

CONCLUSIONS



4. Conclusions

L'estudi isoenzimàtic dut a terme en 9 tàxons vegetals de distribució mediterrània per una banda, i el recull de dades genètiques de tots els tàxons estudiats electroforèticament als Països Catalans, per una altra, ens ha permès arribar a una sèrie de conclusions sobre llurs nivells i distribució de la diversitat genètica. A part de l'aproximació genètica, l'estudi de les amenaces i de l'estat de conservació dels tàxons estudiats ens ha permès l'obtenció també d'una sèrie de conclusions d'aplicació en conservació vegetal. Així, les conclusions que es deriven de la realització de la present Tesi Doctoral, es presenten en tres grans blocs (conclusions genètiques específiques i conclusions generals de tipus genètic, i conclusions conservacionistes):

Conclusions genètiques específiques

1. Els nivells de diversitat genètica en les dues espècies del gènere *Petrocoptis* estudiades són relativament alts, encara que lleugerament superiors a *P. montsicciana*. Ambdós tàxons presenten una elevada divergència entre poblacions, que pot explicar-se pel tipus d'hàbitat que ocupen (afloraments de roca calcària) i per una limitada dispersió de pol·len i de llavors.

Els isoenzims no ens permeten discernir si ambdós tàxons haurien de conformar una única entitat específica o bé cal tractar-los com a dues espècies diferenciades. La relativament elevada identitat genètica entre ambdós tàxons (gairebé del mateix ordre que els valors d'identitat genètica entre poblacions) i la menor variabilitat genètica de *P. pardoii* suggereixen que els dos tàxons poden constituir un parell d'espècies progenitora-derivada, éssent *P. montsicciana* l'espècie progenitora.

2. Els nivells de diversitat genètica a *Seseli farrenyi* són molt elevats, fet molt destacable en una espècie de distribució tant restringida. L'excés d'homozigots tan notori dins les poblacions pot explicar-se per una estructuració tant espacial (donada per la dispersió limitada de pol·len) com temporal (només una proporció dels individus floreixen i fructifiquen cada any) en subpoblacions o veïnatges. La proximitat de les poblacions entre sí i la probable dispersió de les granes a llarga distància per la tramuntana són els factors responsables de la escassa divergència genètica entre poblacions.

3. L'única població existent de *Delphinium pentagynum* subsp. *formenteranum* presenta uns nivells de variació genètica relativament elevats tractant-se d'un tàxon de distribució exclusivament insular. S'hipotetitzava l'origen d'aquest tàxon per una colonització a través d'una dispersió a llarga distància, amb un posterior procés de diferenciació que seria el responsable de l'augment dels nivells de variabilitat amb posterioritat a un efecte fundador. Una elevada taxa d'autogàmia biparental (encreuaments entre individus propers) és probablement la responsable de l'establiment de veïnatges genètics dins la població.

4. La destrucció i la fragmentació de l'hàbitat d'*Stachys maritima*, les dunes litorals, són els factors que poden explicar els valors de diversitat tan baixos que trobem per a les poblacions ibèriques d'aquesta espècie de distribució circummediterrània. L'absència d'al·lels rars, el

monomorfisme de la majoria de *loci* i l'alt nivell de divergència entre les poblacions indiquen que la deriva genètica i l'interrupció del flux de gens són factors que operen a l'actualitat com a conseqüència de de fluctuacions demogràfiques importants, fragmentació de poblacions en unitats menors i extinció local de nuclis poblacionals.

5. *Thymus loscosii* presenta uns nivells de diversitat molt elevats, tal i com s'espera per una espècie tetraploide. La manca de patrons d'heterozigosi fixada i la nombrosa presència d'heterozigots tant equilibrats com desequilibrats suggereixen una naturalesa cariològica autotetraploide. Seria l'herència tetrasòmica, precisament, la responsable de la presència d'una fracció significativa d'individus analitzats amb 3/4 al·lels per *locus*, fet que alhora ens indica que l'espècie pot haver sofert diversos cicles de poliploidització en el passat. El lleuger excés d'heterozigots detectat dins les poblacions pot deure's a l'existència de mecanismes per evitar l'endogàmia o una selecció a favor dels heterozigots.

6. La variabilitat genètica detectada en *Erodium rupestre* és extremadament petita (la menor de tots els tàxons analitzats en aquest estudi), comparable als nivells de diversitat més petits reportats per a espècies vegetals. En canvi, la divergència interpoblacional és molt elevada, resultat del tipus d'hàbitat que ocupa i a la poca capacitat de dispersió de pol·len i llavors. Aquest darrer factor seria el responsable de les elevades taxes d'endogàmia que pateixen les poblacions.

L'elevada identitat genètica entre els dos suposats tàxons ($I = 0,973$), indica clarament que les poblacions pre-Pirinenques (atribuïdes a *Erodium foetidum* subsp. *glandulosum*) cal considerar-les pertanyents a *Erodium rupestre*, en coincidència amb el que indiquen les dades morfològiques. La distribució de les freqüències al·lèliques i la singularitat genètica de la població de Montserrat indica que podríem estar davant de l'inici d'un procés d'especiació al·lopàtrica en aquesta població disjunta.

7. *Silene sennenii* presenta uns nivells de diversitat genètica força reduïts, tal i com s'espera per a espècies d'àrea de distribució tant limitada. El dèficit d'heterozigots detectat a les poblacions probablement es deu a la seva estructuració en veïnatges genètics, procés afavorit per la fragmentació de l'hàbitat que està patint aquesta espècie. La manca d'al·lels rars a les poblacions més petites indica l'acció de la deriva genètica en aquestes.

8. L'esperó de muntanya, *Delphinium montanum*, tot i tractar-se d'un tàxon tetraploide, presenta uns nivells de variabilitat genètica més aviat petits. De la mateixa manera que en el cas de *Thymus loscosii*, l'absència d'heterozigosi fixada i la presència d'heterozigots tant equilibrats com desequilibrats són indicatius d'un origen autopoliploide. No obstant, la pobra diversitat genètica detectada en aquesta espècie (molt inferior a la trobada per altres autotetraploides), la manca d'individus que presentin més de 2 al·lels per *locus* i el monomorfisme en una fracció important dels *loci* estudiats, fan pensar que aquest tàxon pugui estar sofrint un procés de diploidització.

Conclusions generals

8. Els nivells mitjans de diversitat genètica per a les espècies diploides vegetals estudiades electroforèticament als Països Catalans són relativament alts ($P = 26,70\%$, $A = 1,44$, $H_o = 0,090$, $H_e = 0,118$), si tenim en compte l'àrea geogràfica estudiada tan limitada i, sobretot, si els comparem amb els valors reportats per Hamrick & Godt (1990) en el seu recull de diversitat genètica global. El paper jugat pels Països Catalans, i per extensió, la conca Mediterrània com a refugi de flora durant els períodes glacials pot atribuir-se com una de les raons d'aquesta riquesa genètica.

9. Aquesta "salut" genètica, no obstant, pot perdre's si continua el ritme de degradació i pèrdua dels hàbitats mediterranis. L'elevat percentatge d'al·lels rars per població (prop del 6% de mitjana) i els alts nivells del coeficient endogàmia intrapoblacional (valor mitjà de $F_{IS} = 0,278$) són indicadors que la variabilitat genètica de les espècies vegetals dels Països Catalans pot reduir-se dràsticament en els propers anys, com a conseqüència de la deriva genètica, la consanguinitat i l'interrupció del flux de gens entre poblacions.

10. Les espècies vegetals dels Països Catalans es caracteritzen perquè presenten una elevada divergència genètica entre poblacions (mitjana de $F_{ST} = 0,224$), que pot explicar-se per raons històriques (aïllament de nuclis poblacionals des de l'era glacial), per la gran variabilitat climàtica i topogràfica de les nostres contrades, però també per l'actual procés de destrucció i fragmentació dels hàbitats naturals.

11. La majoria d'espècies endèmiques estudiades electroforèticament dels Països Catalans es caracteritzen per la seva elevada afinitat pels hàbitats rocosos (afloraments rocosos de l'interior –habitualment de naturalesa calcària- o bé penya-segats litorals). Aquests tàxons rupícoles presenten uns nivells de diversitat genètica superiors a la mitjana però també unes taxes de divergència genètica importants, fruit del probable paper jugat pels massissos calcaris com a refugis glacials de flora.

12. Les espècies amenaçades dels Països Catalans presenten en general menors nivells de variabilitat genètica –tot i que les diferències no són estadísticament significatives– que les espècies que no es troben amenaçades, i dins de les espècies amenaçades, són les llistades com "en perill crític" (CR), les que exhibeixen una menor variació genètica. Els tàxons amenaçats presenten unes majors taxes de divergència genètica que els no amenaçats, probablement degut a l'efecte de disrupció del flux de gens provocat per la fragmentació dels hàbitats naturals.

Conclusions conservacionistes

13. Dels 9 tàxons estudiats en el marc del present treball, 6 els podem classificar dins d'alguna de les categories d'amenaça segons els darrers criteris (del 2001) de la UICN: *Delphinium pentagynum* subsp. *formenterianum* classificaria com a "en perill crític" (CR) a escala mundial, *Stachys maritima* també seria CR però només per a la península Ibèrica, i *Seseli farrenyi* i *Silene sennenii* classificarien com a "en perill" (EN) també a escala mundial. Dos tàxons cal llistar-los com

a “vulnerables” (VU): *Petrocoptis pardoii* i *Delphinium montanum*. *Petrocoptis montsiciana*, amb l'aplicació dels nous criteris de la UICN, perd la consideració de VU i restaria com “quasi amenaçat” (NT). En cap cas hem de considerar *Thymus loscosii* i *Erodium rupestre* com a espècies amb amenaces que afectin la seva supervivència de forma immediata; la seva classificació més idònia seria “preocupació menor” (LC)

14. La destrucció i/o la fragmentació dels hàbitats naturals són les principals amenaces a les què han de fer front els tàxons estudiats. Altres amenaces són, llistades en ordre d'importància, el risc d'incendis forestals, la pastura, les activitats recreatives, les herboritzacions massives, el trànsit de persones i l'ús d'herbicides.

15. La principal mesura de conservació *in-situ* és la protecció d'un nombre determinat de poblacions per a cada tàxon, en funció dels nivells i la distribució de la diversitat genètica. Aquesta mesura és essencial en el cas que cap de les poblacions estigui inclosa dins d'algun espai protegit (per exemple dins un PEIN o un Parc Natural), que, en el cas dels tàxons estudiats en aquest treball, és la situació habitual. Recomanem la creació de micro-reserves de flora per a la protecció de les poblacions més singulars per a les espècies sotmeses a un major grau d'amenaça; altres mesures, de les quals suggerim la seva implementació immediata, és el seguiment regular de les poblacions.

La figura bàsica de protecció *ex-situ* és la recol·lecció de granes; recomanem aquesta activitat per a totes les espècies tractades en aquest treball, en una intensitat (nombre de granes que cal recollir i nombre de poblacions en les que cal mostrejar) que dependrà dels nivells i la distribució de la variabilitat genètica i que han estat calculats per a cada tàxon. Per altra banda, recomanem la inclusió de *Petrocoptis pardoii*, *Seseli farrenyi*, *Delphinium pentagynum* subsp. *formenteranum*, *Stachys maritima*, *Silene sennenii* i *Delphinium montanum* en el *Catálogo Nacional de Especies Amenazadas*.