

## El poblament quiropterològic de l'Alta Garrotxa. Modelització de l'ús de l'hàbitat

XAVIER PUIG<sup>1</sup>, CARLES FLAQUER<sup>2</sup>, ENRIC FÀBREGAS<sup>1</sup>, JOSEP MARIA CUMPLIDO<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Galanthus. Centre per a l'Estudi de la Divulgació del Medi Ambient

Crta. De Juià 46, 17460 Celrà (Girona), [xavierpuig@asgalanthus.org](mailto:xavierpuig@asgalanthus.org)

<sup>2</sup> Museu de Granollers-Ciències Naturals, Francesc Macià 51, 08402 Granollers (Barcelona)

S'han dut a terme dues campanyes de mostreig/seguiment entre els anys 2006 i 2007 per a catalogar el poblament quiropterològic de l'Alta Garrotxa. Durant el primer any es van inspeccionar les principals cavitats de l'espai i se'n van quantificar les poblacions (PUIG, 2008), obtenint-se informació de base respecte la situació, estat i ús dels principals refugis cavernícoles; al segon any l'esforç es va centrar en l'estudi de les poblacions a camp obert, amb l'objectiu d'ampliar el catàleg i de conèixer l'ús que feien els animals dels diversos hàbitats de caça (PUIG, 2008). Per aconseguir-ho es van combinar diverses metodologies, que incloïen tant captures com enregistraments i posteriors anàlisis d'ultrasons de ratpenats en activitat.

El catàleg fins al moment ascendeix a 23 espècies de les 26 espècies conegudes al principat. Algunes d'elles han estat determinades genèticament atès que es tracta de tàxons recentment descrits per als quals encara no existeixen criteris prou fiables d'identificació morfològica.

Dues cavitats concentren l'interès quiropterològic del massís: d'una banda les Baumes d'en Caixurma, on es troba l'única població reproductora de ratpenat de ferradura mediterrani (*Rhinolophus euryale*), i de l'altra el complex de la serra de Coronas, que reuneix a l'època d'aparellament un total de 13 espècies, 9 d'elles del gènere *Myotis*, confirmant-se com a refugi de congregació tardoral i aparellament (*swarming*) de gran interès per a aquest gènere de ratpenats.

La reduïda escala de treball (unes 32.000 ha), juntament amb l'elevada mobilitat dels ratpenats, fa que els factors climàtics tinguin poc pes a l'hora d'explicar la distribució dels diversos tàxons dins la zona d'estudi, i obliga a treballar a nivell de selecció d'hàbitat. Atès que els hàbitats seleccionats per a refugiar-se i els emprats per alimentar-se sovint no són els mateixos, s'ha optat per utilitzar separadament les dades relatives als refugis i les dades recollides a camp obert. La base de dades acumulada ha permès únicament abordar l'estudi de la selecció d'àrees de caça de 12 de les espècies, obtenint-se models predictius d'utilització dels hàbitats de caça estadísticament significatius per a 11 d'elles.

D'acord amb els models finals, els espais oberts, juntament amb les rouredes i els nuclis rurals, són seleccionats positivament pel conjunt de la comunitat de quiròpters com a zones d'alimentació, mentre que els boscos de coníferes i alzinars són seleccionats negativament.

Malgrat el baix poder predictiu d'alguns dels models, per a la construcció dels quals es disposava de poques dades, aquests poden ser un instrument útil per optimitzar l'esforç de captura en futures campanyes així com per a definir els hàbitats de major interès per a la conservació de les poblacions. Per tal d'incrementar-ne el poder predictiu, i per tant la comprensió de la selecció de recursos que fan els quiròpters al massís, es recomana realitzar radiosegüiments de les espècies de major interès en un futur.

### Introducció

Els ratpenats són mamífers que conformen l'ordre dels quiròpters. Presenten capacitats úniques entre els mamífers, com el fet de realitzar vols batuts similars als efectuats per les aus, o la utilització d'un complex sonar que els permet "veure" el món a través de les orelles. Apareguts fa uns 55 milions d'anys, constitueixen un grup zoològic de gran èxit evolutiu, fet que es manifesta en l'existència d'un gran nombre d'espècies adaptades a una àmplia varietat d'hàbitats i recursos tròfics, i en englobar més de 900 espècies arreu del món. A Catalunya s'ha comprovat la presència de 26 espècies (C. FLAQUER i X. PUIG, dades inèdites).

Els ratpenats gairebé no tenen enemics naturals. Tan sols alguns predadors com ara òlibes, genetes, fagines, xoriguers o algun gat poden causar un reduït nombre de baixes sense rellevància (IBÁÑEZ, 1998). En relació a la seva mida tenen una esperança de vida molt llarga (fins a 33 anys en algunes espècies) i, conseqüentment, una taxa de renovació molt baixa. Les seves peculiaritats anatòmiques fan que aquests animals es deshidratin fàcilment, en perdre aigua a través de les membranes alars, la qual cosa els obliga a refugiar-se durant el dia i a alimentar-se durant la nit. És per això que els ratpenats depenen tan estretament dels seus refugis, ja que hi passen la major

part de la seva vida, tot escollint-los en funció de les necessitats fisiològiques dels adults o dels joves en cada fase del cicle anual, segons la pressió exercida pels depredadors, segons consideracions relatives a comportaments socials o en funció de condicionants geogràfics, microclimàtics o topogràfics.

La particular dinàmica poblacional d'aquests animals fa que siguin un dels grups més vulnerables a l'acció humana sobre el medi. Els factors que més contribueixen a la fragilitat dels quiròpters són: un alt grau de gregarisme, una gran dependència pels seus refugis, indefensió davant els canvis ràpids del medi, l'existència de fases delicades al llarg del seu cicle anual i la baixa taxa de reclutament (ALTRINGHAM, 1996; KUNZ, 2003). En les darreres dècades s'ha incrementat notablement el nombre de baixes no naturals, principalment degudes a successos provocats per l'home, fet que ha trastocat la seva habitual baixa taxa de mortalitat, incidint molt negativament en l'estat de les poblacions (ALTRINGHAM, 2003; BENZAL, 1991).

El fet que els quiròpters depenguin completament dels seus refugis, fa que la conservació i protecció de les espècies impliqui necessàriament la protecció i conservació d'aquests, juntament amb la conservació dels hàbitats (KUNZ, 2003; FERNÁNDEZ, 2003). Localitzar els ratpenats i els seus refugis no és tasca fàcil, pels inconvenients que suposa treballar amb aquest ordre zoològic. Prova d'això és el desconeixement que fins fa poc temps se n'ha tingut, en haver estat tradicionalment exclosos dels diversos estudis sobre vertebrats que s'han dut a terme per tota la geografia espanyola i europea. Tot i que un terç de les espècies de mamífers terrestres d'Europa són ratpenats, pocs detalls es coneixien fins ara sobre la seva distribució i el seu estatus (HUTSON, 2001). Són moltes les raons que poden haver provocat aquest abandonament, però sens dubte entre elles es troba la dificultat que suposa la seva localització i la seva determinació taxonòmica, especialment durant el vol, els seus costums nocturns, la seva peculiar biologia, i el risc i l'esforç físic que suposa visitar molts dels indrets on reposen durant el dia o durant l'hivern. L'aparició relativament recents dels aparells de detecció d'ultrasons i la millora dels equipaments electrònics associats (enregistradores, softwares d'anàlisi d'ultrasons, ...) ha obert noves perspectives en el camp de la recerca quiropterològica, que fins als anys 80 estigué molt biaixada cap a les espècies cavernícoles més conspícues (AHLÉN 1981; 1990; 2004).

En l'actualitat hi ha un creixent interès respecte a les espècies de quiròpters en l'àmbit comunitari, tant pel preocupant declivi que afecta a la majoria d'elles en el territori de la Unió Europea (HUTSON, 2001; 1993) com pel reconeixement de l'efecte benefactor que els ra-

tenats exerceixen sobre els ecosistemes on són presents. A Catalunya totes les espècies estan protegides per la llei i és prohibit de matar-los, molestar-los o inquietar-los intencionadament. En determinats casos, els requeriments d'aquests animals són tan específics que l'absència o la destrucció de refugis apropiats en la principal causa de l'absència o rarefacció d'algunes espècies en determinades àrees.

A Catalunya els primers estudis quiropterològics es remunten a principis del segle XX, de la mà de J.B. AGUILAR-AMAT. Passaren més de 30 anys entre la darrera publicació d'aquest en relació als quiròpters (1920) i la represa del estudis quiropterològics duta a terme pel doctor E. BALCELLS, a la dècada dels 50. A partir d'aleshores diversos autors varen aportar dades durant la dècada dels 80 (J. SERRA-COBO, A. ARRIZABALAGA, E. MONTAGUD, A. CAROL), i la situació tornà a estancar-se fins que FLAQUER (2004) publicà la darrera revisió de les dades de distribució on s'aportaven més de 324 cites noves fruit dels estudis realitzats pel mateix autor des de finals dels 90. Pel que fa al massís de l'Alta Garrotxa no existia cap estudi previ, ja sigui específic o d'àmbit més genèric, que inclogués els ratpenats. Les úniques referències al respecte es recullen al document de diagnosi de l'espai (Generalitat 1996), on a més de figurar-hi un breu llistat de les espècies de les quals s'havia constatat la presència, es remarca el potencial de la zona per acollir bones poblacions de quiròpters, s'aconsella aprofundir en el coneixement de les poblacions i s'hi apunta la problemàtica que comporta l'excessiva freqüentació humana als refugis de cria i d'hivernada:

"... Les coves i avencs constitueixen un dels hàbitats menys estudiats, malgrat ser aquest territori especialment ric en cavitats subterrànies de tot tipus. Aquesta mancança influeix decisivament en el coneixement dels quiròpters, malgrat no totes les espècies siguin troglodites.

Per les dades de què es disposa els quiròpters més freqüents són els pertanyents al grup biogeogràfic de les espècies mediterrànies del N.: *Rhinolophus ferrumequinum*, *Rhinolophus hipposideros*, *Plecotus austriacus*, *Myotis emarginatus*..., tot i que pel caràcter de transició biogeogràfica d'aquest territori també s'han localitzat espècies mediterrànies del sud *Rhinolophus euryale*, *Myotis blythi*.

El fet que aquest territori es trobi dins les rutes migratòries de *Miniopterus schreibersii* (SERRA-COBO et BALCELLS 1991) fa més que probable l'existència d'alguns refugis a afegir al ja conegut de Castellfollit. ...

...Quiròpters (...) Aquesta podria ser una àrea de gran interès. Manquen estudis al respecte...

...l'espeleologia, practicada amb més intensitat uns anys enrera, provoca igualment una perturbació important en els refugis de quiròpters i quan la freqüentació és relativament important pot provocar el seu abandonament. Si les visites es produeixen en la hivernació o reproducció, les conseqüències són molt negatives.”

Amb tot, els objectius que es van plantejar a l'inici de l'estudi foren, d'una banda, la catalogació i valoració del refugis cavernícoles, ja siguin naturals o artificials, presents a l'àrea d'estudi; i de l'altra l'estudi de l'ús de l'hàbitat per part de les diverses espècies que conformen el poblament quiropterològic del massís.

La varietat de requeriments i hàbits que es registra entre els ratpenats resulta en la necessitat d'utilitzar metodologies diverses si es pretén estudiar les seves poblacions (FLAQUER, 2007; KUENZI, 1998; O'FARRELL, 1999). En el transcurs del present estudi s'han posat en pràctica bona part de les metodologies existents per a l'estudi de quiròpters de zones temperades, ja sigui per a localitzar i censar les colònies cavernícoles, com per a trobar i identificar (mitjançant captures directes o bé a través de la gravació d'ultrasons) les espècies fora d'aquests durant el període d'activitat nocturna.

A fi d'esbossar la selecció d'hàbitats de caça s'han realitzat models predictius de distribució per aquelles espècies de les quals es disposava d'un volum suficient de dades. Els models de distribució poden ser una eina de gestió eficaç si es fan correctament i es comprenen les seves limitacions (GUISAN, 2005, 2000), ja que revelen quins són els hàbitats de major importància per a les espècies, quines variables ambientals n'afavoreixen o perjudiquen la presència, i a quines àrees tenen major probabilitats de trobar-se, extrem aquest darrer que permet generar informació fins i tot per aquells espais que no han estat mostrejats (MILNE, 2006).

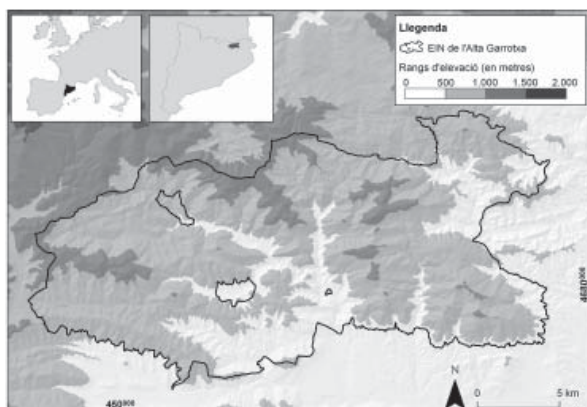


Fig. 1: Situació i altimetria de la zona d'estudi.

El principal objectiu del present estudi era catalogar el poblament quiropterològic del massís de l'Alta Garrotxa i delimitar els espais, ja siguin cavernícoles o no, de major interès per a les espècies presents, per tal de poder definir les mesures de gestió més oportunes per a la seva conservació.

L'estudi s'ha dut a terme a l'Espai d'Interès Natural de l'Alta Garrotxa (Girona, Catalunya, NE d'Espanya; 32.686 ha; fig. 1). Tot el conjunt orogràfic s'emmarca a l'extrem oriental de la serralada prepirinenca i assoleix una altitud moderada (mitjana de 698 m, amb un màxim de 1544 m al pic del Comanegra i un mínim de 211 m al Pont de Llierca). La topografia és molt abrupta i bé marcada per la naturalesa càrstica del conjunt. El clima es troba fortament condicionat per l'altitud i la proximitat al mar, que en suavitzava les oscil·lacions tèrmiques i imprimeix un caràcter fortament mediterrani al massís. Els pics pluviomètrics es donen a la primavera i a la tardor, existint un eixut estival moderat (típic dels climes mediterranis), menys evident als contraforts occidentals on es deixa sentir la tendència atlàntica dels territoris veïns. La pluviometria anual va dels 850 mm, a les localitats mediterrànies basals, fins als 1150 mm als estatges montans culminals. Les temperatures mitjanes anuals oscil·len semblantment entre 10 i 14°C. La pràctica totalitat de l'espai es troba cobert per massa forestal (85%) i per altres hàbitats naturals (prats i matollars 13%, afloraments rocallosos 1%). Els assentaments humans i els conreus ocupen menys de l'1% de la superfície (0,02 i 0,9% respectivament).

L'estudi dels quiròpters implica la utilització d'una metodologia específica, que es veu dificultada per l'activitat nocturna dels ratpenats i per la inaccessibilitat de molts dels seus refugis diürns (KUNZ, 1988). Una part dels treballs de camp s'inicien al capvespre i es perllonguen fins ben entrada la nit. Les tècniques d'estudi de quiròpters són selectives i no existeix una única tècnica que per si sola permeti reflectir amb claredat les poblacions i distribució de les diferents espècies presents en un territori concret (FLAQUER, 2007; KUENZI, 1998; O'FARRELL, 1999). Els detectors d'ultrasons sobrevaloren l'abundància perquè es basen en el nombre de contactes obtinguts, una mesura que incrementa artificialment el nombre d'individus d'una mostra (AHLÉN, 1999). Altres tècniques, com la col·locació de xarxes i paranys o la inspecció de refugis permeten una estima fiable de l'abundància, perquè els diferents individus poden ser perfectament identificats i comptats, però representen molt més esforç de camp per als resultats obtinguts (MURRAY, 1999; WELLER, 2007). Així doncs, per tal de conèixer la fauna quiropterològica d'un territori cal combinar metodologies, ja que algunes espècies difícilment poden ser identificades mitjançant l'anàlisi

de sons i d'altres rarament cauen en xarxes o es troben als refugis (FLAQUER, 2007).

En primer lloc es va realitzar un buidatge de les fonts documentals conegudes: informes del propi Consorci de l'Alta Garrotxa i catàlegs espeleològics diversos editats al nostre territori (BORRÀS, 1978; MIRET, 1999), així com el Mapa i guia excursionista de l'Alta Garrotxa, de Editorial Alpina (2005). De les 106 cavitats naturals i artificials (104 avencs coves o baumes i 2 complexos de mines) de les quals es va trobar alguna referència, en va resultar un llistat de 49 susceptibles d'albergar poblacions de quiròpters, que es van classificar, segons les seves característiques morfològiques i situació geogràfica, d'acord amb el seu grau d'interès.

Prioritzant aquelles cavitats que semblaven tenir un major potencial d'acollida de poblacions, i tractant alhora d'aprofitar al màxim les campanyes de camp a cada sector, es van inspeccionar un total de 28 cavitats, que incloïen totes aquelles classificades a priori com d'interès alt o mig, exceptuant les coves s'Espasa i del Pastor (interès mig) que no es van poder visitar per les dificultats tècniques que això suposa o bé perquè no fou possible trobar-les amb les referències de què es disposa (cas de la cova del Pastor). Les cavitats de baix interès no es van prioritzar, atès que es tracta de refugis molt marginals, que no tenen possibilitat d'acollir poblacions importants de ratpenats, malgrat que puntualment podria trobar-s'hi alguns ratpenats aportant més informació al catàleg. A cada cova, sempre que fou possible, es realitzà una inspecció de l'interior per tal de censar i identificar els animals que poguessin trobar-s'hi, i per localitzar indicis de presència, que sovint no van acompanyats d'encontres amb individus.

Per tal de capturar animals fora dels refugis es van instal·lar paranys d'arpa i xarxes en aquells espais que, per les seves característiques, semblaven adients perquè hi passin quiròpters, com ara punts d'aigua, camins, barrancs, etc. Sovint, quan la proximitat física ho permetia, es mostrejaven refugis propers a les zones de captura en espai obert, emprant sobretot

paranys d'arpa, de funcionament molt més autònom que les xarxes. Atès que darrerament s'han descrit algunes espècies críptiques noves a la península Ibèrica (IBÁÑEZ, 2006), es van extreure mostres d'ADN de totes aquelles espècies susceptibles de confusió, per tal d'assegurar-ne la identitat. Les mostres han estat analitzades per la Estación Biológica de Doñana, dels CSIC.

Es va mostrear l'activitat dels quiròpters mitjançant la realització de 101 estacions d'enregistrament. En cada cas es van enregistrar en Expansió de temps i Divisió de freqüències simultàniament tots els quiròpters que entraven dins el radi d'abast del detector durant un total de 10 minuts. Simultàniament i de forma continuada s'escombraven totes les freqüències amb el sistema heterodí, més sensible que els dos anteriors (FENTON, 2000), per tal d'assegurar que no es passava per alt cap contacte. Cada nit de treball es van realitzar 8 estacions, distribuïdes al llarg d'un transecte lineal al llarg d'alguna pista, i amb una separació lineal mínima entre elles de 250 metres, calculats mitjançant GPS in situ. Les espècies foren identificades amb detector només quan la fiabilitat de la tècnica era del 100%, en cas contrari les dades recollides es van deixar com a gènere o grup acústic (AHLÉN, 2004).

Els models de distribució (models lineals generalitzats -GLM-) es van elaborar a partir de les metodologies seguides per GREAVES *et al.* (2006) i per JABERG *et al.* (2001) per a la confecció de models de distribució de quiròpters. La determinació de les presències fou senzilla, doncs s'hi van considerar tots els punts on s'haguessin identificat, en activitat, cadascuna de les espècies, aplicant però el següent criteri en el cas dels transectes d'enregistrament d'ultrasons: quan en algun dels punts d'un mateix transecte es comptabilitzava la presència d'una espècie en particular, no es considerava, de cares a la modelització, la resta de punts del transecte que tinguessin resultats negatius. Les absències foren filtrades d'acord amb les metodologies emprades per als mostrejos, la tipologia d'ambient on es realitzava cada mostreig, i l'esforç i tipus de paranys emprats. Aquest punt és especialment important a l'hora de no entrar falsos negatius

Taula 1.- Espècies capturades i freqüència d'aparició

Espècie	Bba	Ese	Hsa	Msc	Mal	Mbe	Mbl	Mca	Mda	Mem	Mes
Freqüència d'aparició	8	2	7	3	1	4	3	1	11	10	3
Nº de captures	13	2	42	14	2	51	4	1	47	94	7
Espècie	Mmy	Mna	Nle	Pku	Ppi	Ppy	Pau	Pas	Reu	Rfe	Rhi
Freqüència d'aparició	1	7	5	2	9	2	2	7	3	12	24
Nº de captures	3	102	14	2	30	3	2	11	54	50	169

Bba: *Barbastella barbastellus*; Ese: *Eptesicus serotinus*; Hsa: *Hypsugo savii*; Msc: *Miniopterus schreibersii*; Mal: *Myotis alcathoe*; Mbe: *Myotis bechsteinii*; Mbl: *Myotis blythii*; Mca: *Myotis capaccinii*; Mda: *Myotis daubentonii*; Mem: *Myotis emarginatus*; Mes: *Myotis escalerae*; Mmy: *Myotis myotis*; Mna: *Myotis cf. nattererii*; Nle: *Nyctalus leisleri*; Pku: *Pipistrellus kuhlii*; Ppi: *Pipistrellus pipistrellus*; Ppy: *Pipistrellus pygmaeus*; Pau: *Plecotus auritus*; Pas: *Plecotus austriacus*; Reu: *Rhinolophus euryale*; Rfe: *Rhinolophus ferrumequinum*; Rhi: *Rhinolophus hipposideros*.

Taula 2.- Construcció dels models predictius d'ús dels hàbitats de caça

	Rfe**	Mda	Mem	Hsa	Ppi	Ppy	Pku	Nle	Bba	Tte
Construcció model <sup>1</sup>	AE	BS	BS	AE	BS	BS	BS	SF	AE	AE
Construcció/Validació <sup>2</sup>	5/5	5/5	5/5	7/3	5/5	5/5	7/3	7/3	5/5	7/3
Kappa	0,3	0,02*	0,28	0,46	0,27	0,65	0,69	0,18	0,43	1
Llindar millor Kappa	0,25		0,2	0,55	0,55	0,35	0,5	0,55	0,25	0,5
Radiació anual				-0.005					0.01	
Altitud	0.003	-0.002	0.0018	-0.003				-0.006	0.02	
Pendent	0.036	-0.325		-0.049					0.01	
Distància al medi aquàtic	-0.003	-0.003		0.001			0.002	0.003	0.001	
Cobertura d'alzinars				0.497		0.397			0.565	
Cobertura forestal total	-1.351		0,031	2.448			-0.870		0.129	2,007
Cobertura de brolles				-4.537		2.014			4.317	
Cobertura de caducifolis	-0.166			1.928					0.252	
Cobertura de coníferes montanes				5.178		-0.161			0.287	
Densitat d'ecotons	0.002			0.006					0.021	
Cobertura dels espais oberts	-0.106			-3.499	3,507		0.771		0.156	-1,681
Cobertura del prats	-1.365		-0,500	5.708	-3,444			2,209	2,309	2,690
Cobertura del medi urbà	4.759			21.855	46,041	1,976			1,631	

Rfe: *Rhinolophus ferrumequinum*; Mda: *Myotis daubentonii*; Mem: *Myotis emarginatus*; Hsa: *Hypsugo savii*; Ppi: *Pipistrellus pipistrellus*; Ppy: *Pipistrellus pygmaeus*; Pku: *Pipistrellus kuhlii*; Nle: *Nyctalus leisleri*; Bba: *Barbastella barbastellus*; Tte: *Tadarida teniotis*.

<sup>1</sup> BS: "Best Subset"; AE: "All Effects"; SE: "Stepwise Forward"

<sup>2</sup> Proporció de dades emprades per a la construcció i per a la validació del model respectivament.

\* Valor p Chi2 per a models fets amb pseudoabsències

\*\* El model fa referència a la selecció d'hàbitats de cria, i no a la selecció d'hàbitats de caça.

que podrien esbiaixar el model, doncs l'eficiència en la detecció de les espècies varia totalment entre mètodes i entre els entorns on s'apliquin els esmentats mètodes (FLAQUER, 2007).

La suma dels models predictius d'ús de l'hàbitat es va creuar amb les diverses variables ambientals per tal de cercar correlacions entre aquestes i les preferències d'hàbitat a nivell de comunitat.

## Resultats

S'han detectat un total de 412 individus en 19 refugis inspeccionats (18 dels pre-seleccionats), corresponents a 13 espècies diferents. L'extraordinària diversitat màxima assolida en alguna cavitat (fins a 9 espècies) i la raresa de moltes de les espècies trobades, posen en evidència que l'Alta Garrotxa és un espai de gran interès per als ratpenats, no només per l'abundància de refugi sinó per la qualitat de l'hàbitat: cal tenir present que algunes de les espècies trobades en cavitats són forestals, i per tant necessiten de boscos madurs per a reproduir-se. A banda del ratpenat de Bechstein, que per tractar-se d'una espècie escassa a tot el conjunt del continent i de la primera cita al principat ha pres una especial rellevància, s'han trobat altres espècies també forestals, com ara el ratpenat de bosc (*Barbastella barbastellus*), molt rar al conjunt del principat, i que ha aparegut molt ben distribuït al llarg de tot l'espai, així com d'altres espècies rares i vulnerables, com són el ratpenat del complex *nattereri* (*Myotis cf. nattereri* i *M. escalerae*) o el d'orelles dentades (*Myotis emarginatus*).

La composició específica dels animals trobats en refugis està netament dominada pels ratpenats de ferradura, fet que ha d'atribuir-se més a la seva cons-

picuïtat que no a una dominància real. En aquest sentit el ratpenat de ferradura petit (*Rhinolophus hipposideros*), menys gregari que d'altres congèneres, ha estat present a pràcticament tots els refugis on s'han trobat quiròpters (17 de 19), essent en 7 casos l'única espècie detectada. És de remarcar la freqüència d'aparició del ratpenat d'orelles trencades (*Myotis emarginatus*) i del ratpenat de bosc (*Barbastella barbastellus*), que semblen estar força ben distribuïts al llarg del massís.

Pel que fa al ratpenat de Bechstein (*Myotis bechsteini*), tant la quantitat de captures com la seva freqüència d'aparició permeten afirmar que al massís hi ha una població resident, extrem que no podem afirmar en el cas del ratpenat de peus grans (*Myotis capaccinii*), que és l'espècie amb majors problemes de conservació, doncs tan sols se n'ha trobat un individu, que podria trobar-se en pas o bé en dispersió.

Durant l'any 2007 s'han realitzat un total de 523 captures, que sumades a les de la campanya anterior ascendeixen a 717 i inclouen 22 espècies diferents. A la taula 1 s'il·lustren les proporcions en que han estat capturades les diverses espècies, i a les figures 7 i 8 la riquesa i l'abundància per a cada estació respectivament. L'única espècie del catàleg de l'espai que no ha estat capturada és el ratpenat cua-llarg (*Tadarida teniotis*). Els anàlisis genètics realitzats pel CSIC de la Estació Biològica de Doñana rebel·len la presència de tres espècies críptiques: dues del complex *Myotis nattereri* (*Myotis escalerae* i *Myotis cf. nattereri*), i una altra, *Myotis alcaethoe*, del complex *Myotis mystacinus*.

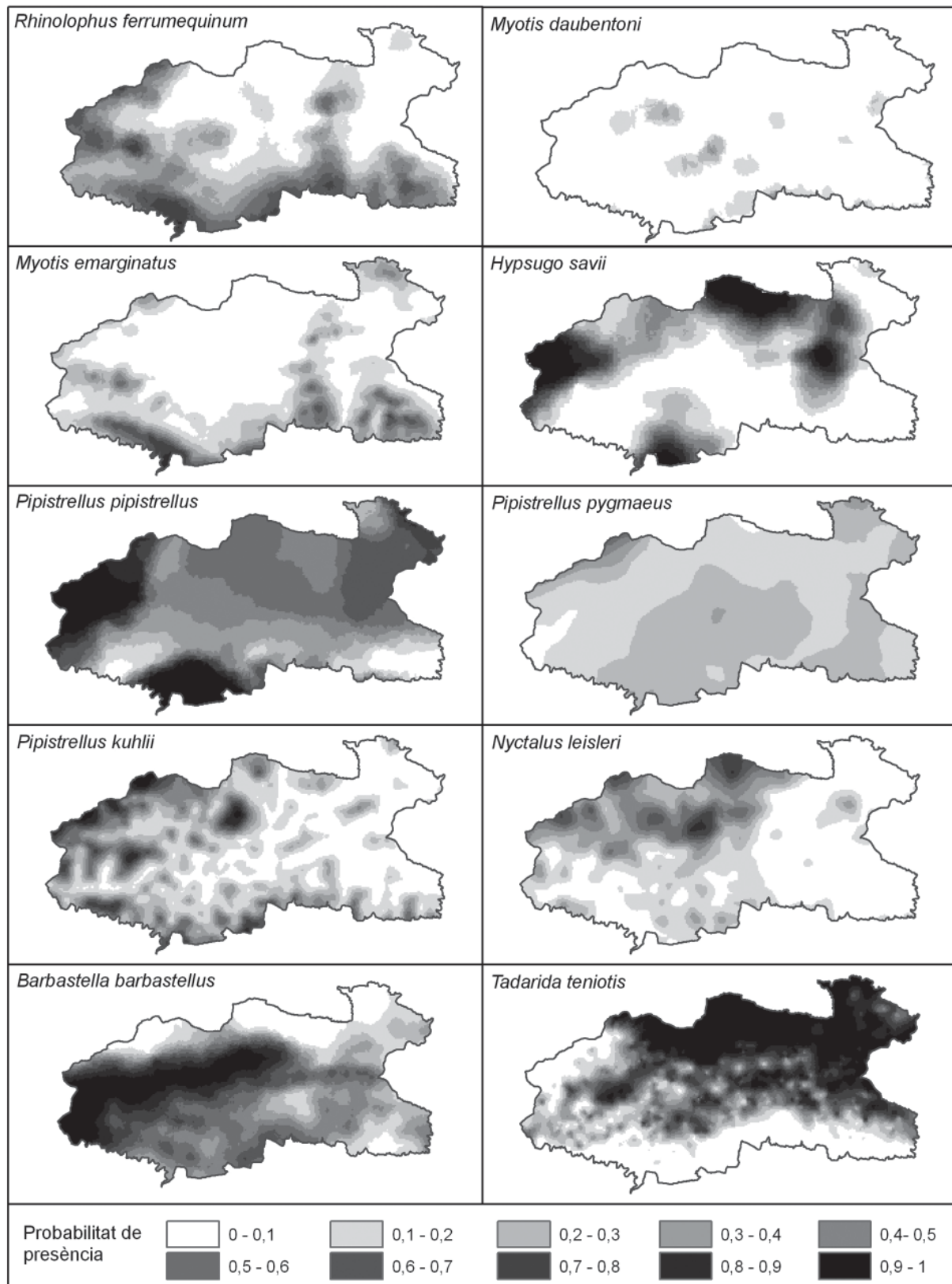


Figura 2 – Resultats dels models predictius d'ús de l'hàbitat.

L'anàlisi dels 1100 minuts d'enregistraments ha aportat un total de 754 contactes, d'on la ratapinyada pipistrel·la comuna (*Pipistrellus pipistrellus*) apareix

com a espècie més freqüent, amb el 33,02% del total de contactes (figura 9). Tal i com és d'esperar, per la seva abundància i pel fet que emeten els ultrasons

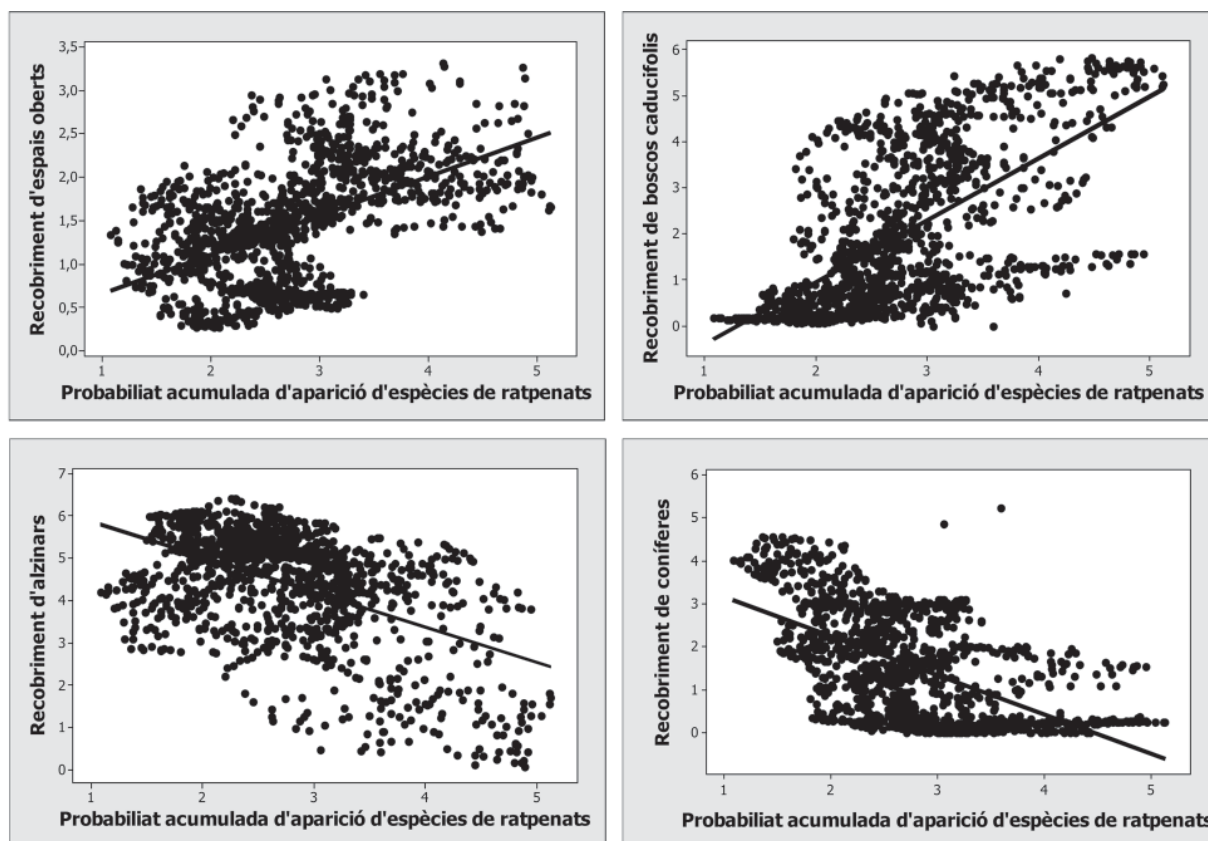


Figura 3.- Principals correlacions entre la probabilitat acumulada de presència de quiròpters, obtinguda a partir de la suma dels models predictius, amb les variables d'hàbitat amb què presenta una correlació moderada i significativa.

bastant fort i al voltant de la freqüència òptima de treball dels detectors (40-50KHz) (AHLÉN, 1981), el gènere *Pipistrellus* s'atribueix la major part dels contactes (62,5%). Malgrat l'important volum de contactes, només s'han pogut determinar amb seguretat 8 tàxons fins a nivell específic, 3 parelles fòniques i 3 grups a nivell de gènere. Finalment un 0,9% dels crics no han pogut ser assignats a cap espècie en particular.

S'ha intentat modelitzar la distribució de les dotze espècies per a les quals es disposa de major volum de dades, aconseguint-se resultats significatius i validats per a 10 d'elles (veure taula 2 i figura 2). S'ha pogut constatar que existeix una important diferència entre els valors dels índexs de KENDALL TAU i KAPPA ( $0,76 \pm 0,16$ ; i  $0,45 \pm 0,28$  respectivament), pel que atenent-nos al primer d'ells les prediccions podrien valorar-se d'una molt major qualitat. Amb tot s'ha utilitzat com a filtre el valor mínim de KAPPA de 0,18 (JABERG, 2001).

S'han detectat 9 correlacions moderades entre les variables utilitzades en la construcció dels models i el mapa resultant de sumar totes les probabilitats d'ús d'hàbitat de caça modelitzades (figura 3). Aquest darrer ens dóna una idea dels espais on és més

probable trobar major riquesa de quiròpters (sempre tenint en compte que els models poden tenir biaixos i que no s'ha confegit a partir de totes les espècies la presència de les quals és coneguda a la zona). Totes les variables físiques han presentat correlacions molt dèbils ( $r < 0,19$ ), i cap variable ha presentat una correlació forta ( $r > 0,70$ ). Els boscos caducifolis, així com els espais oberts i els entorns humanitzats mantenen una relació positiva amb la probabilitat d'aparició de quiròpters (són per tant hàbitats d'importància tròfica per a diverses espècies), mentre que tots els perennifolis (alzinar i totes les comunitats de pins, ja sigui considerades individualment com en el seu conjunt) mantenen una relació negativa amb l'indicador utilitzat.

S'ha constatat la presència de 9 espècies del gènere *Myotis* al complex cavernícola de la serra de Coronas, sobretot mascles, durant el període d'aparellament (setembre-octubre). Aquesta inusitada congregació d'espècies de l'esmentat gènere confirma la sospita de que es tracta d'un refugi de swarming (PARSONS, 2003), on les poblacions d'una regió geogràfica, indeterminada però que indubtablement supera de molt els límits de l'Alta Garrotxa, intercanvien gens.

És reconeguda la importància d'aquests refugis en el manteniment de la diversitat genètica de les poblacions (RIVERS, 2005), pel que en el cas que ens ocupa, i donat que la pràctica totalitat d'espècies de *Myotis* de Catalunya s'hi congreguen, cal assegurar-ne la preservació.

L'esforç dels primers dos anys d'estudi ha permès acumular un volum de dades suficient com per començar a estimar funcions de selecció de recursos, en el cas que ens ocupa mitjançant regressions logístiques, que en alguns casos han posat de manifest la relació entre variables ambientals i la distribució d'algunes de les espècies de quiròpters.

Donada l'escala de treball i l'ús diferencial que fan de l'hàbitat els quiròpters, generalment amb hàbitats de caça i zones de refugi separades i no necessàriament de característiques semblants (O'FARRELL, 1999; SCHÖBER, 1996; STEBBING, 1988), s'han confegit només models a partir de les dades dels animals en activitat durant l'època reproductora, deixant-se de banda les dades relatives a refugis, que per la seva banda s'han demostrat insuficients com per a poder generar models independents.

Atès que l'inventari dels quiròpters és complex i requereix d'un gran esforç, les dades de què es disposa no poden ser considerades exhaustives, pel que la interpretació que s'ha fet de les relacions entre variables i les diverses espècies han de considerar-se una primera aproximació (MORENO, 2000). En qualsevol cas els models poden servir per a la planificació de les futures campanyes, ajudant a millorar l'eficàcia en la recerca d'aquelles espècies que s'hagin pogut modelar amb èxit (GREAVES, 2006). Cal tenir present també que moltes de les variables que afecten de forma directa la selecció dels hàbitats de caça poden no haver estat incloses al model o senzillament pot ser que no siguin cartografiables (microhàbitats), pel que s'han de considerar una aproximació a la relació del poblament quiropterològic amb l'espai objecte d'estudi (GUISAN, 2000).

El catàleg d'espècies de l'Alta Garrotxa ascendeix a 23. Només per a 12 espècies es disposava d'un volum de dades suficients com per a intentar modelitzar-ne la selecció dels hàbitats: 3 de les prediccions han resultat molt pobres (*Myotis emarginatus*, *Nyctalus leisleri*, *Eptesicus serotinus*), tres més han resultat pobres (*Barbastella barbastellus*, *Pipistrellus pipistrellus* i *Rhinolophus ferrum-equinum*), 1 ha estat regular (*Hypsugo savii*), 2 han estat bones (*Pipistrellus kuhlii*, *Pipistrellus pygmaeus*), una ha resultat perfecta (*Tadarida teniotis*), i finalment una ha demostrat un total desencert entre la predicció i les dades observades (cas de *Rhinolophus hipposideros*) d'acord amb la classificació proposada per MONSERUD *et al.* (1992).

En el cas dels ratpenats de ferradura (*Rhinolophus* sp.) els models són de selecció d'hàbitats de cria, per a la resta d'espècies de selecció d'hàbitats de caça.

En general, i exceptuant els casos dels ratpenats d'aigua i d'orella trencada (*Myotis daubentoni* i *M. emarginatus*), totes les espècies han seleccionat positivament els ambients oberts d'algun tipus (siguin conreus o siguin prats), fins i tot aquelles més estrictament forestals, com poden ser el ratpenat de bosc (*Barbastella barbastellus*) o el nòctul petit (*Nyctalus leisleri*).

La suma de les possibilitats de presència de les 9 espècies modelitzades a nivell de selecció d'hàbitats de caça, contrastada amb les variables ambientals i físiques entrades als models, posa de manifest la correlació existent entre els espais oberts (que inclouen conreus i prats) i la probabilitat de presència de quiròpters en activitat. Altres variables que afavoreixen l'esmentada activitat són la presència de formacions de caducifolis i la presència de nuclis urbans (resultat lògic donada la major productivitat d'aquestes primeres formacions i a l'elevada concentració d'insectes que els llums artificials atrauen). Per altra banda totes les formacions de perennifolis, siguin coníferes o siguin alzinars, semblen ser rebutjades com a hàbitats de caça pel conjunt de la comunitat de quiròpters.

Malauradament no es disposa de suficient informació com per estudiar la selecció de recursos d'algunes d'interès de l'espai (cas de *Myotis bechsteinii*, *M. nattereri*, *Plecotus auritus*, o de les recentment descrites *Myotis alcathoe* i *M. escalerae*, per posar alguns exemples), pel que la valoració en conjunt de la preferència d'hàbitats a nivell de comunitat pot presentar un biaix significatiu.

En qualsevol cas resulta de gran interès constatar que fins i tot les espècies considerades més estrictament forestals depenen dels espais oberts per alimentar-se, extrem que referma la urgència de protegir i fomentar aquest tipus d'ambients.

A partir del catàleg esbossat fins al moment i de l'estudi de selecció d'hàbitats de caça, es recomanen les següents mesures de conservació:

- 1) Assegurar la protecció efectiva de les Baumes d'en Caixurma, suprimint la senyalització que hi mena de consens amb les parts implicades.
- 2) Retirar els elements per a facilitar el descens disposats a l'entrada de la Cova de l'Orri, que acull una petita població hivernant i presenta indicis d'haver



allotjat alguna colònia en període d'activitat (sigui de pas o de cria).

3) Entrar en contacte amb les entitats espeleològiques que fan ús de l'espai per tal de regular, de mutu acord, l'accés a les cavitats més sensibles, en especial els avencs del complex de la serra de Corones (Ginebret i Forat de l'Espinau) entre l'agost i el novembre, i l'avenc del Pic de les Bruixes, d'octubre a març.

4) Incloure els quiròpters al llistat de tàxons que depenen de forma directa dels espais oberts per a la seva subsistència, com a mínim les 8 espècies modelitzades que han demostrat tenir aquesta dependència.

5) Fomentar mesures per a la conservació dels rodals de caducifolis, com a hàbitats que ofereixen aliment i refugi a una part significativa del poblament quiropterològic.

6) Aprofundir en l'estudi de l'ús de l'hàbitat d'aquelles espècies d'elevat interès (sobretot *Myotis bechsteinii*) per tal de poder-ne preservar degudament les poblacions.

#### Referències

AHLÉN, I. 1981. Field identification of bats and survey methods based on sounds. *Myotis* 18: 128-136.

AHLÉN, I. 1990. Identification of bats in flight, Swedish Society for Conservation of Nature.

AHLÉN, I. & BAAGØE, H. 1999. Use of ultrasound detectors for bat studies in Europe: experiences from field identification, surveys, and monitoring. *Acta Chiropterologica* 1(2): 137-150.

AHLÉN, I. 2004. Heterodyne and time-expansion methods for identification of bats in the field and through sound analysis. In *Bat Echolocation Research: Tools, Techniques and Analysis*. R. M. BRIGHAM, KALKO, E. K.,

JONES, G., PARSONS AND J. G. A. LIMPENS. Austin, *Bat Conservation International*: 72-79.

ALTRINGHAM, J. D. 1996. Bats : biology and behaviour. Oxford, Oxford University Press.

ALTRINGHAM, J. D. 2003. British bats. London, Harper-Collins.

BENZAL, J. & PAZ, O. DE 1991. Los Murciélagos de España y Portugal. Madrid, ICONA.

BORRÀS, J., MIÑARRO, J. M. & TALAVERA, F. 1978. Catàleg espeleològic de Catalunya. Vol. 4, el Ripollès, la Garrotxa i l'Alt Empordà, Políglota.

FENTON, M. B. 2000. Choosing the 'correct' bat detector. *Acta Chiropterologica* 2(2): 215-224.

FERNÁNDEZ, J. 2003. Manual para la conservación de los murciélagos en Castilla y León. [Valladolid], Junta de Castilla y León.

FLAQUER, C., RUIZ-JARILLO, R. & ARRIZABALAGA, A. 2004. Contribución al conocimiento de la distribución de la fauna quiropterológica de Cataluña. *Galemys* 16(2): 39-55.

FLAQUER, C., TORRE, I. & ARRIZABALAGA, A. 2007. Comparison of sampling methods for inventory of bat communities. *Journal of Mammalogy*, 88(2): 526-533.

Generalitat de Catalunya 1996. Pla d'Espais d'Interès Natural (PEIN). Barcelona, Direcció General de Patrimoni Natural. Departament de Medi Ambient.

GREAVES, G. J., MATHIEU, R. & SEDDON, P. J. 2006. Predictive modelling and ground validation of the spatial distribution of the New Zealand long-tailed bat (*Chalinolobus tuberculatus*). *Biological Conservation* 132(2): 211-221.

GUISAN, A. & ZIMMERMANN, N. E. 2000. Predictive habitat distribution models in ecology. *Ecological Modelling* 135(2-3): 147-186.

GUISAN, A. & THUILLER, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. *Ecology Letters* 8(9): 993-1009.

HUTSON, A. M. & Bat Conservation Trust 1993. Action plan for the conservation of bats in the United Kingdom. London, The Bat Conservation Trust.

HUTSON, A. M., MICKLEBURGH, S. P. & RACEY, P. A. 2001. Microchiropteran bats : global status survey and conservation action plan. Gland ; Cambridge, IUCN.

IBÁÑEZ, C. 1998. Los Quirópteros. Mamíferos de España I. J. C. Blanco. Barcelona, Editorial Planeta: 114-218.

IBÁÑEZ, C., GARCIA-MUDARRA, J. L., RUEDI, M., STADELMANN, B. & JUSTE, J. 2006. The Iberian contribution to cryptic diversity in European bats. *Acta Chiropterologica* 8(2): 277-297.

- JABERG, C. & GUISAN, A. 2001. Modelling the distribution of bats in relation to landscape structure in a temperate mountain environment. *Journal of Applied Ecology* 38(6): 1169-1181.
- KUENZI, A. J. & MORRISON, M. L. 1998. Detection of bats by mist-nets and ultrasonic sensors. *Wildlife Society Bulletin* 26(2): 307-311.
- KUNZ, T. H. 1988. Ecological and behavioral methods for the study of bats, Smithsonian Institution Press.
- KUNZ, T. H. & FENTON, M. B. 2003. Bat ecology. Chicago; London, University of Chicago Press.
- MILNE, D. J., FISHER, A. & PAVEY, C. R. 2006. Models of the habitat associations and distributions of insectivorous bats of the Top End of the Northern Territory, Australia. *Biological Conservation* 130(3): 370-385.
- MIRET, F. 1999. Coves de l'Alta Garrotxa. Catàleg espeleològic de l'Alta Garrotxa. Llevant del riu Borró, Grup Espeleològic de Badalona - Cor de Maria.
- MONSERUD, R. A. & LEEMAN, R. 1992. Comparing global vegetation maps with the Kappa statistics. *Ecological Modelling* 62: 275-293.
- MORENO, C. E. & HALFFTER, G. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology* 37(1): 149-158.
- MURRAY, K. L., BRITZKE, E. R., HADLEY, B. M. & ROBBINS, L. W. 1999. Surveying bat communities: a comparison between mist nets and the Anabat II bat detector system. *Acta Chiropterologica* 1(1): 105-112.
- O'FARRELL, M. J. & W. L. GANNON 1999. A comparison of acoustic versus capture techniques for the inventory of bats. *Journal of Mammalogy* 80(1): 24-30.
- PARSONS, K. N., G. JONES, I. DAVIDSON-WATTS & F. GREENAWAY 2003. Swarming of bats at underground sites in Britain - implications for conservation. *Biological Conservation* 111(1): 63-70.
- PUIG, X., C. FLAQUER, E. FÀBREGAS & E. BISBE 2007. Seguiment de quiròpters cavernícoles a l'EIN de l'Alta Garrotxa, Galanthis i Consorci de l'Alta Garrotxa: 156.
- PUIG, X., C. FLAQUER, J. M. CUMPLIDO & E. FÀBREGAS 2008. Estudi i gestió dels quiròpters de l'EIN de l'Alta Garrotxa. Poblacions no cavernícoles, Galanthis i Consorci de l'Alta Garrotxa: 89.
- RIVERS, N. M., R. K. BUTLIN & J. D. ALTRINGHAM 2005. Genetic population structure of Natterer's bats explained by mating at swarming sites and philopatry. *Molecular Ecology* 14(14): 4299-4312.
- SCHOBER, W. & E. GRIMMBERGER 1996. Los Murciélagos de España y de Europa, Omega.
- STEBBING, R. E. 1988. Conservation of European Bats. London, Christopher Helm.
- WELLER, T. J. & D. C. LEE 2007. Mist net effort required to inventory a forest bat species assemblage. *Journal of Wildlife Management* 71(1): 251-257.

### Agraïments

Al Consorci de l'Alta Garrotxa, la Fundació Territori i Paisatge i el Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Catalunya pel finançament del projecte. En particular a la SARA SÁNCHEZ i l'INÉS CARRILLO, del Consorci de l'Alta Garrotxa; als companys de Galanthis: ENRIC BISBE i SERGI GARCÍA; a l'IGNASI TORRE, del Museu de Granollers; a en CARLOS IBÁÑEZ i en JAVIER JUSTE, de la *Estación Biológica de Doñana*; a en MIGUEL CLAVERO; als propietaris de les finques que ens han permès d'instal·lar les caixes-niu: CLAUDI RACIONERO i ARÉVAL GUINAU; i a la NÚRIA ROURA i PASCUAL.