

# Deu anys de seguiment demogràfic i genètic d'*Stachys maritima* a Catalunya (2001-2010). Implicacions per a un pla de recuperació

C. BLANCHÉ<sup>1</sup>, C. BARRIOCANAL<sup>2</sup>, M. C. MARTINELL<sup>1</sup>, S. MASSÓ<sup>1</sup> & J. LÓPEZ-PUJOL<sup>3</sup>

<sup>1</sup> BioC-GReB, Institut de Recerca de la Biodiversitat, Laboratori de Botànica, Facultat de Farmàcia, Universitat de Barcelona, Avda. Joan XXIII s/n., 08028 Barcelona, Catalunya, Espanya

<sup>2</sup> Grup de Recerca en Medi Ambient i Tecnologies de la Informació Geogràfica, Institut de Medi Ambient, Universitat de Girona, Plaça Ferrater Mora 1, 17001 Girona, Catalunya, Espanya

<sup>3</sup> BioC-GReB, Institut Botànic de Barcelona (CSIC-ICUB), Psg. del Migdia s/n., 08038 Barcelona, Catalunya, Espanya

Autor per a correspondència: C. Blanché (cesarblanche@ub.edu)

Rebut 28 octubre 2010; Acceptat 16 novembre 2010

## Abstract

Ten years of demographic and genetic monitoring of *Stachys maritima* in Catalonia (2001-2010). Implications for a recovery plan.- *Stachys maritima* is a species typical of the coastal dunes, with a wide distribution within the Mediterranean Basin. In spite of this, the species shows a clear regression. In Catalonia, it has been observed an important reduction of its populations since early 20th century, where it has disappeared from several localities in which it was relatively common (Tarragonès, Barcelonès). Herein we present the results of the demographic monitoring of the species during the last 10 years (2001-2010) in the known localities in Catalonia. Besides corroborating the disappearance (northern Sant Martí d'Empúries), the re-discovering (Llobregat Delta beach) and the detection of new populations (inner dunes of the Montgrí), a large year-to-year fluctuation of the monitored populations is stated; the possible reasons are discussed. In addition, the present work also includes the results of the allozyme diversity analysis of the new detected populations as well as the rediscoveries of the period 2004-2008, which were not included in a former study of genetic diversity carried out in 2002-2003. It is necessary to emphasize that the contribution of the new populations to the genetic diversity of *Stachys maritima* is very small, which can be attributed to their limited population size and /or to founder effects.

Despite that the species is included in the Annex 2 ("En Perill d'Extinció") within the *Catàleg de Flora Amençada de Catalunya* (Catalogue of Endangered Flora of Catalonia), and some "soft" conservation measures have been applied at local level (signposting of the beach accesses, environmental education, etc.) coupled with other more significant measures (e.g. translocation of individuals discovered in an artificial sandbank), it would be necessary the coordinated action and the scientific support of any initiative of conservation that could be carried out. The general frame to initiate actions of conservation should be the recovery plan of *Stachys maritima*, whose draft and application is mandatory in accordance to the *Catàleg*.

Key words: Catalonia; conservation; dunes; extinction; fragmentation; invasive species.

## Resumen

Diez años de seguimiento demográfico y genético de *Stachys maritima* en Catalunya (2001-2010). Implicaciones para un plan de recuperación.- *Stachys maritima* es una especie característica de dunas litorales, con una amplia área de distribución en el Mediterráneo. A pesar de ello, la especie muestra una clara regresión. En Catalunya se ha observado una importante reducción de sus poblaciones desde principios del siglo XX, donde ha desaparecido de diversas localidades en las que era relativamente abundante (Tarragonès, Barcelonès). Se presentan los resultados del seguimiento demográfico de la especie durante los últimos 10 años (2001-2010) en las localidades conocidas en Catalunya. Al margen de corroborar la desaparición de algunos núcleos (núcleo norte de Sant Martí d'Empúries), el redescubrimiento de otros (playa del Delta del Llobregat) o la detección de nuevas poblaciones (dunas interiores del Montgrí), se constata una gran fluctuación interanual de los núcleos monitorizados, las posibles causas de la cual se discuten detenidamente. Por otro lado, el presente trabajo incluye también los resultados del análisis de la diversidad

isoenzimàtica de las nuevas poblaciones detectadas así como los redescubrimientos del periodo 2004-2008, que no se habían incluido en los estudios de diversidad genética de los años 2002-2003. Cabe destacar que la contribución de los nuevos núcleos a la diversidad genética de *Stachys maritima* es muy pequeña y se puede atribuir a su reducido tamaño poblacional y/o a efectos fundadores.

A pesar que la especie se ha incluido en el Anexo 2 (“*En Perill d’Extinció*”) del *Catàleg de Flora Amenaçada de Catalunya*, y que a escala local se han realizado algunas medidas de conservación “blandas” (señalización de los accesos a la playa, educación ambiental, etc.), junto a otras medidas más significativas pero realizadas con carácter de urgencia (p. ej. la translocación de individuos descubiertos en un arenal), sería necesario la acción coordinada y el apoyo científico de cualquier iniciativa de conservación que se lleve a cabo. El marco general para iniciar acciones de conservación debería ser el plan de recuperación de *Stachys maritima*, la redacción y aplicación del cual es preceptiva, tal y como consta en el *Catàleg*.

Palabras clave: Catalunya; conservación; dunas; especies invasoras; extinción; fragmentación.

### Resum

Deu anys de seguiment demogràfic i genètic d’*Stachys maritima* a Catalunya (2001-2010). Implicacions per a un pla de recuperació.- *Stachys maritima* és una espècie característica de dunes litorals, amb una àmplia àrea de distribució a la Mediterrània. Malgrat això, la planta sembla estar en clara regressió. A Catalunya, s’ha observat un declivi significatiu des de principis del s. XX, i ha desaparegut de moltes localitats on era relativament abundant (Tarragonès, Barcelonès). Es presenten els resultats del seguiment demogràfic de l’espècie durant els darrers deu anys (2001-2010) a totes les localitats conegudes a Catalunya. A banda de constatar la desaparició d’alguns dels nuclis (nucli nord de Sant Martí d’Empúries), el redescobrimient d’altres (platja del Prat de Llobregat) o la troballa de noves poblacions (dunes interiors del Montgrí), es constata una gran fluctuació interanual dels diferents nuclis poblacionals monitoritzats, les possibles causes de la qual es discuteixen detingudament. D’altra banda, aquest treball també inclou els resultats de l’anàlisi de la diversitat isoenzimàtica de les noves troballes i/o redescobriments durant el període 2004-2008, i que no havien estat per tant inclosos en l’estudi de diversitat genètica dut a terme durant els anys 2002-2003. La contribució dels nous nuclis a la diversitat genètica d’*Stachys maritima* és molt petita, que pot atribuir-se a la reduïda mida poblacional i/o a efectes fundadors.

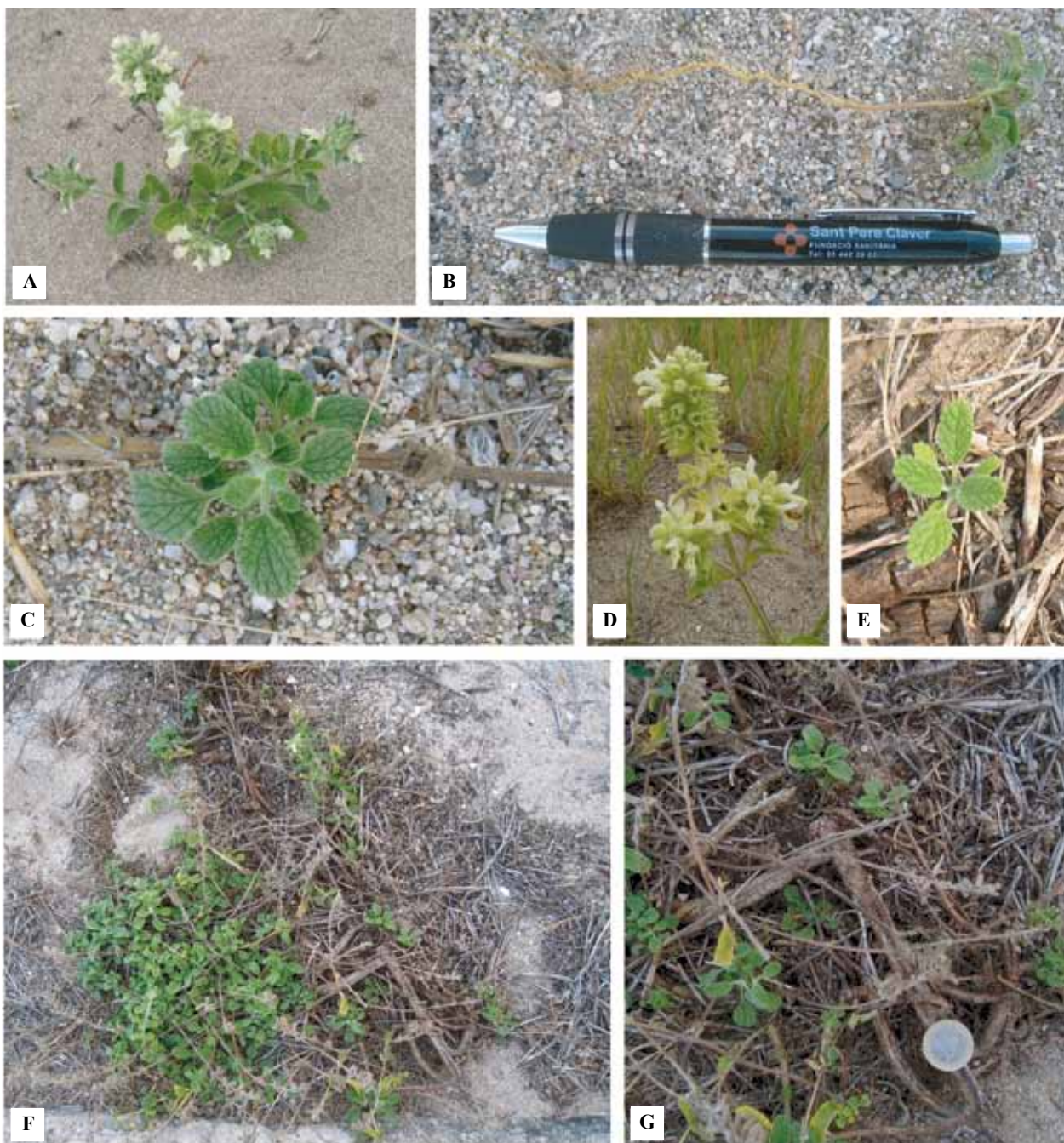
Tot i que l’espècie ha estat inclosa dins l’Annex 2 (“*En Perill d’Extinció*”) del *Catàleg de Flora Amenaçada de Catalunya*, i a nivell local s’han dut a terme algunes mesures de conservació “toves” (senyalització d’accessos a les platges, educació ambiental, etc.) juntament amb d’altres mesures amb més significació però amb un caràcter d’urgència (p. ex. la translocació d’individus descoberts en una sorra), seria necessari l’acció coordinada i el suport científic de qualsevol iniciativa de conservació que es dugui a terme. El marc genèric per a endegar qualsevol acció de conservació hauria d’èsser el pla de recuperació d’*Stachys maritima*, la redacció i aplicació del qual és preceptiva d’acord amb el que estableix el *Catàleg*.

Paraules clau: Catalunya; conservació; dunes; espècies invasores; extinció; fragmentació.

## INTRODUCCIÓ

*Stachys maritima* Gouan (Fig. 1) és un hemicriptòfit propi de dunes litorals (i, més rarament, interiors), àmpliament distribuït per la conca Mediterrània, des del litoral ibèric fins a la zona del mar Negre i des de Turquia fins a Algèria, trobant-se a faltar a les Balears, Sardenya i Sicília però no a Còrsega (Greuter *et al.*, 1986) (Fig. 2). La seva biologia reproductiva indica que és una espècie al·lògama parcialment autocompatible. Floreix majoritàriament entre maig i juliol i la seva fructificació es produeix entre juny i agost (Molero *et al.*, 2007), tot i que en condicions favorables pot florir fins i tot en ple hivern (C. Blanché *et al.*, obs. pers.). No es disposa d’una avaluació de l’estat de conservació de l’espècie a escala mundial, però sí per a l’estat espanyol (CR) i per a Catalunya (EN) (Taula 1).

La distribució actual d’*Stachys maritima* a la península Ibèrica es limita a la costa nord-est de Catalunya, i ha patit una forta regressió en les darreres dècades, documentada a la recopilació de Barriocanal & Blanché (2002) (Fig. 3). Amb posterioritat, diverses campanyes de prospecció han permès d’actualitzar l’estat de coneixement sobre distribució i efectius. Així, en alguns indrets d’on es tenia constància de l’espècie, com ara les platges de Salou i Tarragona (Fig. 3) a la dècada dels anys 20 del segle passat (Barriocanal & Blanché, 2002), no hi ha estat retrobada, tot i les intensives prospeccions recents. Al delta del Llobregat, l’espècie era considerada molt abundant als anys 20 del s. XX, i sembla que encara ho era prou als 50 (Barriocanal & Blanché, 2002); a partir de llavors devia iniciar-se un procés accelerat de rarificació fins a la seva gairebé extinció al Baix

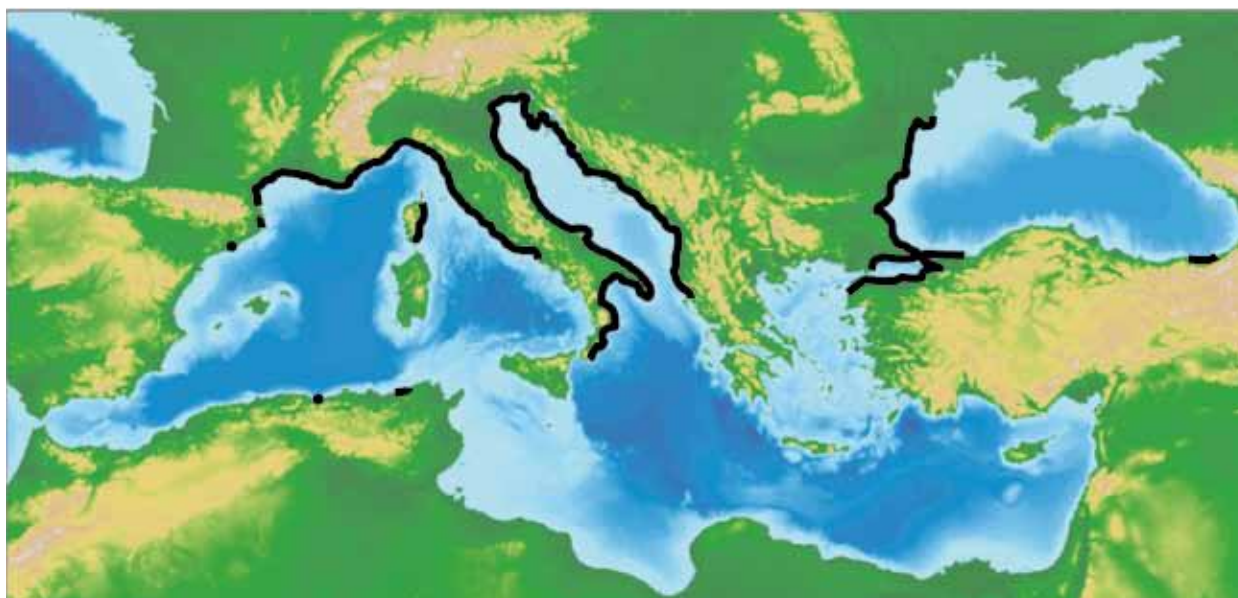


**Figura 1.** Diversos detalls d'*Stachys maritima*: (A), aspecte general d'un individu reproductor; (B), aspecte d'una arrel desenterrada; (C), rebrot a partir d'un rizoma; (D), detall de les flors; (E), germinació; (F) i (G), individu longeu (a la dreta, detall de la mida del rizoma). [Fotografies: (A) i (E), J. López-Pujol; (B), (C), (D), (F) i (G), S. Massó].

Llobregat (la darrera citació de l'espècie correspon a un plec d'herbari de 1973). Tot i això, un plec d'herbari de 1992 va testimoniar novament la presència del tàxon a la platja del Prat (Baix Llobregat) als anys 90, malgrat que va passar inadvertida al camp durant un cert temps (del Hoyo *et*

*al.*, 2006). Aquesta troballa va originar una recerca intensiva, infructuosa fins al moment de la detecció d'un únic peu, l'any 2006 (del Hoyo *et al.*, 2006). Des d'aleshores, diversos investigadors han fet un seguiment detallat de la població, que s'ha mantingut sempre, fins ara, al llindar de la desaparició.





**Figura 2.** Àrea de distribució d'*Stachys maritima*.

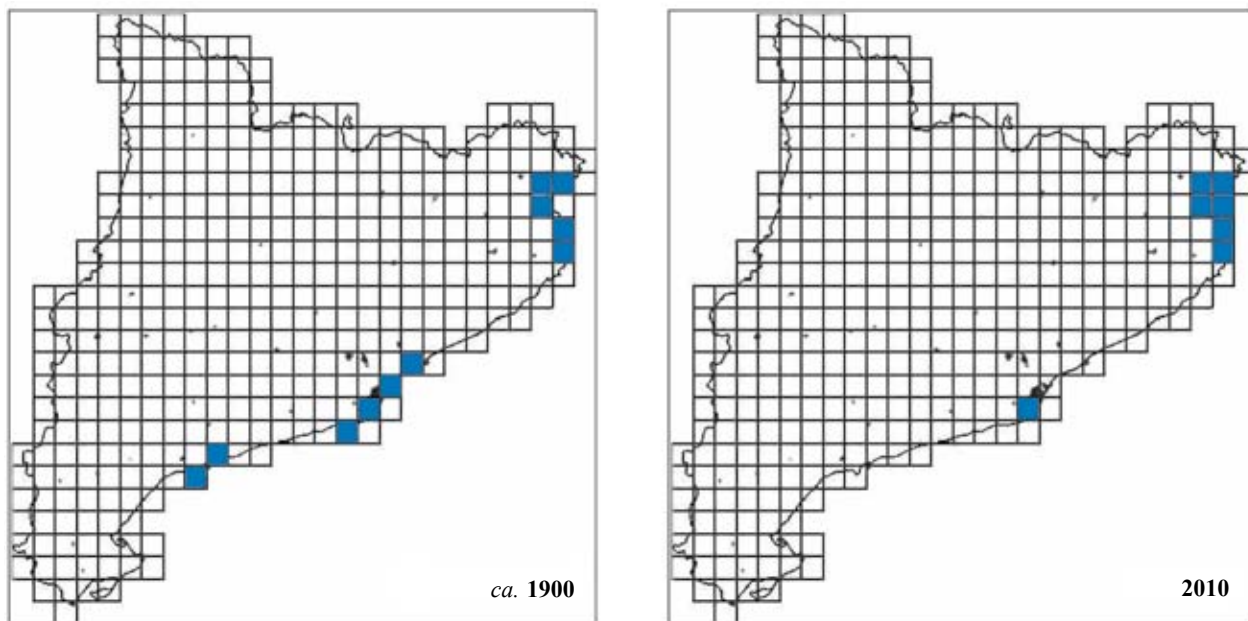
**Taula 1.** Avaluacions prèvies disponibles del risc d'extinció d'*Stachys maritima* segons els criteris de la UICN (2001).

Àmbit	Categoria i criteris	Font
Mundial	NE (no avaluada)	
Espanya	CR: B1ab(i,ii,iii,iv,v)+2(i,ii,iii,iv,v); C1+2a(ii)	Molero <i>et al.</i> (2007)
Catalunya	EN A1c + 4c; B1ab(i,ii,iii)c(iv) + 2ab(i,ii,iii)c(iv) + C2b	Sáez <i>et al.</i> (2010)

A l'entorn de la ciutat de Barcelona, d'on s'ha documentat des de molt antic la seva presència ("Portal de Mar", a l'Herbari Salvador, *cf.* Ibáñez, 2006) i on havia arribat a ser freqüent, des de Can Tunis fins al Besòs (Barriocanal & Blanché, 2002) (Fig. 3), no ha pogut ser retrobada en cap localitat i s'ha de donar, segons els coneixements actuals, com a extingida al Barcelonès. Fora del nucli del Prat de Llobregat, la resta de poblacions actualment conegudes d'*Stachys maritima* es distribueixen al llarg d'uns 40 km de franja costanera empordanesa (comarques de l'Alt i el Baix Empordà). Tot i que la massiva transformació del litoral empordanès (Fig. 4) ha suposat quasi amb total seguretat una important regressió de l'espècie, aquesta encara és present a la majoria de poblacions recol·lectades durant el darrer segle (Fig. 5). Totes les poblacions conegudes han estat objecte d'un seguiment conti-

nuat, que va iniciar-se fa 10 anys (2001-2010), els resultats del qual poden oferir una sèrie de dades que permeten l'anàlisi de l'estat de conservació i de la biologia de l'espècie amb una perspectiva més àmplia i documentada.

D'altra banda, durant els primers anys de seguiment (2002-2003), es va dur a terme un estudi de diversitat genètica de totes les poblacions conegudes d'*Stachys maritima* en aquells moments (López-Pujol *et al.*, 2003), que va revelar uns baixos nivells de variació isoenzimàtica i una certa estructuració de la diversitat, que van atribuir-se a la fragmentació dels seus hàbitats naturals i el consegüent aïllament genètic entre poblacions. Actualment, aquest estudi es pot considerar incomplet, puix que els nuclis descoberts amb posterioritat (com ara el del Baix Llobregat o diversos grups d'individus empordanesos) no hi eren inclosos.



**Figura 3.** Comparativa de l'àrea de distribució d'*Stachys maritima* (detallada mitjançant quadrats UTM 10 x 10 km) a principis del segle passat (segons dades recopilades a Barriocanal & Blanché, 2002) i l'any 2010.

En aquest treball, presentem una recopilació de la informació actualment existent sobre *Stachys maritima*, reunint les dades acumulades pels autors durant aquests anys i de la bibliografia que disposem, dels seguiments demogràfics, dels estudis de diversitat genètica realitzats amb posterioritat i de les dades sobre biologia de l'espècie. Aquest conjunt d'informacions permeten establir una base científica per a la redacció del preceptiu pla de recuperació de l'espècie, requerit per l'aplicació del

Decret 172/2008, de creació del *Catàleg de Flora Amenaçada de Catalunya* (DOGC, 2008).

## MATERIAL I MÈTODES

### Demografia i censos poblacionals

Des de l'any 2001 i fins al 2010, s'ha procedit al seguiment demogràfic per recompte del nombre total d'individus de tots els nuclis coneguts



**Figura 4.** Platja de Pals (Baix Empordà) a l'any 1910 (a l'esquerra) i a mitjans de la dècada present (a la dreta). [Fotografies: esquerra, arxiu personal de C. Blanché; dreta: C. Blanché].

d'*Stachys maritima* a Catalunya (Fig. 5). Les visites s'han dut a terme entre els mesos de juny i agost (màxima visibilitat de les inflorescències) i s'han considerat tots els individus visibles en el moment de la visita, independentment de la seva mida i estat fenològic. Addicionalment, es va procedir, durant els anys de seguiment, a l'exploració d'àrees amb hàbitat potencial per aquesta espècie, cosa que ha permès la localització de nous nuclis, que es van afegir a l'estudi a partir de l'any del seu descobriment. Tots els nuclis poblacionals s'han georeferenciat amb l'ajuda d'un receptor GPSmap 60Cx de Garmin.

### Diversitat genètica i seguiment genètic

Per a complementar l'estudi de variabilitat genètica i estructura poblacional dut a terme per López-Pujol *et al.* (2003), durant l'any 2008 es van mostrejar aquelles poblacions d'*Stachys maritima* que no havien estat incloses en l'estudi anterior, i que es corresponien amb les noves troballes durant el període 2004-2008: alguns nuclis naturals de l'Empordà, el nucli del Prat de Llobregat i els nuclis considerats "artificials" (Taules 2, 3 i 4, on consten els resultats tant de l'estudi anterior com els de l'actualització present, de manera que constitueix l'expressió de l'estat actual total de coneixement sobre diversitat genètica de l'espècie). Hom pot considerar aquests estudis com a part del seguiment genètic (*genetic monitoring*), dut a terme en paral·lel al seguiment demogràfic esmentat més amunt: forneixen informació actualitzada que permet la correcció de les mesures de gestió en un context de conservació adaptativa.

Excepte per als nuclis més petits, on es van collir mostres de tots els individus disponibles, el mostreig es va dur a terme mitjançant un transsecte lineal, prenent mostres cada 50-100 cm per tal d'evitar la recol·lecció de ramets del mateix genet. Les mostres collides, seguint tècniques no destructives per als individus, van consistir en fragments de fulles basals, i es van conservar a 4 °C fins al moment de l'extracció, un dia després de la recol·lecció.

La diversitat genètica es va avaluar utilitzant els mètodes estàndard per a electroforesi d'isoenzims (Soltis *et al.*, 1983; Kephart, 1990). Emprant gels de midó a l'11%, es van resoldre 13 enzims en 4 sistemes de tampons, obtenint 20 *loci* interpretables: *Aat-1*, *Aco-1*, *Aco-3*, *Acp-2*, *Adh-1*, *Dia-1*, *Idh-2*, *Idh-3*, *Mdh-1*, *Mdh-2*, *6Pgd-1*, *6Pgd-2*, *Pgi-1*,

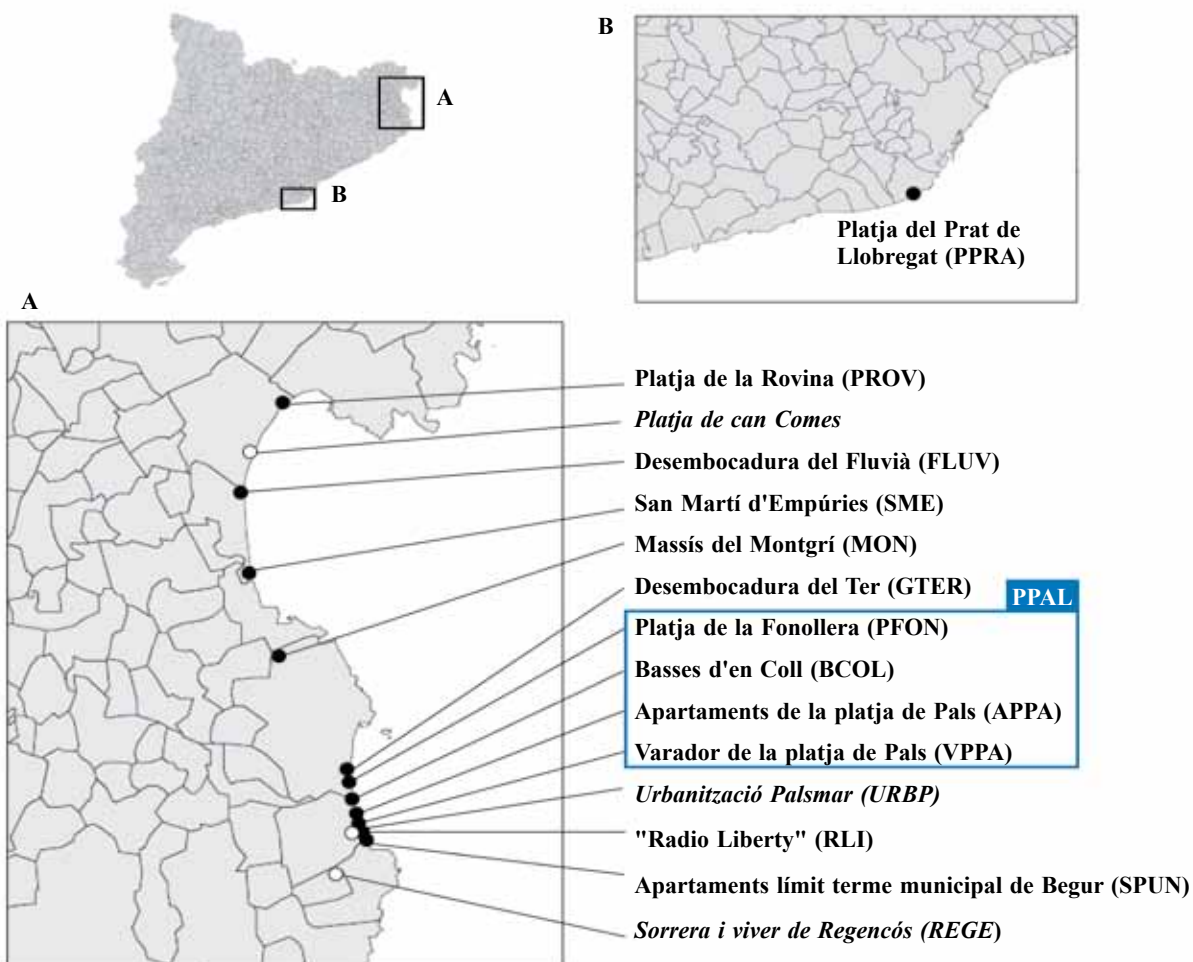
*Pgi-2*, *Pgm-1*, *Pgm-2*, *Skd*, *Sod-1*, *Tpi-1* i *Tpi-2*. L'aconitat hidratasa (ACO, EC 4.2.1.3), l'àcid fosfatasa (ACP, EC 3.1.3.2), la malat deshidrogenasa (MDH, EC 1.1.1.37), la fosfogluoisomerasa (PGI, EC 5.3.1.9), la fosfoglucomutasa (PGM, EC 5.4.2.2) i la superòxid dismutasa (SOD, EC 1.15.1.1) es van resoldre satisfactòriament amb el tampó d'histidina-citrat a pH 5,7 (Jefferies & Gottlieb, 1982); l'alcohol deshidrogenasa (ADH, EC 1.1.1.1), la fosfogluconat deshidrogenasa (6PGD, EC 1.1.1.44) i la xiquimat deshidrogenasa (SKD, EC 1.1.1.25) es van resoldre amb el tampó de morfolina-citrat a pH 6,1 (Odrzykoski & Gottlieb, 1984); i l'aspartat aminotransferasa (AAT, EC 2.6.1.1), la diaforasa (DIA, EC 1.6.99.-) i la triosafosfat isomerasa (TPI, EC 5.3.1.1) ho van fer amb el tampó de tris-citrat/liti-borat a pH 8,2 (Scandalios, 1969). Només la isocitrat deshidrogenasa (IDH, EC 1.1.1.42) es va obtenir amb el tampó d'histidina pH 7,0 (Wendel & Weeden, 1989). Els procediments de tinció per a tots els enzims seguiren el mètode descrit per Vallejos (1983), Shields *et al.* (1983) i Wendel & Weeden (1989), amb petites modificacions.

Els *loci* es van numerar consecutivament i els al·lels de cada *locus* es van designar alfabèticament, començant pel més anòdic. La interpretació dels patrons de bandes es va realitzar segons els principis estàndard (Gottlieb, 1982; Kephart, 1990) i es van computar els següents paràmetres estadístics: *P*, el percentatge de *loci* polimòrfics (considerant que un *locus* és polimòrfic quan la freqüència de l'al·lel més comú és inferior a 0,95); *A*, el nombre mitjà d'al·lels per *locus*; *H<sub>o</sub>*, l'heterozigosi observada i *H<sub>e</sub>*, l'heterozigosi esperada. També es calculà l'índex de fixació (*F*) mitjà per a tots els *loci* polimòrfics i s'analitzà l'estructura de poblacions usant els estadístics-*F* de Wright (1951, 1965). El càlcul de tots els paràmetres es va dur a terme amb el programa BIOSYS-1 (Swofford & Selander, 1989).

## RESULTATS I DISCUSSIÓ

### Demografia i censos poblacionals

La recerca del tàxon pel litoral de Catalunya durant el període 2001-2010 ha donat lloc a la constatació de la seva més que probable desaparició en diversos indrets on havia estat documentat o, com a mínim, citat: no ha estat possible retrobar-lo al Tarragonès,



**Figura 5.** Localització de les poblacions actuals d'*Stachys maritima*. Els cercles blancs (que corresponen als noms en cursiva) indiquen poblacions no incloses a la Taula 5. Entre parèntesi s'inclouen els codis poblacionals. PPAL (en blau) és el codi que s'emptra en l'anàlisi de la diversitat genètica per a designar el conjunt de nuclis poblacionals de la platja de Pals (vegeu Taula 2).

al Garraf ni al Barcelonès. Els nuclis romanents es localitzen al delta del Llobregat (una única població) i a les comarques de l'Alt i el Baix Empordà (la resta de poblacions). En un recorregut en sentit nord-sud, el àmbits geogràfics d'on es coneix *Stachys maritima* es detallen a continuació, amb indicació de llurs característiques (vegeu també el mapa de la Fig. 5):

*Platja de la Rovina* (badia de Roses, Alt Empordà, 31TEG17; Fig. 6A).

Platja de sorra d'1,7 quilòmetres, bona part de la qual es troba inserida dins els límits del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà. Es troba entre dues grans marines (Santa Margarida i Empuriabrava) que es van construir a finals dels anys 60. El nucli on s'ha detectat l'espècie es troba fora dels límits del Parc Natural (sector del nord de la platja) darrere del

sistema dunar litoral. El sistema dunar no és gaire alt i està molt afectat pel vent de tramuntana i pels temporals de llevant que mouen les sorres cap a l'interior. La platja és concorreguda els mesos d'estiu per banyistes i practicants d'esports de vent. A la visita de 2010 s'ha detectat una important expansió de l'al·lòctona *Oenothera biennis* L. (Fig. 7A). En anys anteriors s'havia detectat una presència significativa d'una espècie autòctona però d'hàbitat generalista, *Ononis natrix* L. (Fig. 7B), tot i que enguany no l'hem pogut observar.

*Desembocadura del Fluvià* (badia de Roses, Alt Empordà, 31TEG07; Fig. 6B).

Gola i platges adjacents de sorra, conegudes com Platja de la Gola al sud i Platja de Can Comes al nord. Tot aquest indret es troba dins el Parc Natural

**Taula 2.** Poblacions d'*Stachys maritima* mostrejades per a l'estudi de la diversitat genètica.

	Codi	Any de mostatge	Mida mostral
POBLACIONS NATURALS			
Platja Rovina	PROV	2002	24
Desembocadura del Fluvià	FLUV	2008	8
Sant Martí d'Empúries			
Nucli 1	SME1	2003	1
Nucli 2	SME2	2008	14
Massís del Montgrí			
Nucli 1	MON1	2008	3
Desembocadura del Ter	GTER	2002	7
Platja de Pals <sup>1</sup>	PPAL	2002	71
Apartaments			
Platja de Begur	SPUN	2003	21
El Prat de Llobregat	PPRA	2008	11
POBLACIONS ARTIFICIALS			
Viver de Regencós	REGE	2008	15
Sorral del Montgrí	MON2	2008	35
Urbanització Palsmar	URBP	2008	7
<sup>1</sup> A l'estudi genètic, la població PPAL (Platja de Pals) inclou els següents nuclis de seguiment demogràfic de la Taula 5: PFON (Platja Fonollera), BCOL (Basses d'en Coll), APPA (Apartaments platja de Pals) i Varador Pals (VPPA).			

dels Aiguamolls de l'Empordà. Els nuclis s'han localitzat a dunes consolidades de l'interior (100-150 metres del litoral), a la part elevada de petits turons. Tot i que es tracta d'una zona antigament freqüentada per vehicles, darrerament s'hi ha restringit l'accés i el Parc Natural ha ordenat el trànsit de vianants, de banyistes i de practicants d'esports de platja durant els mesos d'estiu. A les darreres visites efectuades a la població s'ha detectat una presència important de les invasores *Arundo donax* L. (Fig. 7C), i *Xanthium strumarium* L. subsp. *italicum* (Moretti) D. Löve.

*Sant Martí d'Empúries* (badia de Roses, Alt Empordà, 31TEG06; Fig. 6C).

Sector de la desembocadura del riu Vell, que prové del rec del Molí (rec d'irrigació corresponent al sistema de regadiu de la zona dels aiguamolls de l'Empordà). El nucli detectat recentment en aquest indret (nucli 2, Taula 5) és una acumulació de sorra

d'origen desconegut. L'any 2009 la zona va ser objecte de treballs d'arranjament de la platja de la riera que van comportar el cobriment amb sorra de diversos grups d'individus. Es troba dins els límits del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà. En aquest sector hi ha cites històriques del s. XIX de nuclis no trobats i, anys enrere, es mantenia un nucli d'individus prop de la discoteca "Fata Morgana" (nucli 1, Taula 5), sota els efectes del trepig i, després, cobert de sorra i de materials de windsurf, i no trobat des de 2003. També en aquesta població (al nucli 2) hem detectat una presència significativa de *Xanthium strumarium* subsp. *italicum* (Fig. 7D).

*Massís del Montgrí* (Baix Empordà, 31TEG16; Fig. 6D).

Es tracta d'un massís calcari amb presència de sorrals que corresponen a dunes fixades amb pins, fruit d'un projecte forestal de finals del s. XIX sobre la duna continental. Els nuclis poblacionals localitzats al massís es troben a una distància de gairebé dos quilòmetres del litoral. Aquesta població va ser detectada l'any 2004 arran d'una prospecció florística genèrica, no pas específica per a *Stachys maritima*, i es va fixar l'atenció sobre la possibilitat de trobar l'espècie en sorrals interiors (Barriocanal, 2005). L'indret és freqüentat per vehicles tot terreny (motos, quads, etc.), hi discorre un camí antic i s'hi fan abocaments de runa i de brossa incontrolats de manera reiterada, tot i la senyalització que ho prohibeix. La població consisteix de 4 nuclis separats a escassos metres els uns dels altres. Un d'aquests (nucli 2, Taula 5) és possiblement d'origen antròpic donat que està situat en un indret on hi ha importants moviments de sorra (Fig. 6E).

*Desembocadura del Ter* (badia de Pals, Baix Empordà, 31TEG15).

Sector que correspon a la gola del Ter i les platges adjacents (Platja de l'Estartit al nord i Platja de la Gola del Ter al sud), amb dunes altes a la banda sud. Concretament, la població es troba situada a la banda sud de la gola, al sector reredunar. És exposada als efectes de les llevantades (moviments de sorra) i a la freqüentació per banyistes i practicants d'esports de platja.

*Platja de la Fonollera* (badia de Pals, Baix Empordà, 31TEG15).

Tram de platja localitzat a continuació de la platja de la Gola del Ter, d'un quilòmetre i situat davant del càmping "El Delfin Verde". Limita al sud amb



**Taula 3.** Freqüències al·lèliques per a 20 *loci* als nuclis estudiats d'*Stachys maritima*.

<i>Locus</i>	Al·lel	Pobl. naturals							Pobl. artificials				
		PROV	FLUV	SME1	SME2	GTER	MON1	PPAL	SPUN	PPRA	REGE	MON2	URBP
<i>Aat-1</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Aco-1</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	0,929	1,000	0,824	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>b</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,071	0,000	0,176	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Aco-3</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Acp-2</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Adh-1</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Dia-1</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Idh-2</i>	<i>a</i>	1,000	0,688	0,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>b</i>	0,000	0,313	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>Idh-3</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Mdh-1</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Mdh-2</i>	<i>a</i>	0,750	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,986	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	<i>b</i>	0,250	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,014	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>6Pgd-1</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>6Pgd-2</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	0,000	0,571	1,000	0,298	0,132	1,000	0,125	0,697	0,000
	<i>b</i>	0,000	0,000	0,000	1,000	0,429	0,000	0,702	0,868	0,000	0,875	0,303	1,000
<i>Pgi-1</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Pgi-2</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Pgm-1</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Pgm-2</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Skd</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Sod-1</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Tpi-1</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
<i>Tpi-2</i>	<i>a</i>	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

la gola del Daró o rec del Molí. La població es troba disseminada al llarg de tota la platja, al sector reredunar tot i que alguns peus es localitzen a zones d'aparcament de cotxes. Aquest sector pertany a l'EIN Aiguamolls del Baix Empordà, actualment a l'interior del Parc Natural Montgrí-Medes-Baix Ter<sup>1</sup>. A l'estiu és freqüentada per banyistes i practicants d'esports de platja.

*Basses d'en Coll* (badia de Pals, Baix Empordà, 31TEG15).

Espai humit corresponent a l'EIN dels Aiguamolls del Baix Empordà i ara a la Reserva Natural Parcial dels Aiguamolls del Baix Ter dins el Parc Natural del Montgrí-Medes-Baix Ter. L'espai inclou la part de la gola del Daró fins als primers apartaments de la platja de Pals. El sector té dunes altes i ben

<sup>1</sup> Llei 15/2010, del 28 de maig, de declaració del Parc Natural del Montgrí, de les Illes Medes i el Baix Ter, de dues reserves naturals parcials i una reserva natural integral. Parlament de Catalunya.

**Taula 4.** Resum de la variació genètica per a 20 loci als nuclis d'*Stachys maritima*. *P*: percentatge de loci polimòrfics; *A*: nombre mitjà d'al·lels per locus;  $H_o$ : heterozigosi observada;  $H_e$ : heterozigosi esperada. Error estàndard entre parèntesi.

Població	<i>P</i>	<i>A</i>	$H_o$	$H_e$
POBL. NATURALS				
PROV	5,0	1,0	0,008 (0,008)	0,019 (0,019)
FLU	5,0	1,0	0,006 (0,006)	0,023 (0,023)
SME1	0,0	1,0	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)
SME2	0,0	1,0	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)
MON1	0,0	1,0	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)
GTER	10,0	1,1	0,007 (0,007)	0,034 (0,027)
PPAL	10,0	1,1	0,016 (0,010)	0,037 (0,025)
SPUN	5,0	1,0	0,013 (0,013)	0,012 (0,012)
PPRA <sup>1</sup>	0,0	1,0	0,000 (0,000)	0,000 (0,000)
PPRA <sup>2</sup>	4,8	1,0	0,000 (0,000)	0,015 (0,015)
Mitjana	3,9	1,0	0,006	0,014
Desviació estàndard	4,2	0,0	0,006	0,015
POBL. ARTIFICIALS				
MON2	5,0	1,0	0,012 (0,012)	0,021(0,021)
URBP	0,0	1,0	0,000 (0,000)	0,000(0,000)
REGE	5,0	1,0	0,000 (0,000)	0,012(0,012)
Mitjana	3,3	1	0,004	0,011
Desviació estàndard	2,9	0	0,007	0,011
Mitjana <i>S. maritima</i>	3,8	1,0	0,005	0,013
Desviació estàndard	3,8	0,0	0,006	0,014
<sup>1</sup> Sense tenir en consideració el locus <i>Aco-2</i> . El locus <i>Aco-2</i> només s'ha pogut resoldre de forma òptima per a la població PPRA, i per tant no s'ha considerat per als càlculs dels paràmetres genètics per al global de l'espècie (però sí per a l'anàlisi del cas particular de la població PPRA). <sup>2</sup> Considerant el locus <i>Aco-2</i> .				

desenvolupades amb un ampli espai reredunar, on es localitza *Stachys maritima*. Aquest espai és ocupat a l'estiu per banyistes, hi discorre un corriol freqüentat i és inundat temporalment de manera ocasional. En els darrers anys s'hi ha censat espècies al·lòctones en expansió (*Cyperus* sp., *Amorpha fruticosa* L., *Oenothera biennis*, etc.). Alguns individus es troben molt a prop de l'aparcament d'accés i han estat trepitjats en diverses ocasions; a l'actualitat s'hi ha instal·lat obstacles que n'impedeixen l'accés directe com ara pedres i estaquas amb cordes.

*Apartaments de la platja de Pals* (badia de Pals, Baix Empordà, 31TEG14).

Espai de platja de 0,5 quilòmetres davant d'uns apartaments situats a primera línia de mar. Dunes altes i ben desenvolupades amb espai reredunar

abans de la presència d'un passeig marítim i els blocs d'apartaments. Tot i els cordatges que hi venen l'accés, és freqüentat per passavolants, gossos i curiosos. La zona és afectada per l'expansió de *Carpobrotus* spp., procedent de jardins propers (Fig. 7E). Des de 2006 s'ha procedit al recanvi de les espècies plantades en apartaments propers amb alternatives no invasores, a instàncies dels gestors de l'EIN Basses d'en Coll.

*Varador de la platja de Pals* (badia de Pals, Baix Empordà, 31TEG14).

Petit espai (ca. 100 metres de longitud) molt significatiu: ha estat l'indret on més peus de l'espècie s'han detectat durant molts anys, després d'un episodi de reclutament posterior a l'aplanament parcial de la rereduna per l'arranjament de l'aparcament de

**Taula 5.** Evolució de la mida de les poblacions d'*Stachys maritima* conegudes a Catalunya entre els anys 2001 i 2010.

Sector	Codi	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Platja Rovina	PROV	11	92	-	46	104	109	-	61	338	338 <sup>1</sup>
Desembocadura del Fluvià	FLUV	8	0	0	6	5	-	3	8	7	9
Sant Martí d'Empúries											
Nucli 1	SME1	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Nucli 2	SME2						1	4	20	6	4
Massís del Montgrí <sup>2</sup>											
Nucli 1	MON1				23	67	-	90	3	9	0
Nucli 3	MON3									32	21
Nucli 4	MON4									11	3
Desembocadura del Ter	GTER	9	9	-	0	12	-	7	20	-	0
Platja Fonollera	PFON	17	19	-	0	2	-	2	26	2	0
Basses d'en Coll	BCOL	22	40	59	7	2	1	30	10	0	3
Apartaments platja de Pals	APPA	4	-	59	17		12	10	6	1	0
Varador Pals	VPPA	102	110	188	71	77	-	50	25	10	27
“Radio Liberty” <sup>3</sup>											
Exterior del recinte	RLI1	0	0	0	2	2	1	17	11	-	-
Interior del recinte	RLI2								1523	821	12
Apartaments platja de Begur	SPUN	11	-	25	6	12	-	20	12	-	0
El Prat de Llobregat	PPRA						1	-	11	11	1

<sup>1</sup> Tot i que els censos de 2009 i 2010 coincideixen en nombre, no es tracta dels mateixos individus: en alguns nuclis s'ha detectat una menor presència d'individus mentre que d'altres han augmentat.

<sup>2</sup> Al Montgrí el nucli 2 (el que contenia uns 600 individus l'any 2008, vegeu més amunt) no s'ha considerat, ja que se li suposa un origen antròpic.

<sup>3</sup> El recinte de les antigues antenes de “Radio Liberty” va romandre tancat fins l'any 2008, primer any en que es van poder realitzar els censos.

remolcs, on va existir un petit varador per a esports nàutics (Fig. 7F). Des de l'any 2003 es va limitar l'accés de vehicles a la zona. Dunes molt elevades al primer cordó i espai reredunar ampli.

“Radio Liberty” (badia de Pals, Baix Empordà, 31TEG14; Fig. 6F).

Espai corresponent a les antigues instal·lacions de l'emissora “Radio Liberty”. Inicialment, es va fer el seguiment a la zona litoral atès que el recinte de les instal·lacions era tancat i no s'hi podia accedir. Un cop es van enderrocar les antenes (2006) es va fer el seguiment al seu interior. El front litoral és d'1,4 quilòmetres i el recinte de les instal·lacions ocupa 38 hectàrees de les que aproximadament 15 corresponen a sorralles. L'any 2006 hi van ser introduïts individus provinents de la sorra de Regencós (vegeu més avall).

*Apartaments límit terme municipal de Begur* (badia de Pals, Baix Empordà, 31TEG14; Fig. 6G).

Petit espai (ca. 350 metres) davant d'uns blocs d'apartaments al sector més meridional de la platja de Pals (Sa Punta). Davant els blocs existeixen unes petites dunes de poca alçada on s'ha registrat la presència d'*Stachys maritima*. Zona molt freqüentada a l'estiu pel pas de banyistes i dels propietaris dels apartaments.

*Platja del Prat de Llobregat* (Baix Llobregat, 31TDF27; Fig. 8).

Situat al costat de la zona de l'aeroport de Barcelona, el nucli poblacional conegut a l'actualitat correspon a una zona on es va dur a terme una acció d'eliminació de vegetació per afavorir zones obertes per a fauna dunar. La zona de platja on viu, al costat del passeig marítim, té ordenat l'accés a través de passeres i és objecte de diverses mesures

de seguiment, d'eradicació d'invasores (*Oenothera biennis*) i de protecció i vigilància per part del Consorci del Delta del Llobregat. En els darrers anys s'ha produït una expansió important de l'invasora *Ambrosia artemisiifolia* L.

A part d'aquests nuclis, que considerem naturals, l'any 2006 van aparèixer exemplars d'*Stachys maritima* a indrets d'acumulació artificial de sorres, on haurien arribat en el curs d'operacions de trasllat de substrats per a la construcció, procedents d'alguna platja propera, que haurien comportat també el trasllat conjunt de rizomes i/o de llavors. Es tracta, en concret, de centenars d'individus apareguts en una acumulació d'àrids a Regencós (Dacosta *et al.*, 2008), dels quals 150 van ser translocats a la Platja de "Radio Liberty" (prop de la zona d'origen de les sorres; Fig. 6F) i 100 a un petit viver per a producció de llavors (Fig. 6H); totes dues accions coordinades des dels serveis territorials de Girona del DMAH. L'any 2008 es van detectar quinze individus situats en una illa viària dins de l'entramat urbà de la urbanització Palsmar i uns 600 plançons trobats a un sorral prop de les poblacions del Montgrí (nucli 2; Fig. 6E). S'ha constatat la desaparició del nucli de Pals i una forta reducció del nucli del Montgrí (51 individus l'any 2010).

Els seguiments realitzats mostren una molt gran fluctuació interanual de cadascun dels nuclis d'*Stachys maritima*, com es pot constatar a la Taula 5. Les causes dels augments i descensos en els censos són múltiples. En primer lloc, el substrat sorrenc on creix aquesta espècie és extremadament mòbil, fet que pot provocar el soterrament d'individus adults, que poden romandre en latència durant una o més temporades a conseqüència de moviments naturals (llevantades) o d'origen antròpic (aplanaments, transport, etc.) que, en general, reapareixen després de pertorbacions (llaurat de dunes, anivellament, trasllat de sorres, etc.) que afavoririen el rebrot dels rizomes enterrats. En segon lloc, la germinació de les llavors sembla produir-se de manera episòdica, generant esdeveniments esporàdics de gran reclutament, després de precipitacions adequades, cosa que permet

inferir l'existència d'un banc de llavors a la sorra. Finalment, la pròpia mobilitat del substrat, així com l'altíssima pressió antròpica de les localitats on es troba *Stachys maritima*, poden ser causa de desaparició de molts dels individus (trepig, aixafament, arrabassament, etc.), associada o no a la pèrdua de qualitat de l'hàbitat (artificialització i nitrificació del medi, competència amb espècies invasores), així com, contràriament, l'estabilització excessiva del substrat: el declivi demogràfic de diverses poblacions va associada a la inexistència de pertorbació i l'entrada d'espècies banals competidores a l'hàbitat dunar (algunes de caràcter invasor o escapades de zones enjardinades). Les dades disponibles (a manca d'estudis demogràfics individualitzats i de viabilitat poblacional projectada, que caldria emprendre) no permeten definir el funcionament de la dinàmica metapoblacional d'*Stachys maritima*, que compta amb nuclis més o menys estables d'individus que presenten explosions demogràfiques ocasionals. Les dades obtingudes indiquen que les oscil·lacions estan més relacionades amb fenòmens locals a les poblacions (pertorbacions dels sistemes dunars, accions antròpiques) que amb factors d'àmbit general (per exemple climàtics: sembla no haver-hi relació entre els règims de precipitacions anuals i les variacions de censos). No obstant, el propi fet de que el nombre d'individus sigui tan fluctuant comporta un major risc d'extinció estocàstica a mesura que augmenta la fragmentació poblacional i disminueix la mida de les poblacions. Els propis criteris de la UICN (2001) reconeixen les fortes oscil·lacions demogràfiques com a causa d'amenaça.

De tots els nuclis seguits durant aquest període, un es pot considerar, a hores d'ara, provisionalment extingit (Sant Martí d'Empúries, nucli 1), ja que no s'hi ha pogut trobar cap individu des de l'any 2003. L'augment progressiu de la intensitat de recerca d'*Stachys maritima* al territori català ha produït un increment de la quantitat de poblacions conegudes. És possible, doncs, que en els propers anys, si es continua amb la dinàmica de treball de les últimes dècades, puguin aparèixer nous nuclis d'aquesta espècie, bé al territori on ja és ben co-

**Figura 6.** Vistes generals d'algunes de les poblacions d'*Stachys maritima*: (A), platja de la Rovina; (B), desembocadura del Fluvià; (C), Sant Martí d'Empúries, nucli 2; (D), massís del Montgrí, nucli 1; (E), massís del Montgrí, nucli 2; (F), "Radio Liberty" abans de la retirada de les antenes; (G), apartaments platja de Begur; (H), viver de Regencós [Fotografies: (A), (B), (C), (D), (F) i (G), J. López-Pujol; (E) i (H), S. Massó].





neguda (l'Empordà), bé a d'altres indrets on havia estat citada històricament (Barriocanal & Blanché, 2002), tal i com va passar en el cas del Prat de Llobregat. De fet, enguany (2010) s'ha trobat una nova localitat a Can Comes (terme municipal de Castelló d'Empúries, Alt Empordà), amb tan sols dos individus (J. Font, com. pers.). En aquest sentit, és necessari potenciar una activitat exploratòria reiterada (any rere any), especialment tenint en compte les grans fluctuacions poblacionals que pot patir aquesta espècie.

És molt important tenir en compte, de cara a l'aplicació de mesures correctives o preventives per garantir la protecció d'*Stachys maritima*, aquesta fluctuació de les mides poblacionals. Això suposa, en primer lloc, que no es pot donar definitivament per extingit un nucli fins molts anys després de l'última cita constatada (com ha quedat ben palès a la població del Baix Llobregat), cosa que ja indica la moratòria de 50 anys establerta per la UICN (2001). Alhora, també cal tenir present que la presència d'un nombre elevat d'individus en un nucli un determinat any no és garantia del bon estat de conservació de la població; és d'esperar que a conseqüència d'una pertorbació puntual de l'hàbitat es produeixin explosions demogràfiques, però la continuïtat en el temps d'aquestes pertorbacions pot limitar la supervivència d'aquests individus. En aquests moments, considerem imprescindible el desenvolupament d'estudis demogràfics en detall i a llarg termini d'aquesta espècie, per tal de conèixer les taxes de mortalitat i reclutament i els valors de MVP (*minimum viable population*) (Iriondo *et al.*, 2009).

### Diversitat genètica

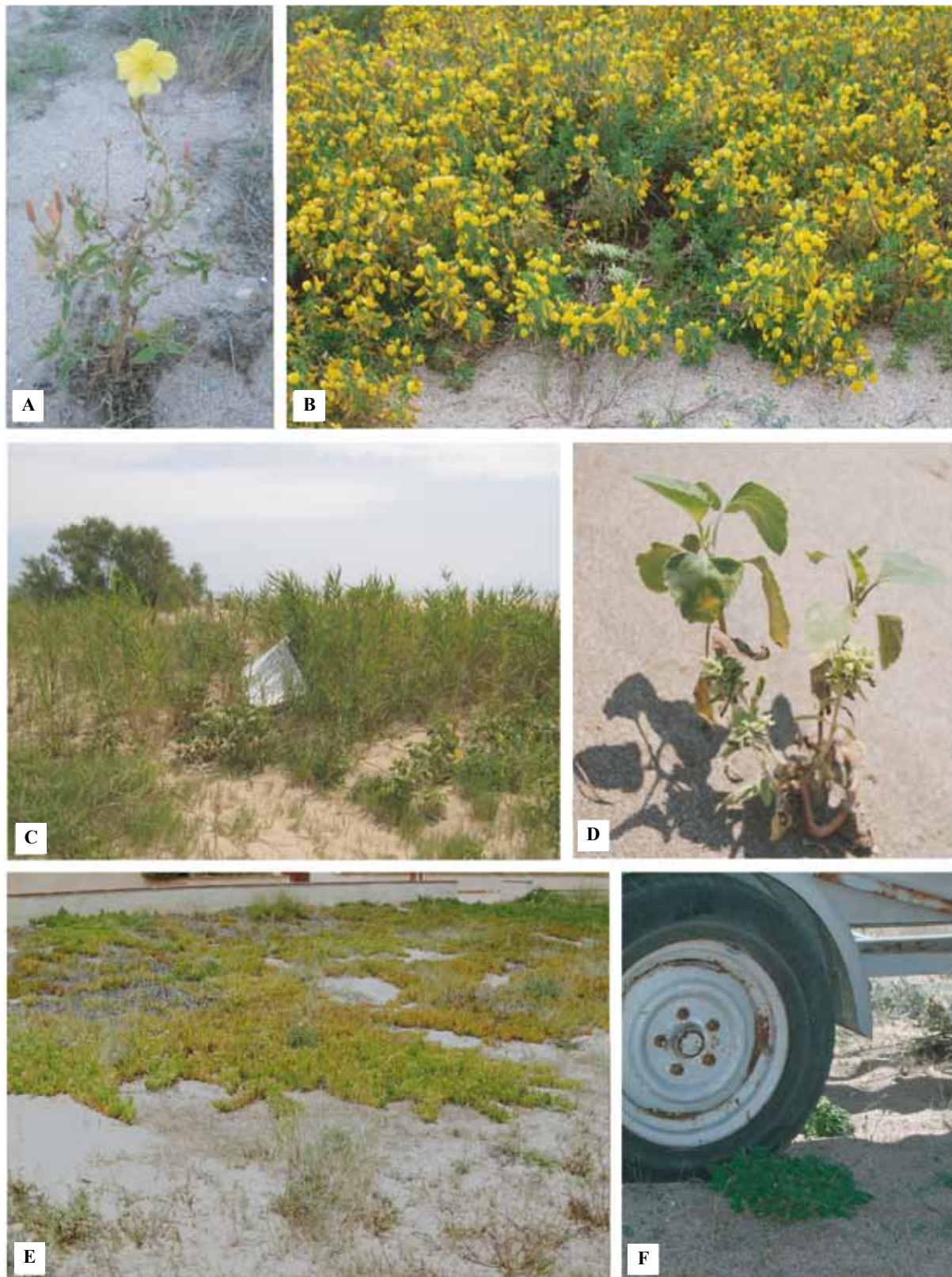
Les poblacions d'*Stachys maritima* estudiades presenten un nombre baix d'al·lels (entre 20 i 23; Taula 3), i tan sols quatre dels *loci* analitzats han resultat ésser polimòrfics (*Aco-1*, *Idh-2*, *Mdh-2* i *6Pgd-1*). En conseqüència, en un total de 217 individus analitzats, tan sols s'han identificat 14 genotips multi-*locus* diferents, i alguns dels nuclis estudiats són monomòrfics per a tots els *loci*.

Els valors de diversitat genètica són molt reduïts per a tots els nuclis d'*Stachys maritima* estudiats, fins i tot nuls a quatre d'elles (Taula 4), assolint valors semblants les poblacions naturals i les artificials. La comparació entre els valors

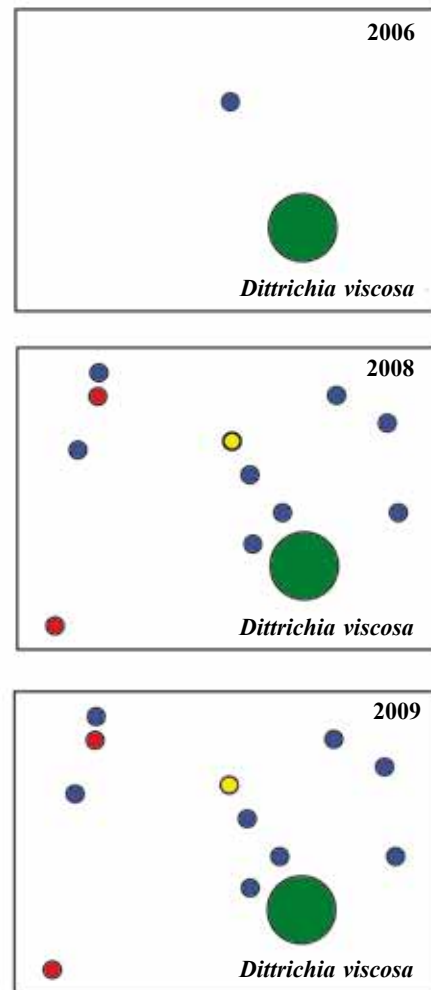
d'heterozigositat observada ( $H_o$ ) i heterozigositat esperada ( $H_e$ ) indiquen un dèficit d'heterozigots que resulta significatiu per alguns *loci* (Taula 6). La divergència genètica entre totes les poblacions d'*Stachys maritima* s'ha quantificat computant el paràmetre  $F_{ST}$ , un indicador de la diferenciació genètica entre les poblacions. El valor mitjà de  $F_{ST}$  és molt alt (0,671; 0,669 excloent les poblacions artificials), indicant que una fracció molt important de la variabilitat genètica total del tàxon (67,1%) és atribuïble a la diferenciació entre les poblacions, i que només al voltant del 33,9% de la diversitat es troba dins de les poblacions, reflectint un flux de gens molt limitat entre aquestes.

Els valors de diversitat genètica d'*Stachys maritima* són baixos en comparació amb els valors de referència per a espècies vegetals amenaçades de la Mediterrània ( $P = 23,7\%$ ,  $A = 1,49$  i  $H_e = 0,094$ ; López-Pujol *et al.*, 2006). La destrucció del seu hàbitat natural (descrita àmpliament a Barriocanal & Blanché, 2002) hauria conduït a una erosió genètica fruit de la fragmentació poblacional i de l'existència de colls d'ampolla, traduïda tant en una pèrdua d'al·lels com en un increment de l'endogàmia. A més, les severes fluctuacions poblacionals que es detecten en aquesta espècie poden contribuir encara més a reduir el nivell de diversitat genètica, atès a que disminueixen significativament la mida poblacional efectiva ( $N_e$ ) (Carroll & Fox, 2008). No existeix una correlació evident entre els nivells de diversitat i la mida poblacional atès que els resultats se situen a la banda més baixa de variació genètica i, de tan empobrits, no tenen prou resolució per a indicar diferències significatives. No obstant això, és cert que les poblacions de mida més petita solen presentar valors de diversitat nul·la i que són constituïdes per un únic genotip multi-*locus*, en part explicable pel creixement clonal de l'espècie i que algunes de les poblacions amb més individus presenten nivells de diversitat només lleugerament superiors, la qual cosa confirma que realment molts nuclis es troben per sota d'una mida poblacional viable (MVP). Hi ha poblacions molt petites, com ara GTER (desembocadura del Ter), que presenten nivells de diversitat ( $P = 10,0$ ;  $A = 1,1$  i  $H_e = 0,034$ ) equiparables a poblacions més grosses que es poden interpretar com a diversitat romanent de moments amb mides poblacionals més importants i que demostrarien





**Figura 7.** Amenaces d'*Stachys maritima* en les diferents poblacions: (A), *Oenothera biennis* a la platja de la Rovina; (B), estat de la platja de la Rovina l'estiu de 2008, amb una invasió d'*Ononis natrix*; (C), *Arundo donax* i deixalles a la desembocadura del Fluvià; (D), *Xanthium strumarium* subsp. *italicum* sobre un individu d'*Stachys maritima* a Sant Martí d'Empúries; (E), *Carpobrotus* spp. als apartaments de la platja de Pals; (F), roda d'un remolc damunt un individu al varador de la platja de Pals. [Fotografies: (A), (B), (C), (D) i (E), S. Massó; (F), J. López-Pujol].



**Figura 8.** Distribució esquemàtica de genotips a la població del Prat, 2006-2009 (PPRA, parcel·la de 5 x 3 m). Blau: genotip 1 (homozigot *Aco-2*); vermell: genotip 2 (heterozigot *Aco-2*); groc: únic individu descobert el 2006 (aparentment mort el 2008) i que es pot observar a la fotografia. El cercle verd representa un individu d'olivarda (*Dittrichia viscosa*) que s'usa com a referència [Fotografia: C. Blanché].

una fragmentació relativament recent. Algunes de les poblacions artificials de mida poblacional més gran presenten també nivells de diversitat molt baixos, interpretables com a resultat d'efectes fundadors, amb posterior explosió demogràfica però sense aportació de nous genotips.

La diferenciació genètica entre les poblacions catalanes d'*Stachys maritima* presenta un valor molt elevat ( $G_{ST} = 0,671$ ), d'entre els més alts reportats mai per a espècies vegetals mediterrànies (López-Pujol *et al.*, 2006). La fragmentació de poblacions, així com la desaparició d'algunes localitats ben documentades (Barriocanal & Blanché, 2002), haurien afavorit la interrupció del flux gènic, contribuint així als altíssims nivells de divergència detectats per a l'espècie. Igualment, aquestes dades suggereixen que el

possible funcionament com a metapoblacions de nuclis d'individus interconnectats ha de tenir un abast limitat, reduït a àrees coincidents amb les badies naturals. Hi ha evidències, en d'altres espècies del litoral mediterrani, que l'estructuració de la diversitat genètica coincideix amb les àrees naturals establertes pels corrents marins (Gandour *et al.*, 2008) i que el sistema de dispersió de les granes pot tenir un efecte determinant en l'estructura genètica. Aquests autors justifiquen una diferenciació interpoblacional del 37% en *Cakile maritima* Scop. (inferior a la reportada aquí per a *Stachys maritima*) en base, precisament, als patrons de dispersió de fruits coincidents amb la circulació dels corrents marins. Hem iniciat estudis, actualment en curs, per tal de verificar aquesta hipòtesi en *Stachys maritima*.



**Taula 6.** Valors de l'índex de fixació ( $F$ ) per a tots els *loci* polimòrfics a les poblacions d'*Stachys maritima*. Per a la població PPRA no es té en compte el *locus* *Aco-2*.

<i>Locus</i>	PROV	FLU	SME1	SME2	MON1	GTER	PPAL	SPUN	PPRA	MON2	URBP	REGE
<i>Aco-1</i>	—	—	—	—	—	-0,077ns	0,466***	—	—	—	—	—
<i>Idh-2</i>	—	0,709*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Mdh-2</i>	0,556**	—	—	—	—	—	-0,014ns	—	—	—	—	—
<i>6Pgd-2</i>	—	—	—	—	—	1,000**	0,695***	-0,152ns	—	0,426*	—	1,000***

La conformitat a l'equilibri de Hardy-Weinberg s'ha avaluat usant l'anàlisi xi-quadrat: ns  $p < 0,05$ , \*  $p < 0,05$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*\*\*  $p < 0,001$ .

### Seguiment genètic (*Genetic monitoring*)

Els coneixements de la dinàmica poblacional d'aquesta espècie adquirits durant els darrers anys (sobretot l'existència de fluctuacions molt significatives en el nombre d'individus dels diferents nuclis poblacionals), així com la troballa de nous nuclis des de l'any 2008 (nuclis 3 i 4 del massís del Montgrí, així com dels individus de l'interior de l'antic recinte de "Radio Liberty" o la petita població de la platja de Can Comes), fan necessària una reconsideració d'aquests valors i la seva interpretació (tant els de diversitat genètica a nivell d'espècie com els de divergència genètica interpoblacional). En el cas d'una espècie amb una dinàmica poblacional tan fluctuant, les mostres poblacionals, en estar preses en anys diferents, no serien estrictament comparables o, si més no, caldria tenir en compte el moment de l'oscil·lació en què han estat capturades. Caldria conèixer quina és la distribució en el temps, i no només en l'espai, de la diversitat genètica, raó per la qual convindria fer els estudis de diversitat genètica a totes les poblacions el mateix any, i repetir el mateix esquema durant diferents anys per tal de poder inferir l'efecte de les fluctuacions demogràfiques en la variabilitat genètica a nivell poblacional. Aquests tipus d'estudis, que podrien establir la base per una monitorització genètica de l'espècie (*genetic monitoring*, Schwartz *et al.*, 2006) són recomanats avui ja com a instrument estàndard en genètica de la conservació, d'un gran interès científic i d'enorme utilitat per a la correcta gestió d'*Stachys maritima*.

S'ha dut a terme una prova pilot de seguiment genètic a la població de la Platja del Prat, amb la col·laboració del Jardí Botànic Marimurtra i el Consorci del Delta del Llobregat (Martinell *et al.*, 2009). Una parcel·la de 5 x 3 m, on va ser detectat l'any 2006 el primer individu trobat al Baix Llobregat, va ser objecte de seguiment demogràfic conjuntament amb la identificació dels genotips durant tres anys (2006-2008). Els resultats es mostren a la Fig. 8. L'únic individu trobat corresponia al genotip 1 (homozigot per a *Aco-2*). L'any següent, el nucli contenia 11 individus; d'aquests, dos corresponent al genotip 2 (heterozigot per a *Aco-2*). Si assumim els 10 individus apareguts al cens del 2008 com a originats per autofecundació de l'únic individu preexistent, aquests haurien de presentar el mateix genotip. Per tant, el genotip 2 cal atribuir-lo a l'emergència a partir de llavors o de rizomes dorments, preexistents però no emergits. Això permet establir la hipòtesi que el cens d'individus emergits podria ser únicament una part de la població, de manera que una part significativa pot restar com a reservori sota terra. L'existència d'una fracció significativa de la diversitat genètica en forma de propàguls al sòl com a banc de granes o de rizomes dorments ha estat reportada en múltiples ocasions (vegeu, per exemple Lundemo *et al.*, 2009) i permet explicar els fenòmens de reclutament episòdic observats, precisament a partir d'aquest banc, que en *Stachys maritima* podria ser prou important i que convindria avaluar convenientment.

Una altra aplicació de la pràctica del seguiment genètic de manera habitual és la planificació de

les accions de reforçament o de translocació amb base científica. Dacosta *et al.* (2008) donaven a conèixer la iniciativa de reforçament de la població de “Radio Liberty” (Pals) a partir dels individus localitzats a Regencós. Tot i que hom disposava de protocols per a l'estudi genètic de l'adequació de l'acció, no es va dur a terme cap estudi previ. Les dades aportades més amunt (Taula 3) confirmen la idoneïtat final del reforçament, atesa l'equivalència genètica entre els individus d'origen i la població natural de destí, però podria no haver estat així, amb greu perill d'*outbreeding depression* (Fenster & Dudash, 1994), vista l'estructuració de la diversitat en zones amb forta divergència genètica. Tampoc s'ha dut a terme cap seguiment genètic posterior a la reintroducció, de manera que s'ha perdut una oportunitat excepcional d'obtenir dades essencials sobre supervivència, *fitness* i nivells de diversitat/heterozigosi, tan difícils d'obtenir en espècies rares i amenaçades (López-Pujol *et al.*, 2008).

Aquests exemples posen de manifest la conveniència d'acoblar el seguiment genètic al seguiment demogràfic de manera rutinària per tal de garantir una més gran eficàcia de les accions de conservació i, al mateix temps, generar nou coneixement que pugui retroalimentar la planificació i l'execució de les mesures que s'adoptin (Schwartz *et al.*, 2006).

## CONCLUSIONS

*Stachys maritima* és una de les espècies que es troba en un major risc d'extinció a Catalunya, a causa, principalment, de la vulnerabilitat del seu hàbitat amb una regressió documentada molt important de l'àrea d'ocupació i de l'extensió de presència (Barriocanal & Blanché, 2002): la seva àrea de distribució i el nombre de poblacions ha disminuït ostensiblement durant el darrer segle, i els nuclis actualment existents presenten un reduït nombre d'individus i unes fluctuacions poblacionals molt marcades, que contribueixen a augmentar la seva situació de risc.

En els últims anys, el coneixement científic sobre aquesta espècie ha augmentat notablement fruit de l'esforç dut a terme tant per diversos grups d'investigació com per personal lligat a les administracions (agents forestals, gestors d'espais protegits, etc.), tot i que encara manquen estudis en detall de la seva dinàmica poblacional, estudis

genètics més acurats (idealment, un seguiment genètic) i un estudi sistemàtic de la seva biologia reproductiva, així com desenvolupar uns protocols de germinació i de cultiu eficients o dur a terme experiments per la seva possible reintroducció o reforçament poblacional, és dir generar el coneixement necessari per a la producció *ex-situ*, de cara al desenvolupament d'un pla de recuperació, tal i com és imperatiu segons el Catàleg de Flora Amenaçada de Catalunya (DOGC, 2008).

Per altra banda, en els últims anys s'han desenvolupat diverses accions amb l'objectiu de conservar aquesta espècie, fruit d'iniciatives aïllades. Així, durant alguns anys, els òrgans gestors de l'EIN Basses d'en Coll han dut a terme accions de senyalització i d'ordenació de l'accés a les platges de la zona de Pals, de correcció de pràctiques de jardineria per tal d'evitar l'expansió de *Carpobrotus* spp., de seguiment poblacional o d'educació ambiental que, semblantment, s'han realitzat també al Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà. El Parc Natural Montgrí-Medes-Baix Ter, de recent creació, ha inclòs àrees amb *Stachys maritima* a la seva zona de gestió i l'espècie ha estat inclosa entre els tàxons que mereixeran accions de conservació segons els objectius del Parc Natural. Per la seva banda, la delegació de Medi Ambient i Habitatge de la demarcació de Girona, amb la col·laboració d'investigadors de la Universitat de Girona, realitza tasques de seguiment i vigilància de les poblacions i va promoure la creació d'un viver i la translocació d'individus amb destí a la platja de Pals, a partir dels individus descoberts a la sorra de Regencós. El Consorci del Delta del Llobregat ha iniciat un seguiment detallat, a escala d'individu, de la població del Prat, amb la col·laboració del Jardí Botànic Marimurtra (que ha iniciat experiments de germinació i de cultiu i que conserva granes al seu banc de germoplasma) i de l'equip de recerca del BioC-Universitat de Barcelona-Institut Botànic de Barcelona (que participa en el seguiment demogràfic i l'estudi de diversitat genètica).

Tot i que totes aquestes iniciatives són valuoses contribucions per la preservació de l'espècie, seria necessari assegurar l'acció coordinada i el suport científic de totes elles, per tal d'evitar la duplicació d'esforços, afavorir la sinèrgia de diversos equips i institucions compromesos i garantir la conservació a llarg termini i a totes les escales d'*Stachys maritima*, un dels “actius” més valuosos de la nostra flora. El

marc genèric per a aquesta coordinació hauria de ser el Pla de Recuperació d'*Stachys maritima*, per al qual proposem, a partir de les dades aportades, les recomanacions següents:

1. Les mesures de conservació a incloure en el Pla de Recuperació haurien de contenir, associades, la condició d'experimentació científica de les accions que s'emprenguin, amb els corresponents estudis detallats de demografia i PVA (*population viability analysis*, anàlisi de viabilitat poblacional), seguiment genètic i de biologia reproductiva (longevitat, pol·linització, dispersió de granes), de manera que, al costat d'objectius de manteniment o de recuperació del nombre d'individus i de poblacions (objectius biològics) s'hi incloguin objectius de coneixement que permetin orientacions de gestió adaptativa i de manipulació d'espècies amenaçades sobre les quals es coneix ben poc als països mediterranis.

2. A partir de les dades demogràfiques reportades, cal assajar experimentalment la pràctica de pertorbacions a les poblacions com a mesura que pot promoure l'emergència de propàguls (granes i rizomes dorments) no detectats per censos d'individus emergits i que pot permetre atènyer mides poblacionals mínimament viables (MVP). Cal avaluar la bondat d'aquesta pràctica enfront del manteniment de sistemes dunars estabilitzats i no pertorbats que, en l'actualitat van associats al declivi poblacional i a l'ingrés d'espècies al·lòctones.

3. En paral·lel, cal un estudi detallat de la composició i estructura del banc de propàguls subterranis, així com la seva avaluació genètica. Atès que totes les localitats de l'espècie a Catalunya tenen una mida poblacional molt petita (i per tant molt amenaçades), el més adequat seria fer-ho en una parcel·la experimental.

4. Les accions de restauració de vegetació dunar o fins i tot de creació de noves platges (per exemple a la nova desembocadura del Llobregat) haurien de contemplar la introducció de noves poblacions d'*Stachys maritima*, creades a partir del disseny de composició de genotips adequada i amb seguiment científic del procés d'instauració, propagació i persistència de les noves poblacions.

5. Per tal de garantir la disposició de material vegetal suficient, cal promoure els estudis *ex-situ* de germinació i de multiplicació clonal i de reproducció sexual, així com el manteniment de granes en banc de germoplasma.

6. A partir dels valors de diferenciació inter-poblacional ( $F_{ST}$ ), l'objectiu de conservar el 99% de la diversitat genètica total ( $DI$ ), seguint les estimacions de Hamrick *et al.* (1991;  $n = \ln(1 - DI) / \ln F_{ST}$ ) suggereix la necessitat de conservar almenys  $n = 11$  poblacions (més del total existent a la Península Ibèrica), de manera que han de ser conservades totes les poblacions.

7. Atès que moltes poblacions se situen per sota de qualsevol estimació de mida mínima poblacional (MVP) per fer front a fenòmens estocàstics o incidències demogràfiques o genètiques i que, a més, presenten nivells de diversitat genètica extremadament baixos, cal considerar la pràctica de reforçaments poblacionals. Puix que, al costat d'una estructuració molt marcada de la diversitat, existeixen identitats genètiques interpoblacionals elevades, abans de procedir a aquests reforçaments cal assajar experimentalment la mescla d'orígens de donadors genètics per incrementar la diversitat genètica (almenys als nivells de les poblacions més variables) i avaluar el possible risc d'*outbreeding depression*.

8. Seria recomanable la comparació de la diversitat genètica de les poblacions catalanes amb la d'altres regions on les poblacions mantinguin mides més grans i un menor grau de fragmentació i d'altres afectacions humanes, per tal de conèixer l'abast real de la depauperació genètica de l'espècie a casa nostra.

## AGRAÏMENTS

A totes aquelles persones que durant els 10 anys de seguiment han col·laborat en el treball de camp. Molt especialment a Joan Font que ha aportat moltes dades de noves poblacions i ha fet censos d'algunes localitzacions. Part del treball prové de dades aportades dins el projecte AFA (*Atlas de Flora Amençada*) de la SEBCP-MIMAM, així com d'un projecte per a l'estudi de la diversitat genètica de la població del Baix Llobregat (Jardí Botànic MariMurtra en conveni amb el Consorci per a la Protecció i Gestió dels Espais Naturals del Delta del Llobregat). Els estudis genètics de la resta de poblacions estudiades l'any 2008 i alguns dels censos durant el període 2008-2010 s'han finançat mitjançant el projecte CGL2007-60475/BOS del MEC.

## REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Barriocanal, C. 2005. La delicada situació de *Stachys maritima* en la Costa Brava. *Quercus* 237: 38-41.
- Barriocanal, C. & Blanché, C. 2002. Estat de conservació i

- propostes de gestió per a *Stachys maritima* Gouan (Labiaceae) a la península ibèrica. *Orsis* 17: 7-20.
- Carroll, S. P. & Fox, C. W. (Eds.). 2008. *Conservation biology. Evolution in action*. Oxford University Press, New York.
- Dacosta, J. M., Font, J., Carabús, M. P. & Sanjuán, X. 2008. Actuació de conservació de *Stachys maritima* Gouan al Baix Empordà. *I Jornades Catalanes de Conservació de Flora (Blanes, 2 i 3 de juny de 2008)*. Llibre de Resums: 62.
- DOGC (Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya). 2008. Decret 172/2008, de 26 d'agost, de creació del Catàleg de flora amenaçada de Catalunya. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya* 5204: 65881-65895.
- Fenster, C. B. & Dudash, M. R. 1994. Genetic considerations for plant population restoration and conservation. In: Bowles, M. L. & Whelan, C. J. (Eds.), *Restoration of Endangered Species: Conceptual Issues, Planning and Implementation*. Cambridge University Press, Cambridge: 34-62.
- Gandour, M., Hessini, K. & Abdelly, C. 2008. Understanding the population genetic structure of coastal species (*Cakile maritima*): seed dispersal and the role of sea currents in determining population structure. *Genet. Res., Camb.* 90: 167-178.
- Gottlieb, L. D. 1982. Conservation and duplication of isozymes in plants. *Science* 216: 373-380.
- Greuter, W., Burdet, H. M. & Long, G. 1986. *Med-Checklist, vol. 3*. Conservatoire et Jardin Botaniques de la Ville de Genève, Genève.
- Hamrick, J. L., Godt, M. J. W., Murawski, D. A. & Loveless, M. D. 1991. Correlation between species traits and allozyme diversity: implications for conservation biology. In: Falk, D. A. & Holsinger, K. E. (Eds.), *Genetics and conservation of rare plants*. Oxford University Press, New York: 75-86.
- Hoyo, R. del, González, V. & Valverde, A. 2006. *Stachys maritima* Gouan retrobada a les platges del delta del Llobregat (Barcelona). *Bull. Inst. Catalana Hist. Nat.* 74: 95-96.
- Ibáñez, N. 2006. *Estudis sobre cinc herbaris històrics de l'Institut Botànic de Barcelona*. Tesi Doctoral, Universitat de Barcelona.
- Iriondo, J. M., Albert, M. J., Giménez Benavides, L., Domínguez Lozano, F. & Escudero, A. (Eds.) 2009. *Poblaciones en peligro: viabilidad demográfica de la flora vascular amenazada de España*. Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Madrid.
- Jefferies, R. L. & Gottlieb, L. D. 1982. Genetic differentiation of the microspecies *Salicornia europaea* L. (*sensu stricto*) and *S. ramosissima* J. Woods. *New Phytol.* 92: 123-129.
- Kephart, S. R. 1990. Starch gel electrophoresis of plant isozymes: a comparative analysis of techniques. *Amer. J. Bot.* 77: 693-712.
- López-Pujol, J., Bosch, M., Simon, J. & Blanché, C. 2006. Diversitat isoenzimàtica de la flora vascular silvestre dels Països Catalans. *Bull. Inst. Catalana Hist. Nat.* 74: 5-28.
- López-Pujol, J., Orellana, M. R., Bosch, M., Simon, J. & Blanché, C. 2003. Effects of habitat fragmentation on allozyme diversity and conservation status of the coastal sand dunes plant *Stachys maritima* (Lamiaceae) in the Iberian Peninsula. *Plant Biol.* 5: 504-512.
- López-Pujol, J., Zhang, F.-M. & Ge, S. 2008. No correlation between heterozygosity and vegetative fitness in the narrow endemic and critically endangered *Clematis acerifolia* (Ranunculaceae). *Biochem. Genet.* 46: 433-445.
- Lundemo, S., Falathi-Anbaran, M. & Stenölen, H. K. 2009. Genetic consequences of seed banks and implications for plant conservation. *Conservation Genetics Conference: Integrating Population Genetics and Conservation Biology*. ESF-NINA, 23-26 de maig de 2009, Trondheim.
- Martinell, M. C., López-Pujol, J. & Blanché, C. 2009. *New and rediscovered populations of Stachys maritima in the Iberian Peninsula: Re-evaluation of its genetic diversity*. *Conservation Genetics Conference: Integrating Population Genetics and Conservation Biology*. ESF-NINA, 23-26 de maig de 2009, Trondheim.
- Molero, J., Rovira, A., Simon, J., Bosch, M., López-Pujol, J., Orellana, M. R., Barriocanal, C. & Blanché, C. 2007. *Stachys maritima* Gouan. In: Bañares, A., Blanca, G., Güemes, J., Moreno, J. C. & Ortiz, S. (Eds.), *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vascular Amenazada de España - Adenda 2006*. Dirección General para la Biodiversidad - Sociedad Española de Biología de la Conservación de Plantas, Madrid: 30-31.
- Odrzykoski, I. J. & Gottlieb, D. 1984. Duplication of genes coding 6-phosphogluconate dehydrogenase (6PGD) in *Clarkia* (Onagraceae) and their phylogenetic implications. *Syst. Bot.* 9: 479-489.
- Sáez, L., Aymerich, P. & Blanché, C. 2010. *Llibre vermell de les plantes vasculares endèmiques i amenaçades de Catalunya*. Argania Editio, Barcelona.
- Scandalios, J. 1969. Genetic control of multiple molecular forms of enzymes in plants: a review. *Biochem. Genet.* 3: 37-79.
- Schwartz, M. K., Luikart, G. & Waples, R. S. 2006. Genetic monitoring as a promising tool for conservation and management. *Trends Ecol. Evol.* 22: 25-33.
- Shields, C. R., Orton, T. J. & Stuber, C. W. 1983. An outline of general resources needs and procedures for the electrophoretic separation of active isozymes from plant tissue. In: Tanksley, S. D. & Orton, T. J. (Eds.), *Isozymes in Plant Genetic and Breeding*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam: 443-468.
- Soltis, D. E., Haufler, H., Darrow, D. & Gastony, J. 1983. Starch gel electrophoresis of ferns: a compilation of grinding buffers, gel and electrode buffers and staining schedules. *Amer. Fern J.* 73: 9-27.
- Swofford, D. L. & Selander, R. B. 1989. *BIOSYS-1: A computer program for the analysis of allelic variation in genetics*. *User's Manual*. Department of Genetics and Development, University of Illinois, Urbana-Champaign.
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza). 2001. *Categorías y Criterios de la Lista Roja de la UICN: Versión 3.1*. Comisión de Supervivencia de Especies de la UICN, Gland & Cambridge.
- Vallejos, E. 1983. Enzyme activity staining. In: Tanksley, S. D. & Orton, T. J. (Eds.), *Isozymes in plant genetics and breeding*. Elsevier Science Publishers, Amsterdam: 469-516.
- Wendel, F. & Weeden, N. F. 1989. Visualization and interpretation of plant isozymes. In: Soltis D. E. & Soltis P. S. (Eds.), *Isozymes in plant biology*. Dioscorides Press, Portland: 5-45.
- Wright, S. 1951. The genetic structure of populations. *Ann. Eugen.* 15: 323-354.
- Wright, S. 1965. The interpretation of population structure by *F*-statistics with special regard to systems of mating. *Evolution* 19: 395-420.