



**Universitat de les
Illes Balears**

Facultat de Ciències

Memòria del Treball de Fi de Grau

Caracterització de la biologia reproductiva d'*Hypericum balearicum* L. (Guttiferae) en poblacions de mitjana altitud

Víctor Martínez Mas

Grau de Biologia

Any acadèmic 2018-19

Treball tutelat per Joana Cursach Seguí
Departament de Biologia.

S'autoritza la Universitat a incloure aquest treball en el Repositori Institucional per a la seva consulta en accés obert i difusió en línia, amb finalitats exclusivament acadèmiques i d'investigació	Autor		Tutor	
	Sí	No	Sí	No
	X		X	

Paraules clau del treball:

Hypericum balearicum, biologia reproductiva, pol·linització, autogàmia, xenogàmia.

Índex

Resum	4
Abstract	4
Introducció	5
Importància de la biologia reproductiva	5
Canvis en la biologia reproductiva en un gradient altitudinal	5
Biodiversitat vegetal a la conca del Mediterrani i a les Illes Balears	5
<i>Hypericum balearicum, un endemisme de les Illes Balears</i>	6
Estudis previs	8
Objectius de l'estudi	9
Metodologia	9
Zona d'estudi	9
Mecanismes de pol·linització	10
Característiques biomètriques	12
Característiques florals	13
Censos de pol·linitzadors	13
Anàlisi estadística	14
Resultats	14
Mecanismes de Pol·linització	14
Fruits	16
Llavors	17
Característiques biomètriques	19
Característiques florals	20
Censos de pol·linitzadors	20
Discussió	22
Conclusions	26
Agraïments	26
Bibliografia	27

Resum

Hypericum balearicum és una espècie endèmica de les Illes Balears (conca del Mediterrani occidental) distribuïda principalment en la Serra de Tramuntana (Mallorca) que actualment està en risc mínim segons la UICN. És un nanofaneròfit que pot habitar en brolles xeroacàntiques de muntanya, carritxeres, ullastrars i altres garrigues esclerofil·les com garrigues de muntanya i a vegades a les zones baixes. En aquest estudi es va investigar la biologia reproductiva de l'espècie en dues poblacions de la Serra de Tramuntana, una situada a sa coma de n'Arbona, vora el túnel de Monnàber, i l'altra població passada el túnel del Gorg Blau direcció Lluc. S'han estudiat diferents aspectes de l'espècie com són el sistema de creuament, els mecanismes de pol·linització, les característiques biomètriques dels individus i algunes característiques florals com el nombre d'anteres per flor, el nombre de grans de pol·len per flor, el nombre de primordis seminals per flor i la ràtio grans de pol·len per òvul; i s'han realitzat censos de pol·linitzadors. Els resultats reflecteixen que es una espècie xenògama i autògama amb una pol·linització principalment entomòfila, però també anemòfila; les famílies que mes visiten l'espècie són Melyridae, Formicidae, Scaptiidae i Calliphoridae. Aquesta espècie té un sistema de reproducció amb autogàmia passiva parcial i amb una incompatibilitat parcial de creuament. Aquesta varietat li permet adaptar-se a diferents situacions ambientals i garantir l'èxit reproductiu.

Abstract

Hypericum balearicum is an endemic species of the Balearic Islands (western Mediterranean Basin) distributed mainly in the Serra de Tramuntana (Mallorca) which is currently at a minimal risk according to the IUCN. It is a nanofanerophyte that can inhabit xeroacantic mountain shrubs, *Ampelodesmos mauritanica* shrubs, *Olea europaea* maquis, and other sclerophyllous garrigues, like mountain garrigues and sometimes in lowlands. In this study, the reproductive biology of the species was investigated in two populations of the Serra de Tramuntana: one located in Sa Coma in Arbona, near the tunnel of Monnàber and the other population located in the Gorg Blau. Different aspects of the species have been studied, such as the mating system, the pollination mechanisms, the biometric characteristics of individuals and several floral traits, such as the number of anthers per flower, the number of pollen grains per flower, the number of seminal primordios per flower and the ratio of pollen per ovule; and censuses of pollinators have been carried out. The results reflect that it is a xenogamous and autogamous species with a mainly entomophilous but also anemophilous pollination. The families who visit the species are Melyridae, Formicidae, Scaptiidae and Calliphoridae. This species has a reproductive system with partial passive self-pollination and with partial cross-incompatibility. This variety allows the species to adapt to different situations and to be successful in reproduction.

Introducció

Importància de la biologia reproductiva

Conèixer la biologia reproductiva d'una espècie implica conèixer el sistema reproductor de les plantes, que engloba les estructures reproductives i els processos que afecten la seva fecunditat i composició genètica de la descendència (Bacchetta *et al.*, 2008). Les característiques reproductives vegetals, com és la pol·linització i els sistemes de reproducció sexuals, s'han utilitzat per comprendre les respostes de les plantes als canvis ambientals (Almeida *et al.*, 2011).

Canvis en la biologia reproductiva en un gradient altitudinal

Els gradients ambientals que presenten les muntanyes permeten testejar respostes ecològiques de les plantes a diferents condicions ambientals a través de distàncies curtes (Seguí, 2017). Els pol·linitzadors, salinitat, acció del vent, temperatura i humitat en son un exemple. Com ja s'ha vist en estudis com els de Rodríguez-Pérez & Traveset (2016), hi ha variacions entre poblacions a diferent altitud. En els estudis de Seguí (2017) es demostra que en *Viola jaubertiana* té variacions en les flors i en la limitació de pol·len al llarg d'un gradient altitudinal, variant el tipus de flors a mesura que augmenta l'altitud, afavorint les flors cleistógames front les casmógames; promovent així l'autogàmia.

Biodiversitat vegetal a la conca del Mediterrani i a les Illes Balears

La conca del Mediterrani és un punt calent de biodiversitat, això vol dir que té una gran biodiversitat en la seva flora i fauna, concretament en flora hi ha unes 25 000 espècies, amb un 50% d'endemismes, els quals suposen un 4.3% de la flora global (Myers *et al.*, 2000; Heywood, 1995). La insularitat és un factor molt notable a l'hora de la biodiversitat, és a dir, a més illes més biodiversitat, en el Mediterrani hi ha una gran quantitat d'illes. Les Illes Balears, situades en el centre occidental de la Conca que estan formades per 4 illes principals i habitades i prop d'un centenar d'illots amb flora.

La flora entre illes té una major similitud entre les Gimnèsies i entre les Pitiüses. A més, les Gimnèsies tenen espècies més relacionades amb altres illes mediterrànies i les

Pitiüses al continent oriental. També existeix una relació lineal entre la superfície i la riquesa d'espècies, tenint més espècies les illes amb més territori (Rita i Payeras, 2006). També hi ha una diferència significativa entre illes el que fa que hi hagi una composició florística diferent (Sáez *et al.* 2013).

L'arxipèlag balear presenta una elevada diversitat vegetal ja que, tot i la seva reduïda superfície, posseeix un gran nombre d'hàbitats diferents (aiguamolls, esquerdes de roca, barrancs de muntanya, bases temporals...). A les Balears la flora autòctona és de 1729 taxons i prop del 50% s'agrupen en només 8 famílies (compostes, gramínies, lleguminoses, umbel·líferes, labiades, liliàcies, cariofil·làcies i crucíferes). La flora endèmica representa el 10% de la flora autòctona (173 tàxons) on els camèfits (37.7%) són les formes biològiques més freqüents entre els endemismes (Rita i Payeras, 2006).

***Hypericum balearicum*, un endemisme de les Illes Balears**

El gènere *Hypericum* forma part de la família *Guttiferae* i està format per unes 450 espècies d'arbres, arbusts i herbàcies distribuïdes en totes les zones temperades del món. Ara bé, no es troba present a hàbitats que són extremadament àrids, calents i freds (Ramos, 1993). *Hypericum balearicum* L. és un nanofaneròfit llenyós, de fulla perenne, de fins a un metre d'alçària, endèmic de les Illes Balears (Figura 1). Té les fulles de mida reduïda, coriàcies, sèssils, ovalades, amb marge flexuós, amb un limbe cobert de vesícules transparents. Les flors són hermafrodites, actinomorfe, solitàries, terminals, amb 5 pètals lliures de color groc, amb cinc sèpals verds i desiguals, amb un gineceu amb 5 carpels i 5 estils erectes; i amb un androceu que té un nombre variable d'estams de mida desigual distribuïts en 5 feixos (Rodríguez-Pérez & Traveset, 2016). El procés d'antesi és el següent: a partir de les 6 hores es produeix el desplegament dels estils i els estams, després d'aquesta revelació es produeix l'obertura asincrònica de les antereres durant 17 hores, passat aquest període de temps les antereres ja no són funcionals, però el estigma pot romandre receptiu fins al dia següent (Tébar, 1992). Els fruits són secs, amb càpsula dehiscent, viscosa i glandulosa; conserven els 5 carpels i els 5 estils, els fruits es mantenen en la planta fins a la ruptura per l'assecat. Les llavors són de color negre, brillants i tenen solcs longitudinals; les llavors són alliberades quan la planta es mou pel vent (anemocòria) i es desprenen poc a poc ja que moltes llavors es queden adherides a les parets del fruit. L'alliberació de les llavors requereix un procés d'assecat del fruit, el qual retarda la seva dispersió (Tébar, 1992).



Figura 1. Flor d'*Hypericum balearicum*, amb una flor d'uns 4 cm de diàmetre.

Hypericum balearicum es distribueix per totes les Illes excepte Formentera, essent més comú a Mallorca i en particular a la Serra de Tramuntana, encara que també es troba a la Serra de Llevant i altres zones litorals (Figura 2). Habita clars de muntanya, cims, vores de camins, carritxars i rossegueres, indrets on destaca l'acció del vent i alts nivells d'insolació. Pertany a l'associació *Hypericion balearici*, que son comunitats de pulvínuls espinosos i subespinosos. Les adaptacions típiques que presenten els vegetals d'aquests hàbitats són la mida reduïda, així com la reducció i curvatura foliar, protecció front als herbívors com espines o substàncies químiques dissuasòries (Llorens et al., 2007).



Figura 2. Distribució d'*Hypericum balearicum* a les Illes Balears (Font: Bioatles).

La fenologia floral es el període de floració de les plantes i aquesta marca l'estació per a la producció de fruits i llavors, per tant, pot ésser crítica per a la seva supervivència i reproducció (Rathcke & Lacey, 1985; Primack, 1985). La fenologia està controlada genèticament, però els factors ambientals intervenen en l'expressió dels gens relacionats amb aquest procés (Nicotra *et al.*, 2010). *Hypericum balearicum* floreix durant tot l'any, però té dos pics de floració, un durant a finals de primavera, que és quan hi ha més visites florals; i l'altre a la tardor (Rodríguez-Pérez & Traveset, 2016).

Els síndromes de pol·linització són el conjunt de característiques útils per a entendre la diversificació floral atenent a l'ús d'un grup específic de pol·linitzadors. Hi ha diferents tipus de pol·linització referent al pol·linitzador, la cantarofília és la pol·linització realitzada per coleòpters, les flors que reben aquesta pol·linització son anomenades flors cantaròfiles, aquesta pol·linització es sol donar per casualitat quan l'insecte s'apropa a la flor per alimentar-se, aquestes flors tenen una sèrie de característiques particulars com per exemple la seva gran mida i robustesa, però també poden ésser de mida reduïda i d'inflorescències amb major densitat; per permetre una major facilitat a l'hora d'accedir al pol·len presenten anteres i estils exposats, amb un gran nombre d'estams. La gran vistositat i dimensions de les flors d'*H. balearicum*, la fàcil accessibilitat al pol·len i el fet que proporcioni pol·len com a recompensa als pol·linitzadors (Tébar, 1992), tot plegat fa que presenti un síndrome floral de pol·linització cantaròfila.

El fenomen de la limitació de pol·len consisteix en la limitació en la producció de llavors per una arribada insuficient de grans de pol·len, i es produeix quan el quallat del fruit i/o la producció de llavors és menor que si hi hagués hagut una pol·linització amb més grans de pol·len (Groom, 1998). Per tant, la limitació de pol·len depèn de vectors com els pol·linitzadors, arribant a definir l'abundància de visites dels pol·linitzadors com a mecanisme de la limitació de pol·len (Gomez *et al.*, 2012). La limitació de pol·len té potencials conseqüències ecològiques i genètiques per a la persistència de l'espècie, ja que imposa un límit de reclutament de nous individus (Ashman *et al.*, 2004). En aquest estudi es realitza per primera vegada el tractament de limitació de pol·len per a *H. balearicum* a mitjana altitud.

Estudis previs

La biologia reproductiva d'*H. balearicum* va ser estudiada a la tesi de Tébar (1992). Aquest estudi es centra en poblacions del Puig Major (1443 m), defineix la fenologia de l'espècie a nivell individual i poblacional i descriu els caràcters de l'espècie relacionats amb la biologia reproductiva. En concret, estudia la biologia de les flors (nombre de flors per individu, nombre de primordis, nombre d'anteres i nombre mitjà de grans de pol·len per flor), la biologia dels fruits (nombre de llavors per fruit i dispersió de les llavors), els mecanismes de pol·linització (anemogàmia i autogàmia passiva), les recompenses florals i als diferents pol·linitzadors. Finalment, també analitza la germinació a diferents temperatures.

Per altra banda, Rodríguez-Pérez & Traveset (2016) van estudiar la fenologia de la floració i la seva sincronia, l'èxit reproductiu i els pol·linitzadors en els pics de floració d'*H. balearicum* a dues localitats de Mallorca, una al Puig Major (1443 m) i a l'altra al puig de Randa (543 m).

Finalment, Seguí (2019) va estudiar la caracterització de la biologia reproductiva d'*H. balearicum* en poblacions de baixa altitud, a dues poblacions, una a Cala Figuera i l'altra a Cala Bóquer (Pollença).

Objectius de l'estudi

L'objectiu principal és caracteritzar la biologia reproductiva i la biometria d'*H. balearicum* en poblacions de muntanya de mitjana altitud.

Els objectius específics són:

- Analitzar el sistema de creuament i els agents pol·linitzadors, avaluant nous aspectes com ara l'autogàmia induïda, la xenogàmia induïda i fenòmens de limitació de pol·len.
- Contrastar els resultats amb la biologia reproductiva d'*H. balearicum* a la poblacions d'alta muntanya (Tébar, 1992) i en poblacions de baixa altitud (Seguí, 2019).

Metodologia

Zona d'estudi

Es varen seleccionar dues poblacions d'*H. balearicum* per la geografia de la Serra de Tramuntana atenent a les necessitats de localitzar-se a una altitud mitjana, ser poblacions grans (de més de 50 individus), de fàcil accés però evitant zones de pas humà (a fi d'evitar l'alteració dels resultats per pertorbació o manipulació inadequada) i distanciades ambdues com a mínim 3 km (per assegurar la individualitat de les dues poblacions).

Seguint els criteris descrits anteriorment es va elegir la primera població vora l'aparcament del túnel de Monnàber i, a uns 7 km de distància per carretera, la segona població just després del túnel del Gorg Blau (Taula 1) (Figura 3).

Taula 1.Característiques principals de les dues localitats d'estudi: Monnàber i Gorg Blau.

Localitat	Municipi	Latitud	Longitud	Altitud (m)
Gorg Blau	Escorca	39°48'46.5"N	2°49'13.0"E	640
Monnàber	Fornalutx	39°47'37.4"N	2°46'37.9"E	910



Figura 3. Localització de les dues poblacions sobre un mapa (Font: Google Maps).

A continuació, es varen elegir 25 individus a cada població i es va realitzar un mapa sobre el terreny, diferenciant els distints individus i marcant una ruta de feina.

Mecanismes de pol·linització

Es realitzaren sis tractaments de pol·linització a cada individu a fi d'avaluar el sistema de creuament i els agents pol·linitzadors:

- Agamospèrmia (AG)→ És la producció de llavors sense fecundació i s'avalua emasculant les poncelles (tallar amb cura i retirar les anteres de les flors) i amb l'embossament amb una mussolina (teixit de malla de 0–223 μm) que no permet el pas de pol·linitzadors ni pol·len aerovagant.
- Autogàmia induïda (AT)→ Tipus de reproducció sexual on es produeix pol·linització manual amb pol·len de la mateixa flor; es fa per avaluar si hi ha autocompatibilitat i es realitza embossant amb mussolina una poncella i es pol·linitza manualment al cap de dos o tres dies quan els estigmes són receptius i es torna a embossar.
- Autogàmia passiva (P)→ Tipus de reproducció sexual on es produeix pol·linització espontània amb pol·len de la mateixa flor; es va realitzar embossant amb mussolina, sense emasculació ni manipulació posterior.

- Xenogàmia induïda (PC)→ Tipus de reproducció sexual on es produeix pol·linització manual amb pol·len d'un altre individu; es fa per avaluar la pol·linització creuada i es realitza mitjançant emasculació d'una flor en preantesi, pol·linització manual al cap de dos o tres dies amb pol·len d'una flor d'un altre individu distanciat almenys 5 m, i embossament amb mussolina.
- Pol·linització anemòfila ("Tul") (T) → Pol·linització mitjançant l'acció del vent; es fa per avaluar si es pot adonar pol·linització per vent a més de tenir en compte la possibilitat de producció de llavors per agamospèrmia i/o autogàmia passiva; es realitza amb l'embossament amb tela de tul (teixit de malla d'1.2 mm) que exclou l'acció dels pol·linitzadors però no impedeix el pas del pol·len aerovagant
- Limitació de pol·len (LP)→ Tractament que consisteix en afegir pol·len de tres flors de diferents individus a una flor receptiva i deixar exposada a la pol·linització natural. Aquest tractament permet avaluar fenòmens de manca de pol·len en l'èxit reproductiu.
- Control (C)→ Sense cap tractament, a fi d'avaluar la taxa de pol·linització sota condicions naturals.

Les bosses de mussolina i tul (Figura 4) es varen cosir a mà, amb fil i agulles, i amb una mesura estàndard per a flors mitjanes, d'uns 14 × 14 cm.. Es varen fer un total de 50 bosses de tul i 200 de mussolina. Per distingir entre tractaments es va emprar cintes de diferent color.



Figura 4. Bosses de tul (marró) i mussolina (blanques) embossant flors d'*Hypericum balearicum*.

Tots els tractaments es van dur a terme els mesos de juny de 2018 i 2019. Durant el mes de juliol, una vegada madurs, es varen recollir els fruits dels tractaments i control. Al laboratori, es va fer el recompte del nombre de llavors per fruit i es va mesurar l'amplària i llargària dels fruits. Els tractaments de pol·linització creuada i control es van haver de repetir al juny de 2019, ja que hi van haver problemes metodològics amb el tractament de pol·linització creuada l'any anterior.

L'èxit reproductiu es va avaluar com a quallat del fruit (= fruits desenvolupats / flors tractades) i la mitjana de llavors per fruit que es defineix com a Quallat de fruit \times nombre de llavors. Amb aquestes dades, es calcularen els índexs del sistema de reproducció i es compararen amb la taula de categories qualitatives per dos índexs del sistema de reproducció (BSI) (Taula 2):

-Índex d'autoincompatibilitat (ISI) \rightarrow quallat del fruit del tractament d'autogàmia induïda / quallat del fruit del tractament de pol·linització creuada.

-Índex d'autopol·linització passiva (IAS) \rightarrow quallat del fruit del tractament d'autogàmia passiva / quallat del fruit del tractament d'autogàmia induïda.

Taula 2. Categories qualitatives assignades per dos índexs del sistema de reproducció (BSI) segons els valors de l'índex determinat en cada rang: índex d'autopol·linització passiva (IAS) i índex d'autoincompatibilitat (ISI) (Ramírez & Nassar, 2017).

BSI	IAS	ISI
BSI=0	No autogàmia passiva	Autoincompatible
$0 < \text{BSI} < 1$	Autogàmia passiva parcial	Autoincompatible parcial
BSI=1	Autogàmia passiva	Autocompatible
>1 o $0 < (1/\text{BSI}) < 1$	Autogàmia induïda parcialment restringida	Creuament incompatible parcial
$\text{BSI} \sim \infty$ o $(1/\text{BSI}) \sim 0$	Autogàmia passiva obligada	Creuament incompatible

Característiques biomètriques

Als 25 individus de cada població es van mesurar els següents paràmetres:

- Alçària: altura des del sòl fins al punt més alt de la planta.
- Forma: formant una creu, entre l'amplària i la seva perpendicular.
- Branca més llarga: mesura que comprèn la distància entre la base del tronc fins al final de la branca més llarga, respectant la inclinació.
- Gruixa de la branca més gruixuda.

Les mesures lineals es varen dur a terme amb un metre i la gruixa amb un peu de rei. En ocasions va ser difícil la mesura dels diferents paràmetres, ja que alguns individus naixien en enclotxes o tenien una composició de branques molt denses. Una vegada es varen tenir les dades, es va analitzar la forma de la planta mitjançant la divisió de l'amplada de cada individu entre la seva perpendicular.

Característiques florals

De les característiques florals es va fer el recompte del nombre de primordis seminals, el nombre d'anteres, els grans de pol·len per individu i es va calcular per flor la ràtio de pol·len per òvul (P/O), que permet estimar el tipus de mecanisme de pol·linització d'un taxó (Cruden, 1977).

Per calcular la ràtio es va agafar una poncella de cada un dels 25 individus de cada població. El procediment que es va seguir per analitzar les característiques florals va consistir en separar el pistil i anteres de cada poncella recollida, es comptaren les anteres de cada poncella però només 25 anteres s'introduïren en un tub de microcentrífuga amb 500µl d'etanol al 70%. A part, es conservaren els pistils també en etanol al 70%. A la lupa binocular, s'obriren els pistils i es comptaren els primordis seminals. Els grans de pol·len es varen comptar seguint el protocol de Cursach & Rita (2012) i Dafni (2005) però fent una dilució 2:5 (200µl de mescla d'anteres amb etanol al 70% homogeneïtzada amb vòrtex + 300µl d'etanol al 70%). El recompte es va realitzar amb una càmera de recompte Fuchs-Rosenthal (amb dues graelles 4×4×0.2 mm dividides en 256 cèl·les de 0.0625 mm) en un microscopi òptic.

Censos de pol·linitzadors

El mes de juliol de 2018 de 9:00 a 18:00 es va fer un cens preliminar de pol·linitzadors que va consistir en anar un dia a observar durant 15 min els pol·linitzadors que visitaven 10 flors de la mateixa planta en les dues poblacions, alternant 2 hores entre repeticions de censos a la mateixa població, seguint el protocol de Cursach & Rita (2012). L'any següent, es van fer més censos canviant la metodologia. En tres dies diferents es van fer censos a les dues poblacions. A cada població, es varen fer observacions a 15 individus i, a cada individu, durant 10 min, almenys a 10 flors obertes s'annotava el nombre i tipus de pol·linitzadors que visitaven les flors, el nombre de flors que visitava cada individu i el temps que estava a cada flor, també s'annotava el total de flors obertes que hi havia a cada individu. Els censos es realitzaren els dies 1, 6 i 7 de juliol de 2019. Es capturà un individu de cada espècie i es posaren en el congelador per a la seva posterior determinació taxonòmica; es va recórrer a un expert per a la identificació almenys fins a nivell de família. Per als càlculs dels índexs de diversitat i abundància es varen emprar les dades a nivell de famílies i s'han emprat una mitjana de 15.47 ± 0.37 flors obertes per planta. Per al càlcul de la diversitat de pol·linitzadors es van calcular dos índexs àmpliament utilitzats en estudis d'ecologia, l'índex de Shannon, i l'índex de Simpson. Els índexs han estat triats i calculats com esmenta Alcolado (1998) en el seus estudis sobre conceptes i índexs relacionats amb la diversitat.

Anàlisi estadística

Per tal d'avaluar l'efecte del tractament de pol·linització i la localitat sobre l'èxit reproductiu, s'han utilitzat Models Lineals Generalitzats (GLM). En tots els casos, s'ha seleccionat el model que millor s'ajustava a la naturalesa de les dades. S'ha comprovat la normalitat de les dades mitjançant el test de Shapiro-Wilk i el test de Lilliefors i l'homogeneïtat de variàncies amb el test de Barrelett. Per a la variable resposta quallat del fruit es va realitzar un GLM amb distribució binomial, per al nombre de llavors per fruit un GLM amb distribució Poisson. Finalment, per a les mesures dels fruits es varen realitzar Models Lineals (LM) ja que les dades tenien una distribució normal. Les dades de 2018 i 2019 s'han analitzat per separat i per poder comparar els dos anys es va realitzar una anàlisi amb el mateix GLM entre els valors dels controls dels dos anys.

Respecte a les dades biomètriques i les característiques florals, els valors d'alçària, llargària de la branca, nombre de grans de pol·len i primordis seminals per flor es varen analitzar amb un LM on la variable predictiva era la localitat, ja que complien l'homogeneïtat de variàncies i normalitat. Pel que fa a forma, amplària i ràtio P/O es va analitzar amb un GLM de distribució Gamma essent també la variable predictiva la localitat i finalment pel nombre d'anteres es va realitzar un GLM de distribució Poisson.

Respecte als censos de pol·linitzadors, primer es varen calcular la riquesa, l'abundància i els índex de Shannon i de Simpson, mitjançant el paquet "vegan". Posteriorment es varen realitzar Models Lineals Mixtes Generalitzats (GLMM) on l'individu era el factor aleatori anidat per a cada cens; el millor model es va seleccionar segons el Criteri d'Informació d'Akaike (AIC). La riquesa i l'abundància seguien distribucions de Poisson i el millor model tenia com a variables predictives la localitat, el nombre de flors de la planta i el nombre de flors observades a la planta. Els altres dos índexs es van analitzar amb una distribució Gamma amb les mateixes variables predictives. Tots els models utilitzats es van executar amb la funció "més brillant" del paquet "lme4".

Per a tots els resultats significatius es varen analitzar mitjançant el test Post-Hoc de Tukey utilitzant els paquet "lsmeans". Totes les anàlisis estadístiques d'aquest treball es dugueren a terme amb el programa R versió 3.1.1.

Resultats

Mecanismes de Pol·linització

Com s'han realitzat tractaments en dos anys diferents, es presenten les dades de forma separada.

-Tractaments 2018

No hi ha hagut diferències significatives entre poblacions (Deviance=0.03, p-valor=0.862). Sols el control es diferencia estadísticament de la resta de tractaments, amb un quallat del fruit d'aproximadament un 80% (Deviance=162.26 , p-valor=<0.001) (Figura 5).

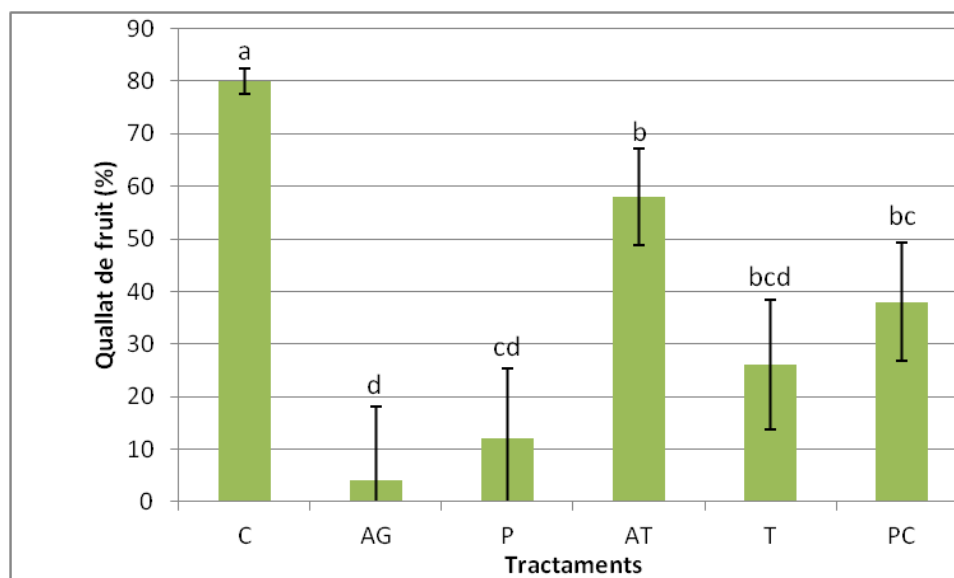


Figura 5. Mitjana de Quallat de fruit de cada tractament C: control, AG: agamospèrmia, P: autogàmia passiva, AT: autogàmia induïda, T: tul, PC: pol·linització creuada. S'indica l'error estàndard de cada mitjana. Les lletres mostren diferències significatives entre tractaments, segons el test post-hoc de Tukey

-Tractaments 2019

Entre localitats no hi ha diferències significatives (Deviance= 2.0718, p-valor=0,07) com tampoc n'hi ha entre tractaments (Deviance=3.2619,p-valor=0,15)(Taula 3).

Taula 3. Mitjana en % ± error estàndard, del quallat de fruit dels Tractaments Control i Limitació de Pol·len del 2019 de les poblacions Gorg Blau i Monnàber (mida de la mostra (N) = 25).

Població	Control	Limitació de pol·len
Gorg Blau	28 ± 0,04	16 ± 0,07
Monnàber	29 ± 0,04	32 ± 0,10

-Comparacions entre controls dels distints anys

S'ha comparat el quallat del fruit entre poblacions i entre anys, i s'observa que no hi ha diferències significatives entre poblacions (Deviance= 0.14, p-valor=0,7) però sí que ha variació en els dos anys (Deviance=636.32, p-valor<0.001) (Taula 4).

Taula 4. Mitjana en % \pm error estàndard, dels quallats de fruit dels controls de les dues poblacions (Gorg Blau i Monnàber) a l'any 2018 i 2019 (N=25).

Població	2018	2019
Gorg Blau	81,5 \pm 0,02	28,5 \pm 0,04
Monnàber	81,5 \pm 0,02	29,2 \pm 0,04

Fruits

-Llargària fruits

La llargària dels fruits és diferent entre poblacions (Df=1, Fvalue=3.97, p-value=0.049) i per tractament (Df=6, Fvalue=3.99, p-value=0.001), així com també s'observa interacció entre ambdós factors (Df=3, Fvalue=3.59, p-value=0.016) (Figura 6).

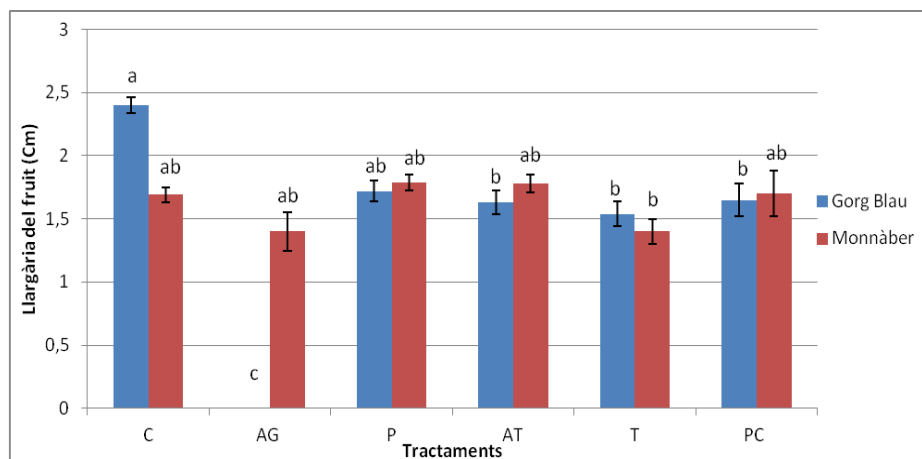


Figura 6. Mitjana de la llargària dels fruits per a cada tractament. C: control, AG: agamospèrmia, P: autogàmia passiva, AT: autogàmia induïda, T: tul (pol·linització per vent + autogàmia passiva + agamospèrmia), PC: Pol·linització creuada. S'indica l'error estàndard de cada mitjana. Les lletres mostren diferències significatives entre tractaments, segons el test post-hoc de Tukey.

-Amplària Fruits

No hi ha diferències significatives en l'amplària dels fruits entre poblacions (Df=1, Fvalue=1.04, p-value=0.31), però sí entre tractaments (Df=6, Fvalue=4.49, p-valor=<0.001). A més, hi ha interacció entre els dos factors (Df=3, F-value=3.59,

p-valor=0.0167), per la qual cosa es representen les dades de les dues poblacions per separat (Figura 7).

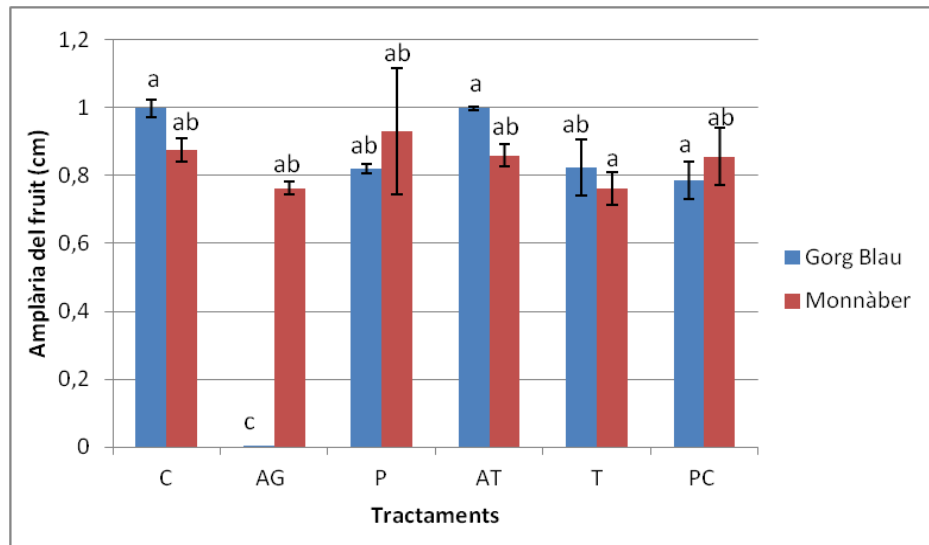


Figura 7. Mitjana de l'Amplària dels fruits per a cada tractament. C: control, AG: agamospèrmia, P: autogàmia passiva, AT: autogàmia induïda, T: tul (pol·linització per vent + autogàmia passiva + agamospèrmia), PC: Pol·linització creuada. S'indica l'error estàndard de cada mitjana. Les lletres mostren diferències significatives entre tractaments, segons el test post-hoc de Tukey.

Llavors

-Nombre de llavors per tractament

No hi ha diferències entre localitats (Deviance=60.87, p-valor=0,12), però sí entre tractaments (Deviance=1497.5, p-valor<0.001). El control i l'agamospèrmia és el tractament que té una major i menor producció de llavors, respectivament; la pol·linització creuada no es diferencia estadísticament del tractaments d'autogàmia induïda, autogàmia passiva i tul (Figura 8).

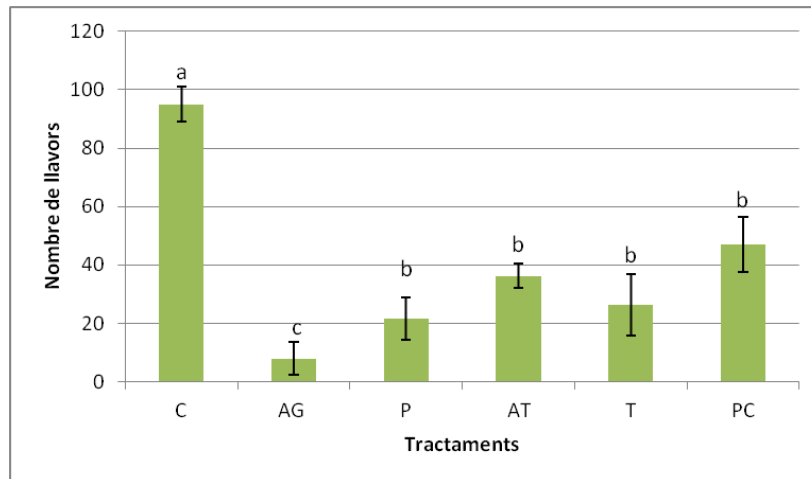


Figura 8. Mitjana del nombre de llavors per fruit de cada tractament. C: control, AG: agamospèrmia, P: autogàmia passiva, AT: autogàmia induïda, T: tul, PC: pol·linització creuada. S'indica l'error estàndard de cada mitjana. Les lletres mostren diferències significatives entre tractaments, segons el test post-hoc de Tukey..

-Qualitat de fruits × nombre de llavors

No hi ha diferències entre localitats (Deviance= 161413, p-valor=0,11), però sí entre tractaments (p-valor<0.001). El control és el tractament que té una major producció de llavors per qualitat de fruits, la resta de tractaments estadísticament estan relacionats, i l'agamospèrmia es el tractament amb els valors més baixos (Figura 9).

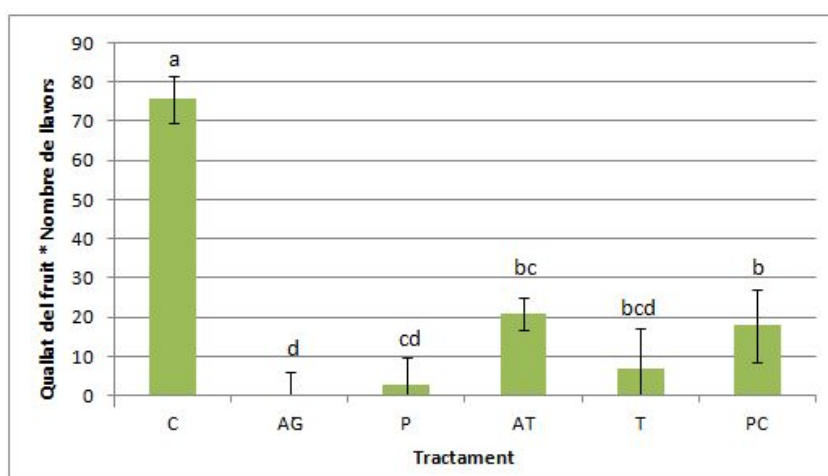


Figura 9. Mitjana de llavors per Qualitat de fruit de cada tractament. C: control, AG: agamospèrmia, P: autogàmia passiva, AT: autogàmia induïda, T: tul , PC: pol·linització creuada. S'indica l'error estàndard de cada mitjana. Les lletres mostren diferències significatives entre tractaments, segons el test post-hoc de Tukey.

-Índex del sistema de reproducció (BSI)

El valor de l'índex d'autoincompatibilitat (ISI) és superior a 1 a les dues localitats, per tant, correspon a un creuament incompatible parcial. Els valors de l'índex d'autopol·linització passiva (IAS) a les dues localitats es troba entre 0 i 1, per tant, correspon a autogàmia passiva parcial (Taula 5).

Taula 5 Valors dels índexs del sistema de reproducció per a cada localitat. ISI: índex d'autoincompatibilitat; i IAS: índex d'autopol·linització passiva. S'indica la mitjana i l'error estàndard de cada índex.

Localitat	ISI	IAS
Gorg Blau	1,09 ± 0,20	0,33 ± 0,17
Monnàber	2,13 ± 0,18	0,12 ± 0,14

Característiques biomètriques

La forma (Deviance=0.13, p-valor=0.13) i la gruixa de la branca més gruixuda (Deviance=0.007, p-valor=0.81) no presenten diferències significatives entre les dues poblacions; en canvi, l'alçària (Df=1, Fvalue=8.44, p-valor=0.01) i la llargària de la branca més llarga (Df=1, Fvalue=22.49, p-valor<0.001) sí que mostren diferències significatives (Taula 6) indicant diferències en la morfologia de les plantes en funció de la geografia de la població.

Taula 6. Mitjana ± error estàndard dels paràmetres biomètrics a cada localitat. Les lletres mostren diferències significatives entre poblacions d'acord amb el test post-hoc de Tukey.

Característiques Biomètriques	Localitat	Mitjana ± error estàndard
Alçària	Gorg Blau=25	92,40 ± 5,92(cm)b
	Monnàber=25	70,96 ± 4,40(cm)a
Forma	Gorg Blau=25	0,68 ± 0,04 a
	Monnàber=25	0,75 ± 0,03 a
Llargària branca més llarga	Gorg Blau=25	129,48 ± 6,88(cm)b
	Monnàber=25	89,32 ± 4,94 (cm)a
Gruixa de la branca més gruixuda	Gorg Blau=25	16,75 ± 6,79(mm)a
	Monnàber=25	16,37 ± 0,92(mm)a

Característiques florals

No hi ha diferències significatives entre les poblacions de Monnàber i el Gorg Blau tant pel que fa al nombre d'anteres (Deviance=1.17, p-valor=0,28), primordis seminals (Df=1, Fvalue<0.001, p-valor=0,98), grans de pol·len per flor (Df=1, Fvalue=0.41, p-valor= 0.48) com per a la ràtio P/O (Deviance=0.07, p-valor=0.48) (Taula 7). Els resultats mostren una ràtio P/O elevada, indicant que hi ha una gran producció de pol·len per tal d'assegurar la fecundació dels òvuls.

Taula 7. Mitjana \pm error estàndard de les característiques florals per a cada localitat. Les lletres mostren diferències significatives entre les poblacions d'acord amb el test post-hoc de Tukey.

Característiques florals	Localitat	Mitjana \pm error estàndard
Nombre d'anteres / flor	Gorg Blau=25	84,76 \pm 2,75 a
	Monnàber=25	87,60 \pm 2,65 a
Nombre de grans de pol·len / flor	Gorg Blau=25	1256191,62 \pm 115271,89 a
	Monnàber=25	1391153,20 \pm 149578,46 a
Nombre de primordis seminals / flor	Gorg Blau=25	128,04 \pm 26,65 a
	Monnàber=25	127,88 \pm 4,86 a
Ràtio P/O	Gorg Blau=25	9934,37 \pm 891,92 a
	Monnàber=25	11186,72 \pm 1339,39 a

Censos de pol·linitzadors

Es varen observar i recollir mostres de 18 espècies diferents, però només se'ls va classificar fins al nivell de família. S'han trobat un total de 13 famílies d'insectes compreses en 5 ordres diferents: Coleoptera (Coccinellidae, Melyridae, Oedemeridae, Scaptiidae), Díptera (Anthomyiidae, Calliphoridae, Empididae, Syrphidae,) Hymenoptera (Apidae, Formicidae, Vespidae), Lepidoptera (Lycaenidae) i Orthoptera (Tettigoniidae). A més es va poder identificar alguns exemplars a nivell d'espècie com el cas d'*Apis mellifera*, *Celastrina argiolus*, *Euodynerus dantic* i *Coccinella septempunctata*.

Referent a la riquesa, abundància i als índexs de Shannon i Simpson, no hi ha hagut diferències entre poblacions (Taula 8), però sí en el nombre de visites per ordres (Figura 10) i famílies (Figura 11). Hi ha hagut famílies que per la seva baixa presència se les engloba com a "Altres", aquestes famílies són: Anthomyiidae, Apidae, Coccinellidae, Empididae, Lycaenidae, Oedemeridae, Syrphidae, Tettigoniidae i Vespidae.

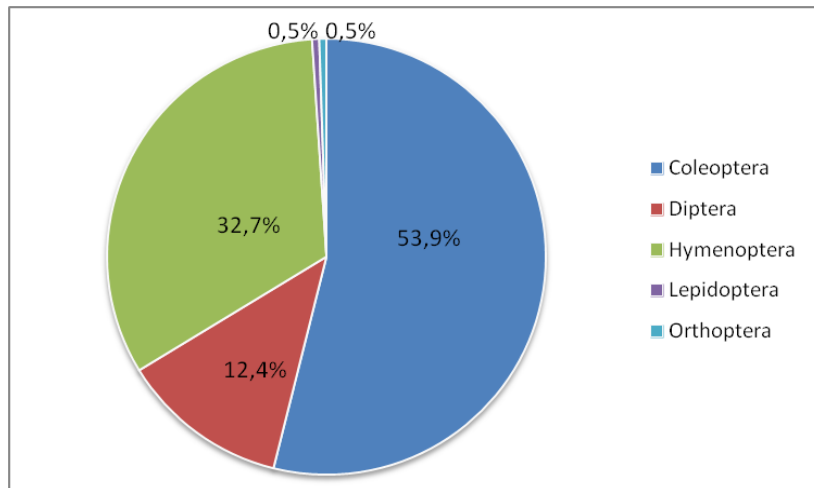


Figura 10. Percentatge del nombre total d'individus organitzats en ordres

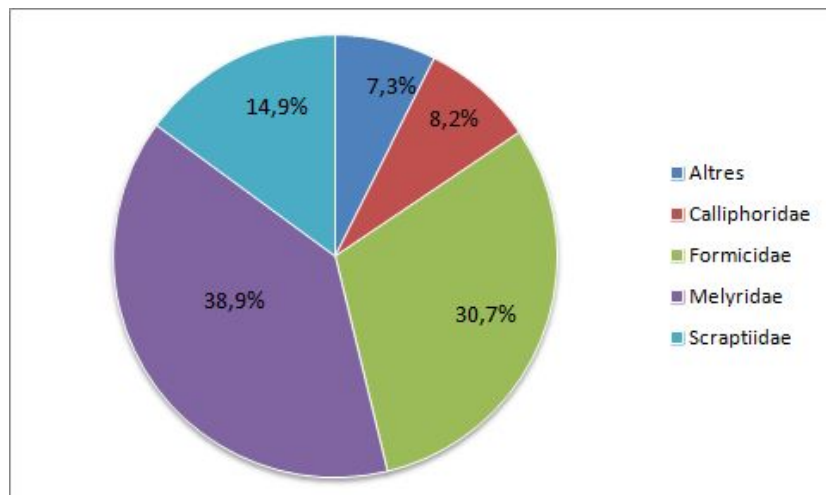


Figura 11. Percentatge del nombre total d'individus organitzats en famílies

- Índexs i mitjanes per famílies:

Per tal d'interpretar els censos de pol·linitzadors s'han calculat les mitjanes emprant les famílies com a unitat d'estudi per calcular la riquesa, l'abundància, l'índex de Shannon i de Simpson, sense diferenciar i diferenciant entre poblacions (Taula 8). S'ha tingut en compte la població, el nombre de flors observades en el cens i el nombre total de flors que tenia cada individu. Els resultats indiquen que no hi ha diferències significatives en cap índex ni mitjana entre poblacions (riquesa→ p-valor 0.78, abundància→ p-valor=0.30, índex de Shannon→ p-valor=0.63 i índex de Simpson→ p-valor=0.44) ni per a les flors obertes totals per individu (riquesa→ p-valor 0.2, índex de Shannon→ p-valor=0.63 i índex de Simpson→ p-valor=0.92), llevat de l'abundància (p-valor<0.001); però sí entre les flors observades dels índexs de Shannon (p-valor 0.0046) i Simpson (p-valor< 0.001). La mitjana de la riquesa és 2,58, això significa que hi ha 2,58 espècies de pol·linitzadors per cens de 10 min. I la mitjana

d'abundància és 10,82, això significa que hi ha 10,82 insectes independentment de l'espècie per cens de 10 minuts.

Taula 8. Mitjanes i errors amb significació estadística dels índexs, diferenciant entre poblacions i amb els valors globals (sense diferenciar entre poblacions). Les lletres mostren les diferències significatives entre poblacions.

Índex	Població	Mitjana ± error	Valors globals
Riquesa	Gorg Blau	2.33±0.17 a	2,58 ± 0,19
	Monnàber	2.86±0.21 a	
Abundància	Gorg Blau	7.2±0.82 a	10,82 ± 1,92
	Monnàber	14.79±3.02 a	
Shannon	Gorg Blau	0.39±0.05 a	0,61 ± 0,05
	Monnàber	0.46±0.05 a	
Simpson	Gorg Blau	0.34±0.04 a	0,35 ± 0,04
	Monnàber	0.38±0.03 a	

Discussió

Hypericum balearicum es classificaria com una planta de creuament incompatible parcial i d'autogàmia passiva parcial segons els índex calculats i comparats, amb la taula de categories qualitatives per dos índex del sistema de reproducció (BSI)(Ramírez & Nassar, 2017); és a dir, que es pot fecundar a ella mateixa però no depèn única i exclusivament d'aquest tipus de reproducció. Les dues poblacions objecte d'estudi, que es troben a una altitud similar, donen resultats similars. A mitjana altitud la pol·linització natural és la més efectiva, seguida de l'autogàmia induïda, la xenogàmia i l'anemofília. Aquestes dades contradiuen els estudis de Tébar (1992), que defensa la reproducció xenogàmica de l'espècie, negant la possibilitat d'una autogàmia passiva o induïda; a més d'una reproducció per anemofília la meitat d'efectiva que a mitjana altitud. Els estudis de Tébar (1992) es realitzaren vora les dues poblacions de Monnàber i es Gorg Blau (al Puig Major), però a una major altitud, on l'acció del vent està més present, per la qual cosa s'esperaria una major reproducció per anemofília. Els resultats de la pol·linització creuada varen ésser repetits un segon any i els resultats no coincideixen amb els de Tébar (1992), al·legant la possibilitat d'una variació reproductiva a causa d'un gradient altitudinal com en els estudis de Seguí (2017). Comparant resultats amb els estudis realitzats en la biologia reproductiva d'*H. balearicum* L. en poblacions de baixa altitud (Seguí, 2019) es pot veure una clara similitud en el tipus de reproducció (creuament incompatible parcial i autogàmia passiva parcial), destaca per tenir un èxit en el seu quallat de fruit del control de pràcticament el 100%, en canvi a mitjana altitud just s'arriba al 80%. En els resultats de l'estudi a mitjana altitud, el quallat de fruit del tractament de limitació de pol·len, estadísticament es igual al control del 2019, amb un èxit aproximat del 20%. El nombre mitjà de primordis seminals per flor al Gorg Blau és de 128,04 ± 26,65 i a Monnàber 127 ± 4,86. Això indica que un fruit potencialment pot produir al voltant de 128 llavors

al Gorg Blau i al voltant de 127 llavors a Monnàber. No obstant, la mitjana de nombre de llavors produïdes per fruit del tractament control és al voltant de 94 llavors a les dues localitats. Aquestes dades podrien indicar que existeix una limitació de pol·len, la qual no afecta al quallat del fruit però sí a la producció de llavors per fruit en condicions naturals, ja que al 2019 no varia la producció de fruits entre control i limitació de pol·len.

Pel que fa a les característiques florals, entre les poblacions de mitjana altitud, no hi ha diferències significatives. Les ràtios P/O en ambdós casos són superiors a 2000, de manera que l'espècie es classifica com a xenògama segons les taules de classificació de sistemes de creuament de Cruden (1977). Comparant els resultats de les característiques florals amb els estudis de Tébar (1992) (alta muntanya) i Seguí (2019) (baixa altitud) no s'aprecien grans diferències llevat de la producció de pol·len i, per tant, de la ràtio P/O. A les poblacions de baixa altitud (Seguí, 2019) i mitjana altitud, el nombre de grans de pol·len per flor és aproximadament tres vegades major que a alta muntanya. La major quantitat de pol·len a baixa altitud es pot veure com una adaptació a la reproducció anemòfila, ja que les poblacions es troben en zones de forta acció eòlica, els resultats mostren una pol·linització anemòfila d'aproximadament un 65% a baixa altitud, en comparació amb les poblacions d'alta altitud 15% i mitjana altitud 30%, a mitjana altitud, la producció de pol·len per flor és major que a alta muntanya i menor que a baixa altitud (apropant-se més als valors de Seguí (2019)), aquesta producció intermitja de pol·len coincideixen aproximadament amb la pol·linització anemòfila intermitja que s'adona a mitjana altitud (30%). També cal marcar la discrepància en el tipus de flor que defineix Tébar (1992), esmenta que es tracta d'una espècie amb flors amb maduració homògama, és a dir que l'aparell reproductor femení madura alhora que el masculí. Hi ha discrepàncies amb l'estudi a mitjana i baixa altitud ja que, l'autogàmia passiva ha donat fruits. Donada la disposició de les estructures sexuals, el pol·len no pot arribar a l'estigma, per tant, pot ésser que s'adoni la fecundació mentrestant la flor s'obri, els estams enredolats en el gineceu, poden arribar a dipositar pol·len viable a l'estigma que després, una vegada oberta la flor, seria receptiu. També podria ser una hipòtesi que els fruits de l'autogàmia passiva fossin resultat d'un moviment de la planta i de la bossa de mussolina, que acabessin per produir un moviment del pol·len de les anteres cap a l'estigma, recolzant així la teoria de les flors homògames.

Dels fruits de cada tractament es va obtenir l'amplària, llargària i la producció de llavors. En aquest estudi la llargària difereix per població i en tractaments, i l'amplària només difereix per tractaments, sent el controls els que tenen una major amplada i el control del Gorg Blau i l'autogàmia passiva de Monnàber els fruits amb més llargària. Aquestes llargàries i amplàries, coincideixen en gran mesura amb la producció de llavors per fruit, éssent el control el tractament que més llavors produeix, seguit de la resta amb uns valors que segueixen una distribució directament proporcional on a més llargària i amplària, més producció de llavors per fruit. Aquests valors difereixen als de l'estudi de Seguí (2019) on els valors més alts de les dues mesures corresponen a

l'autogàmia induïda i on els controls tenen una de les mesures més reduïdes. Referent al nombre de llavors per fruit de cada tractament, els resultats de Seguí (2019) marquen una major producció de llavors en l'autogàmia induïda seguida de la pol·linització natural (control), l'anemofília i finalment de l'autogàmia passiva. En aquest estudi en poblacions de mitjana altitud, el control o pol·linització natural té la major producció de llavors, seguida de la resta de tractaments amb el mateix valor estadístic i, finalment, l'agamospèrmia amb valors molt reduïts de producció de llavors. Aquesta contraposició es pot donar a causa d'una adaptació per afavorir l'autocompatibilitat.

Referent a les característiques biomètriques, es pot veure com entre ambdues poblacions hi ha una diferència en l'alçària i també amb la branca més llarga. Això podria ésser resultat d'una adaptació al terreny ja que a Monnàber hi ha un pendent més marcat que al Gorg Blau. El pendent fa que les plantes s'adaptin formant matolls més baixos i més arrodonits, a més a major exposició, major acció del vent. Si es comparen les característiques biomètriques obtingudes amb les de Seguí (2019), els resultats són similars, ara bé, la forma a les zones litorals es pràcticament 1, és a dir, arrodonida. L'efecte del vent i la sal, factors determinen la forma arrodonida de les plantes (Llorens & Gil, 2017). A Monnàber, a trets observacionals es pot apreciar un forma més arrodonida dels seus individus amb comparació al Gorg Blau, degut també a l'acció eòlica. La població del Gorg Blau en canvi es troba més arraconada, a una vall, sense tanta exposició, permetent així un creixement menys dens i arrodonit que a la resta de poblacions.

La fructificació en els tractaments d'autogàmia induïda i passiva reflecteixen que la planta es autocompatible. Per tant, té descendència amb poca variabilitat genètica, això du a una consanguinitat de la població, que pot arribar a produir una major vulnerabilitat front a casos de plagues, malalties o a canvis climàtics. La distribució de la variabilitat genètica en les espècies vegetals és de vital importància per a la seva conservació (Falk & Holsinger, 1991). Si es comparen les poblacions de baixa i alta altitud amb les de mitjana altitud ja hi comença haver variacions almenys en la preferència del tipus de reproducció, indicant així una diferenciació de poblacions referent a l'altitud. A mitjana i baixa altitud és destacable l'autocompatibilitat, que supera en producció de fruits a la pol·linització creuada, en canvi a alta muntanya s'esmenta que es una espècie estrictament xenògama. A més, hi ha variacions en la reproducció per anemofília, essent major en les zones de baixa altitud i litorals (on hi ha major acció eòlica), que també és on més èxit reproductiu hi ha per autocompatibilitat, lligant així autocompatibilitat amb pol·linització eòlica. Aquesta relació, contraposa, la idea de que hi hagi una variació reproductiva depenent d'un gradient altitudinal; en canvi, defensa que sigui causa d'una diferenciació reproductiva lligada a l'exposició eòlica. Aquesta teoria està respallada pels estudis de Seguí (2017), que mostren una variació en la biologia reproductiva, lligada a un gradient altitudinal, exposa com *Viola jaubertiana* a mesura que augmenta l'altitud, afavoreix les flors cleistógames front les casmógames; promovent així l'autogàmia. Totalment al contrari del que s'ha mostrat

comparant els estudis de Tebar (1992), Seguí (2019) i l'actual estudi a mitjana altitud; on es promou una xenogàmia a mesura que augmenta l'altitud. *Hypericum balearicum* ha demostrat tenir diferents estratègies per a la reproducció, per tant, no es podria xerrar d'una futura pèrdua de variabilitat genètica per autogàmia. Però és cert que els valors de pol·linització creuada en poblacions de mitjana i baixa altitud és reduïda, comproment així la variabilitat genètica. En l'estudi de mitjana altitud ha demostrat tenir un èxit reproductiu per autogàmia que no pareix condicionar el futur de l'espècie sinó a ajudar en la seva propagació. En qualsevol dels casos, seria convenient realitzar un estudi genètic de diferents poblacions per esbrinar si hi ha zones amb elevada consanguinitat.

Els pol·linitzadors observats pertanyen als ordres de Coleoptera, Hymenoptera, Diptera, Lepidoptera i Orthoptera. Els coleòpters son l'ordre que té més representació coincidint amb els estudis de Seguí (2019) i Rodríguez-Pérez & Traveset (2016), per tant, les dades d'aquest estudi confirmen que *H. balearicum* és una espècie cantaròfila. Els himenòpters observats principalment corresponen a la família Formicidae, família que facilita molt l'autogàmia que a trets observacionals es va poder apreciar, ara bé, les formigues no son bons pol·linitzadors per aquesta espècie. Es va observar que els insectes de les famílies Apiaceae i Vespidae visitaven moltes flors en poc temps, però aquestes visites eren casos extraordinaris. En comparació amb les poblacions de baixa altitud l'ordre dels lepidòpters sí que aparegué als l'estudis de mitjana altitud i d'alta muntanya, ara be, els ortòpters aparegueren per primera vegada en l'estudi a mitjana altitud. Tant lepidòpters com ortòpters tenen una representació molt reduïda, segurament es deu a casos accidentals ja que en el cas dels lepidòpters, *H. balearicum* no compta amb nectaris, estructures necessàries per a la producció de nèctar (alimentació dels lepidòpters), i en el cas dels ortòpters pot ser causa del pas accidental de l'animal per la flor, ja que es tracta d'una planta refugi per a molts d'insectes. En general l'efectivitat d'un pol·linitzador depèn de la seva abundància i de la seva freqüència de visites, així com de la seva eficiència dispersant el pol·len i dipositant-lo en estigmes compatibles. Els pol·linitzadors duen pol·len que és directament proporcional al pol·len que deixa, i que es perd per cada visita, per tant el pol·len depèn tant de la seva abundància com de la seva visita deixant-lo en estigmes compatibles (Howlett, 2011). Es pot considerar que els pol·linitzadors residents a la mateixa flor prioritzen i faciliten molt l'autogàmia, essent aquests pol·linitzadors els més habituals. A mitjana altitud, la densitat de pol·linitzadors es pot donar per una menor acció del vent en comparació amb les zones més elevades o de litoral (zones més exposades), que poden dificultar el vol o acció dels pol·linitzadors. Els índexs d'abundància, indiquen que tenir més flors per planta implica més atracció de pol·linitzadors; lògic ja que a major quantitat d'aliment més animals hi podran arribar i aprofitar els recursos. No hi ha diferències estadístiques significatives entre poblacions, però es pot apreciar una diferència en la abundància de pol·linitzadors per població, això es deu principalment a un nombre més alt de flors a Monnàber que al Gorg Blau, de pràcticament el doble. En resum, *H. balearicum* no és una espècie amb una gran diversitat de pol·linitzadors (índex de Shannon inferior a 2 i índex de Simpson proper a 1) ni amb una gran abundància de visites; aquest resultats comparant-los amb els resultats del quallat de

fruit del control (que és més entomòfila que anemòfila), pot significar que els pol·linitzadors d'*H. balearicum* són molt eficients.

Si es comparen els controls dels dos anys d'estudi, es pot veure que l'any 2019 la producció de fruits ha disminuït considerablement (d'un 80% a un 30% aproximadament), minvant així la dispersió de llavors i reduint les possibilitats de perpetuació de l'espècie. Això pot ésser causa de la variació de temperatures i precipitacions, ja que segons la AEMET, a l'any 2019, en els mesos corresponents al pic de floració i fructificació, hi ha haver menys de la meitat de precipitacions i pràcticament un grau més de temperatura. Aquest canvis poden haver produït un estrès hídric a les plantes condicionant funcions com les de reproducció. Aquest exemple mostra que l'espècie pot arribar a ésser vulnerable als canvis ambientals, i recolza la idea que conèixer la biologia reproductiva és important, i més quan es tracta d'un endemisme, per si arribés a ésser necessària l'aplicació de mesures per a la reproducció i recuperació de l'espècie.

Conclusions

-*Hypericum balearicum* té una reproducció per autogàmia i xenogàmia i la seva pol·linització és principalment entomòfila però també anemòfila.

-Combina diferents tipus de reproducció, aquesta varietat li permet adaptar-se a diferents situacions i tenir èxit reproductiu, però no es pot descartar una vulnerabilitat a condicions ambientals canviants.

- Amb les dades obtingudes no es pot avaluar la variació de la biologia reproductiva de l'espècie en un gradient altitudinal, ja influeixen altres factors com és l'exposició al vent.

Agraïments

Gràcies a la meva Tutora i professora Dra. Joana Cursach Seguí per l'oportunitat d'endinsar-me en el món de la botànica i en la demostració de treball professional i compromès que m'ha transmès així com les ajudes i guies que m'ha ofert, seguidament vull donar també les gràcies a la meva companya biòloga Neus Seguí per la seva desinteressada i gran ajuda que ha suposat per aquest treball, també agrair al meu company botànic Joshua Borràs la seva indispensable ajuda en l'estadística i poliment del treball. Gràcies al zoòleg Carlos Barceló per la seva ajuda a l'hora d'identificar els pol·linitzadors i a tots els meus companys, amics i familiars que en el treball de camp han aportat el seu gra d'arena: María Martínez, Ismael Montaña, Toni Lladó, Victoria León i Fernando Riera.

Bibliografía

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). Disponible en: http://www.aemet.es/ca/sede_electronica. Accés: 30/07/19.

Alcolado, P. M. (1998). Conceptos e índices relacionados con la diversidad. *Avicennia*, 1998, 8/9: 7-21.

Almeida, A. L. S., Albuquerque, U. P., & Castro, C. C. (2011). Reproductive biology of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), an endemic fructiferous species of the caatinga (dry forest), under different management conditions in northeastern Brazil. *Journal of Arid Environments*, 75(4), 330–337.

Arroyo, J., & Herrera, J. (1988). Polinización y arquitectura floral en Ericaceae de Andalucía Occidental. *Lagascalia*, 15, 615-623.

Ashman, T. L., Knight, T. M., Steets, J. A., Amarasekare, P., Burd, M., Campbell, D. R., ... & Morgan, M. T. (2004). Pollen limitation of plant reproduction: ecological and evolutionary causes and consequences. *Ecology*, 85(9), 2408-2421.

Bacchetta, G., Fenu, G., Mattana, E., Bueno Sanchez, A., Jiménez-Alfaro, B., Piotto, B., & Virevaire, M. (2008). *Conservación ex situ de plantas silvestres* (pp.1-378). Jardín Botánico Atlántico. Oviedo.

Bioatles 2.0. Disponible en: <http://bioatles.caib.es/serproesfront/VisorServlet>. Accés: 30/07/19.

Cruden, R. W. (1977). Pollen-ovule ratios: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. *Evolution*, 31(1), 32-46

Cursach, J., & Rita, J. (2012). Reproductive biology of *Ranunculus weyleri* (Ranunculaceae), a narrowly endemic plant from the Balearic Islands with disjunct populations. *Flora: Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 207(10), 726–735.

Cursach, J., & Rita, J. (2012a). Implications of the reproductive biology of the narrow endemic *Naufraga balearica* (Apiaceae) for its conservation status. *Plant Systematics and Evolution*, 298(3), 581–596.

Dafni, A., Kevan, P. G., & Husband, B. C. (2005). *Practical pollination biology*. Practical pollination biology. Enviroquest Ltd., Cambridge, Ontario.

De la Bandera, M. C., & Traveset, A. (2006). Breeding system and spatial variation in the pollination biology of the heterocarpic *Thymelaea velutina* (Thymelaeaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 257(1-2), 9-23.

- Del Río, M., Montes, F., Cañellas, I., & Montero, G. (2003). Revisión: Índices de diversidad estructural en masas forestales. *Invest. Agrar. Sist. Recur. For*, 12(1), 159-176.
- Eckert, C. G., Kalisz, S., Geber, M. A., Sargent, R., Elle, E., Cheptou, P. O., ... & Porcher, E. (2010). Plant mating systems in a changing world. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(1), 35-43.
- Falk, D. A., Holsinger, K. E., & Holsinger, K. E. (Eds.). (1991). *Genetics and conservation of rare plants*. Oxford University Press on Demand.
- Fenster, C. B., Armbruster, W. S., Wilson, P., Dudash, M. R., & Thomson, J. D. (2004). Pollination syndromes and floral specialization. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.*, 35, 375-403.
- Gomez, J. M., ABDELAZIZ, M., Fernandez-Carmona, J., Munoz-Pajares, A. J., & Perfectti, F. (2012). Biología de la polinización de *erysimum* endémicos de la alta montaña de sierra nevada: introgresión y extinción silenciosa.
- Groom, M. J. 1998. Allee effects limit population viability of an annual plant. *American Naturalist* 151: 487–496.
- Heywood, V.H. (1995). The Mediterranean flora in the context of world biodiversity. *Ecologia Mediterranea*, 21(1-2), 11-18.
- Howlett, B. G., Walker, M. K., Rader, R., Butler, R. C., Newstrom-Lloyd, L. E., & Teulon, D. A. J. (2011). Can insect body pollen counts be used to estimate pollen deposition on pak choi stigmas. *New Zealand Plant Protection*, 64, 25-31.
- Lande, R. (1988). Genetics and demography in biological conservation. *Science*, 241(4872), 1455-1460.
- Llorens, L., & Gil, L. (2017). The Balearic Islands. In *The vegetation of the Iberian Peninsula*: J. Loidi (ed.)(pp. 3-33). Springer, Cham.
- Meyer, C., Weigelt, P., & Kreft, H. (2016). Multidimensional biases, gaps and uncertainties in global plant occurrence information. *Ecology Letters*, 19(8), 992-1006.
- Moreno-Rueda, G. (2006). Selección de hábitat por dos subespecies de *Iberus gualtieranus* (Gastropoda, Helicidae) en Sierra Elvira (SE de España). *Zool. baetica*, 17, 47-58.
- Munguía-Rosas, M. A., Ollerton, J., Parra-Tabla, V., & De-Nova, J. A. (2011). Meta-analysis of phenotypic selection on flowering phenology suggests that early flowering plants are favoured. *Ecology letters*, 14(5), 511-521.

- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853.
- Nicotra, A. B., Atkin, O. K., Bonser, S. P., Davidson, A. M., Finnegan, E. J., Mathesius, U., ... & van Kleunen, M. (2010). Plant phenotypic plasticity in a changing climate. *Trends in Plant Science*, 15(12), 684–692.
- Primack, R. B. (1985). Longevity of individual flowers. *Annual review of ecology and systematics*, 16(1), 15-37.
- Ramos, AF (1993). *Hypericum* L. En: Flora Iberica, Castroviejo et al., (eds). Volum III: 157-155. Real Jardín botánico de Madrid, CSIC.
- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- Rathcke, B., & Lacey, E. P. (1985). Phenological Patterns of Terrestrial Plants. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 16(1), 179–214.
- Rita J. & Payeras T. (2006). Biodiversidad de las plantas vasculares de las Islas Baleares. *Orsis: organismes i sistemes*, 21, 41-58.
- Rodríguez-Pérez, J., & Traveset, A. (2016). Effects of flowering phenology and synchrony on the reproductive success of a long-flowering shrub. *AoB PLANTS*, 8
- Sáez, L., Fraga, P., & López-Alvarado, J. (2013). The flora of the Balearic Islands. *Islands and plants: preservation and understanding of flora on Mediterranean Islands*. Consell Insular de Menorca, Maó, 91-103.
- Seguí, N. (2019). Caracterització de la biologia reproductiva d'*Hypericum balearicum* L. (Guttiferae) en poblacions de baixa altitud (Treball de fi de Grau. Universitat de les Illes Balears).
- Sosa, P. A., Batista Hernández, F., Bouza Carrelo, N., & González Pérez, M. Á. (2002). La conservación genética de las especies vegetales amenazadas.
- Tébar, F. J. (1992). *Biología reproductiva del matorral de la montaña mallorquina* (Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears).
- Tébar, F. J., Gil, L., & Llorens, L. (2004). Flowering and fruiting phenology of a xerochamaephytic shrub community from the mountain of Mallorca (Balearic islands, Spain). *Plant Ecology Formerly 'Vegetatio'*, 174(2), 295–305.
- Young, A., Boyle, T., & Brown, T. (1996). The population genetic consequences of habitat fragmentation for plants. *Trends in ecology & evolution*, 11(10), 413-418.