una àrea protegida que, així i tot, al tenir la categoria de protecció de Paratge Natural Municipal no considera actuacions de protecció més fermes com les que podríem trobar a altres categories superiors com serien els Parcs Naturals o els Parcs Nacionals.

Aquesta caiguda en l'activitat pol·linitzadora podria estar relacionada amb la quantitat de flors que queden sense pol·linitzar, ja que en aquest període es registra la pràctica totalitat de flors d'aquesta categoria. Així, només entre els dies 6 i 22 de maig, es veuen afectades un 23% del total de flors viables. Es confirma la correlació negativa entre el nombre de visites i la quantitat de flors no visitades. Desgraciadament, la pèrdua dels insectes pol·linitzadors va ocórrer uns dies abans de produir-se el pic de floració; el que explica el gran nombre de flors sense visitar.

Aleshores, per a poder aconseguir la màxima producció de fruits a les poblacions s'hauria de considerar protegir els pol·linitzadors, prenent alguna mesura que pugui evitar o disminuir la quantitat dels productes plaguicides que apleguen a les àrees d'estudi, o que pugui protegir o reforçar les poblacions d'insectes pol·linitzadors.

Conjuntament amb les dades de pol·linitzadors es va registrar la posició de les flors segons si se situaven dintre o fora del protector de la planta per tal d'esbrinar si hi ha cap efecte sobre les visites dels pol·linitzadors provocades per aquest element. Es registraren en total 724 visites (sobre 24 flors) dins del protector i 482 (sobre 19 flors) que es trobaven fora. Al fer el càlcul de nombre de visites per flor veiem que les flors de dins reben 30,17 visites per flor, mentre que les de fora reben 25,36. Aquests valors són orientatius, ja que com no era un objectiu del treball no es va considerar un disseny experimental per comprovar-ho; però pareix interessant comentar aquestes dades generades amb el registre de pol·linitzadors, ja que no es va observar cap interacció positiva o negativa entre els pol·linitzadors i el protector.

### **Antesi i corbes de vol**

L'estudi de l'antesi i la corba de vol dels pol·linitzadors mostra que hi ha molt bon acoblament temporal entre els dos; el que assegura tant la disponibilitat de flors per als pol·linitzadors en el moment que comencen la seua activitat, com un màxim nombre de visites quan la receptivitat de les flors és màxima. Els tàxons restants segueixen la seua pròpia dinàmica a la

corba de vol. Com es mostra a la Fig. 10, la resta d'espècies inicia l'activitat més tard (de 30 min. a 2 h després de les abelles). En aquests moments les abelles ja han superat el seu pic de visites: la resta d'insectes mantenen certa activitat pol·linitzadora sobre l'estepa en el moment de màxima fecunditat quan el pol·linitzador principal comença a retirar-se.

### **Duració de les visites i visites per individu**

La duració de la visita, temps que l'insecte passa sobre la flor, és molt variable entre individus i espècies. Amb aquesta mesura podem determinar si les visites que realitzen els insectes a la flor són suficientment prolongades com per a tenir un contacte suficient amb l'estigma i pol·linitzar-lo. No obstant això, tampoc representa una mesura infal·libre que determine clarament l'efectivitat de l'activitat pol·linitzadora, ja que aquesta també depèn del comportament de l'insecte sobre la flor i la càrrega pol·línica que pugui portar en el moment que la visita. Tot i això, és pot esperar que amb visites més llargues augmenti la probabilitat de pol·linització. Aquelles espècies amb duracions molt curtes no asseguren una pol·linització tan efectiva com aquelles que es passen més temps sobre la flor. No obstant això, amb visites més curtes l'animal té disponible més temps per a fer visites sobre una quantitat major de flors i plantes diferents. La principal espècie pol·linitzadora, *A. mellifera*, inverteix de mitjana 22 sg. (D.E. = 52 sg.) en cada flor com veiem a la Taula 3. Aquest sembla un bon equilibri entre el temps que passa a la flor (incrementant la probabilitat de pol·linització) i el temps disponible per a visitar altres flors i plantes.

El fet que un 60% de les estades de cada individu implicarà la visita a més d'una flor de la planta, fa augmentar la probabilitat que aquesta siga fecundada per geitonogàmia. Aquest comportament s'ha observat en els tàxons de pol·linitzadors més freqüents, com són *A. mellifera*, *L. malachurus* i *M. domestica*. El cas de l'abella de la mel és molt cridaner ja que al comptabilitzar un nombre tan gran d'individus (330) es pot observar, com es mostra a la Taula 4, que la freqüència del nombre d'individus per cada nombre de flors visitades en una mateixa estada es va reduint a mesura que augmenten les visites per estada.

Aprofitant aquesta característica de la comunitat de pol·linitzadors, per tal d'augmentar la probabilitat de fecundació creuada entre individus es podrien plantar nous individus de l'estepa de Cartagena molt pròxims als actuals. D'aquesta forma es persegueix que

el pol·linitzador passe per totes les flors de les dues plantes, repetint el comportament que s'ha recollit a la Taula 4. Així, es podria aconseguir un major nombre de flors fecundades amb fruits viables amb més variabilitat genètica, al reduir-se la probabilitat de fecundació per geitonogàmia.

A pesar que s'han obtingut dades per a determinar l'activitat pol·linitzadora que afavoreix la geitonogàmia, no s'ha realitzat cap prova per esbrinar la probabilitat que té l'estepa de Cartagena de formar fruits per aquesta via. Igualment, no s'han trobat a la bibliografia cap experiment d'aquest tipus en l'espècie monitoritzada, raó per la qual seria interessant dur-lo a terme i connectar-lo amb altres formes d'autoincompatibilitat.

### **Prova d'autoincompatibilitat**

Com es mostra als resultats d'aquesta prova, s'ha aconseguit que un 20% de les plantes (i un 7,35% de les flors) en les que s'ha realitzat la l'autopol·linització produïsquen almenys un fruit viable. Per tant *C. heterophyllus* subsp. *carthaginensis* no és totalment autoincompatible. Els resultats d'aquesta prova es troben d'acord amb els trobats per altres investigadors, que també aconseguiren una producció fruits amb flors autopol·linitzades (Escribà et al. 2007). Però, entren en contradicció amb els resultats obtinguts al treball de Boscaiu (1997), en els quals la planta es qualifica com a xenògama obligada segons els càlculs d'índex d'al·logàmia basats en la metodologia de Cruden (1977) i les proves d'autoincompatibilitat manual dutes a terme, que no registren cap fructificació. No obstant això, Boscaiu (1997) aconseguí detectar pol·linitzacions per autofecundació espontània.

Mitjançant la prova d'autoincompatibilitat s'ha demostrat que es pot superar la barrera d'autoincompatibilitat en els individus introduïts al camp. Cal esmentar que els individus emprats per Boscaiu (1997) són clons obtinguts in vitro per l'IVIA als anys 90. Tots els individus produïts d'aquesta manera presentaven la característica parental d'autoesterilitat (Ferrer-Gallego et al. 2018). Tot i això, els individus emprats en l'estudi, ja provenen del creuament sexual d'esqueixos de l'individu descobert el 1986 i de llavors, per tant no presenten aquesta qualitat com mostren els resultats.

La quantitat de llavors que posseïen els fruits produïts a través de la prova d'autoincompatibilitat és rellevant (en total 42). En tres dels fruits es va trobar un nombre considerable de llavors (12, 16 i 10), el que fa que la mitjana de llavors per fruit (8,40) siga major a

la registrada en la fructificació dels altres exemplars d'estudi (6,87). Per això, encara que els pol·linitzadors tinguen un comportament que fa augmentar la probabilitat de fecundació per geitonogàmia, encara que la majoria d'individus provenen dels mateixos parentals i presenten poca variabilitat genètica, i encara que l'espècie no presente barreres d'autoincompatibilitat molt fortes, es podria assegurar, fins i tot per aquesta via, una producció mínima de llavors.

El fenomen d'autopol·linització espontània (sense autopol·linització manual) s'ha observat en una taxa de fins al 5% de les flors per individu en altres treballs; i les llavors resultants presenten una autofecundació elevada (Boscaiu 1997 & 1999, Boscaiu & Güemes 2001, Navarro-Cano 2002, Navarro-Cano et al. 2009). Per millorar el nostre estudi s'haguera pogut dur a terme conjuntament una prova d'autopol·linització espontània. Saber si es dona o no aquest tipus de fecundació ens hagués permès conèixer si el gran nombre de flors avortades i el baix nombre de fruits es troba relacionat amb aquesta; i si cal estrictament l'actuació dels insectes per a que es fecunde la flor. Una test de germinació també haguera sigut adient, per comprovar la viabilitat d'aquestes llavors i comparar els resultats amb altres treballs anteriors.

### **Fructificació**

Es troba que quasi la meitat de les plantes d'estudi han produït almenys un fruit, de forma que en total s'han aconseguit 61 fruits, amb una relació aproximada de 0,38 fruits per flor. De la mateixa manera, la mitjana de llavors per fruit és molt baixa, ja que el 55,29% de les llavors produïdes es concentren en dos individus (que també obtenen el nombre màxim de fruits). El reduït nombre de fruits per planta es podria explicar per l'edat dels individus, ja que encara no haurien aplegat a la maduresa sexual i una vegada haja transcorregut el temps suficient les diferències entre individus haurien de desaparèixer. Malgrat tot s'han aconseguit 539 llavors, un nombre bastant important si comparem amb l'èxit de producció de llavors dels individus produïts in vitro (Escribà et al. 2007).

Encara que la població de la Manguilla produeix un floració molt més gran que la de Pla de Colom, és aquesta última la que registra el major nombre de fruits i llavors per planta. Caldria valorar quins són els factors que han dut a la població de Pla de Colom a aconseguir una major fecundació de flors. D'aquesta forma es podria determinar si hi ha una relació entre

la producció floral i la fecunditat de les plantes o més bé aquesta diferència és provocada per l'activitat dels pol·linitzadors. Igualment seria interessant esbrinar per què els individus P37 i P38 han aconseguit un nombre tan gran de fruits amb una quantitat de llavors tan destacada, respecte a la resta d'individus d'estudi, ja que aquests dos individus no han mostrat una producció de flors excepcional, com es mostra a la Fig. 3.

A priori, per les dades que hem recollit, la població pot ser capaç de perpetuar-se; però, per completar aquest estudi es podria realitzar un test de germinació, per comprovar la viabilitat de les llavors que s'han recol·lectat i determinar que la taxa de germinació siga suficient.

## Conclusions

L'estudi de la floració, els agents pol·linitzadors i la fructificació han permès conèixer el potencial reproductiu dels individus introduïts de l'espècie *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*. Les característiques de la floració ens mostren que les dues poblacions tenen un potencial reproductiu alt, produint un gran nombre de flors, la majoria d'elles viables; tot i que hi ha diferències notables entre les dues poblacions.

Com ens mostra el registre de pol·linitzadors, l'espècie no resulta un element aliè en el medi, sinó que s'integra amb la comunitat de pol·linitzadors, ja que s'ha registrat una interacció alta amb les que es consideren les espècies típiques que interactuen amb el gènere i l'espècie. De la mateixa forma, hi ha un bon acoïment entre l'antesi de les flors i les corbes de vol dels pol·linitzadors i la seua activitat.

Tot i això, caldria tenir cura de la comunitat de pol·linitzadors ja que es veu minvada dràsticament per les activitats agrícoles presents als voltants de l'àrea d'estudi. A més, es veu afectada en els moments crucials de la reproducció de l'estepa de Cartagena, quan es produeix el pic de floració. Per això s'haurien d'adoptar mesures per a protegir o reforçar les poblacions de pol·linitzadors a l'àrea enfront les fumigacions plaguicides aplicades en els camps propers.

Tot i que les poblacions de pol·linitzadors puguen desaparèixer en els moments claus de la floració, aquestes poblacions han mostrat un trencament de la barrera d'autoincompatibilitat. Això podria assegurar una producció (encara que reduïda) de propàguls per autofecundació, que podrien facilitar un mínim de producció de llavors i per tant de reclutament a les poblacions.

Encara que la producció de flors haja sigut abundant, la fructificació no ha seguit la mateixa tendència. S'hi troba una producció de fruits per part de menys de la meitat dels individus estudiats. No obstant això, encara que el nombre de fruits per planta no ha sigut molt gran, el nombre total de llavors produïdes sí que és rellevant, la qual cosa augmenta la probabilitat que algunes de les llavors germinen incorporant nous individus a la població.

S'ha de recordar que aquesta és la segona primavera en què els individus es troben instal·lats al camp i encara són joves (només tenen 3 anys). Per això es podria esperear que el nombre de flors i fruits produïdes augmenten a mesura que les plantes apleguen a la seua maduresa.

Pels motius esmentats, es pot considerar a priori que la producció de propàguls (tant de fruits com de llavors) i la integració amb el medi per part de les dues poblacions estudiades és suficientment gran com per a assegurar, amb molta probabilitat, que la població incorpore individus en els pròxims anys i siga capaç d'autoperpetuar-se a les localitzacions on s'ha instal·lat.

## Bibliografia

- Aguilella, A., Fos, S. & Laguna, E. (Eds.) 2009.** Catálogo Valenciano de Especies de Flora Amenazadas. Colección Biodiversidad, 18. Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge, Generalitat Valenciana. València.
- AM Online Projects 2019.** climate-data.org [en línia] <https://es.climate-data.org/europe/espana/comunidad-valenciana/puebla-de-vallbona-57144> (consultada el 07/07/2019).
- Arregui, J. M., Juárez, J., Laguna, E., Reyna, S., & Navarro, L. 1993.** Micropropagación de *Cistus heterophyllus*. Un ejemplo de la aplicación del cultivo de tejidos a la conservación de especies amenazadas. *Vida Silvestre*, 74: 24–29.
- Brandt, U., & Gottsberger, G. 1988.** Flower phenology, pollinating insects and breeding systems in *Cistus*, *Halimium* and *Tuberaria* species in Portugal. *Lagascalia*, 15: 625–634.
- Boscaiu, M. T. 1997.** Relaciones entre el sistema reproductor y la rareza de *Cistus heterophyllus* Desf. subsp. *carthaginensis* (Pau) M. B. Crespo & Mateo. Jardí Botànic de la Universitat de València, Informe inèdit.
- Boscaiu, M. T. 1999.** Regeneración y estudio de la variabilidad morfológica y genética de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*. Informe para la Conselleria de Medio Ambiente de la Generalitat Valenciana. Universitat de València. València, Informe inèdit.
- Boscaiu, M., & Güemes, J. 2001.** Breeding system and conservation strategy of the extremely endangered *Cistus carthaginensis* Pau (Cistaceae) of Spain. *Israel Journal of Plant Sciences*, 49(3): 213–220.
- Bosch, J. 1992.** Floral biology and pollinators of three co-occurring *Cistus* species (Cistaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 109(1): 39–55.

- Calvo-Agudo, M., González-Cabrera, J., Picó, Y., Calatayud-Vernich, P., Urbaneja, A., Dicke, M., & Tena, A. 2019.** Neonicotinoids in excretion product of phloem-feeding insects kill beneficial insects. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(34): 16817-16822.
- Chinery, M. 1986.** Guía de los Insectos de Europa. 320 pp. Ediciones Omega, S. A. Barcelona.
- Crespo, M. B., & Mateo, G. 1988.** Consideraciones acerca de la presencia de *Cistus heterophyllus* Desf. en la Península Ibérica. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 45(1): 165-171.
- Cruden, R. W. 1977.** Pollen-ovule ratios: A conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 31(1): 32-46.
- Decret 70/2009, de 22 de maig de 2009,** del Consell, pel qual es crea i regula el Catàleg Valencià d'Espècies de Flora Amenaçades i es regulen mesures addicionals de conservació. Generalitat Valenciana, Conselleria de Medi Ambient, Aigua, Urbanisme i Habitatge. DOCV núm. 602, de 26/05/2009: 20143-20162.
- Decret 35/2011, d'1 d'abril de 2011,** del Consell, pel qual es declara Paratge Natural Municipal l'enclavament denominat La Manguilla, al terme municipal de la Pobla de Vallbona. Generalitat Valenciana, Conselleria Territori i Habitatge. DOCV núm. 6495, de 05/04/2011: 13932-13956.
- Decreto 50/2003, de 30 de maig de 2003,** por el que se crea el Catálogo Regional de Flora Silvestre Protegida de la Región de Murcia y se dictan normas para el aprovechamiento de diversas especies forestales. Consejo de Gobierno de la Región de Murcia, Consejería de Agricultura, Agua y Medio Ambiente. BORM núm. 131, 30/05/2003: 11615-11624.
- Desfontaines, R. L. 1798.** Flora atlantica, sive historia plantarum, quae in atlante, agro tunetano et algeriensis crescent. Tomus primus. L.G. Desgranges. Paris.
- Elzinga, J. A., Atlan, A., Biere, A., Gigord, L., Weis, A. E., & Bernasconi, G. 2007.** Time after time: Flowering phenology and biotic interactions. *Trends in Ecology & Evolution*, 22(8): 432-439.
- Escribá, M. C., Arregui, J. M. & Laguna, E. 2007.** Germinación de *Cistus heterophyllus* Desf. subsp. *carthaginensis* (Pau) M.B. Crespo & Mateo, tàxon gravement amenaçat en la Comunitat Valenciana. *Lazaroa*, 28: 101-107.
- Ferrer-Gallego, P. P., Ferrando Pardo, I., Albert Llana, F. J., Martínez Granell, V., & Laguna, E. 2017.** Obtención de material vegetal de reproducción de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* (Cistaceae), especie catalogada En Peligro de Extinción en la Comunitat Valenciana (España). *Cuadernos de Biodiversidad*, 52: 24-37.
- Ferrer-Gallego, P. P., Ferrando Pardo, I., Albert Llana, F. J., Martínez, V., & Laguna, E. 2018.** Obtención de material de reproducción en la Comunitat Valenciana. En M. J. Vicente, J. J. Martínez-Sánchez (Ed.). *La Jara de Cartagena (Cistus heterophyllus)*, una especie en peligro. Estado actual de conocimientos: 102-126. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena.
- Ferrer-Gallego, P. P., & Laguna, E. 2012.** Nuevos híbridos en el género *Cistus* L. (Cistaceae). *Flora Montiberica*, 52: 60-67.
- Grosser, W. 1903.** Cistaceae. En: A. Engler (Ed.), *Das Pflanzenreich* 14. Vol. IV: 10-32. Berlín.
- Herrera, J. 1985.** Nectar Secretion Patterns in Southern Spanish Mediterranean Scrublands. *Israel Journal of Botany*, 34(1): 47-58.
- IBM Corp. Llançat: 2015.** IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Jiménez, F. 1903.** Las plantas de Cartagena. Memoria Real Sociedad Española Historia Natural, 2: 63-118.
- Jiménez, J.F., Sánchez-Gómez, P., & Rosselló, J.A. 2007.** Evidencia de introgresión en *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis* (Cistaceae) a partir de marcadores moleculares RAPD. *Anales de Biología*, 29: 95-103.
- Laguna, E., Ferrer-Gallego, P. P., Albert Llana, F. J., & Ferrando Pardo, I. 2018.** Traslaciones de conservación en la Comunitat Valenciana. En: M.J. Vicente, J.J. Martínez-Sánchez (Eds.). *La jara de Cartagena (Cistus heterophyllus)*, una especie en peligro. Estado actual de conocimientos: 162-171. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena.
- Ministerio para la Transición Ecológica 2018.** Evaluación de criterios para la consideración de situación crítica de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*, (Pau) M.B. Crespo. Gobierno de España. Madrid.
- Navarro-Cano, J. A. 2002.** Taxonomía, propagación y conservación de *Cistus heterophyllus* Desf. (Cistaceae): Una planta en peligro de extinción en España (PhD Thesis). Tesis de Licenciatura. Universidad de Murcia. Inéd.
- Navarro-Cano, J. A., Sánchez-Balibrea, J., Barberá, G. G., Ferrández-Sempere, M. & El-Andalossí, M. 2009.** Siguiendo la huella de la hibridación en poblaciones de *Cistus heterophyllus* del Rif marroquí. *Conservación Vegetal*, 13: 9-10.
- Navarro-Cano, J. A. 2018.** Historia de las poblaciones ibéricas de «*Cistus heterophyllus*». En M. J. Vicente, J. J. Martínez-Sánchez (Ed.). *La jara de Cartagena (Cistus heterophyllus)*, una especie en peligro. Estado actual de conocimientos: 32-41 Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena.
- Orden TEC/1078/2018,** de 28 de septiembre, por la que se declara la situación crítica de *Cistus heterophyllus* subsp. *carthaginensis*, *Lanias minor*, *Margaritifera auricularia*, *Marmaronetta angustirostris*, *Mustela lutreola*, *Pinna nobilis* y *Tetrao urogallus cantabricus* en España, y se declaran de interés general las obras y proyectos encaminados a la recuperación de dichos taxones. Gobierno de España, Ministerio Para la Transición Ecológica. BOE núm. 251, de 17/10/2018: 100677 a 100679.
- Ordre 1/2015,** de 8 de gener de 2015, per la qual s'aproven els plans de recuperació de les espècies de flora en perill d'extinció *Cistus heterophyllus*, *Limonium perplexum* i *Silene hifacensis*. Generalitat Valenciana, Conselleria d'Infraestructures, Territori i Medi Ambient. DOGV núm. 7451, de 08/01/2015: 1801-1815.
- Pau, C. 1904.** A. Engler. *Das Pflanzenreich*. Cistaceae von W. Grosser. *Boletín de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales*, 3: 259-266.
- Pawluczyk, M., Weiss, J., Vicente-Colomer, M. J., & Egea-Cortines, M. 2012.** Two alleles of rpoB and rpoC1 distinguish an endemic European population from *Cistus heterophyllus* and its putative hybrid (*C. x clausonis*) with *C. albidus*. *Plant Systematics and Evolution*, 298(2): 409-419.
- Real Decreto 139/2011,** de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. Gobierno de España, Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. BOE núm. 46, de 23/02/2011: 20912-20951.
- Robledo, A., Navarro, J. A., Rivera, D., & Alcaraz, F. 1995.** Los últimos ejemplares de jara cartagenera. *Quercus*, 110: 12-14.
- Sánchez-Gómez, P., Martínez, J. F. J., Güemes, J., & Rubio, J. L. C. 2018.** Taxonomía, filogenia y contexto geobotánico. En M. J. Vicente, J. J. Martínez-Sánchez (Ed.). *La Jara de Cartagena*

(*Cistus heterophyllus*), una especie en peligro. Estado actual de conocimientos: 20-25. Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena.

**Servei de Vida Silvestre 2017.** Memoria anual de actividades 2017. Centro para la Investigación y Experimentación Forestal, Direcció General de Medi Natural i d'Avaluació Ambiental. València.

**Sih, A., & Baltus, M.-S. 1987.** Patch Size, Pollinator Behavior, and Pollinator Limitation in Catnip. *Ecology*, 68(6): 1679-1690.

**Vicioso, C. 1945.** Notas sobre la flora española. *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 6(2): 5-92.

**Agraïments.** Aquest treball ha sigut elaborat a partir del treball final de màster elaborat per Josep Chenoll Garcia el 2019 del màster en Gestió i Restauració del Medi Natural de la Universitat d'Alacant. Volem agrair el suport econòmic de la universitat d'Alacant.