

REPORTS DE LA RECERCA A CATALUNYA
Biologia d'organismes i sistemes

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

REPORTS DE LA RECERCA A CATALUNYA
Biologia d'organismes i sistemes

Report redactat per Xavier Bellés amb la col·laboració de
Marina Blas, Joaquim Gosálbez, Xavier Llimona,
Enric Macpherson, Joan Maluquer i Jaume Terradas

BARCELONA, 1998

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP:

Bellés i Ros, Xavier

Reports de la recerca a Catalunya. Biologia d'organismes i sistemes

Bibliografia

ISBN: 84-7283-428-X

I. Institut d'Estudis Catalans II. Títol

1. Biologia — Investigació — Catalunya

57:001.891(467.1)

Aquest treball ha comptat amb el suport de la
Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica (CIRIT)
de la Generalitat de Catalunya

© 1998, Institut d'Estudis Catalans

Editat per l'Institut d'Estudis Catalans
Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Primera edició: desembre de 1998
Tiratge: 2.000 exemplars

Compost per Víctor Igual, SL
Carrer de Còrsega, 237, baixos. 08036 Barcelona

Imprès a Altés, SL
Carrer del Cobalt, 160. 08907 L'Hospitalet de Llobregat

ISBN: 84-7283-428-X
Dipòsit Legal: B. 48568-1998

L'Institut d'Estudis Catalans, en compliment de les funcions derivades de la condició d'institució que té per objectiu l'alta investigació científica, que li donen els seus Estatuts, duu a terme diverses activitats en els àmbits d'assessorament, coordinació, promoció, realització i difusió de la recerca. Els poders públics tenen la responsabilitat última en el procés de planificació de la recerca, però la natura d'aquesta activitat i els coneixements especialitzats que implica, fan essencial l'existència d'un alt assessorament que tingui independència de criteri i autoritat científica en cadascun dels àmbits on la recerca es realitza.

L'Institut d'Estudis Catalans, per la seva tradició, estructura i composició, pot contribuir a exercir aquesta funció. De fet, el Decret 195/1991, del 16 de setembre, de la Generalitat de Catalunya, relatiu a la coordinació de la recerca i a la reorganització de la CIRIT, ha donat un primer pas en aquesta direcció en reconèixer a l'IEC un paper d'assessorament regular d'aquest organisme, i les directrius bàsiques del Pla de Recerca de Catalunya 1993-1996 van preveure ja la incorporació de membres de l'IEC en la Comissió d'Assessorament i Seguiment del Pla. D'altra banda, l'IEC té una llarga tradició en l'emissió d'informes i dictàmens i en l'elaboració d'estudis prospectius.

En aquest context, a la tardor de 1995 el Consell Permanent de l'Institut acordà endegar el projecte d'elaboració d'un estudi sobre l'estat de la recerca a Catalunya, en relació amb la comunitat científica internacional, a base d'una sèrie d'informes periòdics sobre cada una de les àrees en què es pot dividir l'activitat científica. El projecte, denominat *Reports de la recerca a Catalunya*, s'inicià el desembre de 1995 dividint els treballs en vint-i-tres àrees temàtiques fonamentades en els àmbits i sotsàmbits de la CIRIT i amb la previsió de realitzar vuit informes temàtics anuals. Cada informe ha de proporcionar informació global sobre l'estat de la recerca a Catalunya en l'àrea corresponent, i ha d'aportar reflexions sobre els objectius generals de la recerca, l'evolució, les tendències, la situació actual i una anàlisi prospectiva. Ha d'incloure també dades globals de finançament i d'índexs de productivitat del sistema de recerca català. L'elaboració de l'informe és confiada a una persona de prestigi que actua de director i que rep l'ajuda d'un grup de col·laboradors experts en l'àrea. Per assolir la necessària coordinació i aconseguir una certa homogeneïtzació en informes d'àmbits temàtics allunyats, actua una comissió formada pel vicepresident i el secretari científic de l'Institut i per tots els directors.

Fins ara s'han elaborat els informes en les àrees següents: física, geologia, biologia cel·lular, molecular i bioquímica, medicina, sociologia, ciències polítiques, antropologia i comunicació, economia, enginyeries de la informació i de la comunicació, lingüística, matemàtiques, història i geografia i demografia. Finalitzats tots els reports, es preveu una publicació conjunta dels informes temàtics, que, a més, pot recollir aportacions complementàries d'aquelles persones que vulguin fer-ne.

Els *Reports de la recerca a Catalunya* es realitzen amb el suport i la col·laboració de la CIRIT. S'ha comptat també amb la col·laboració dels vicerectorats de recerca de les universitats catalanes, de l'Oficina de Gestió de la Recerca i Convenis de la UB (aplicació integrada de gestió i avaluació de la recerca [GREC]), de la Secretaria d'Estat i Investigació del Ministeri d'Educació i Cultura i de la Direcció General d'Investigació i Desenvolupament de la Comissió Interministerial de Ciència i Tecnologia, les quals han subministrat algunes de les dades utilitzades en l'elaboració dels informes. Agraïm a totes aquestes institucions la seva col·laboració.

1. Introducció

El primer problema que calgué resoldre en abordar la preparació d'aquest report fou el d'acotar l'àrea de recerca que ens havien encomanat: la biologia d'organismes i sistemes. Com a primera providència, calia incloure aquelles disciplines tradicionalment posades sota el paraigua clàssic de la història natural, és a dir, zoologia, botànica i ecologia, en el seu sentit més descriptiu. Tanmateix, la concepció moderna del binomi organismes i sistemes obliga a parlar no tan sols de la descripció dels objectes, organismes-sistemes, sinó també de com funcionen, és a dir, obliga a parlar de funcions i de processos. Això ens porta a uns nivells d'estudi que se solapen fàcilment amb altres àrees més distanciades de la història natural, en el sentit clàssic del terme, àrees com són ara la fisiologia animal o la vegetal. Tanmateix, tampoc era qüestió d'endinsar-se en temes que pertanyen clarament a d'altres disciplines, com la bioquímica o la biologia molecular, que ja són tractats en altres reports. Finalment, la solució per acotar la nostra àrea es materialitzà a l'hora de triar l'eina i l'estratègia utilitzades per extreure'n les dades bibliomètriques.

Aquesta eina fou la base de dades Biosis, i el principal motiu de triar-la fou el seu nivell de detall, que és molt superior al del *Science citation index*, atès que recull revistes d'àmbit francament local, moltes de les quals són usades amb certa freqüència per publicar treballs en l'àrea estudiada. Una vegada triada la base de dades, i després d'alguns intents destinats a evitar un excessiu soroll de fons i obtenir el màxim d'informació pròpia de l'àrea, vàrem fer servir la llista de conceptes (camps) descrita a la taula 1, amb les correccions que s'indiquen a l'apartat 6.2. Aquests camps de consulta són definits per la mateixa base de dades, i la informació que conté cadascun d'ells és molt superior a la que hom en deduiria del títol estricte. Això fa que molts temes que no semblen in closos (com corologia, o taxonomia, posem per cas) estiguin realment coberts.

Atès que hi ha programat un report sobre ciències agràries, no s'han considerat aquí les disciplines que pertocuen més aviat a la dita àrea, tot i que poden relacionar-se amb la nostra (control de males herbes, o de plagues d'insectes, o edafologia en el seu sentit físic, per exemple). Malgrat això, hem inclòs algunes, poques, contribucions que són pròpiament taxonòmiques, fisiològiques o ecològiques, i que creiem que, en aquest cas sí, cauen dins de la biologia d'organismes i sistemes, tot i que hagin estat desenvolupades per grups típicament dedicats a temes agronòmics. Tampoc s'han considerat aquí línies de genètica de poblacions i evolució, o de biologia del desenvolupament, que són portades a terme sobretot en departaments i grups de genètica, atès que les metodologies emprades pertocuen més aviat a la biologia molecular, o a la genètica pròpiament, que no pas a la biologia d'organismes i sistemes. En aquest sentit, creiem que la genètica, com a tal, mereixeria la programació d'un report específic. També cal considerar en el camp de la biologia molecular, i per això ja foren incorporades al report corresponent, les línies de biologia molecular de plantes desenvolupades a l'Institut de Biologia Molecular de Barcelona, del Consell Superior d'Investigacions Científiques, tot i que molts dels objectius d'aquestes línies tenen a veure amb estudis funcionals de plantes. Pel que fa a la microbiologia, hem tingut en compte aquelles dades estrictament relacionades amb temes sistemàtics i ecològics, tot i ser conscients que el món de la microbiologia no quedarà representat en el present report. També per a aquesta àrea, la microbiologia en sentit global s'entén, creiem que fóra adient programar un report específic.

Per últim, cal assenyalar que no hem considerat en el present report algunes recerques que podrien relacionar-se amb la biologia d'organismes i sistemes que es porten a terme en centres i facultats d'enfocament sanitari, com facultats de Medicina, o fins i tot de Psicologia. L'allunyament temàtic general d'aquestes facultats respecte a les preocupacions de la nostra àrea semblava justificar-ho.

L'estudi s'ha centrat en el període comprès entre 1990 i 1996. La metodologia emprada per obtenir la informació que serveix de base a l'anàlisi la trobareu explicada als apartats corresponents. L'explicació metodològica pot resultar útil a efectes de reproductibilitat, si en el futur hom decideix fer un estudi equivalent per a un interval de temps similar, i comparar-lo amb aquest.

Abans de cloure aquesta introducció, volem agrair l'ajut indispensable i excel·lent de la senyora Montserrat Traveria, que s'ha ocupat d'obtenir gran part de les dades de partida, i d'ajudar-nos en tasques de secretaria. També cal esmentar l'ajut de l'amic Joandomènec Ros, que ha llegit una versió prèvia d'aquest report i n'ha fet valuosos suggeriments. No cal dir, però, que la responsabilitat d'allò que es diu és dels que signen formalment.

2. La recerca en l'àrea de la biologia d'organismes i sistemes. Tendències generals

Per situar en un context general l'anàlisi de la situació a Catalunya, apleguem aquí les tendències que es donen en el món, en general. Hem dividit la informació en estudis sobre organismes (en els nivells descriptiu i funcional) i sobre ecosistemes (ecologia). En bona mesura, les dades han estat inspirades pel contingut, i per la quantitat de comunicacions en els diferents temes, dels darrers congressos internacionals de les especialitats respectives.

2.1. Organismes. Estudis descriptius

Tot i que pugui semblar un tema superat, l'estudi bàsic descriptiu de la biodiversitat, és a dir, el descobriment i descripció de noves espècies i altres tàxons, està molt lluny de poder-se considerar acabat. De fet, les dades que tenim indiquen que hi ha a la vora de 2 milions d'espècies descrites, mentre que les estimacions disponibles suggereixen que a la Terra deuen existir entre 10 i 30 milions d'espècies. Això vol dir que encara hi ha molta feina de tipus descriptiu per fer. Així doncs, una bona part dels treballs que es publiquen actualment, tant en el camp de la zoologia, com en el de la botànica o microbiologia, van dedicats a aspectes taxonòmics: d'una banda a detectar, conèixer, descriure i posar nom a les espècies i altres tàxons encara no registrats, i d'una altra, a fer revisions de la informació taxonòmica preexistent, corregint errors i duplicitats i afegint els caràcters que no havien estat utilitzats abans, per tal de delimitar millor els tàxons i generar una sistemàtica filogenètica estable i amb capacitat predictiva.

Quant a la taxonomia i sistemàtica, la majoria de les publicacions que apareixen a les revistes de gran difusió corresponen a revisions de grans grups, habitualment de categoria genèrica o superior. Bona part d'aquests treballs es basen en l'estudi de material de col·leccions. Tot i això, l'exploració de biòtops nous o d'àrees geogràfiques poc conegudes, com és el cas de nombroses regions tropicals i dels mars antàrtics, constitueix també una de les tendències clares de la recerca actual. Es continuen fent treballs faunístics i florístics (corologia, cartografia...), però aquests sovint es publiquen en revistes locals que no apareixen ni a les bases de dades ni als estudis bibliomètrics. Aquest fet, i d'altres d'associats, ha portat que en determinats àmbits hom tendeixi a menystenir els treballs faunístics i florístics, i fins i tot taxonòmics, i, com a conseqüència, a un abandó progressiu del vessant més descriptiu de la zoologia i de la botànica per part dels investigadors més inquiets. Tot i que els acords sobre diversitat biològica signats a la Cimera de la Terra (Rio de Janeiro, 1992) han donat un cert impuls a aquest tipus d'estudis, el cert és que s'està produint una reducció preocupant del cens de zoòlegs i de botànics capaços d'identificar espècies, fer revisions taxonòmiques, explorar àrees i grups poc coneguts per poder descriure espècies noves i fer créixer el coneixement del món viu.

Una novetat important que s'ha produït en aquest camp ha estat la introducció de la reacció en cadena de la polimerasa (PCR), l'any 1982. Aquesta potent metodologia permet disposar, a partir d'una mostra molt limitada, d'una quantitat de DNA suficient per a fer l'anàlisi de la seva seqüència. Amb aquesta tècnica a l'abast, hom començà a utilitzar determinades seqüències del

DNA (especialment el que codifica el RNA ribosòmic) com a caràcters taxonòmics i sistemàtics. Les primeres aplicacions es feren en el camp de la microbiologia i la zoologia, i, posteriorment, en la botànica, normalment utilitzant metodologies d'anàlisi de tipus cladístic. Certament, hi ha hagut una veritable «explosió» en la utilització d'aquestes aproximacions moleculars, tant per discriminar tàxons propers, com per a la millora de les filogènies a totes les escales, des de filums fins a grups d'espècies. En general, els autors que treballen amb caràcters moleculars no els mesclen amb altres caràcters, diguem-ne, convencionals (morfològics, etològics, cariològics, fisiològics, químics, etc.). Hi ha, però, algunes escoles que intenten integrar aquestes darreres dades amb les moleculars. Amb tot, l'anàlisi cladística es continua aplicant també a matrius de caràcters no moleculars.

D'altra banda, continuen els estudis de camp més tradicionals (allò que abans s'anomenava *història natural*) en els seus diferents vessants (corològic, cartogràfic, d'observació biològica, etc.), que, darrerament, s'enfoquen cada vegada més des d'un punt de vista de la conservació de les espècies i de la gestió ambiental. Quant a la botànica, són encara preponderants els estudis d'autoecologia, que fan la síntesi de les dades de preferències ecològiques de les espècies observades en diverses àrees. A més, hi ha una tendència clara a fer estudis cada vegada més quantitatius, per tal de precisar l'ecologia d'algunes espècies interessants, per exemple, competidores de conreus, espècies amenaçades, etc. Sovint, hom hi afegeix observacions sobre la fenologia, i intenta quantificar l'assignació de recursos per part de la planta a la formació del pol·len, dels fruits, de les llavors, etc.

Pel que fa a la recerca pròpiament biològica d'animals, la major part dels treballs continuen esmerçant-se en vertebrats, els quals disposen ja d'una base taxonòmica considerable i consistent. Darrerament, però, hi ha una forta dedicació al funcionament —alimentació, reproducció, dinàmica de població— d'invertebrats marins: sponges, cnidaris, crustacis, etc. Quant als peixos d'aigües dolces, l'adveniment de les metodologies moleculars ha permès molts avenços, com la detecció d'híbrids o l'estudi de poblacions molt localitzades al llarg de les conques. En amfibis i rèptils les tendències van més aviat vers la biologia de la reproducció, des d'una perspectiva de cost/rendiment energètic, que inclou estudis de competència espermàtica; estudis sobre ecologia tèrmica i ús de l'hàbitat; estudi dels factors que operen en la regressió de determinades espècies, i estudis ecomorfològics. Quant als ocells, hom passa d'una llarga fase d'estudis basats en l'observació, fins al moment actual en què s'introdueix un cert component experimental en els treballs de camp, amb estudis sobre ecologia, especialment reproductiva, i sobre ornitociologia (elecció d'hàbitats, estructura de comunitats), amb un marcat accent vers la conservació. Pel que fa als mamífers, torna a donar-se la influència de les aproximacions moleculars tant en els aspectes filogenètics, ja esmentats més amunt, com biològics (estudi de les poblacions). Es manté un considerable interès per aspectes relacionats amb la biologia de les espècies (reproducció i competència espermàtica, alimentació, distribució), que poden interessar espècies en particular o grups d'espècies. Els primats i els cetacis són els grups que concentren més l'atenció. També es fa molta recerca sobre l'ús del medi que fan les espècies, directament o indirectament en relació amb l'activitat humana.

En temes de comportament, els estudis han passat de basar-se simplement en l'observació a introduir el mètode experimental. Les aproximacions moleculars (identificació precisa mitjançant el DNA) permeten estudiar de manera molt acurada el comportament i la relació de parentiu dels individus d'una determinada comunitat, la qual cosa ha permès passar d'uns planteja-

ments teòrics (dècada de 1970) basats en la mera observació, a la comprovació d'hipòtesis des d'un punt de vista empíric. Aquestes tècniques han portat a un gir important en els conceptes etològics que permeten explicar l'existència de comportaments altruistes (les obreres de les abelles, per exemple) en introduir el concepte de relació de parentiu.

En l'estudi dels vertebrats, no es pot oblidar l'avenç en camps menys convencionals, com són ara els de l'evolució de l'estructura i la forma corporals, i de la mecànica de la morfogènesi. Dels estudis de biomecànica, a partir d'unes premisses teòriques i de la constatació d'unes bases establertes al llarg de l'evolució, es dedueixen aplicacions, tant a l'estudi de les adaptacions animals com a la biomedicina. Per últim, i com en altres especialitzacions, bona part d'aquesta recerca descriptiva s'ha orientat vers aspectes aplicats, en polaritzar l'atenció vers espècies importants des del punt de vista econòmic, sia en microbiologia i protozoologia (microorganismes descontaminadors, bioindicadors...), com en botànica (agronomia, malherbologia, silvicultura...), sia en zoològia (plagues, entomòfags, insectes pol·linitzadors, espècies amb interès sanitari, crustacis, mol·luscs i peixos d'interès en aqüicultura...).

2.2. Organismes. Estudis funcionals

L'estudi dels organismes des d'un punt de vista funcional és un camp de treball molt ampli, que inclou des de l'estudi a escala molecular fins a la interacció i adaptació dels organismes al medi. Això fa que també sigui ampli i heterogeni el ventall de temes que poden considerar-se «calents». També aquí ha estat determinant el desenvolupament de les metodologies d'aproximació molecular. Així, les tècniques de clonatge, estudis d'expressió, hibridació *in situ*, i altres recursos de la biologia molecular estan usant-se àmpliament per abordar nous problemes fisiològics o velles qüestions no resoltes.

Des del punt de vista de la biologia vegetal, cal destacar els esforços que s'estan fent en l'estudi de la fisiologia del desenvolupament, tant vegetatiu com reproductor, com a conseqüència de les perspectives obertes per a l'estudi dels patrons d'expressió gènica i el seu control. Els senyals reguladors són també un tema d'actualitat, tant pel que fa als relacionats amb la captació de llum, com en l'estudi de reguladors no clàssics (poliamines, brassinosteroides, oligosacarines, àcid jasmònic, etc.). Cal esmentar també la importància que ha assolit darrerament l'estudi de les comunicacions intracel·lulars i intercel·lulars, tant dins de la mateixa planta com en la relació de la planta amb altres organismes. Entre d'altres temes, hom treballa en els sistemes de reconeixement planta-microorganisme i en el transport floemàtic-xilemàtic a llarga distància; l'arrel, la gran desconeguda del món vegetal, esdevé protagonista en molts d'aquests treballs.

La fisiologia de les respostes de les plantes als factors ambientals és un altre punt d'atenció preferent, en relació amb com l'afectarà el canvi global i amb l'addició interactiva d'estressos. És remarcable l'increment de la llista d'estressos que s'ha donat en els darrers vint anys, increment sovint lligat a estressos antropogènics. En aquest decenni s'està fent un gran esforç per conèixer la regulació de les respostes de les plantes a l'estrès, tant pel que fa a resposta fisiològica com a inducció de gens. En el tema de la fotosíntesi, l'adaptació de les tècniques de microscòpia de fluorescència permet en l'actualitat fer estudis acurats de la penetració dins de la fulla de les diferents longituds d'ona de l'espectre solar i obtenir imatges quantitatives de la distribució del rendiment quàntic del fotosistema II al llarg del perfil de la fulla, atenent tant la quantitat com la qualitat de

la llum. La fotoinhibició, el cycle de xantofil·les i el transport de proteïnes continuen essent temes candents en el tema de la fotosíntesi. En un altre tipus d'aproximació, la utilització de plantes transgèniques permet avançar eficaçment en el coneixement de les vies metabòliques.

Quant a la biologia animal s'observa també una tendència clara dels fisiòlegs vers la utilització de les noves aproximacions moleculars. Aquest procés és lent, però la conjunció dels coneixements fisiològics i la potència de les eines moleculars està portant ja a interpretacions més profundes, i a la vegada integratives, del funcionament animal. Alhora, el paper dels fisiòlegs esdevé cada vegada més estratègic, atès l'interès per esbrinar les funcions de les biomolècules que s'estan descrivint a un ritme acceleradíssim mercès a les metodologies moleculars, que són certament potents, però que, en principi, sols aporten informació estructural.

A part d'aquestes tendències generals, alguns temes particulars que són d'actualitat es relacionen amb la conservació d'espècies i la biodiversitat. Per exemple, l'estudi dels paràmetres fisiològics normals en exemplars en llibertat de determinades espècies animals especialment interessants o amenaçades. També es treballa en l'estudi aprofundit d'aquelles espècies que poden servir com a models experimentals en recerques bàsiques (el peix zebra, el nematode *Caenorhabditis*, planàries, alguns insectes i mol·luscs, etc.). Els estudis fisiològics centrats en invertebrats són cada cop més freqüents, per exemple, en estudis comparats de desenvolupament o de reproducció, o bé en recerques del sistema nerviós, considerat com a model d'investigació de circuits neuronals, plasticitat sinàptica, i reproducció en processos de memòria i aprenentatge.

Altres temes que són d'actualitat van lligats a la nutrició i la reproducció en captivitat d'espècies d'interès econòmic, per exemple en aqüicultura. També és d'actualitat l'estudi de la influència de l'ambient sobre la fisiologia de les espècies, per exemple en ambients extrems naturals o contaminats. En aquest darrer cas, els estudis deriven vers la identificació de bioindicadors de contaminació.

Amb relació a condicions extremes, es treballa, per exemple, en els efectes de la ingravidesa, o bé en l'estudi de la supervivència en condicions d'hipòxia i hipotèrmia, amb derivacions aplicades, com l'adaptació de models animals a models clínics, per exemple per al trasplantament d'òrgans. Alhora, les metodologies del DNA recombinant s'apliquen a l'obtenció i estudi fisiològic d'animals transgènics que puguin tenir interès, no tan sols en recerca biomèdica, sinó també en producció animal.

2.3. Ecologia

L'ecologia ha esdevingut una ciència complexa o, potser més exactament, un complex de ciències, en què la progressiva especialització fa que disminueixin els contactes entre investigadors dedicats a nivells diferents d'integració (des del biosfèric fins al molecular, passant per les comunitats i ecosistemes, poblacions i ecofisiologia). A més, la relació amb la temàtica ambiental i la gestió ha generat una ciència aplicada que empra tècniques i conceptes que depassen els límits d'allò que acostumem a trobar en els textos convencionals d'ecologia. Val a dir, també, que la introducció d'algunes tècniques noves, com els estudis de base molecular per a la identificació d'individus i parentius, les aplicacions d'isòtops estables, els sistemes d'informació geogràfica, els avenços en modelització, etc., han desenvolupat un paper important a l'hora d'impulsar uns camps de recerca més que altres. Per exemple, la gran sensibilitat assolida pels equips an-

lítics ha donat un impuls notable als temes d'ecologia química, tant terrestre com marina, havent incrementat les facilitats d'identificació dels productes que determinen les interaccions entre espècies.

Quant a l'ecologia terrestre, una bona part de les tendències actuals es relacionen amb la problemàtica del canvi global. Dins d'aquest gran tema, es dedica una atenció preferent a comprendre millor el cicle del carboni; a la reconstrucció de canvis del passat (paleoecologia); a les respostes ecofisiològiques als canvis atmosfèrics i, en particular, a l'increment de concentració de diòxid de carboni a l'atmosfera; a les respostes a escala de comunitat, sobretot en la composició d'espècies i en l'estructura, producció i biomassa; als efectes de la fragmentació d'hàbitats, metapoblacions i ecologia del paisatge; a la importància funcional de la diversitat; a les espècies invasives i les plagues, i als canvis biogeogràfics en resposta a canvis climàtics. El tema dels estressos, ja esmentat a l'apartat anterior, és tractat aquí des d'un punt de vista ecofisiològic, en condicions de camp. Val a dir que, per abordar l'estudi d'alguns d'aquests temes relacionats amb el canvi global, hom ha desenvolupat equipaments importants, alguns dels quals entrarien en la definició de grans infraestructures científiques. En aquest sentit, utilitzem els ecotrons (una mena de sistema de cambres climàtiques per estudiar ecosistemes terrestres, diguem-ne, «en miniatura», en condicions controlades), els camps de cambres «a cel obert», els sistemes Face, per estudiar l'efecte d'increments de diòxid de carboni en superfícies a cel obert, o el conegut —i criticat— muntatge *Biosphere 2*.

Un altre tema d'ecologia terrestre en el qual hom esmerça una atenció preferent és l'estudi de les regles d'articulació de les comunitats i les propietats estructurals i d'estabilitat de les xarxes tròfiques. D'altra banda, s'està fent un esforç per establir tipus funcionals per a les plantes (un tema clàssic que ha tornat a l'actualitat en relació amb la construcció de models), i s'està progressant en el tema, sempre difícil, del coneixement de les arrels, les micorizes i llur dinàmica.

L'estudi de la resposta dels ecosistemes a les pertorbacions i la capacitat de predir-la mitjançant diversos tipus de models és un altre tema crucial; així com l'anàlisi de les característiques de les espècies en regressió, tant pel que fa a les relacions evolutives com al cicle de vida i de les poblacions. Un tema clàssic en ecologia, com és el de les relacions de mutualisme, competència i depredació, continua mereixent una bona part de l'atenció, i s'enfoca especialment des de l'òptica de l'evolució i de l'estructuració de comunitats. Per contra, no sembla que l'ecologia teòrica tingui avui gaires centres d'atracció rellevants. Hom diria que hi ha una manca de teoria en ecologia, que ve substituïda per un empatx de models que poques vegades van adreçats a qüestions realment importants.

Recentment, ha estat impulsada la recerca ecològica en ecosistemes extrems (guèisers, profunditats de la Terra, fons abissals, etc.). Aquests temes han estat propiciats especialment des dels Estats Units, en connexió amb la recerca de formes de vida a altres planetes o bé amb aspectes aplicats. Tan sols cal recordar l'aïllament i estudi de la polimerasa del bacteri *Thermus aquaticus* en un guèiser del parc de Yellowstone, que va permetre el desenvolupament de la PCR que esmentàvem a l'inici del capítol. Tot i que s'han fet troballes interessants d'organismes macroscòpics, en particular als brolladors termals de les grans profunditats marines, els protagonistes principals d'aquestes recerques han estat els microorganismes.

Si al principi dèiem que l'ecologia terrestre és un complex de ciències, això mateix, i tal vegada augmentat, hem de dir de l'ecologia marina i l'oceanografia, ciència multidisciplinària per excel·lència. L'extraordinari impuls experimentat en els darrers anys per les ciències del mar es deu,

sens dubte, a les millores tecnològiques que han permès, tant l'adquisició rutinària i massiva de dades sobre paràmetres bàsics, com el seu ràpid processament, per no esmentar la detecció remota (satel·litària). Tanmateix, la necessitat d'utilitzar infraestructures molt cares (per exemple, vaixells oceanogràfics, equipaments de presa de mostres i d'adquisició de dades) sovint suposa una seriosa limitació, no solament amb relació als objectius que s'han de tractar, sinó també pel que fa als equips i països que pretenen desenvolupar aquests estudis.

Els estudis en ciències del mar s'adrecen vers dos grans objectius: 1) establir el paper dels oceans en el control global dels processos hidrològics, biològics, químics i climàtics, i 2) la resposta dels mateixos oceans a l'impacte humà. Dins del primer objectiu cal destacar com a temes centrals l'anàlisi dels cicles de matèria i energia, i el seu efecte sobre la producció biològica; l'efecte dels organismes sobre el cicle del carboni, i la caracterització, estructura i dinàmica dels ecosistemes. Dins del segon objectiu les línies principals es centren en l'efecte de les activitats extractives en els recursos explotats i sobre els ecosistemes, i en la incidència de l'eutrofització i altres tipus de contaminació en la modificació dels sistemes, especialment dels costaners.

La preocupació creixent sobre el possible canvi climàtic ha reactivat la necessitat de conèixer el paper real de l'oceà en el marc del trinomi oceà-atmosfera-clima. Tot això condiona, si més no parcialment, la localització de la major part dels estudis, que acostumen a portar-se a terme o bé a la zona costanera, on l'efecte humà és més notable, o bé en zones d'aflorament, on els processos tenen una magnitud més gran i on es troben les pesqueries principals, o també en els grans oceans freds del Planeta (Àrtic, Antàrtic), pel seu suposat paper com a embornal de diòxid de carboni. Des d'un punt de vista tècnic, la necessitat de disposar de volums importants de dades bàsiques (hidrològiques, de producció primària, etc.) per tal de respondre als reptes que acabem d'esmentar, comporta un gran esforç investigador cap a temes metodològics i de monitorització mitjançant sensors remots.

Com passa en les recerques sobre biologia d'organismes, les orientacions aplicades han tingut també influència en ecologia. Així, hi ha un ampli ventall de temes aplicats que estan fent aportacions notables a la comprensió dels processos ecològics terrestres, com són ara l'ecologia de la restauració i l'enginyeria ecològica, l'ecotoxicologia i els efectes dels metalls pesants i d'altres contaminants. En ciències marines, els aspectes aplicats incideixen en l'estudi dels requeriments de les espècies utilitzades en explotacions d'aqüicultura, tema que ja hem esmentat més amunt, quan hem parlat de l'estudi funcional dels organismes, així com en els efectes de les pertorbacions (naturals, com *El Niño*, o bé antròpiques) sobre ecosistemes i comunitats. Hi ha una revifada notable dels estudis dirigits a copsar el funcionament d'espècies, en ambients no alterats, o bé afectats per l'acció humana, sia una acció negativa (contaminació, sobreexplotació, etc.) o positiva (protecció d'àrees marines).

3. Investigadors i grups d'investigació a Catalunya

Un element fonamental a l'hora d'analitzar la recerca que es fa és la quantitat de personal que hi està implicat, i com s'organitza aquest personal en projectes d'investigació, grups de treball i centres o departaments universitaris. A més, i com a peculiaritat de l'àmbit d'organismes i sistemes, cal comptar amb el paper que té l'investigador independent, una figura amb un fort arrelament a Catalunya, i que desenvolupa una tasca rellevant en l'estudi descriptiu en diverses especialitats, com és el cas de l'ornitologia, l'herpetologia, l'entomologia i la botànica en sentit ampli, per citar només els exemples més representatius.

3.1. Departaments universitaris i centres de recerca

La taula 2 recull la relació de departaments universitaris i centres de recerca on hi ha grups que treballen regularment en l'àrea d'organismes i sistemes. Per la quantitat de personal i volum de producció, les unitats principals es troben a la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona: Departament de Biologia Animal, Departament de Biologia Vegetal i Departament d'Ecologia; a la Universitat Autònoma de Barcelona: Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals i Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia; i al Consell Superior d'Investigacions Científiques: Institut de Ciències del Mar i Centre d'Estudis Avançats de Blanes. La pràctica totalitat de les línies de recerca d'aquests centres i departaments cauen dins del camp que ens ocupa. Tan sols caldria excloure la secció d'antropologia del Departament de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona, les línies d'investigació de pedologia i fitopatologia del Departament de Biologia Vegetal de la Universitat de Barcelona, i les d'antropologia, d'edafologia i química agrícola del Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. Lligat a la Universitat de Barcelona, tenim el Centre de Recerca d'Alta Muntanya, moltes de les activitats del qual cauen també plenament en l'àrea de la biologia d'organismes i sistemes. A més, a la Universitat de Girona tenim les seccions de biologia animal, biologia vegetal i ecologia del Departament de Ciències Ambientals. Estretament vinculat a aquestes seccions hi ha l'Institut d'Ecologia Aquàtica. En l'àrea de la botànica descriptiva i fisiologia vegetal, escau esmentar també el Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal Sanitària i Edafologia de la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona. D'altra banda, escau incloure aquí les activitats investigadores del Museu de Zoologia, de l'Ajuntament de Barcelona i de l'Institut Botànic, que està sota la responsabilitat de l'Ajuntament de Barcelona i del Consell Superior d'Investigacions Científiques.

A part de les entitats esmentades, totalment o majoritàriament dedicades als temes que ens ocupen, escau esmentar també altres departaments i centres de recerca en què un percentatge més reduït de les seves activitats es centren en la nostra àrea. Així, a la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona cal considerar les línies de fisiologia comparada del Departament de Fisiologia, les de taxonomia, biologia i ecologia de microorganismes del Departament de Microbiologia, les de filogènia molecular del Departament de Genètica, i les de parasitologia de crustacis i mol·luscs del Departament de Biologia Cel·lular, Animal i Vegetal. A la Facultat de Farmàcia de

la Universitat de Barcelona hi ha també les línies de recerca de parasitologia del Departament de Microbiologia i Parasitologia Sanitàries. A la Universitat Autònoma de Barcelona, hauríem d'incloure les línies de microbiologia descriptiva i ecològica del Departament de Genètica i Microbiologia, les de dinàmica de tapets microbians de l'Institut de Biologia Fonamental, i les de fisiologia comparada del Departament de Biologia Cel·lular i Fisiologia. Quant al Consell Superior d'Investigacions Científiques, s'han d'incloure les línies de fisiologia d'insectes del Departament de Fisiologia i Biodiversitat Molecular de l'Institut de Biologia Molecular de Barcelona, al Centre d'Investigació i Desenvolupament. D'altra banda, cal considerar també alguns projectes que es porten a terme en unitats de recerca de ciències agràries. En aquest sentit, cal incloure els projectes relacionats amb l'ecologia i biologia de nematodes i d'insectes plaga que es porten a terme al centre de Cabrils de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, i al Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal de la Universitat de Lleida; i algunes línies (com la de conservació i estudi de la biodiversitat) del Departament d'Hortifruticultura, Botànica i Jardineria de la mateixa Universitat de Lleida.

3.2. Grups de recerca i personal adscrit

3.2.1. *Investigadors, investigadors en formació i personal amb funcions auxiliars als departaments i centres de recerca*

A la figura 1 hem resumit les dades sobre el nombre d'investigadors, d'investigadors en formació i de personal amb funcions auxiliars, pertanyents a departaments universitaris o centres de recerca de Catalunya, i que treballen en biologia d'organismes i sistemes. Hem considerat investigadors aquelles persones (normalment amb títol de doctor) que estan vinculades institucionalment a una universitat o centre de recerca; investigadors en formació, a aquells titulats superiors que estan amb algun tipus de beca predoctoral; i personal amb funcions auxiliars, a aquelles persones que desenvolupen tasques de suport directe a la recerca (com són ara tècnics i ajudants de laboratori o serveis de secretariat de departament). Les dades corresponen vers el final del període estudiat, és a dir, entre 1995 i 1996, i les hem tret de les memòries dels departaments i centres de recerca, o bé per contacte directe amb els responsables corresponents, o bé ambdues coses ensems.

Com podem veure a la figura 1, el total és de 688 persones, de les quals poc més de la meitat (380 persones) corresponen a investigadors; poc més d'un terç (229 persones), a investigadors en formació, i un 10 %, aproximadament (73 persones), a personal amb funcions auxiliars. Destaca la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona, amb més de 200 persones, seguida de la Universitat Autònoma de Barcelona (incloent-t'hi el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals) i del Consell Superior d'Investigacions Científiques, que tenen entre 100 i 150 persones cadascun dels dos organismes. Després vénen la Facultat de Farmàcia de la Universitat de Barcelona i la Universitat de Girona (incloent-t'hi l'Institut d'Ecologia Aquàtica), que tenen entre 50 i 100 persones cadascuna de les dues. I, a una certa distància, la Universitat de Lleida, el Museu de Zoologia, el Centre de Cabrils de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, i l'Institut Botànic (amb menys de 20 persones en cadascun d'aquests casos).

La relació entre les tres categories de personal considerades és força uniforme en totes les universitats i centres de recerca considerats. D'altra banda, la relació entre investigadors en for-

mació i investigadors oscil·la entre 0,5 i 1 investigadors en formació per investigador, i podria considerar-se relativament baixa. La que és francament baixa és la que es dona entre personal amb funcions auxiliars i investigadors, ja que en gairebé tots els centres tan sols hi ha entre 0,1 i 0,2 persones amb funcions auxiliars per investigador. Aquesta relació tan sols és millor (0,4) en els centres on hi ha menys de 10 investigadors, i en els quals el personal auxiliar (tot i que també és mínim) representa una proporció rellevant.

3.2.2. *Temes i línies d'investigació*

Com a l'apartat anterior, la informació ha estat extreta fonamentalment de les memòries dels departaments i centres de recerca. Com a tema, entenem un subjecte genèric d'investigació en el qual treballa un grup de persones que s'organitzen a l'entorn d'un investigador que fa de coordinador. Alhora, el tema es pot dividir en diverses línies més concretes, que poden estar finançades, o no, per projectes específics. Això que sembla tan senzill ha esdevingut difícil d'aplicar-ho al nostre cas, ja que els diferents departaments o centres acostumen a utilitzar sistemes de jerarquizació temàtica que no són equiparables entre si. Els casos dubtosos els hem resolt per contacte directe amb els responsables dels departaments implicats. El resultat final de les estimacions sobre el nombre de temes i línies d'investigació en biologia d'organismes i sistemes en què hom treballa a Catalunya l'hem resumit a la figura 2.

Com podem veure (figura 2), tenim un total de 143 temes d'investigació i 337 línies. Si comparem temes i línies, trobem que la relació mitjana és de 2,4 línies per tema (de fet, oscil·la entre 1,5 i 4 línies per tema, depenent del departament o centre), la qual pot semblar raonable. Ara bé, si dividim el nombre de 380 investigadors vinculats a departaments universitaris o centres de recerca (vegeu l'apartat anterior) amb el de 143 temes, obtenim una relació mitjana de 2,6 investigadors per tema (amb un rang entre 1,2 i 7,6 investigadors per tema, depenent del departament o centre). Aquesta relació sembla relativament baixa, sobretot si hom assimila tema de recerca i grup de recerca d'acord amb la definició que hem donat al principi d'aquest apartat, i sols pot explicar-se raonablement, i en alguns casos, per l'extremada diversitat temàtica de l'àrea que ens ocupa.

Aquesta aparent atomització de temes i grups de recerca es veu molt més moderada en la relació de grups de recerca considerats consolidats pel Comissionat d'Universitats i Recerca de la Generalitat de Catalunya. En aquesta relació (vegeu la taula 3) apareixen 32 grups, enfront dels 143 que semblarien deduir-se dels 143 temes genèrics de recerca conreats a Catalunya. Tanmateix, el grau de cohesió (i de justificació, doncs) d'aquests 32 grups considerats consolidats és variable, tal com es comenta més endavant.

3.3. **Investigadors independents**

La primera dificultat a l'hora de ponderar la contribució que fa actualment aquest col·lectiu en l'àrea de la biologia d'organismes i sistemes rau en la delimitació i el cens dels seus integrants. De cara a la nostra anàlisi hem considerat que la figura d'investigador independent inclou totes aquelles persones, amb títol acadèmic o no, que, tot i desenvolupar la seva activitat professional

en altres àmbits, mantenen una activitat de recerca naturalista normalment no remunerada, i en publiquen els resultats.

Un fet que facilita la tasca de cens és l'existència de nombroses associacions de caràcter naturalista, que engloben gairebé tots els investigadors independents (a part d'un bon nombre d'investigadors vinculats a departaments de recerca), els quals, alhora, acostumen a usar els butlletins d'aquestes associacions per a publicar els seus treballs. El gran nombre d'associacions (vegeu l'annex 1) i de publicacions naturalistes (vegeu l'annex 2) a Catalunya és un fet que cal destacar. Ambdues coses, a part d'haver tingut un paper històric important en el desenvolupament de les ciències naturals a casa nostra, tenen encara una influència rellevant en la realitat actual de les recerques.

De les entitats ressenyades a l'annex 1, destaquen per la seva significació quant a l'anàlisi que ens ocupa, la Institució Catalana d'Història Natural, el Grup Català d'Anellament, la Societat Catalana d'Herpetologia, la Societat Catalana de Micologia i la Societat Catalana de Lepidopteroologia. Així doncs, el cens d'investigadors independents es féu sobre la base d'aquestes cinc entitats, damunt del directori i dels índexs dels butlletins respectius, i amb l'ajut de representants a les secretaries o a les juntes corresponents, tot prenent com a criteri de selecció el fet d'haver publicat almenys un treball científic en els darrers cinc anys. Després de corregir les redundàncies, és a dir, els membres que eren de més d'una de les cinc entitats esmentades, el nombre d'investigadors independents resultà ser de 365. Amb aquest cens possiblement apleguem més del 75 % dels naturalistes no professionals del país que publiquen treballs científics, als quals caldria afegir, en particular, aquells naturalistes locals que publiquen en revistes comarcals. Fora d'això, el nombre de membres d'altres entitats no estrictament científiques o menys especialitzades (com DEPANA, posem per cas) que publiquen treballs científics i que no pertanyen a cap de les cinc entitats emprades per fer el cens, pot estimar-se en unes quantes dotzenes (després d'eliminar, és clar, les nombroses redundàncies existents). Tot plegat, si es fes un recompte detallat basat en els noms d'autors de totes les publicacions, probablement arribaríem a un nombre d'entre 400 i 500 investigadors independents.

4. Temes d'investigació

A l'apartat 3.2, dedicat als grups de recerca, ja ens hem referit de manera quantitativa als temes i línies d'investigació. Escau ara descriure'ls des del punt de vista qualitatiu. Les dades de base han estat tretes de les memòries dels departaments i centres de recerca, de les seves pàgines web, o bé, en pocs casos, per consulta directa d'algun dels seus responsables. Per ordenar la informació, l'hem dividida en els tres grans blocs utilitzats en el capítol 2.

4.1. Organismes. Estudis descriptius

Bona part dels estudis descriptius són de caràcter típicament taxonòmic i faunístic o florístic, és a dir, es dediquen a descriure o fer revisions de tàxons, des del nivell d'espècie fins al de família, i a aportar dades de distribució i d'autoecologia. En aquest sentit, la major part de personal i d'activitats es concentren als departaments de Biologia Animal, de Biologia Vegetal i d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, i al Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. En aquest tipus de recerca també tenen un paper significatiu els investigadors independents.

En el món animal, les recerques taxonòmiques i corològiques se centren sobretot en invertebrats, grup en el qual hi ha especialistes d'una vintena d'ordres, en particular d'artròpodes. En botànica hi ha especialistes en pràcticament tots els grups, tant de plantes vasculars com de criptògames no vasculars. La major part dels estudis florístics i faunístics es dediquen al territori català, en particular els botànics, i també a la península Ibèrica i illes circumdants, però són més aviat escassos fora d'aquests límits. Hi ha algunes excepcions que es refereixen, sobretot, a materials d'Àfrica del Nord, Amèrica del Sud, Àfrica del Sud i l'Antàrtida. Els estudis taxonòmics es refereixen majoritàriament a materials europeus i nord-africans, i en molt pocs casos hom assoleix una cobertura d'escala mundial. Els treballs sobre fauna edàfica i cavernícola, que han gaudit d'una llarga tradició a Catalunya, es desenvolupen, tot i que escadusserament, als departaments de Biologia Animal esmentats, al d'Ecologia de la Universitat de Barcelona i al Museu de Zoologia.

Una aproximació particular a l'estudi de les comunitats vegetals és l'anàlisi, la tipificació i la cartografia d'aquestes comunitats i del paisatge, seguint la metodologia de l'escola sigmatista. El Departament de Biologia Vegetal de la Universitat de Barcelona ha concentrat en els darrers anys la seva atenció en la vegetació dels Pirineus i en la cartografia a escala 1:50.000 de la vegetació de tot el territori de Catalunya.

En la gran majoria dels estudis taxonòmics i sistemàtics, les metodologies seguides són les clàssiques, amb l'ús de caràcters morfològics i criteris de base empírica. Hi ha molt pocs investigadors que facin servir metodologies quantitatives per a fer estudis filogenètics, i encara menys que utilitzin caràcters moleculars. Aquests pocs investigadors es localitzen als departaments de Biologia Animal i de Biologia Vegetal esmentats al principi, al de Genètica de la Universitat de Barcelona (filogènia molecular dels bilaterals) i a l'Institut Botànic (sistemàtica molecular d'alguns grups de plantes vasculars). En l'àmbit on s'han incorporat amb més regularitat les eines moleculars per fer estudis sistemàtics i taxonòmics és en la microbiologia, en particular al Depar-

tament de Microbiologia de la Universitat de Barcelona (estudis de vibris aïllats de peixos) i al Departament de Genètica i Microbiologia de la Universitat Autònoma de Barcelona (diversitat del bacterioplàncton).

Els estudis descriptius de vertebrats es concentren al Departament de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona i al Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. També es fan treballs al Museu de Zoologia, i cal afegir també aquí una part dels investigadors independents. Els treballs no es centren en aspectes taxonòmics o sistemàtics, però sí que es fan encara recerques de delimitació de distribucions. La major part de les línies són de biologia de camp i ecologia evolutiva, tot i que no falten aportacions d'etologia, zoogeografia, biomecànica o comunicació acústica. Hom treballa en tots els grans grups de vertebrats: peixos (marins i d'aigües dolces), amfibis, rèptils, ocells i mamífers (terrestres i marins).

A part dels departaments i centres esmentats, en pràcticament tots els que treballen en biologia d'organismes i sistemes (vegeu la taula 2) hom esmerça una part de les activitats en els aspectes descriptius. Així, i de la Universitat de Barcelona, cal esmentar el Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal i Sanitària i Edafologia (recursos vegetals marins, biodiversitat i biosistemàtica vegetals), Departament de Microbiologia i Parasitologia Sanitàries (taxonomia de microorganismes, estudis de poblacions bacterianes, ectoparàsits de vertebrats, bionomia de trematodes, helmintofauna de vertebrats, artròpodes vectors) i el Departament de Biologia Cel·lular, Animal i Vegetal (morfològia microscòpica de paràsits de mol·luscs i crustacis). També cal esmentar les recerques de tipus descriptiu que es fan al Departament de Ciències Ambientals de la Universitat de Girona (flora bentònica marina, fauna de la sureda), al Departament d'Hortifruticultura, Botànica i Jardineria de la Universitat de Lleida (botànica sistemàtica), al Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal de la mateixa universitat (biologia d'insectes que constitueixen plaga). Als centres de recerca del Consell Superior d'Investigacions Científiques (taula 2) l'activitat descriptiva és minoritària, però en pràcticament tots se'n fa. En aquest sentit, podem esmentar les recerques taxonòmiques sobre esponges, meduses, crustacis i insectes, posem per cas, que es fan a l'Institut de Ciències del Mar, al Centre d'Estudis Avançats de Blanes i a l'Institut de Biologia Molecular de Barcelona.

Molts dels grups amb tradició d'estudis típicament taxonòmics han derivat parcialment a aspectes aplicats. En el cas dels grups de zoologia d'invertebrats (en particular dels departaments de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona i de la Universitat Autònoma de Barcelona), les recerques han tendit a estudiar grups que contenen espècies perjudicials (protistes paràsits de peixos, plagues d'insectes, agrícoles o forestals, per exemple), o bé que contenen espècies útils (crustacis amb interès comercial, insectes pollinitzadors, nematodes i insectes que són enemics naturals d'espècies plaga, posem per cas). Hom ha parat també atenció a aquells grups que poden tenir interès com a organismes indicadors (protistes, quironòmids, efemeròpters, poliquets, gorgònies i algues de sistemes bentònics, estudiats entre d'altres als departaments d'Ecologia i de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona). En el cas dels grups de zoologia de vertebrats, tant a la Universitat de Barcelona com a la Universitat Autònoma de Barcelona, les investigacions de caràcter aplicat han anat cap a línies de biologia de la conservació i gestió, d'ecotoxicologia, o bé, en el cas dels peixos, vers l'estudi d'espècies amb interès comercial (comprent aspectes d'organogènesi i patologies) i temes d'aqüicultura. Els grups de botànica tradicionalment sistemàtics, tant de la Universitat de Barcelona com de la Universitat Autònoma de Barcelona, també esmer-

cen una part de les seves activitats en temes aplicats, com l'estudi de bioindicadors, biodeterioració, malherbologia, etc., i al Departament de Biologia Vegetal de la Universitat de Barcelona trobem línies de recerca sobre aspectes orientats a la gestió d'espais naturals.

4.2. Organismes. Estudis funcionals

En el món vegetal, els llocs on es treballa en aspectes funcionals de la biologia d'organismes i sistemes són el Departament de Biologia Vegetal de la Universitat de Barcelona, el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, el Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona, el Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona, l'Institut de Ciències del Mar i el Centre d'Estudis Avançats de Blanes, del Consell Superior d'Investigacions Científiques, i el Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal i Sanitària i Edafologia de la Universitat de Barcelona.

Els temes tractats en el Departament de Biologia Vegetal de la Universitat de Barcelona es relacionen amb el funcionament de la planta en el medi natural, amb respiració i fotomorfogènesi (per exemple, estudi dels efectes de diòxid de carboni atmosfèric sobre la respiració, o bé dels moviments foliars nictinàstics), i amb el funcionament de les plantes en condicions d'estrès (tant en aspectes bàsics com aplicats, per exemple, a la regeneració del paisatge amb plantes autòctones). Al Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals hom treballa en la recerca d'índexs espectromètrics per a l'avaluació de l'estat fisiològic de la planta, i en les respostes de les plantes a diferents condicions ambientals (enriquiment en diòxid de carboni, sequera, etc.). Al Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona hom treballa també en temes relacionats amb el funcionament de les plantes en condicions d'estrès. Els estudis desenvolupats al Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona es polaritzen en la biologia en relació amb el medi de determinades espècies arbòries mediterrànies, i en l'ecofisiologia de macroalgues i fanerògames marines. Temes relacionats amb la biologia de macroalgues i fanerògames marines són també conreats al Centre d'Estudis Avançats de Blanes, mentre que a l'Institut de Ciències del Mar hom treballa amb aspectes biològics del fitoplàncton i bacterioplàncton. Per últim, al Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal i Sanitària i Edafologia de la Universitat de Barcelona hom desenvolupa una línia d'investigació sobre ecofisiologia d'espècies vegetals marines d'interès comercial.

En el món animal, els departaments que porten a terme treballs sobre aspectes funcionals són el Departament de Fisiologia, el d'Ecologia i el de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona; el Departament de Biologia Cel·lular i Fisiologia, i el de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona. Al Consell Superior d'Investigacions Científiques, treballen en aspectes funcionals tant l'Institut de Ciències del Mar com el Centre d'Estudis Avançats de Blanes, i l'Institut de Biologia Molecular de Barcelona.

Entre les línies de treball del Departament de Fisiologia de la Universitat de Barcelona, cal esmentar les esmerçades en l'estudi de la hipòxia, i les de fisiologia de peixos. Aquestes darreres són les que més escauen en l'àrea de la biologia d'organismes i sistemes, i toquen temes molt variats, des d'energètica i metabolisme fins a aspectes endocrins comparats, tot passant per estudis aplicats (creixement, reproducció, patologies) a espècies amb interès en aqüicultura. Aquests tipus de línies relacionades amb l'estudi fisiològic d'espècies de peixos amb interès comercial són

també desenvolupats als departaments de Biologia Cel·lular i Fisiologia (estudi d'estressos) i el de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia (aspectes de patologia) de la Universitat Autònoma de Barcelona. Pel que fa a temes relacionats amb aqüicultura, cal esmentar també les línies de recerca en aquest sentit del Departament de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona. Al Departament d'Ecologia de la mateixa universitat hom estudia l'ecofisiologia d'animals marins (invertebrats de grups diversos, peixos d'interès comercial, organismes indicadors), temes que són també objecte d'estudi a l'Institut de Ciències del Mar i al Centre d'Estudis Avançats de Blanes, en algun cas amb orientació aplicada. A l'Institut de Biologia Molecular de Barcelona, i més en concret, al Departament de Fisiologia i Biodiversitat Molecular hom treballa en la fisiologia dels insectes, amb nivells d'anàlisi que van des del morfològic fins al molecular.

4.3. Ecologia

Pel que fa a l'ecologia terrestre, comprnent l'estudi de les aigües dolces, els departaments i centres més directament implicats en aquests temes són: el Departament d'Ecologia i el de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona; el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals i el Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona; el Centre de Recerca d'Alta Muntanya de la Universitat de Barcelona, i el Departament de Ciències Ambientals i l'Institut d'Ecologia Aquàtica de la Universitat de Girona.

Els temes tractats al Departament d'Ecologia de la Universitat de Barcelona s'inclouen en tres grans àrees d'estudi: limnologia, ecologia marina i ecologia de sistemes forestals. En l'àrea de la limnologia s'estudia l'ecologia d'aigües dolces, dinàmica de comunitats, dinàmica de nutrients i qualitat de l'aigua, monitorització i gestió de sistemes aquàtics, influència del clima, i ecotoxicologia de rius. En l'àrea de l'ecologia marina les recerques es centren en els sistemes bentònic i pelàgic, ecologia costanera, estatuariana i oceànica, estudis de comunitats de macròfits, relacions depredador-presa i de competència en comunitats bentòniques, dinàmica de sèston i plàncton, ecotoxicologia, i estudis de reserves marines. En l'àrea de l'ecologia terrestre hom estudia els sistemes forestals mediterranis, dinàmica, successió i regeneració de boscos, estudis dendroecològics, i reconstruccions dendroclimàtiques. Vinculat a la Universitat de Barcelona tenim el Centre de Recerca d'Alta Muntanya, on es tracten temes de limnologia i ecosistemes lacustres d'alta muntanya, canvi ambiental i paleoecologia.

Al Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia de la Universitat Autònoma de Barcelona, deixant a part algunes línies d'ecologia d'invertebrats, d'ecologia evolutiva de plantes i de palinologia adreçada a reconstruccions del passat, la major part dels investigadors treballa en qüestions d'ecologia forestal al Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals. Les línies principals d'aquest centre giren entorn de l'avaluació de la capacitat productiva i estat dels boscos, cicles biogeoquímics i ecologia forestal, dinàmica de la vegetació i resposta a pertorbacions, ecologia del foc i dinàmica forestal i aplicacions silviculturals, ecosistemes tancats, hidrologia i ecosistemes forestals, i ecologia de la restauració. Hom treballa també en ecofisiologia vegetal i canvi global, teledetecció i sistemes d'informació geogràfica, i en alguns temes de biologia del sòl, edafologia i biologia del comportament d'insectes. D'altra banda, al Departament de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona, hom tracta temes de dinàmica de poblacions, tant en grups de vertebrats com d'invertebrats, així com aspectes ecològics de la fauna cavernícola.

A la secció d'ecologia del Departament de Ciències Ambientals (Universitat de Girona) es treballa en temes relacionats amb l'ecologia i gestió dels aiguamolls. Vinculat a la Universitat de Girona tenim l'Institut d'Ecologia Aquàtica, amb una secció de limnologia (qualitat de les aigües dolces i impacte ecològic a les costes) i una secció de microbiologia (diversitat bacteriana en ambients aquàtics, ecologia de bacteris fotosintetitzadors). Tanmateix, la major part de la recerca en ecologia microbiana es concentra als departaments de Microbiologia de la Universitat de Barcelona (estudi de mantells microbians, caracterització de poblacions de bacteriofitoplàncton, biodiversitat bacteriana en les aigües costaneres mediterrànies) i de la Universitat Autònoma de Barcelona (mecanismes reguladors de xarxes tròfiques microbianes en sistemes aquàtics), i a l'Institut de Biologia Fonamental (tapets microbians, poblacions bacterianes en ecosistemes estratificats), al campus de la Universitat Autònoma de Barcelona.

Pel que fa a l'ecologia marina i oceanografia, els centres més importants són l'Institut de Ciències del Mar, a Barcelona, i el Centre d'Estudis Avançats de Blanes, ambdós del Consell Superior d'Investigacions Científiques. Al primer, hom treballa en els grans temes següents: biodiversitat i dinàmica de comunitats marines, cicles biogeoquímics en sistemes litorals i oceànics, biologia de poblacions, influència de les condicions ambientals en les comunitats marines i impacte de l'activitat pesquera en l'ecosistema marí. Al Centre d'Estudis Avançats de Blanes, les línies principals tracten de biologia i ecologia litoral, ecologia química, oceanografia química i dinàmica de poblacions. A part dels dos centres esmentats, també desenvolupen temes d'ecologia marina el Departament de Biologia de la Universitat de Girona (estudi de poblacions de diverses espècies de peixos), el Departament de Biologia Animal de la Universitat de Barcelona (biologia bentònica, esculls artificials) i el Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal i Sanitària i Edafologia de la Universitat de Barcelona (*Caulerpa taxifolia* a la Mediterrània).

5. Finançament

Esbrinar el finançament de les diferents unitats de recerca del present report tal vegada ha estat l'aspecte més complex des del punt de vista de recollida de dades. En principi, vàrem poder obtenir les dades formals de finançament en l'àrea de biologia d'organismes i sistemes relatives a tres fonts principals: les procedents dels projectes de la Unió Europea, les del Pla Nacional i del Pla Sectorial de Promoció General del Coneixement (corresponents a la Comissió Interministerial de Ciència i Tecnologia: CICYT, i a la Direcció General d'Investigació Científica i Tècnica: DGICYT), i les procedents de la Generalitat de Catalunya, en particular del Pla de Recerca de la Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica (CIRIT), 1993-1996.

Aquestes informacions ens les varen proporcionar les diferents administracions o les agències pertinents. Després, per a determinats projectes o certs departaments (normalment aquells que no treballen majoritàriament en l'àrea que ens ocupa), vàrem demanar directament als interessats quin percentatge del pressupost esmerçaven en estudis de biologia d'organismes i sistemes. Tot això ens permeté estimar que, en el període 1990-1996, les tres fonts de finançament abans esmentades varen lliurar un total de 3.367 milions de pessetes que foren destinats a la recerca en la nostra àrea a Catalunya, la qual cosa ens dona una mitjana d'uns 480 milions de pessetes per any. La distribució d'aquest finançament entre les diferents universitats i centres de recerca ha estat representada a la figura 3. A més, sobre la base d'aquestes dades hem pogut calcular com es distribueix el finançament de les diferents universitats i centres de recerca entre les tres fonts esmentades. Aquesta informació l'hem resumida a la figura 4. Destaca la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona (amb una mica més d'un 40 %), seguida pels centres del Consell Superior d'Investigacions Científiques de Barcelona (amb una mica més d'un 30 %), i de la Universitat Autònoma de Barcelona (amb una mica més d'un 10 %).

Tanmateix, la realitat indicava que molts departaments i centres de recerca disposaven de fonts de finançament addicionals a les tres bàsiques esmentades, que, tot i que eren molt atomitzades i d'escassa magnitud individual, quan eren sumades podien representar un percentatge substancial del pressupost. Atès que obtenir el detall de totes les fonts de finançament d'una manera sistemàtica representava una tasca molt difícil, vàrem optar per demanar als diferents departaments una estimació mitjana anual del pressupost destinat a la recerca en l'àrea d'organismes i sistemes en el període 1990-1996. Aquesta informació, tot i que considerem que és una aproximació relativament grollera, ens ha permès estimar que el finançament total en el període 1990-1996 fou d'uns 4.900 milions de pessetes, és a dir, aproximadament un 45 % més d'allò que ens donava el finançament de les tres fonts institucionals esmentades al començament. Això ens situaria en una mitjana d'uns 700 milions de pessetes per any. Aquest 45 % addicional, que prové, sobretot, de contractes amb entitats privades i d'ajuts de fundacions, es distribueix de manera força irregular per les diferents universitats i centres de recerca. Val a dir, però, que en els que tenen un component aplicat més ampli, com són ara el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals o el Centre de Cabrils de l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries, el percentatge pot arribar a assolir el 50 %.

6. Resultats

En els tres darrers capítols hem descrit l'esforç esmerçat en l'àrea de la biologia d'organismes i sistemes, tant en termes de personal com de finançament, i hem donat una idea qualitativa dels temes on s'adreça aquest esforç. En el present capítol descriurem els resultats obtinguts, tot centrant-nos en les tesis doctorals realitzades i en els treballs publicats en revistes científiques i en llibres.

6.1. Tesis doctorals

Les tesis doctorals són uns veritables motors de la recerca en qualsevol àrea. Defineixen les línies actuals dels grups i en generen la major part de les publicacions. És per això que un seguiment detallat de les tesis doctorals realitzades és un bon reflex de la situació general a l'àrea.

Per al present report hem estudiat el període comprès entre 1990 i 1996, en el qual el nombre total de tesis doctorals defensades a Catalunya en l'àrea que ens ocupa ha estat de 302. A la figura 5 hom pot veure el nombre de tesis doctorals defensades cada any a les universitats catalanes entre 1990 i 1996. Tret d'un pic no gaire aparent que es produí l'any 1993, amb 58 tesis, en general s'observa una certa estabilització a l'entorn de 40 tesis per any.

A la figura 6 podem veure com es distribueixen aquestes tesis entre les diferents universitats. No consten els centres de recerca no universitaris, atès que les tesis doctorals realitzades en aquests centres són presentades i queden registrades a les universitats. Aquest fet produeix alguna distorsió de les dades (figura 5). Així, el nombre de tesis presentades a la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona és més alt del que podríem esperar en considerar la proporció de personal que hem vist a la figura 1. Aquest alt nombre de tesis es deu, sobretot, al fet que bona part de les que es realitzen als centres de recerca no universitaris, en particular del Consell Superior d'Investigacions Científiques, es presenten en aquesta facultat.

6.2. Publicacions científiques

Com ja hem explicat a la introducció, per obtenir la informació sobre les publicacions científiques vàrem utilitzar la base de dades Biosis, amb els camps indicats a la taula 1. Així es varen obtenir els llistats de publicacions anuals en el període comprès entre 1990 i 1996, llistats que incloïen el títol del treball, tots els autors i la referència bibliogràfica. Aquests llistats es revisaren manualment per eliminar tots aquells treballs que no esqueien en l'àrea de la biologia d'organismes i sistemes, i que sovint es tractava o bé de treballs de química ambiental que no es podien deslligar del camp «ecologia; biologia ambiental»; o bé es tractava de treballs de biologia molecular o de bioquímica experimental, que no es podien deslligar dels camps de fisiologia; o bé de paleontologia, que venien lligats al camp «regions i estructures del cos dels invertebrats, paleobiologia» (vegeu la taula 1). Aquest «soroll de fons», difícil d'evitar a l'hora de dissenyar els camps, representava a l'entorn d'un 30 % en tots els anys considerats (entre un 33 % com a màxim l'any 1996 i un 26 % com a mínim l'any 1993).

Després d'eliminar aquest percentatge de soroll de fons, el nombre de publicacions de biologia d'organismes i sistemes aparegudes cada any i recollides en la base de dades Biosis ha estat representat a la figura 7. Allò més aparent del gràfic resultant és l'increment progressiu del nombre de publicacions entre els anys 1990 i 1995, i una certa davallada l'any 1996. A més, en contrastar el llistat de publicacions que proporciona la base Biosis, amb la relació de revistes incloses al *Science citation index*, es pot extreure el nombre de publicacions fetes en aquestes revistes, que són les que es poden considerar de més difusió. Aquestes dades han estat incloses també als histogrames de la figura 7. Hom pot veure que el perfil és aproximadament paral·lel a l'anterior, i que els articles publicats en revistes incloses al *Science citation index* representen aproximadament un 65 % de les totals recollides a la base Biosis. Val a dir, a més, que la meitat aproximadament d'aquests articles foren publicats en revistes que se situen en el terç superior de la llista ordenada per índex d'impacte de cada especialitat.

A partir del nombre total de publicacions en revistes incloses al *Science citation index* entre 1990 i 1996, que era de 988, vàrem estudiar quin percentatge d'aquestes corresponia a cadascuna de les universitats i centres de recerca de Catalunya. Els resultats d'aquests càlculs han estat resumits a la figura 8. És ben palès que aquestes publicacions es concentren a la Facultat de Biologia de la Universitat de Barcelona (comprentent el Centre de Recerca d'Alta Muntanya), als centres del Consell Superior d'Investigacions Científiques i a la Facultat de Ciències de la Universitat Autònoma de Barcelona (comprentent el Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals, i l'Institut de Biologia Fonamental).

D'altra banda, per tenir una idea de quin percentatge de les publicacions reals recollia la base de dades, vàrem fer una enquesta i vàrem obtenir la llista de publicacions de 35 investigadors vinculats professionalment a alguna universitat o centre de recerca i de 37 investigadors independents, alhora que extrèiem les publicacions d'aquests mateixos investigadors a través de la base Biosis. La comparació d'ambdues sèries de dades permeté estimar quin percentatge de publicacions quedaven recollides a la base de dades. Els resultats varen indicar que la base de dades recull a l'entorn d'un 70 % del total dels treballs dels investigadors vinculats, mentre que aquest percentatge és d'una mitjana del 40 % en el cas dels investigadors independents. Això vol dir que les dades quantitatives obtingudes tan sols a partir de la base Biosis (figura 7) haurien de multiplicar-se per un factor d'entre 1,4 i 2,5 per tenir una idea més propera a la realitat del nombre total de treballs publicats.

A més, a partir d'aquesta mostra de 72 investigadors, es va estimar el nombre total de publicacions per investigador, quines d'elles estaven publicades en revistes recollides al *Science citation index*, i en quina llengua havien aparegut (català, castellà o d'altres, que en un 90 % aproximadament dels casos era anglès). Abans d'entrar a comentar els resultats de les quantificacions fetes a partir d'aquesta enquesta, cal advertir que es tracta d'una mostra limitada, que els valors esmentats són mitjanes i que tenen una desviació molt gran (a l'entorn del 90 % de la mitjana mateixa), i que sempre ens referim a la totalitat del període 1990-1996. Dit això, la mostra d'enquestats indica que els investigadors vinculats publiquen una mitjana d'uns 21 treballs, dels quals quelcom més d'una tercera part (un 40 %) estan publicats en revistes recollides en el *Science citation index*. Els investigadors independents publiquen una mitjana d'uns 12 treballs dels quals una dècima part aproximadament (un 9 %) són publicats en revistes recollides al *Science citation index*. Quant a la llengua usada en les publicacions, en els investigadors vinculats els percentatges són: 15 % en català, 27 % en castellà i 58 % en altres llengües; mentre que en el cas dels investigadors

independents els percentatges són: 38 % en català, 36 % en castellà i 26 % en altres llengües. Com hem esmentat suara, d'aquestes altres llengües la majoritària és, de lluny, l'anglès. Finalment, a partir del nombre total de publicacions estimades, del nombre d'investigadors que hi ha de les diferents característiques, i de la mitjana d'autors per treball (que és de 3,2), podem estimar que a l'entorn d'un 25 % de les publicacions totals (és a dir, no tan sols les recollides, sinó també les ignorades per la base Biosis) de biologia d'organismes i sistemes fetes a Catalunya en el període estudiat porten la signatura d'almenys un investigador independent.

7. Referències externes

En aquest apartat comparem les realitzacions fetes a Catalunya en l'àrea de la biologia d'organismes i sistemes amb les que es produeixen en països del nostre entorn geogràfic. Amb aquesta finalitat hem triat els països següents: Espanya (excloent-ne Catalunya), França, Itàlia, Alemanya, Regne Unit, Holanda, Suècia i Bèlgica.

Aquests països han estat triats simplement per proximitats geogràfiques i culturals. Les diferències de grandària es poden corregir amb les dades demogràfiques i del producte interior brut, de manera que es puguin interpretar millor les comparacions. Hauríem volgut fer comparacions quant a esforç de recerca esmerçat (nombre d'investigadors i grups que treballen en l'àrea a cadascun d'aquests països, o bé finançament, per exemple), però les dificultats per obtenir les dades corresponents no ens ho ha permès. Tampoc hem pogut obtenir dades mínimament representatives sobre tesis doctorals. Així doncs, la comparació s'ha basat en les publicacions científiques, tot utilitzant la mateixa base de dades Biosis, després de canviar apropiadament els definidors geogràfics, i fer la mateixa correcció de percentatge de «soroll de fons» trobat en el cas de Catalunya.

Així doncs, a la figura 9 hom pot veure l'evolució del nombre de publicacions sobre biologia d'organismes i sistemes en cadascun d'aquests països entre l'any 1990 i 1996. En tots els països s'observa un increment progressiu del nombre de publicacions, tot i que la quantitat mitjana d'aquestes és característica de cadascun d'ells. Per veure millor les diferències absolutes hem representat en un mateix histograma (figura 10) el nombre total de publicacions de l'any 1996 per als diferents països.

Finalment, per comparar millor la producció de publicacions d'aquests països amb la de Catalunya, hem triat l'any 1996 i hem utilitzat les dades demogràfiques i del producte interior brut corresponents a l'any anterior (que és quan devien generar-se majoritàriament les publicacions del 1996), dades que indiquem a la taula 4. A la figura 11 hom pot veure la relació entre el nombre de publicacions i la població, i a la figura 12, la relació entre el nombre de publicacions i el producte interior brut. En general, els índexs de Catalunya són superiors als d'Alemanya i Itàlia, i inferiors als de Suècia, Holanda i el Regne Unit. Les diferències respecte a França, Bèlgica i la resta d'Espanya semblen poc rellevants.

8. Conclusions i suggeriments

Fins aquí hem vist les dades aplegades sobre la recerca en biologia d'organismes i sistemes a Catalunya en aquests darrers anys, i que donen ja una idea esquemàtica de la qüestió. Escau, ara, fer una anàlisi i interpretació d'aquestes dades, per tal d'extreure'n conclusions i aportar suggeriments que puguin contribuir a millorar-ne la situació.

8.1. Personal

Pel que fa a personal (capítol 3), hem estimat que hi ha 380 investigadors, 229 investigadors en formació i 73 persones que exerceixen funcions auxiliars a la investigació, que es distribueixen per un total de 26 departaments universitaris o centres de recerca de Catalunya (taula 1, figura 1). A més, a aquest personal cal afegir-hi els 365 investigadors independents censats en el present estudi.

Ja hem vist que la relació entre investigadors vinculats a universitats i centres de recerca i investigadors en formació era d'entre 0,5 i 1, que sembla baixa, però no pot titllar-se d'exageradament desequilibrada. La que sí que és clarament desequilibrada és la d'entre 0,1 i 0,2 que es dona entre investigadors i personal amb funcions auxiliars. És clar que caldria millorar aquesta relació amb la incorporació de més personal d'aquest tipus a les universitats i centres de recerca.

D'altra banda, el nombre d'investigadors dins l'àrea no hauria d'estancar-se ni reduir-se, sinó créixer de manera assenyada, és a dir, amb la incorporació d'aquells investigadors que, a part del criteri d'excel·lència —que hauria de ser el primer, sempre—, puguin cobrir criteris de complementarietat, d'innovació i de competitivitat (i no de redundància, com passa sovint).

Per a aquestes noves incorporacions desitjables, el millor potencial el tenim en aquells investigadors en període postdoctoral amb contractes temporals, que han assolit una formació sòlida aquí i a fora. La societat ha invertit molt en ells, i constitueixen la millor pedrera amb què podríem comptar, però el cas és que l'estem perdent per manca d'oportunitats professionals. Certament, l'afer que s'està produint amb aquests investigadors amb contracte postdoctoral és estranyament dissortat.

Els 365 investigadors independents representen un capital humà amb el qual també cal comptar. En el camp del coneixement de la biodiversitat, la tasca que desenvolupen és prou significativa, en termes quantitatius i qualitatius, perquè mereixin, si més no, el reconeixement per demanar ajuts per a la recerca. Però no el tenen, i això caldria esmenar-ho, sia obrint la possibilitat que tinguin capacitat per a fer-ho individualment (establint els criteris de qualitat necessaris, és clar), sia a través de grups vinculats a universitats i centres de recerca, o ambdues coses alhora.

8.2. Grups

Des d'un punt de vista quantitatiu, hem comptabilitzat un total de 143 temes i 337 línies d'investigació (capítol 3, figura 2). La relació entre ambdues coses dona una mitjana de 2,4 línies per tema, que sembla raonable, tot i que les dispersions respecte a aquesta mitjana són considerables.

D'altra banda, la relació entre el nombre d'investigadors (380) i de temes (143) ens dona una mitjana de 2,6 investigadors per tema, que sembla un índex baix, sobretot si identifiquem temes i grups, atès que els temes acostumen a articular-se a l'entorn d'un grup de treball coordinat per un investigador. En general, aquest nombre relativament baix d'investigadors per tema, o per grup, pot explicar-se per l'extraordinària diversitat de temes que conté intrínsecament l'àrea de la biologia d'organismes i sistemes (i pel nombre proporcionalment baix d'investigadors que tenim, és clar). Tanmateix, hi ha grups amb temes totalment o parcialment coincidents, de vegades francament redundants, la unió dels quals podria resultar aconsellable.

L'establiment de la figura de grup consolidat per la Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica, la qual hom ha concedit majoritàriament als grups grans, independentment de les àrees i dels temes, ha vingut a propiciar una certa concentració d'investigadors sota objectius similars o comuns. En el període que cobreix aquest report apareixen 32 grups consolidats en la nostra àrea (taula 3), però l'anàlisi de les publicacions dels seus components indica que hi ha casos en què no sembla donar-se una veritable col·laboració entre tots els membres del grup. Aquests casos suggereixen que, més que grups consolidats, de vegades poden propiciar-se unions de conveniència amb l'únic objectiu d'assolir la subvenció corresponent. En aquest sentit cal assenyalar que sempre és millor un grup petit cohesionat i operatiu, que un grup gros artificial, i que determinats temes, com molts dels analitzats aquí, no demanen pas grans grups ni grans infraestructures. En qualsevol cas, les subvencions de l'Administració catalana per a aquest tema són tan poc ambiciosos que no sembla que hagin de poder influir gaire en l'orientació d'una cosa tan complexa com és la dinàmica dels grups de recerca.

8.3. Finançament

El finançament total (capítol 5) se situa entre 480 i 700 milions de pessetes per any, en el període considerat. Si això ho dividim pels 609 investigadors (entre vinculats i en formació, i sense comptar els independents, que no acostumen a participar dels fons per a recerca) surt que cadascun hauria tingut entre 800.000 i 1.150.000 pessetes per any, per fer investigació. És clar que això és una mitjana força grollera i subjecta a grans dispersions, però serveix per a palesar que el pressupost per a aquesta àrea és, en general, més aviat modest. Sobretot si hom té en compte que es tracta d'un finançament que ha de cobrir no tan sols les despeses pròpies de l'execució dels projectes de recerca, sinó també d'altres despeses addicionals, com, per exemple, del manteniment de col·leccions de referència. Aquest, per cert, és un aspecte al qual es dedica poca atenció o nul·la des de les administracions, malgrat el fet que disposar de col·leccions faunístiques i florístiques de referència és una condició indispensable per a l'estudi i la gestió de la biodiversitat a qualsevol país.

Un altre aspecte que les dades permeten analitzar és el de les fonts de finançament (figura 4). Dels recursos que provenen d'agències finançadores de la recerca de les diferents administracions, la font majoritària és la que prové de l'Administració espanyola, després la que ve dels projectes europeus i, a molta distància, la de l'Administració catalana. Aquí, la bona notícia és que els investigadors catalans de l'àrea que ens ocupa són prou competitius a l'hora d'obtenir finançament de la Comunitat Europea. La mala notícia és la migradesa de l'aportació que fa l'Administració catalana.

A les fonts esmentades cal afegir-hi les que provenen de contractes per a la realització de serveis per a les empreses privades o per a l'Administració, i que representen prop d'un terç del

pressupost total. En aquest terreny es barregen temes de recerca aplicada amb d'altres que són més aviat implementacions pràctiques del coneixement científic i tecnològic, de manera que és molt difícil separar unes coses de les altres per donar un balanç que abasti exclusivament allò que tothom estaria d'acord a considerar recerca. Però el que sí que es pot fer és constatar una evolució notable en el món dels estudis de biologia d'organismes i sistemes envers una creixent implicació entre la ciència i els aspectes productius i de gestió que interessin directament a la societat, com veurem també a l'apartat següent.

8.4. Temes d'investigació

La comparació de les tendències generals en la recerca de la biologia d'organismes i sistemes al món (capítol 2) amb els temes d'investigació conreats a Catalunya (capítol 4) suggereix que no hi ha grans discrepàncies entre ambdós nivells. A grans trets, els temes que preocupen al món són els que preocupen als investigadors catalans. Així doncs, treballem en temes de biodiversitat, des dels aspectes taxonòmics bàsics fins a les observacions i manipulacions experimentals en condicions de camp; en temes de biologia funcional, al laboratori i al camp, relacionats amb la interacció i adaptació dels organismes al medi, sovint vinculats amb la problemàtica del canvi global i de les perturbacions; producció biològica i caracterització d'ecosistemes; a part d'un ampli ventall d'orientacions aplicades, des de l'estudi funcional d'organismes amb interès aplicat, tant microscòpics com macroscòpics, del medi terrestre o marí, fins a recerques relacionades amb la biologia de la conservació a diverses escales.

Des d'un punt de vista general, els temes no són gaire diferents dels que poden interessar a un investigador alemany o suec, posem per cas, i la qualitat de la recerca que es fa aquí és apreciable, com ho mostra el fet que molts dels treballs generats són acceptats en revistes internacionals de prestigi. Tanmateix, la distribució d'aquesta recerca de qualitat pels diferents departaments universitaris i centres és molt irregular. En alguns d'aquests cal, encara, fer un esforç de modernització de les metodologies (les tecnologies d'anàlisi a escala molecular, per exemple, han calat poc encara), d'innovació d'idees que amplii el focus a l'hora de triar problemes (en determinats casos l'enfocament és massa localista, tot i que l'interès del problema podria tenir un abast més general), cal encoratjar la recerca de debò, és a dir, la creativa i innovadora, i, quan es fan canvis d'orientació, vetllar per la seva bona marxa. Fóra bo que els criteris de selecció a l'hora d'establir finançaments tinguessin en compte els criteris esmentats més amunt i la consistència dels projectes de recerca, aquests entesos no tan sols com un conjunt d'objectius immediats que demanen finançament *ad hoc*, sinó com a veritables programes que tenen objectius finals a llarg termini, dels quals els objectius immediats són tan sols una etapa.

Finalment, cal subratllar la tendència cada vegada més palesa en molts grups envers els temes de caràcter aplicat, grups que entenen que el finançament de la recerca depèn en bona mesura, no només de l'interès genèric de la societat per la ciència bàsica, o específic per certs temes (canvi global, biodiversitat, etc.), sinó també de l'expectativa que aquesta recerca contribueixi a la millora de la producció o de la gestió de recursos, sia mitjançant la resolució de problemes pràctics, sia per la creació i transmissió d'eines conceptuals i metodològiques que facin possible aquesta millora. Considerem que, amb això, el progrés de la ciència naturalista es pot beneficiar, no tan sols en el finançament, sinó també pel fet de plantejar-se problemes nous que sovint requereixen

el contacte enriquidor amb altres disciplines, alhora que es pot veure condicionat (i fins i tot limitat), en altres casos, per una actitud hiperaplicacionista, com la que sembla caracteritzar algunes polítiques científiques recents.

8.5. Producció científica i balanç

Pel que fa als resultats (capítol 6), expressats en termes de tesis doctorals (figures 5 i 6), el nombre de les presentades és d'unes 40 per any, amb poques variacions. Ja hem subratllat la importància de les tesis doctorals com a motors de la recerca. Els objectius triats condicionaran la tasca investigadora d'una persona, amb el seu supervisor, durant un mínim de tres anys. Les tesis, doncs, orienten una part i una etapa importants dels grups investigadors on es desenvolupen i, per extensió, de la recerca en general. Fóra bo que, a l'hora d'avaluar sollicituds de beques predoctorals, hom concedís la importància que es mereix, tant el tema i projecte de treball proposats com la competència del grup on s'integraria el candidat. L'avaluació basada en primera (i gairebé única) instància, en l'expedient acadèmic del candidat és manifestament incompleta.

Quant al nombre de publicacions científiques (capítol 6, figures 7 i 8), observem un increment sostingut entre 1990 (amb 138 articles recollits a la base de dades Biosis) i 1995 (amb 308 articles). El 1996 es produeix una davallada (amb 260 articles), que tal vegada és irrellevant, però que també podria ser l'inici d'una tendència a la baixa. Cal destacar que un bon percentatge d'aquests articles (a l'entorn del 65 %) han aparegut en revistes incloses al *Science citation index*, i que a l'entorn de la meitat d'aquests articles s'han publicat en revistes situades en el primer terç en els llistats ordenats per índex d'impacte. La comparació amb els països del nostre entorn geogràfic (capítol 7) indica que el nombre de publicacions, en termes relatius (si hom corregeix amb factors demogràfics o del producte interior brut) és superior a Itàlia o Alemanya, i inferior a Suècia, Holanda o el Regne Unit, mentre que les diferències són poc aparents respecte a França, a Bèlgica o a la resta d'Espanya.

El balanç, doncs, sembla positiu, sobretot si hom té en compte el limitat esforç d'inversió que s'ha fet. De vegades, en estudis bibliomètrics, hom fa el quocient entre finançament i publicacions, per obtenir-ne un nombre que pot donar una idea del «cost» de cada publicació en cada àrea. No creiem que sigui un paràmetre aconsellable, perquè els tipus de recerca són molt diversos, i cadascun d'ells demana un volum de despesa característic. Queda apuntat, tanmateix, que el balanç a la nostra àrea és positiu, malgrat la inversió escadussera, i això es deu a dues coses principals. Per una banda, al voluntarisme dels investigadors, que en nombrosos casos han de fer quotidianament el miracle de la multiplicació dels pans i dels peixos. Per una altra banda, al col·lectiu d'investigadors independents, que no costen pràcticament cap cèntim a les agències finançadores de la recerca, però que generen coneixement i publicacions dins de l'àrea.

És clar que un país com cal no hauria de permetre per molt de temps que la salut de la seva ciència depengués d'aquests dos factors. Més amunt ja hem apuntat suggeriments de com esmenar aquesta situació tan peculiar, i tan inestable. La davallada que es produeix en les publicacions l'any 1996 pot caure dins de la variabilitat del «soroll de fons», o bé ser el primer símptoma de desestabilització de la precària situació descrita suara. Els criteris estadístics suggeririen esperar a tenir dades d'un període més llarg per tal d'esbrinar quina de les dues possibilitats passa en realitat, però el seny aconsella que cal començar a treballar en les esmenes ara mateix.

TAULA 1

Llista de camps utilitzats per a buscar les publicacions a la base Biosis

Bacteriologia general i sistemàtica
Biologia del comportament
Biospeleologia
Botànica general i sistemàtica
Distribució animal
Ecologia; biologia ambiental
Fisiologia comparada
Fisiologia, bioquímica i biofísica de plantes
Generalitats i zoologia sistemàtica dels cordats
Generalitats i zoologia sistemàtica dels invertebrats
Generalitats sobre microorganismes
Morfologia experimental i comparada, fisiologia i patologia d'invertebrats
Morfologia i citologia dels bacteris
Morfologia, anatomia i embriologia de plantes
Regions del cos dels cordats
Regions i estructures del cos dels invertebrats, paleobiologia

Departaments universitaris i centres de recerca on es treballa regularment en biologia d'organismes i sistemes¹

<p>Universitat de Barcelona. Facultat de Biologia Departament d'Ecologia Departament de Biologia Animal Departament de Biologia Cel·lular, Animal i Vegetal Departament de Biologia Vegetal Departament de Fisiologia Departament de Genètica Departament de Microbiologia</p>
<p>Universitat de Barcelona. Facultat de Farmàcia Departament de Microbiologia i Parasitologia Sanitàries Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal Sanitària i Edafologia</p>
<p>Universitat Autònoma de Barcelona Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia Departament de Biologia Cel·lular i Fisiologia Departament de Genètica i Microbiologia</p>
<p>Universitat de Girona Departament de Biologia (Microbiologia, Genètica) Departament de Ciències Ambientals (Biologia Vegetal, Biologia Animal i Ecologia)</p>
<p>Universitat de Lleida Departament d'Hortifruïticultura, Botànica i Jardineria Departament de Producció Vegetal i Ciència Forestal</p>
<p>Instituts universitaris propis o adscrits Centre de Recerca d'Alta Muntanya (Universitat de Barcelona) Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (Universitat Autònoma de Barcelona) Institut d'Ecologia Aquàtica (Universitat de Girona) Institut de Biologia Fonamental (Universitat Autònoma de Barcelona)</p>
<p>Consell Superior d'Investigacions Científiques Centre d'Estudis Avançats de Blanes Institut de Biologia Molecular de Barcelona (Centre d'Investigació i Desenvolupament) Institut de Ciències del Mar</p>
<p>Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries Centre de Cabrils</p>
<p>Institut Botànic</p>
<p>Museu de Zoologia</p>

TAULA 3

Grups de recerca que treballen totalment o parcialment en l'àmbit de biologia d'organismes i sistemes considerats a l'obra Recerca a Catalunya del Comissionat per a Universitats i Recerca (Generalitat de Catalunya), publicada al novembre de 1997 en el marc del II Pla de Recerca de Catalunya (1997-2000) (per ordre d'aparició)

<i>Grup</i>	<i>Departament-centre</i>	<i>Organisme</i>
Grup de Botànica Aplicada	Departament d'Hortifruïticultura, Botànica i Jardineria	Universitat de Lleida
Grup de Control Integrat de Plagues	Centre UdL - IRTA	Universitat de Lleida i Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries
Grup de Biodiversitat i Biosistemàtica Vegetal	Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal, Sanitària i Edafologia	Universitat de Barcelona
Grup de Geobotànica i Cartografia de la Vegetació	Departament de Biologia Vegetal	Universitat de Barcelona
Grup de Recursos Vegetals Aquàtics	Departament de Productes Naturals, Biologia Vegetal, Sanitària i Edafologia	Universitat de Barcelona
Grup de Fisiologia de les Plantes en relació amb el Medi Ambient	Departament de Biologia Vegetal	Universitat de Barcelona
Grup de Recerca de Criptogàmia	Departament de Biologia Vegetal	Universitat de Barcelona
Grup de Fisiologia Vegetal	Departament de Biologia Animal, Biologia Vegetal i Ecologia	Universitat Autònoma de Barcelona
Grup de Recerca en Ecologia Aquàtica Continental, GREAC	Departament d'Ecologia	Universitat de Barcelona
Grup d'Ecologia del Zoobentos Marí	Departament d'Ecologia	Universitat de Barcelona
Grup del Canvi Ambiental i Paleocologia	Centre de Recerca d'Alta Muntanya	Universitat de Barcelona
Grup d'Ecologia Aquàtica	Centre d'Estudis Avançats de Blanes	Consell Superior d'Investigacions Científiques
Grup d'Oceanografia Mediterrània	Institut de Ciències del Mar	Consell Superior d'Investigacions Científiques
Grup d'Ecologia Bentònica	Centre d'Estudis Avançats de Blanes	Consell Superior d'Investigacions Científiques
Grup de Recerca d'Ecofisiologia Vegetal i Biogeoquímica	Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals	—
Grup de Dinàmica de la Vegetació	Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals	—
Grup de Biodiversitat, Biologia, Ecologia i Filogènia d'Artròpodes	Departament de Biologia Animal	Universitat de Barcelona

TAULA 3 (Continuació)

Grups de recerca que treballen totalment o parcialment en l'àmbit de biologia d'organismes i sistemes considerats a l'obra Recerca a Catalunya del Comissionat per a Universitats i Recerca (Generalitat de Catalunya), publicada al novembre de 1997 en el marc del II Pla de Recerca de Catalunya (1997-2000) (per ordre d'aparició)

<i>Grup</i>	<i>Departament-centre</i>	<i>Organisme</i>
Grup de Biologia de Vertebrats	Departament de Biologia Animal	Universitat de Barcelona
Grup de Biologia i Ecologia Evolutives del Tetràpodes i Aplicacions a la seva Conservació	Departament de Biologia Animal	Universitat de Barcelona
Grup de Recerca de Biologia i Ecologia de Mamífers Terrestres	Departament de Biologia Animal	Universitat de Barcelona
Grup de Recursos Renovables	Institut de Ciències del Mar	Consell Superior d'Investigacions Científiques
Unitat de Fisiologia d'Insectes	Departament de Fisiologia i Biodiversitat Molecular. Institut de Biologia Molecular de Barcelona	Consell Superior d'Investigacions Científiques
Grup d'Histopatologia de Molluscs Bivalves i Biologia de la Reproducció d'Invertebrats	Departament de Biologia Cel·lular Animal i Vegetal	Universitat de Barcelona
Grup de Regulació i Optimització del Creixement en Espècies de Peixos d'Interès en Aqüicultura	Departament de Fisiologia	Universitat de Barcelona
Grup de Fisiologia Comparada	Departament de Biologia Cel·lular i Fisiologia	Universitat Autònoma de Barcelona
Grup de Biologia i Genètica del Desenvolupament	Departament de Genètica	Universitat de Barcelona
Grup de Biologia Evolutiva	Departament de Genètica i Microbiologia	Universitat Autònoma de Barcelona
Laboratori d'Ictiologia Genètica	Departament de Biologia	Universitat de Girona
Grup de Desenvolupament i Aplicació de Mètodes Microbiològics per a Estudis Ambientals	Departament de Microbiologia	Universitat de Barcelona
Grup de Genètica de Poblacions Bacterianes	Departament de Microbiologia i Parasitologia Sanitàries	Universitat de Barcelona
Grup de Microbiologia de l'Institut de Biologia Fonamental	Institut de Biologia Fonamental	Universitat Autònoma de Barcelona
Grup d'Ecologia Microbiana d'Ambients Aquàtics Anaeròbics	Institut d'Ecologia Aquàtica	Universitat de Girona

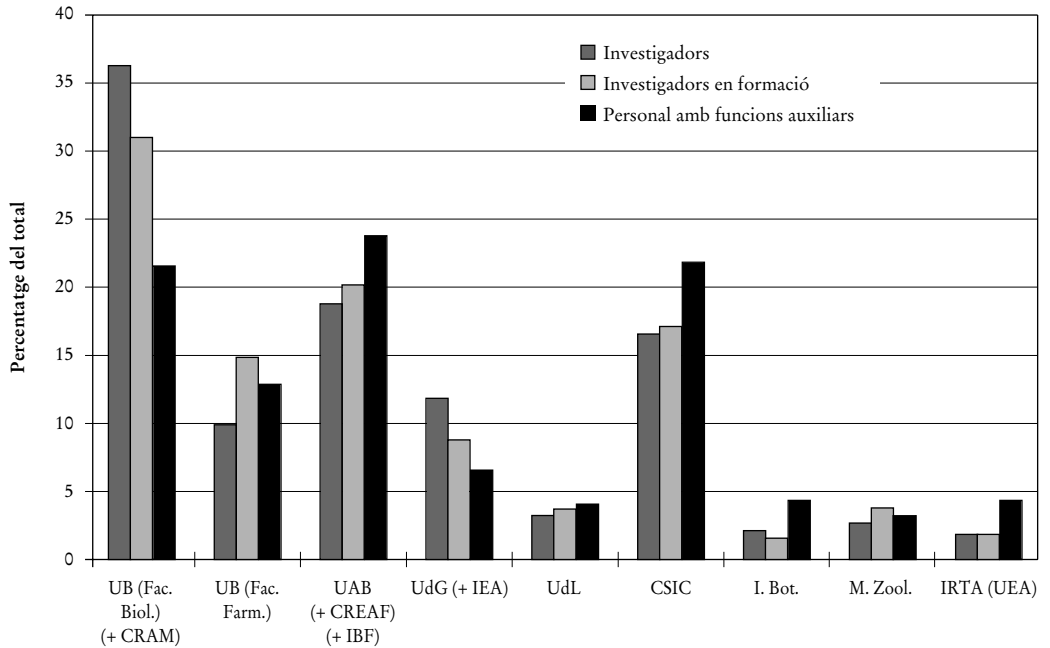
TAULA 4

Dades de població (en milions de persones) i del producte interior brut (PIB, en milers de milions de dòlars) corresponents a Catalunya i a diferents països del seu entorn i referides a l'any 1995

<i>País</i>	<i>Població</i>	<i>PIB</i>
Catalunya	6,1	100,7
Suècia	8,83	214
Bèlgica	10,11	269,2
Holanda	15,45	361,6
Espanya (sense Catalunya)	33,1	430
Itàlia	57,2	885
França	58	1.432,1
Regne Unit	58,3	1.080,1
Alemanya	81,6	2.207,8

FIGURA 1

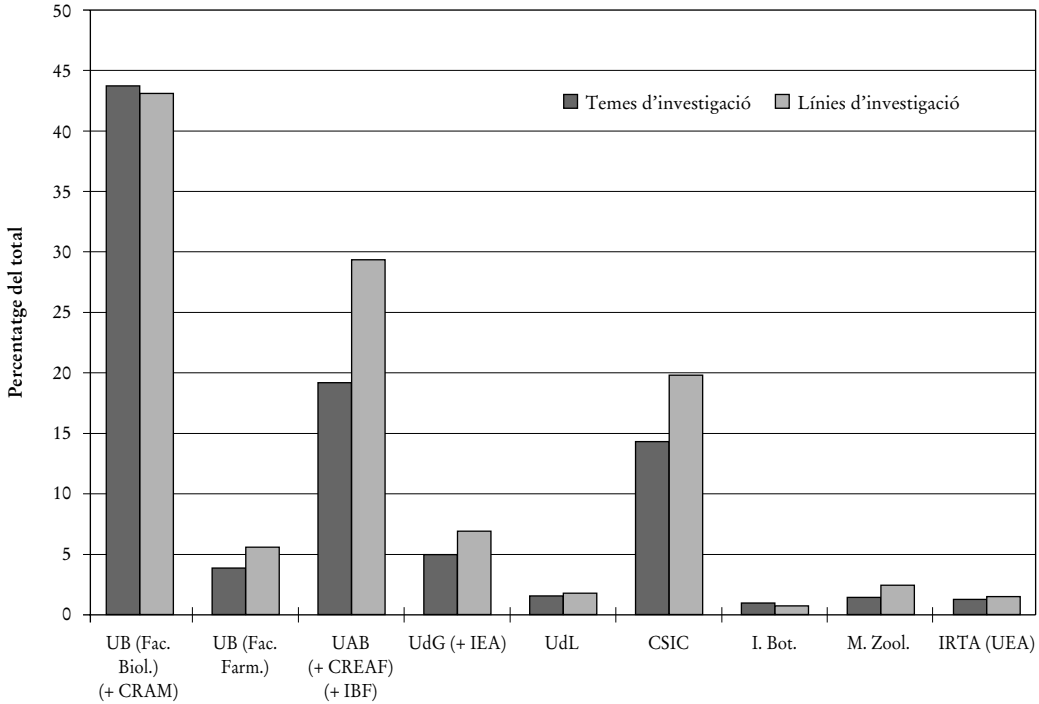
Distribució del personal que treballa en investigació en biologia d'organismes i sistemes entre les universitats i centres de recerca de Catalunya. Els percentatges es refereixen a un total de 380 investigadors, 229 investigadors en formació i 73 persones amb funcions auxiliars



Clau de les abreviacions: CRAM (Centre de Recerca d'Alta Muntanya), CREAM (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals), CSIC (Consell Superior d'Investigacions Científiques), Fac. Biol. (Facultat de Biologia), Fac. Farm. (Facultat de Farmàcia), IBF (Institut de Biologia Fonamental), I. Bot. (Institut Botànic), IEA (Institut d'Ecologia Aquàtica), IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries), M. Zool. (Museu de Zoologia), UAB (Universitat Autònoma de Barcelona), UB (Universitat de Barcelona), UdG (Universitat de Girona), UdL (Universitat de Lleida), UEA (Unitat d'Entomologia Aplicada).

FIGURA 2

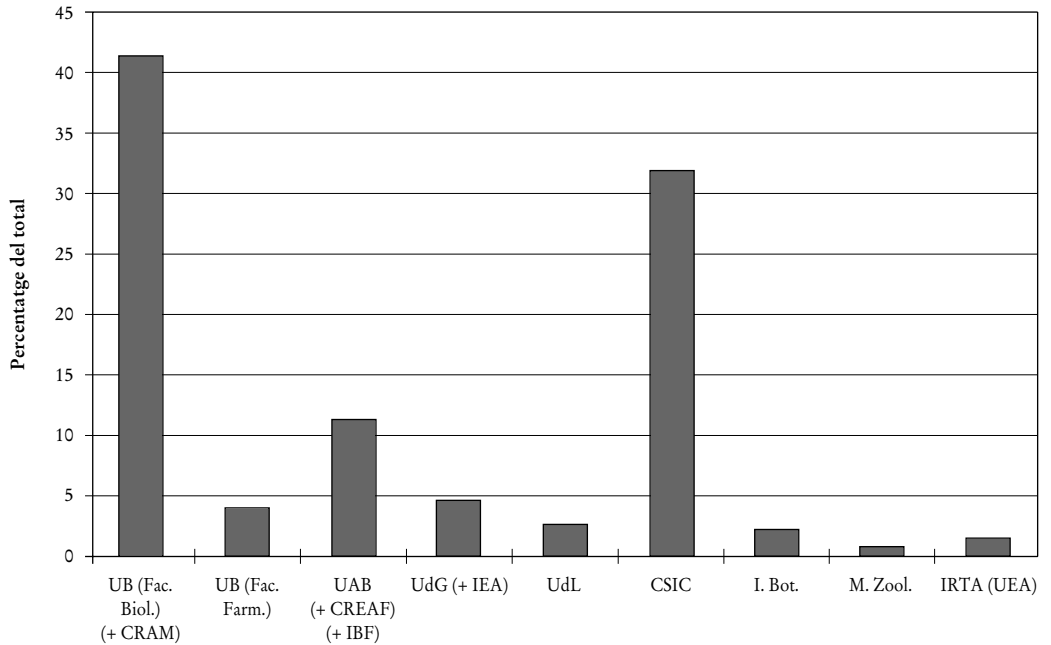
Distribució dels temes i línies d'investigació en biologia d'organismes i sistemes entre les universitats i centres de recerca de Catalunya. Els percentatges es refereixen a un total de 143 temes i 337 línies d'investigació



Clau de les abreviacions: CRAM (Centre de Recerca d'Alta Muntanya), CREAF (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals), CSIC (Consell Superior d'Investigacions Científiques), Fac. Biol. (Facultat de Biologia), Fac. Farm. (Facultat de Farmàcia), IBF (Institut de Biologia Fonamental), I. Bot. (Institut Botànic), IEA (Institut d'Ecologia Aquàtica), IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries), M. Zool. (Museu de Zoologia), UAB (Universitat Autònoma de Barcelona), UB (Universitat de Barcelona), UdG (Universitat de Girona), UdL (Universitat de Lleida), UEA (Unitat d'Entomologia Aplicada).

FIGURA 3

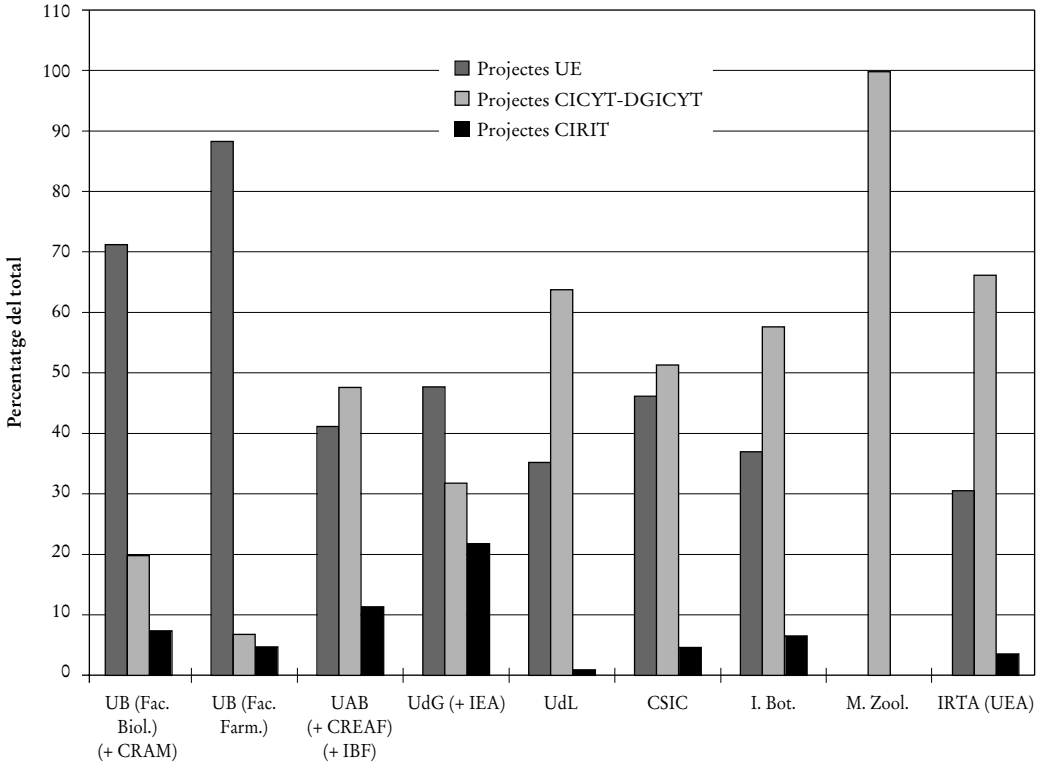
Distribució del finançament destinat a la recerca en l'àrea de la biologia d'organismes i sistemes en el període 1990-1996 entre les universitats i centres de recerca de Catalunya, i provinent de fonts de l'Administració europea (projectes UE), de l'Administració espanyola (projectes CICYT-DGICYT) i de la catalana (projectes CIRIT). Els percentatges es refereixen a un total de 3.327 milions de pessetes esmerçats en la totalitat del període esmentat



Clau de les abreviacions: CRAM (Centre de Recerca d'Alta Muntanya), CREAF (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals), CSIC (Consell Superior d'Investigacions Científiques), Fac. Biol. (Facultat de Biologia), Fac. Farm. (Facultat de Farmàcia), IBF (Institut de Biologia Fonamental), I. Bot. (Institut Botànic), IEA (Institut d'Ecologia Aquàtica), IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries), M. Zool. (Museu de Zoologia), UAB (Universitat Autònoma de Barcelona), UB (Universitat de Barcelona), UdG (Universitat de Girona), UdL (Universitat de Lleida), UEA (Unitat d'Entomologia Aplicada).

FIGURA 4

Distribució del finançament de les diferents universitats i centres de recerca destinat a la recerca en biologia d'organismes i sistemes (període 1990-1996) entre projectes UE, projectes CICYT-DGICYT i projectes CIRIT²



Clau de les abreviacions: CRAM (Centre de Recerca d'Alta Muntanya), CREAM (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals), CSIC (Consell Superior d'Investigacions Científiques), Fac. Biol. (Facultat de Biologia), Fac. Farm. (Facultat de Farmàcia), IBF (Institut de Biologia Fonamental), I. Bot. (Institut Botànic), IEA (Institut d'Ecologia Aquàtica), IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries), M. Zool. (Museu de Zoologia), UAB (Universitat Autònoma de Barcelona), UB (Universitat de Barcelona), UdG (Universitat de Girona), UdL (Universitat de Lleida), UEA (Unitat d'Entomologia Aplicada).

2. Vegeu la figura 3.

FIGURA 5

Nombre total de tesis doctorals de biologia d'organismes i sistemes defensades cada any a les universitats catalanes en el període 1990-1996

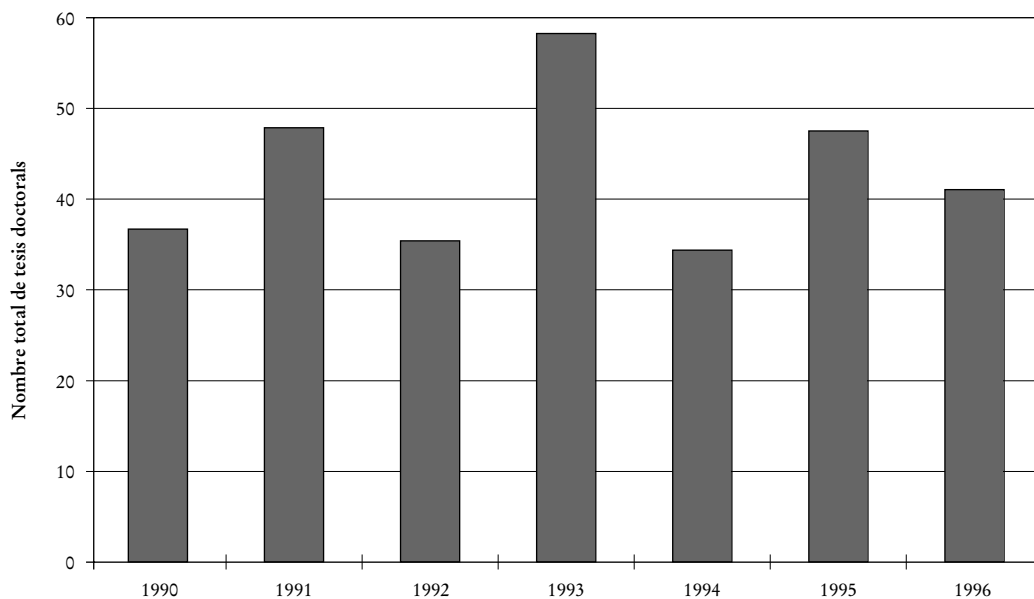
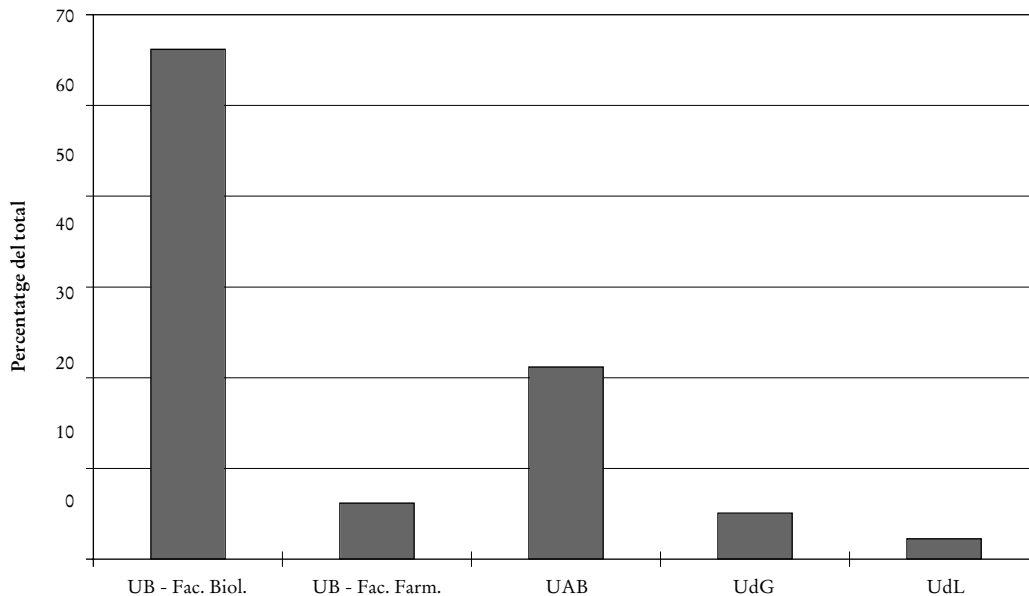


FIGURA 6

Distribució de les tesis doctorals de biologia d'organismes i sistemes defensades a Catalunya entre les diferents universitats. El període considerat és entre 1990 i 1996, i el total de tesis doctorals presentades en aquest període és de 302, al qual es refereixen els percentatges del gràfic



Clau de les abreviacions: Fac. Biol. (Facultat de Biologia), Fac. Farm. (Facultat de Farmàcia), UAB (Universitat Autònoma de Barcelona), UB (Universitat de Barcelona), UdG (Universitat de Girona), UdL (Universitat de Lleida).

FIGURA 7

Publicacions fetes a Catalunya sobre biologia d'organismes i sistemes entre 1990 i 1996 distribuïdes per anys. S'han representat les recollides a la base de dades Biosis i, d'aquestes, les que corresponen a revistes incloses al Science citation index

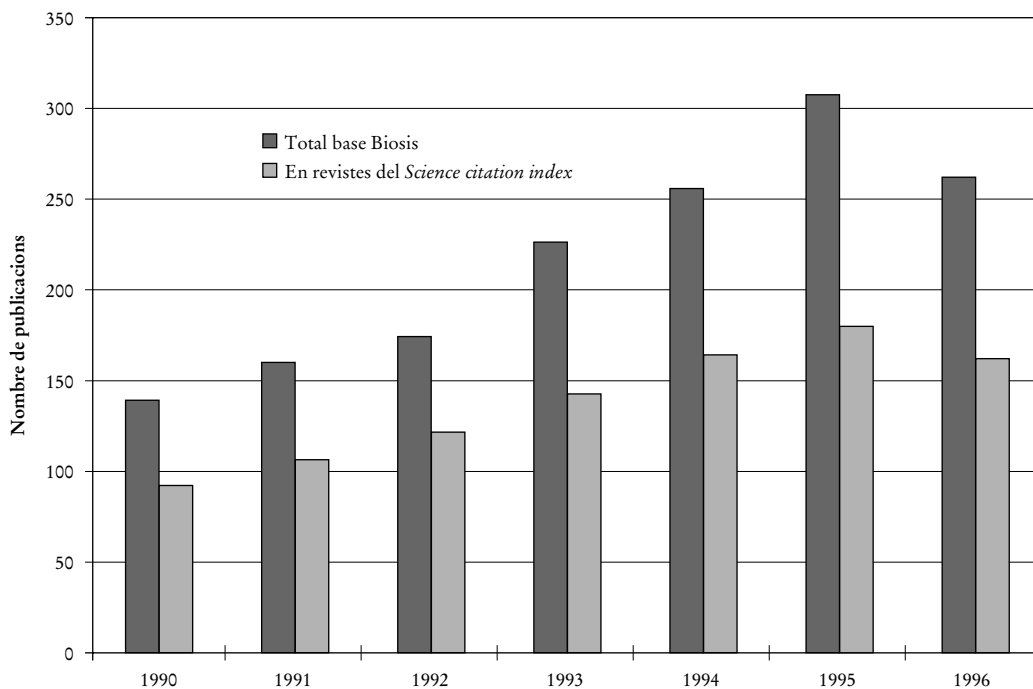
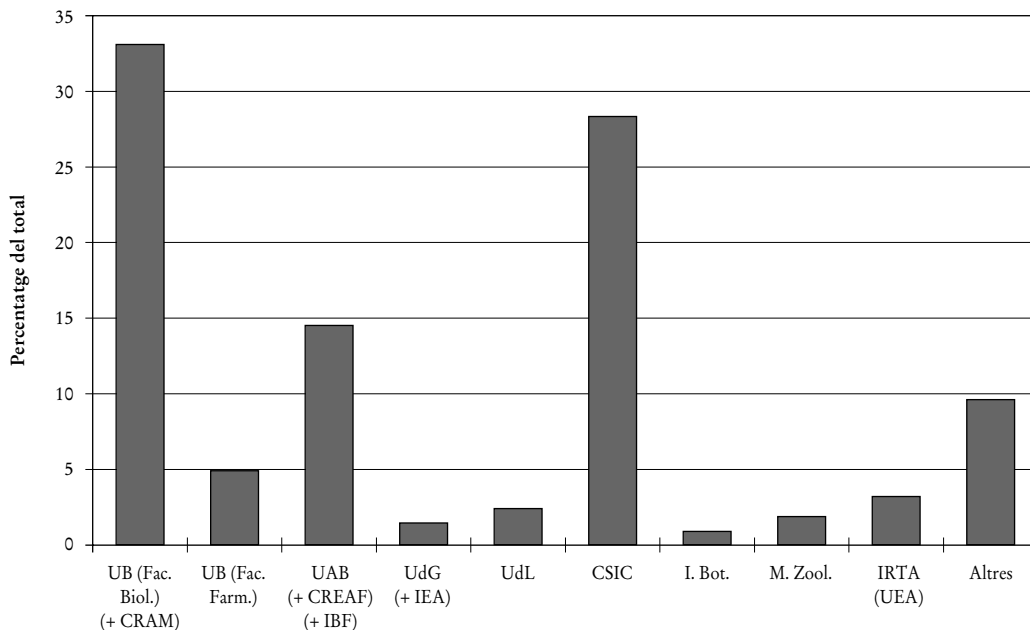


FIGURA 8

Distribució de les publicacions en revistes incloses al Science citation index en el període 1990-1996, entre les universitats i centres de recerca de Catalunya. Els percentatges es refereixen a un total de 988 publicacions d'aquesta mena



Clau de les abreviacions: CRAM (Centre de Recerca d'Alta Muntanya), CREAF (Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals), CSIC (Consell Superior d'Investigacions Científiques), Fac. Biol. (Facultat de Biologia), Fac. Farm. (Facultat de Farmàcia), IBF (Institut de Biologia Fonamental), I. Bot. (Institut Botànic), IEA (Institut d'Ecologia Aquàtica), IRTA (Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentàries), M. Zool. (Museu de Zoologia), UAB (Universitat Autònoma de Barcelona), UB (Universitat de Barcelona), UdG (Universitat de Girona), UdL (Universitat de Lleida), UEA (Unitat d'Entomologia Aplicada). *Altres* es refereix a investigadors independents o a articles signats per una mostra molt heterogènia de centres.

FIGURA 9

Evolució del nombre de publicacions sobre biologia d'organismes i sistemes en diversos països de l'entorn català entre l'any 1990 i 1996. Les dades han estat obtingudes a partir de la base Biosis

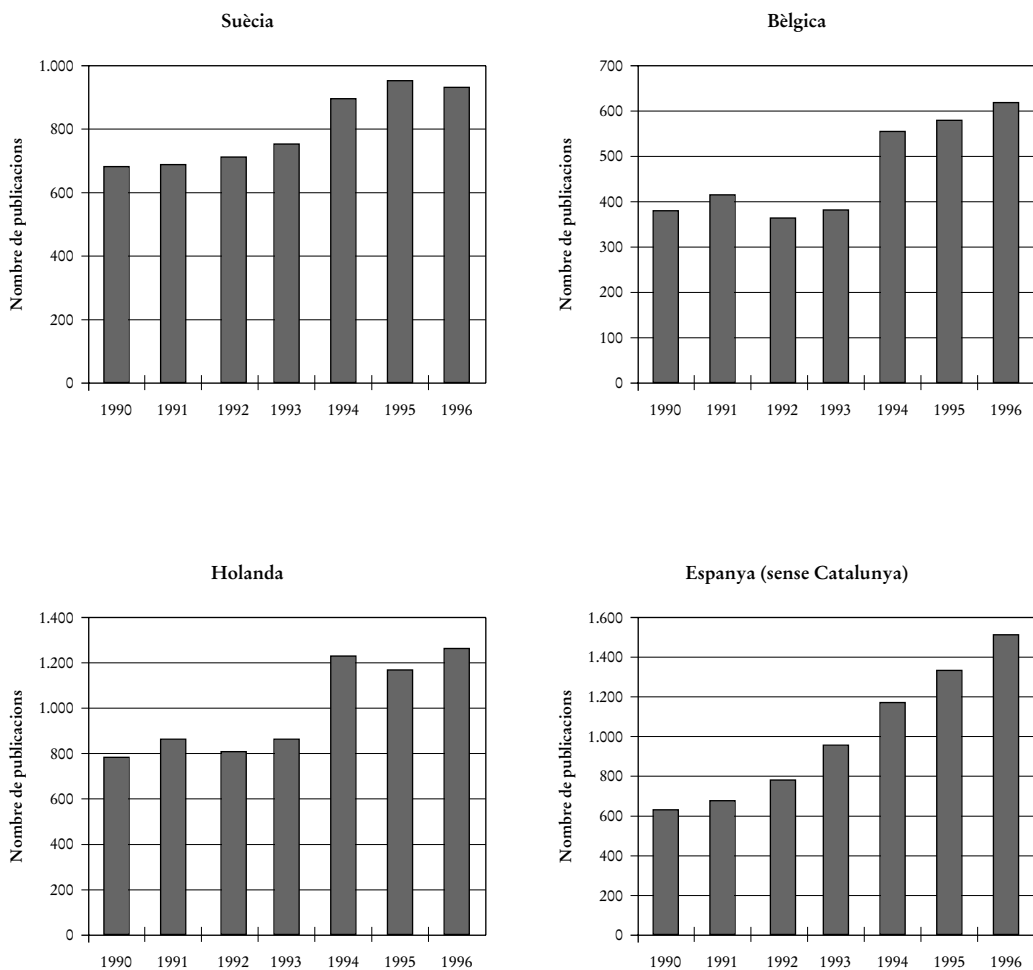


FIGURA 9 (Continuació)

Evolució del nombre de publicacions sobre biologia d'organismes i sistemes en diversos països de l'entorn català entre l'any 1990 i 1996. Les dades han estat obtingudes a partir de la base Biosis

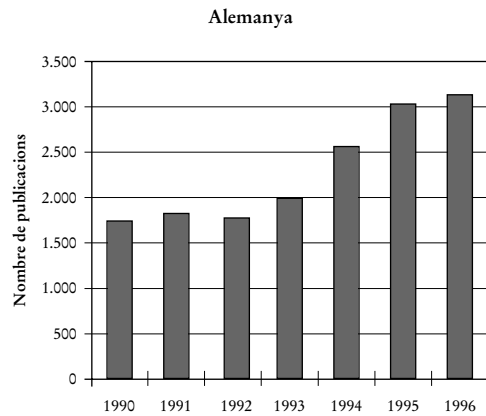
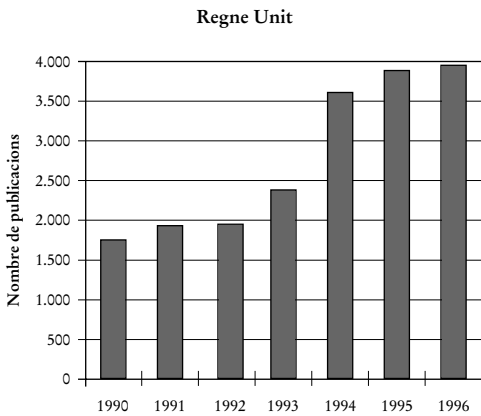
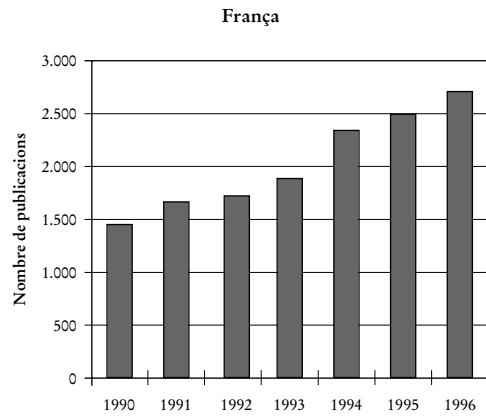
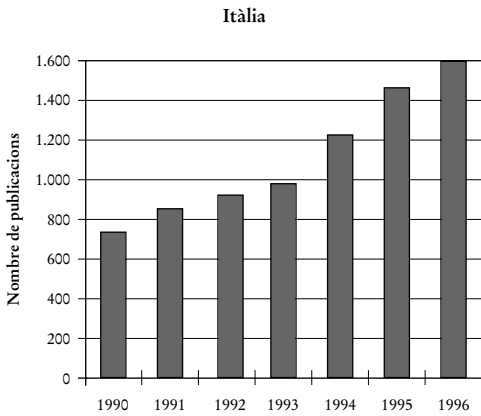


FIGURA 10

Nombre total de publicacions fetes l'any 1996 a Catalunya i a diversos països de l'entorn català, d'acord amb les dades de la base Biosis

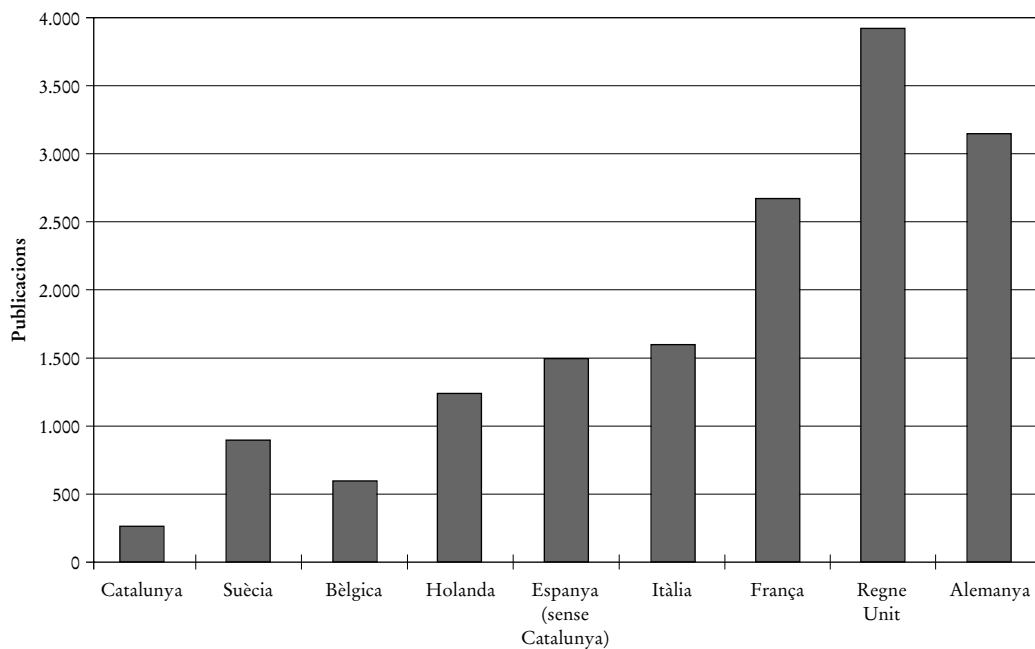


FIGURA 11

Relació entre el nombre de publicacions sobre biologia d'organismes i sistemes recollides a la base Biosis fetes a Catalunya i a diferents països del seu entorn l'any 1996, i la població total (en milions d'habitants) que tenia cada país l'any 1995³

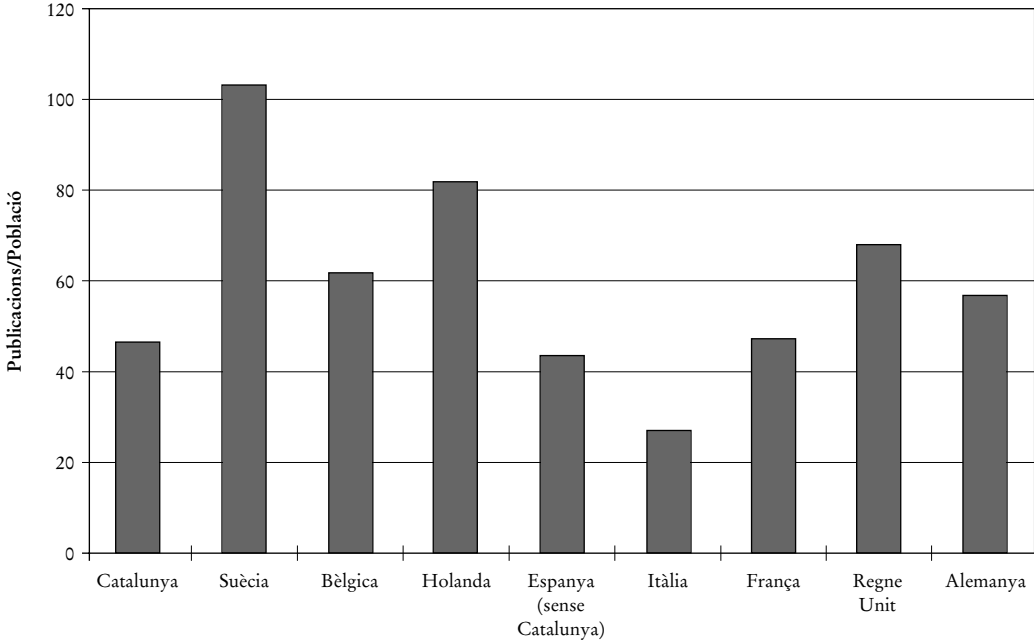
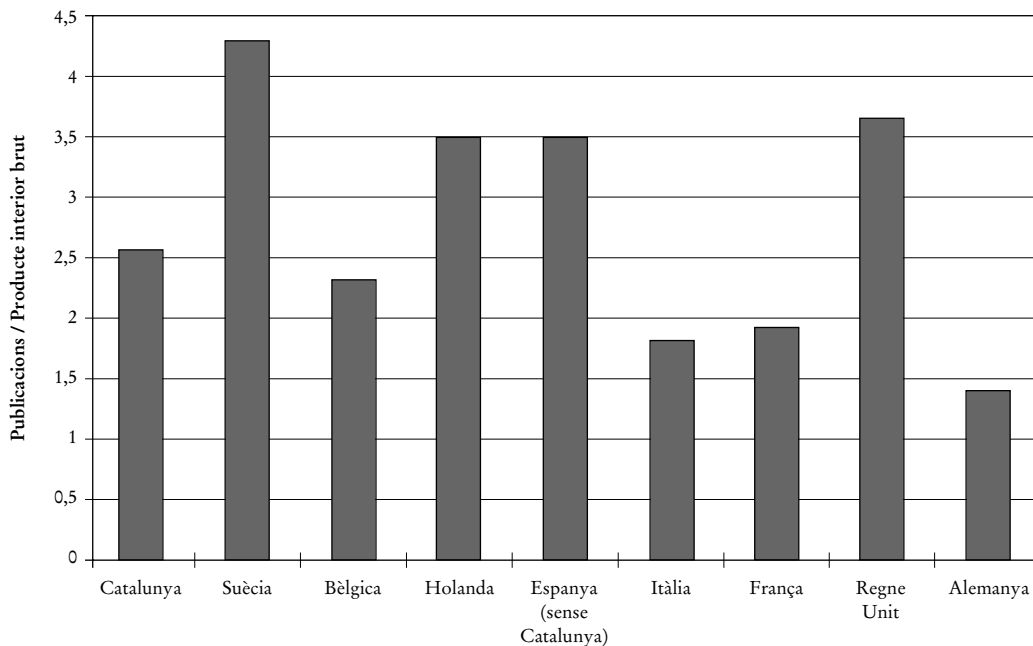


FIGURA 12

Relació entre el nombre de publicacions sobre biologia d'organismes i sistemes recollides a la base Biosis fetes a Catalunya i a diferents països del seu entorn l'any 1996, i el producte interior brut (en milers de milions de dòlars) que tenia cada país l'any 1995⁴



Annex 1

Associacions naturalistes de Catalunya (dades de desembre de 1996)

<i>Nom</i>	<i>Any fundació</i>
ACEM. Associació per a la Conservació i l'Estudi de la Fauna Marina	1995
ACTE. Associació conservacionista de les Terres de l'Ebre	1992
ADENC. Associació per la Defensa i l'Estudi de la Natura	1985
AENA. Associació per a l'Estudi de la Natura de l'Anoia	
Amics de Collserola	1993
Amics de la Natura del Centre Excursionista de Sant Vicenç de Castellet	1987
Amics de les Gavarres	1993
Amics del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà	1990
AMMA. Associació pel Medi Ambient de l'Anoia	1993
ANA. Associació Naturalista d'Arbúcies	1987
ANEC. Associació Naturalista-Ecologista Comarcal	1989
ANEG. Agrupació Naturalista de la Garrotxa	1987
ANG. Associació de Naturalistes de Girona	1981
ANMA. Amics de la Natura i del Medi Ambient	
Anoia Verda i Neta	1986
APC - Amics dels rius. Associació de Pescadors Conservacionistes	1990
APMA. Agrupació per a la Protecció del Medi Ambient del Garraf	1989
APREN. Associació per a la Recuperació de l'Entorn Natural	1990
Associació Ornitològica «Baixa Segarra»	
AVAFES. Associació de Veterinaris per a l'Estudi de la Fauna Exòtica i Salvatge	1992
CPCE. Centre de Protecció de les Cavernes i Entorn	1970
CAMAT. Consell Assessor del Medi Ambient de Tordera	1989
Cànem	1979
CATAM. Centre d'Acció Territorial i Ambiental del Maresme	1990
CCE. Col·lectiu per a la Conservació de l'Entorn	1987
CCO. Centre Català d'Ornitologia	1974
CEDAG. Comissió d'Entitats per a la Defensa de l'Alta Garrotxa	1993
Centre d'Estudis de la Natura del Barcelonès Nord	1985
Centre d'Estudis de la Terra Alta	1982
Centre d'Estudis i Protecció de l'Albera	1986
Centre per a la Interpretació i la Recuperació de la Conca del Besòs	1991
CEPNA. Centre d'Estudis i Protecció de la Natura	
Cipsela	1989
CISEN. Centre per a la Investigació i la Salvaguarda dels Espais Naturals	1986
Col·lectiu «La Morella». Estudi i Defensa dels Ecosistemes Mediterranis	1989
Col·lectiu Bosc Verd	1986
Colectivo ANEM. Agrupación Naturalista de Ecosistemas Mediterráneos	1997
Comam. Centre Recuperació Amfibis i Rèptils de Catalunya	
DENA. Grup de Defensa de la Natura	1994
DEMAB. Defensa del Medi Ambient de Blanes	1988
DEMALL. Defensa del Medi Ambient de Lloret de Mar	1988
DEPANA. Lliga per a la Defensa del Patrimoni Natural	1976

Associacions naturalistes de Catalunya (dades de desembre de 1996) (Continuació)

Nom	Any fundació
El Fanal. Collectiu Cultural i Ecologista del Moianès	1987
El Freixe. Grup de Natura «El Freixe»	1991(?)
Encina	
Eth Paum. Grup d'Estudi de Defensa d'Aran	1988-1996 (absorbit IPCENA)
Flor del Foix. Grup per a la protecció ambiental	1992
GEDAMA. Grup de Defensa dels Animals i el Medi Ambient	1994
GEDENA. Grup per l'Estudi i la Defensa de la Natura del Ripollès	1981
Gençana	1988
GEPEC. Grup d'Estudi i Protecció dels Ecosistemes del Camp de Tarragona	1985
GER. Grup Ecologista Rapitenc	1991
GEU. Grup Ecologista Urgellenc	1991
GEVEN. Grup Ecologista del Vendrell i Baix Penedès	1981
GRODEMA. Grup de Roquetes per a la Defensa del Medi Ambient	1991
Grup Català d'Anellament	1975
Grup d'Anellament Calldetenes-Osona	1987
Grup de Defensa de la Natura del Berguedà	1988
Grup de Defensa del Medi Natural de la Segarra	1991
Grup de Defensa del Ter	1989
Grup de Natura «Pigargo»	1989
Grup de Natura «Sterna»	1990
Grup de Natura. Grup de Natura del Club Muntanyenc Sant Cugat	
Grup Ecologista Escurçó	1995
IAEDEN. Institució Altempordanesa per a la Defensa i Estudi de la Natura	1980
ICHN. Institució Catalana d'Història Natural	1899
IEV - Comissió Natura. Comissió de Natura de l'Institut d'Estudis Vallencs	1980
IPCENA. Institució de Ponent per a la Conservació i l'Estudi de l'Entorn Natural	1990
JEPFA. Joves Ecologistes Protectors de la Fauna Autòctona (actualment s'anomenen «Naturalistes de Terrassa»).	1992
L'Alzina. Collectiu Ecologista l'Alzina	1986
La Carrasca i la Rabosa	1984
Limnos. Associació de Defensa del Patrimoni Natural de Banyoles i comarca	1987
Montserrat. Coordinadora per a la Salvaguarda	1985
Natura. Entitat de Medi Ambient (d'Argenton)	1989
NEAC. Naturalistes en acció	1990
Nereo	
Pigot	1988
Pro Ornith	
Raspinel·l. Grup d'Estudi i Defensa de la Natura	1990
SEO - Calidris. Societat Espanyola d'Ornitologia (Catalunya)	1994
SERNA. Servei a la Natura	
Societat Catalana d'Herpetologia	1982
Societat Catalana de Lepidopterologia	
Societat Catalana de Malacologia	
Societat Catalana de Micologia	

*Publicacions periòdiques editades a Catalunya,
amb continguts de biologia d'organismes i sistemes*

Revistes de temàtica eminentment naturalista

<i>Títol</i>	<i>Ciutat</i>	<i>Tipus</i>	<i>Temàtica</i>
<i>Acta</i> (Grup de Manresa de la Institució Catalana d'Història Natural)	Manresa	Revista	Ciències naturals
<i>Acta Botanica Barcinonensis</i>	Barcelona	Revista	Botànica
(L') <i>Atzavara</i> (Secció de ciències naturals del Museu del Maresme)	Mataró	Butlletí	Ciències naturals
<i>Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural</i>	Barcelona	Butlletí	Ciències naturals
<i>Butlletí de la Societat Catalana d'Herpetologia</i>	Barcelona	Butlletí	Herpetologia
<i>Butlletí de la Societat Catalana de Lepidopterologia</i>	Barcelona	Butlletí	Lepidopterologia
<i>Butlletí de la Societat Catalana de Micologia</i>	Barcelona	Butlletí	Micologia
<i>Butlletí del Centre d'Estudis Naturals BCN-Nord</i>	Santa Coloma	Butlletí	Ciències naturals
<i>Butlletí del Grup Català d'Anellament</i>	Barcelona	Butlletí	Ornitologia
<i>Butlletí del Parc Natural Delta de l'Ebre</i>	Deltebre	Butlletí	Naturalista
<i>Col·loquis de la Societat Catalana de Biologia</i>	Barcelona	Actes	Biologia
<i>Collectanea Botanica</i> (Institut Botànic)	Barcelona	Revista	Botànica
<i>Ecologia Aquàtica</i> (Departament d'Ecologia, Universitat de Barcelona)	Barcelona	Revista	Ecologia
<i>El Bruel</i> (Butlletí dels Amics del Parc Natural dels Aiguamolls de l'Empordà, APNAE)	Castelló d'Empúries	Butlletí	Naturalista
<i>El Buitrón</i>	Barcelona	Butlletí	Ornitologia
<i>Folia Botanica Miscellanea</i>	Barcelona	Revista	Botànica
<i>Historia Animalium</i> (Departament de Zoologia, Universitat de Barcelona)	Barcelona	Revista	Zoologia
<i>Informes Tècnics de Scientia Marina</i>	Barcelona	Revista	Oceanografia
<i>Miscel·lània Zoològica</i> (Museu de Zoologia)	Barcelona	Revista	Zoologia
<i>Orsis</i> (Departament de Biologia Animal, Vegetal i Ecologia, Universitat Autònoma de Barcelona)	Bellaterra	Revista	Ecologia
<i>Pigot</i>	Terrassa	Butlletí	Ornitologia
<i>Publicacions Especials de l'Institut de Ciències del Mar</i>	Barcelona	Publicació	Oceanografia
<i>Revista Catalana de Micologia</i>	Barcelona	Revista	Micologia
<i>Scientia Marina</i> (Institut de Ciències del Mar)	Barcelona	Revista	Oceanografia
<i>Sessió Conjunta d'Entomologia</i>	Barcelona	Revista	Lepidopterologia
<i>Siboc</i> (Butlletí del Centre Català d'Ornitologia, CCO)	Barcelona	Butlletí	Ornitologia
<i>Siseta</i> (Delegació Catalana de la Societat Espanyola d'Ornitologia, SEO-Callidris)	Barcelona	Butlletí	Ornitologia
<i>Spartina</i>	El Prat	Revista	Naturalista
<i>Treballs de l'Institut Botànic de Barcelona</i>	Barcelona		Botànica
<i>Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural</i>	Barcelona	Monografia	Naturalista
<i>Treballs de la Societat Catalana de Lepidopterologia</i>	Barcelona	Full	Lepidopterologia
<i>Treballs del Museu de Granollers - Ciències Naturals</i>			
<i>Treballs del Museu de Zoologia</i>	Barcelona		

Altres publicacions que esporàdicament inclouen articles naturalistes

<i>Títol</i>	<i>Ciutat</i>	<i>Tipus</i>	<i>Temàtica</i>
<i>Actes del Congrés de Metges i Biòlegs en Llengua Catalana</i>	Diverses	Actes	Ciències
<i>Aljub</i>	Flix	Butlletí	Naturalista
<i>Apunts</i> (Centre d'Estudis i Documentació del Baix Montseny)	Sant Celoni	Circular	Ciències naturals
<i>Athene</i> (Mollet)	Mollet del Vallès	Butlletí	Conservació natura
<i>Butlletí de l'Associació de Pescadors Ecologistes, APC</i>	Taradell	Butlletí	Pesca, ictiologia, limnologia
<i>Butlletí de la Institució Atempordanesa per a la Defensa i l'Estudi de la Natura (IAEDEN)</i>	Figueres	Butlletí	Conservació natura
<i>Catalonia</i>	Barcelona		Cultura general
<i>Ciconia</i>	Valls	Butlletí	Conservació natura
<i>Collegats</i>	Tremp	Butlletí	Cultura local
<i>Collserola</i>	Barcelona	Butlletí	Conservació natura
<i>DEPANA en Acció</i>	Barcelona	Butlletí	Conservació natura
<i>Dossiers Agraris</i> (Institució Catalana d'Estudis Agraris)	Barcelona	Revista	Agricultura
<i>Dovella</i>			
<i>Espeleòleg</i> (Secció d'Espeleologia del Centre Excursionista de Catalunya)	Barcelona	Butlletí	Espeleologia
<i>EspeleoSie</i> (Secció d'Espeleologia del Centre Excursionista Àguila de les Corts)	Barcelona	Butlletí	Espeleologia
<i>Exploracions</i> (Espeleo Club Gràcia)	Barcelona	Butlletí	Espeleologia
<i>Fondària</i> (Butlletí del CIB, Club d'Immersion de Biologia)	Barcelona	Butlletí	
<i>Grup de Defensa de la Natura del Berguedà</i>	Berga	Butlletí	Conservació natura
<i>Grup de Defensa del Ter</i>	Manlleu	Full	Conservació natura
<i>Ilerda. Ciències</i> (Institut d'Estudis Ilerdencs)	Lleida	Revista	Ciències
<i>Informatiu del Museu del Prat</i>	El Prat	Butlletí	Conservació natura
<i>Informatiu del Museu de Montsià</i>	Ampostà	Butlletí	Conservació patrimoni
<i>L'Entorn Natural</i> (Centre de Recuperació d'Amfibis y Rèptils de Catalunya = COMAM, col·lectiu Mediambiental de Masquefa)	Masquefa	Butlletí	Protecció fauna
<i>L'Erol</i> (Àmbit de Recerques del Berguedà)	Berga	Revista	Cultura local
<i>La Llúdriga</i>	Banyoles	Butlletí	Conservació natura
<i>La Sitja del Llop. Revista del Montseny</i>	Campins	Butlletí	Naturalista
<i>Lauro</i> (Museu de Granollers)	Granollers	Revista	General
<i>Maresme Verd</i>	Mataró	Butlletí	Ecologia i cultura
<i>Mediterrània</i>	Barcelona	Butlletí	Ecologia i divulgació
<i>Memorias de la Real Academia de las Ciencias y Artes de Barcelona</i>	Barcelona	Quaderns	Ciències
<i>Monografies del Montseny</i>	Viladrau	Revista	Cultura general
<i>Muntanya</i> (Centre Excursionista de Catalunya)	Barcelona	Revista	Excursionisme
<i>Quaderns Agraris</i>	Barcelona	Revista	Agricultura
<i>Quaderns de Natura i de l'Home</i>	Sta. Coloma	Revista	Conservació natura
<i>Raspinel·l</i> (l'Hospitalet)	L'Hospitalet	Butlletí	Ecologisme
<i>Reboll</i>	Montblanc	Butlletí	General
<i>Revista de Banyoles</i>	Banyoles	Revista	General
<i>Revista de Girona</i>	Girona	Revista	General estudis
<i>Scientia Gerundensis</i> (Universitat de Girona)	Girona	Revista científica	Ciències
<i>SIS</i> (Secció d'Espeleologia del Centre Excursionista de Terrassa)	Terrassa	Revista	Espeleologia
<i>Taleia</i>	Ripoll	Revista	General
<i>Treballs de la Societat Catalana de Biologia</i>	Barcelona		
<i>Vitrina</i> (Museu Comarcal Garrotxa)	Olot	Butlletí	Ciència