

REPORTS DE LA RECERCA A CATALUNYA
Geologia

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

REPORTS DE LA RECERCA A CATALUNYA
Geologia

Report redactat sota la coordinació de David Serrat i Salvador Reguant,
amb la col·laboració d'Esteve Cardellach i Pere F. Santanach

BARCELONA, 1997

Biblioteca de Catalunya. Dades CIP:

Reports de la recerca a Catalunya. Geologia
ISBN: 84-7283-390-9
I. Serrat, David II. Institut d'Estudis Catalans
1. Geologia — Investigació — Catalunya — Informes
55:001.891(467.1)

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

© Institut d'Estudis Catalans
Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Primera edició: febrer de 1998
Tiratge: 1.000 exemplars

Compost per Víctor Igual, SL
Carrer de Còrsega, 255, 4t 2a. 08036 Barcelona

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

ISBN: 84-7283-390-9
Dipòsit Legal: B. 1524-1998

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, i els treballs es van dividir en vint-i-tres àrees temàtiques fonamentades en els àmbits i subàmbits de la CIRIT, amb la previsió d'elaborar 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.

Durant l'any 1996 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, i lingüística. Actualment s'estan preparant els informes d'història, biologia d'organismes i sistemes, filosofia, pedagogia, enginyeries industrials i ambientals, matemàtiques, i geografia i demografia. Finalitzat el primer cicle, es preveu una publicació conjunta dels vint-i-tres informes temàtics, que pot recollir aportacions complementàries.

Els *Reports de la recerca a Catalunya* s'elaboren amb el suport i la col·laboració de la CIRIT. S'ha comptat també amb la col·laboració de les universitats catalanes, 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.

La recerca a Catalunya en geologia o ciències de la Terra

1. Significat de la recerca en ciències de la Terra

Encara que avui s'acostuma a usar sovint l'expressió *ciències de la Terra* com un nom més global que inclou, principalment, la geologia en sentit estricte i la geofísica, la paraula *geologia* en un sentit ampli i comprensiu vol dir el mateix que *ciències de la Terra* si ens atenim al significat etimològic. Així doncs, en aquest informe s'usarà el terme *geologia* com a equivalent al de *ciències de la Terra*.

Com se sap, la geologia actual i antiga sobre la qual es mou la recerca per conèixer els processos i els resultats de la dinàmica terrestre no admet una distinció nítida entre la dinàmica o cicle extern amb la font d'energia solar i la dinàmica interna o cicle intern amb la font energètica de l'interior de la Terra. Malgrat això, els dos camps presenten en la recerca molts aspectes propis que fan que els experts en cicle extern no ho siguin en cicle intern, i viceversa. Cal parlar també de la cristal·lografia i la mineralogia, disciplines que s'han tractat clàssicament dins la geologia, encara que l'evolució de les recerques respectives ha comportat, principalment en el cas de la cristal·lografia, que hagin estat treballades per físics i químics, i per tant cal tractar-les d'una manera diferent. Intentarem fer, doncs, una anàlisi, en molts aspectes separatament, de cada grup de camps o àmbits de recerca.

El cicle intern comprèn els processos causats per la dinàmica de l'interior de la Terra com el magmatisme, el metamorfisme i la formació de serralades i conques. Aquests processos donen lloc respectivament a les roques ígnies, a les roques metamòrfiques i a la variació de la disposició dels materials de la litosfera —sedimentaris, ignis i metamòrfics—, és a dir, a la seva deformació.

El cicle extern comprèn els processos externs com l'erosió, el transport i la sedimentació, que donen lloc a la producció de sediments constituïts per les roques, anomenades per això, sedimentàries. La interacció entre les deformacions de la superfície condicionades per la dinàmica interna i aquests processos externs donen lloc a la morfologia i el paisatge.

No podem oblidar tampoc que en la part més externa de la Terra sòlida i en els embolcalls fluids —hidrosfera i atmosfera—, hi ha el conjunt dels éssers vius o biosfera, que són elements a la vegada actius i passius en tota la dinàmica produïda per l'energia solar i, també, encara que en menor grau, per tota la dinàmica interna de la Terra. El conjunt de processos i resultats han tingut lloc al llarg de tota la història de la Terra, i les roques i les formes resultat d'aquesta dinàmica s'han amuntegat les unes sobre les altres, sobretot en forma d'estrats. La geologia històrica intenta reconstruir, a través dels «objectes» geològics observables —roques, fòssils, muntanyes, planes, etc.—, la història de la Terra en cada moment. Finalment, la humanitat habita en els límits de la litosfera, la hidrosfera i l'atmosfera, i tota la seva dinàmica l'afecta. La geologia ambiental pretén donar resposta als problemes reals que, sense l'activitat humana o a causa d'aquesta, pot provocar la dinàmica terrestre. A més, alguns productes de les dinàmiques externa i interna són d'utilitat per a les persones i se n'ha fet ús des de fa milers d'anys.

2. Institucions que fan recerca en geologia a Catalunya

A Catalunya, fan recerca en geologia tres tipus d'institucions: les universitats que tenen estudis i, per tant, docents i investigadors en geologia, els centres específicament dedicats a la recerca, en aquest cas geològica i geofísica, i els museus de geologia. Les universitats que a Catalunya tenen estudis específics de geologia són la Universitat de Barcelona (UB) i la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB). Però també la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) i, recentment, la Universitat de Girona (UG), sense tenir departaments específics de geologia, es dediquen a la geologia i publiquen estudis geològics. Pel que fa a centres únicament destinats a la recerca, gairebé tots els que fan recerca geològica són centres del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. No es pot oblidar, però, la labor importantíssima del Servei Geològic de Catalunya de la Generalitat de Catalunya.

Com a ciència naturalística, la geologia té interès a conservar i mostrar els objectes del seu estudi. Per això des de sempre, també a Catalunya, al costat de la recerca universitària o de les institucions esmentades abans, els museus de geologia hi han tingut un paper important. Des de fa anys els tres museus de geologia més importants de Catalunya són: el museu de l'Institut de Paleontologia Miquel Crusafont de Sabadell, el museu del Seminari Conciliar de Barcelona i el museu Martorell del parc de la Ciutadella de Barcelona.

Als anys noranta, uns cent cinquanta investigadors treballen exclusivament en geologia. L'any 1992 a la UB, a la UAB i a l'Institut Jaume Almera del CSIC, conjuntament, ja hi havia més de cent investigadors. En aquests tres centres la majoria d'investigadors es dedica exclusivament a la geologia, encara que en alguns departaments, com els de cristal·lografia, hi ha uns quants investigadors que treballen en l'estudi dels materials. Aquest tipus d'estudi correspon pròpiament a l'àmbit de la física i de la química. Per tant, els articles científics no han estat comptabilitzats en l'anàlisi de les publicacions geològiques que es recull més endavant.

3. Àmbits de recerca: situació i resultats

Seguidament analitzarem breument la situació i els resultats de la recerca a Catalunya els últims anys i també l'evolució, positiva o negativa, que aquesta recerca ha seguit.

a) *La geologia regional.* La recerca geològica en relació amb la situació dels diversos «objectes» geològics en l'espai es concreta en l'anomenada *geologia regional*. La pauta i el progrés d'aquest àmbit es manifesten en l'elaboració de la cartografia geològica. La labor en aquest camp és dirigida pel Servei Geològic de Catalunya i es pot dir que segueix unes pautes homologables a les d'arreu del món, i en molts casos superiors a les d'alguns països més avançats. La tradició cartogràfica, la poca extensió del país i l'afició a l'excursionisme han representat sempre per a Catalunya un coneixement constantment actualitzat del que es pot veure al camp.

L'objectiu de la geologia regional no és només conèixer la geologia del propi país: un bon coneixement de geologia regional és indispensable per a l'elaboració de models teòrics en els diferents camps de la geologia. Per això, atesa la poca extensió de Catalunya, seria un error limitar els estudis regionals al territori català, que dificultaria, sens dubte, el progrés de la geologia catalana. Fins i tot per comprendre millor determinats problemes de la nostra geologia és necessari estudiar casos semblants en àrees on les condicions regionals en permetin una comprensió millor. En

aquest sentit l'expansió dels estudis regionals arreu del món durant els últims anys per part de geòlegs i geofísics d'institucions catalanes és un fet molt positiu que cal encoratjar i ampliar en el futur immediat.

b) La *petrologia ígnia*. S'ocupa de les roques d'origen magmàtic i dels processos que les han produït. La recerca en aquest camp se situa en la línia que es desenvolupa en els països del nostre entorn, malgrat les limitacions infraestructurals. Durant els últims anys s'han estudiat les roques ígnies de la serralada herciniana dels Pirineus i de les serres costaneres catalanes des dels punts de vista cartogràfic i geoquímic, amb un èmfasi especial en la geoquímica isotòpica, que permet abordar la geocronologia d'aquest tipus de materials. La datació dels esdeveniments tèrmics que han afectat aquestes roques permet plantejar interessants problemes teòrics i de la història geològica. Malgrat la seva importància i el fet d'haver-hi personal preparat, una part important d'aquestes últimes recerques no pot fer-se a Catalunya, ja que no hi ha cap laboratori on es facin les datacions isotòpiques més bàsiques que interessin en aquest camp de la geologia (Rb/Sr i Sm/Nd; K/Ar i 40Ar/39Ar). Aquesta és una mancança que cal superar ben aviat si es vol mantenir i millorar el nivell assolit.

c) La *petrologia metamòrfica*. Les roques metamòrfiques resulten de les transformacions mineralògiques i estructurals de roques preexistents. En petrologia metamòrfica les investigacions més recents s'han centrat en dues grans línies. D'una banda, el coneixement teòric dels sistemes metamòrfics mitjançant el calibratge empíric de geotermobaròmetres i la modelització de les reaccions metamòrfiques que tenen lloc en aquests sistemes. De l'altra, s'estudien les relacions entre metamorfisme i deformació a les diferents escales. Aquesta línia, pel fet d'investigar les microestructures, enllaça amb la geologia estructural. Totes dues línies són ben actuals i els resultats més importants es publiquen a les revistes internacionals corresponents. Cal reconèixer que fa pocs anys que aquesta branca és cultivada específicament al marge de la petrologia ígnia, i que els resultats aconseguits són interessants i homologables als d'altres països del nostre entorn.

d) La *sedimentologia*. Ha aconseguit els darrers quaranta anys un impuls extraordinari arreu del món, a causa principalment de les exigències de la indústria petrolera. Encara que hi hagi també un cert alentiment, per la regressió en la recerca petrolera, a Catalunya la recerca en sedimentologia és de primera qualitat i és ben considerada arreu del món. La diversificació tant en els aspectes d'estudi de les roques que formen els sediments —roques detrítiques, carbonats, evaporites, etc.— com en l'enfocament de l'estudi —bàsic o aplicat, regional descriptiu o establiment de models—, fa que es pugui considerar una de les parts de la geologia catalana més vigoroses. En aquest camp la geologia catalana està treballant sovint fora del territori català i espanyol: estrangers formats en aquests últims anys a Catalunya i investigadors catalans fan i, a vegades, dirigeixen recerca sedimentològica en diversos països, tant de l'Amèrica Llatina com d'altres indrets.

e) L'*estratigrafia*. Una exigència i, a la vegada, una conseqüència de l'estudi regional és el coneixement de les successions estratigràfiques o estratigrafia que, a partir de l'àmbit geogràfic concret de Catalunya fins a arribar a l'àmbit que abarca tota la Terra, constitueix la base de la *geologia històrica*. Tot aquest camp exigeix les aportacions de la *biostratigrafia*, fonamentada en l'estudi dels fòssils o paleontologia i, també, de la dinàmica sedimentaria o sedimentologia, ciència que, d'altra banda, és fruit de la mateixa anàlisi estratigràfica. La recerca catalana en estratigrafia regional ha estat els últims anys plena d'aportacions de gran qualitat, que han estat divulgades en revistes pròpies i foranes de prestigi reconegut. El problema present aquí i arreu és la

falta de catàlegs que ordenin, revisin i facin assequibles als geòlegs actuals i futurs la informació acumulada. A Catalunya s'ha començat a cridar l'atenció sobre aquest punt tant als geòlegs catalans com a les comissions internacionals. La dimensió reduïda del país i el petit nombre de biostratígrafs han fet menys rellevants les aportacions en el camp de la geologia històrica europea i global, amb excepcions notables com ara l'anàlisi del paleogen i d'alguns aspectes del neogen i, a petita escala, les aportacions fetes a la història geològica del cretaci.

f) La *tectònica*. S'ocupa de l'estructura dels materials de la litosfera —a totes les escales— i dels processos que l'ocasionen. Atès l'objecte d'estudi —la totalitat de la litosfera—, la recerca tectònica interacciona amb la majoria de disciplines geològiques: amb l'estratigrafia i la sedimentologia quan estudia estructures superficials; amb les petrologies ígnia i metamòrfica quan s'ocupa de la deformació de les parts profundes de l'escorça, i amb la geofísica quan ha d'explorar regions profundes no assequibles a l'observació directa. La integració progressiva de la geologia i la geofísica a les institucions de recerca de Catalunya (a la UB, des del 1984, i més recentment a l'Institut de Ciències de la Terra del CSIC) està donant fruits molt valuosos, ben reflectits en la bibliografia internacional corresponent. Una integració de geòlegs i geofísics com l'aconseguida els últims anys al nostre país no és, malauradament, freqüent. Per això cal treure'n partit continuant en aquesta línia i aprofundint en la interconnexió i la formació d'equips interdisciplinaris que estiguin oberts a ambdós àmbits, en l'estudi i la interpretació de les estructures geològiques.

En el camp estricte de la tectònica o *geologia estructural*, els darrers anys els investigadors catalans s'han centrat en dos dominis: la deformació fràgil representada per les estructures superficials —plecs i falles— la formació de les quals interacciona amb els processos sedimentaris, i la deformació de roques en zones més profundes, en condicions metamòrfiques on impera la deformació dúctil. Tot i que també s'han fet incursions en el camp teòric i experimental, la major part del treball realitzat s'ha basat principalment en l'anàlisi de dades de camp, aspecte en el qual s'ha assolit un nivell elevat, reconegut per la comunitat internacional. En el futur immediat cal progressar en els aspectes més teòrics i experimentals, però sense abandonar en cap cas les anàlisis de camp, la principal eina de projecció internacional en aquest camp.

La *neotectònica* i la *tectònica activa*, i el vessant aplicat a l'establiment del *risc sísmic*, és un camp relacionat amb la dinàmica interna, on la interdisciplinarietat —geologia, geofísica, geodèsia, enginyeria— és essencial, la qual ha anat adquirint força al nostre país els darrers anys. Des del punt de vista acadèmic, representa una aportació fonamental per a la comprensió del funcionament de les falles i les estructures productores de terratrèmols, i des del punt de vista aplicat aporten dades bàsiques per a l'establiment de la perillositat sísmica d'una regió, aspecte que juntament amb la vulnerabilitat permet establir el risc sísmic. Catalunya és un país d'una gran vulnerabilitat —gran concentració de població, indústries i infraestructures viàries—, i té una activitat sísmica de baixa a moderada. Per això tenen interès les dades de l'activitat tectònica recent per avaluar el risc sísmic, i l'estudi d'altres regions amb tectònica recent per poder comprendre millor la tectònica recent de Catalunya.

g) La *geofísica*. Juntament amb la col·laboració amb diferents branques de la geologia, la geofísica ha permès abordar durant els últims anys diferents problemes de l'estructura cortical i geològics en general. Gràcies als diversos mètodes i tècniques de la prospecció i l'anàlisi geofísiques —sísmica de refracció i de reflexió, gravimetria, aeromagnetisme, magnetotellúrica, conductivitat tèrmica, modelització numèrica, etc.—, s'ha pogut establir l'estructura a escala de l'escorça de diferents grans unitats geològiques (serralades, conques, plataformes, etc.), i discutir diversos

aspectes sobre la seva gènesi i evolució. L'establiment de la subducció d'escorça inferior continental en el cas dels Pirineus n'ha estat un exemple amb una importància global en el marc de la tectònica de plaques. Encara en el camp de la geofísica, cal esmentar la importància que ha tingut el paleomagnetisme, que ha permès abordar problemes estructurals específics i aportar dades molt valuoses a l'estratigrafia.

h) La *geomorfologia*. S'ocupa de la formació del relleu i, per tant, dels processos erosius, de transport i deposicionals que actuen a la superfície de la litosfera, lligats a la dinàmica atmosfèrica (pluja, rius, glaceres, vent, ones, etc.). A Catalunya, un cop s'ha avançat ja en la fase de cartografia dels processos i formes que n'han resultat, la recerca se centra aquests darrers anys principalment en l'avaluació de la perillositat dels processos actuals que interfereixen amb l'activitat humana: erosió, inundacions, dinàmica nival, dinàmica glacial (els Pirineus i l'Antàrtida com a dades per a l'estudi del canvi global), basant-se en l'observació de camp i la teledetecció. La geologia ambiental pretén donar respostes a tots aquests problemes derivats de la dinàmica dels processos geomorfològics actuals i a les modificacions que hi produeix l'activitat humana. Una lectura ràpida dels títols dels projectes subvencionats pels diferents estaments (catalans, espanyols i europeus), ens mostra que un projecte de cada quatre incideix en aquest camp, que es pot anomenar *geologia ambiental*. S'han fet unes aportacions especialment remarcables als riscos derivats de les precipitacions de neu a la muntanya (un exemple de col·laboració entre el Servei Geològic de la Generalitat, la UB i algunes estacions d'esquí); als riscos en la contaminació de les explotacions de minerals i roques, i als problemes de desertificació i degradació del paisatge.

i) La *hidrogeologia*. Així com la part aplicada de la sedimentologia és important en la recerca de recursos, pel que fa al petroli, al carbó, a les evaporites i a altres roques o minerals útils, presents en les roques sedimentàries, un camp cada vegada més important és la *hidrogeologia*, que no deriva només de l'anàlisi sedimentològica, sinó d'altres factors com la meteorologia i la intervenció humana. La necessitat d'aigua s'està convertint en un problema urgent i angoixant. Una part important dels esforços de determinats grups de recerca es destina a solucionar aquest problema tan seriós. Les seves aportacions són interessants tant en el camp d'aplicació local immediata com en el de l'establiment de nous models i tecnologies, útils també per al problema de la contaminació d'aqüífers.

j) La *geologia marina*. És un camp particularment puixant els últims anys i inexistent abans en la recerca catalana. Evidentment, la geologia marina fa referència a tota la geologia i no només al cicle extern. El més destacable de la recerca feta per catalans ha estat, i continua sent-ho, la formació d'equips complers i pluridisciplinaris de considerable prestigi internacional i el gran nombre d'àrees d'arreu del món on la seva acció es fa present, amb resultats registrats en les millors revistes internacionals de l'especialitat.

k) La *paleontologia*. Ha fet aportacions interessants aquests darrers anys i els seus resultats han estat publicats sempre en publicacions d'ús comú entre els experts d'arreu del món i sovint en revistes d'alta difusió. L'especialització extrema que la ciència paleontològica requereix i el poc nombre d'experts de cada especialitat presents arreu del món, fan que es coneguin gairebé tots personalment i que tinguin notícia d'una manera ràpida i constant dels progressos de la recerca paleontològica a Catalunya, molt més ràpidament i eficaçment que si els resultats es difonguessin a través de revistes de gran tiratge. Aquest és un aspecte oblidat en l'apreciació global que es fa de la ciència a tot arreu. No obstant això, per raons d'interès humà els notables resultats de la recerca paleontològica sobre els homínids aconseguits recentment a Catalunya han tingut un

ressò internacional extraordinari, tant en els àmbits científics com en els periodístics. Cal dir, però, que la paleontologia a Catalunya no creix igual que altres branques de la geologia i que, en el futur, és possible que s'afegeixi a la regressió generalitzada que té lloc en els països més avançats perquè no està lligada, en la majoria de camps, a aplicacions pràctiques immediates. Aquest fet afecta particularment els museus, que s'estan degradant arreu d'Europa. Lamentablement, aquest refús de la ciència pura no és, precisament, un mèrit de la ciència d'aquest final de segle.

l) La *crystal·lografia*. Des d'una perspectiva geològica és molt difícil avaluar els camps de treball dins de la cristal·lografia, atès que aquesta especialitat avui és conreada majoritàriament per físics i químics amb línies de treball que, en general, no tenen res a veure amb la geologia. Les principals línies de recerca en cristal·lografia són un bon indicador del que acabem de dir: estructures cristal·lines en productes sintètics orgànics; síntesi i caracterització cristal·loquímica i cristal·lofísica de compostos inorgànics (semiconductors, superconductors, complexos organometàl·lics, etc.); creixement cristal·lí; aliatges moleculars; cristal·loquímica de compostos orgànics, organometàl·lics i inorgànics. Els grups principals estan relacionats amb l'Institut de Ciències dels Materials del CSIC, amb grups a la UB, la UAB i la UPC. Són grups consolidats de mida adequada per gestionar grans projectes amb un creixement constant els darrers anys. Destaquen els contactes i les relacions internacionals, i l'existència del Laboratori Associat Europeu, en què s'inclou l'ICMAB.

La *mineralogia*, d'altra banda, és un camp complex. D'una banda, hi ha l'estudi dels minerals d'una manera directa i, de l'altra, hi ha també molts grups que, dins l'àmbit de la geologia, utilitzen la mineralogia com a eina de treball. És cobert essencialment pels grups de la UB, la UAB i la UPC, i per l'Institut de Ciències de la Terra Jaume Almera del CSIC. Aquests grups treballen en caracterització de minerals i descoberta de noves espècies; mineralogènesi i jaciments minerals; contaminació atmosfèrica; mineralogia i propietats ceràmiques de les argiles, i en mineralogènesi, geoquímica i evolució de conques potàssiques. Els grups són més petits i dispersos però, amb la col·laboració mútua, mantenen una mitjana de productivitat elevada, encara que la distribució desigual del personal de recerca provoca un repartiment dels resultats científics també desigual.

m) La *logística*. Finalment, els investigadors catalans no estan al marge de la logística científica: l'organització de congressos i trobades i la presència en òrgans espanyols, europeus i mundials de planificació de la ciència. Alguns investigadors catalans són membres de comissions internacionals i també sovint han estat, i són, organitzadors de reunions científiques d'àmbit internacional. Aquest aspecte és molt interessant, malgrat que sigui poc valorat per determinades instàncies que s'encarreguen de l'avaluació del progrés científic.

4. Elements per a una anàlisi quantitativa

Els punts precedents pretenen ser una descripció i, a la vegada, una avaluació qualitativa de la recerca geològica a Catalunya els últims anys. Aquest tipus d'avaluació és més difícil de comparar amb els resultats aconseguits en altres llocs, i és, en la seva expressió, més imprecís que els nombres, les taules i els gràfics, però ofereix, pensem, una informació molt més adequada i realista. Les dades de l'SCI sobre la geologia —que s'estan convertint en clàssiques— mostren evidentment una certa tendència positiva, però el fet que no incloguin la majoria dels treballs d'àm-

bit regional, publicats lògicament en les llengües dels països on s'ha fet el treball, no permet tampoc fer una valoració quantitativa comparable amb altres disciplines científiques de caire més experimental. En tot cas però, presentem alguns elements d'avaluació quantificada, basada en la informació de què hem disposat, que és parcialment incompleta. Això vol dir que les xifres que presentem sobre la recerca geològica a Catalunya s'han de prendre com a valors mínims. D'altra banda, donarem una breu informació complementària d'altres països o la comparació de la recerca geològica amb la dels altres àmbits per fer-nos càrrec més fàcilment de quina és la importància quantitativa de la recerca en el camp de la geologia, un dels més petits en el conjunt general de les ciències.

4.1. *La geologia i la geofísica en el conjunt de les ciències a la National Science Foundation (NSF) dels Estats Units d'Amèrica*

Com a punt inicial d'avaluació quantitativa presentem algunes dades dels Estats Units d'Amèrica. Aquestes dades ens permetran entreveure si la situació que es dona a Catalunya es correspon amb les línies generals del que passa als països amb una ciència més desenvolupada.

El bon amic, i ben conegut en el camp de la recerca geològica, Amós Salvador, professor de la Universitat de Texas a Austin, ens va facilitar les dades econòmiques següents referides als anys 1993, 1994 i 1995, que fan veure la importància que la NSF dona a les ciències de la Terra. La figura 1 mostra les dades referents a totes les ciències excepte les biològiques. La figura 2 especifica més detalladament les quantitats dedicades a cada ciència.

Més concretament, per a l'any 1995 Amós Salvador escrivia el març del mateix any: «El presupuesto de la NSF para 1995 es de \$3.263 millones, del cual \$2.280 millones están programados para investigación (*research*). De esa cantidad \$419,49 millones serán dedicados a lo que llaman *geosciences*, distribuidos de la forma siguiente:

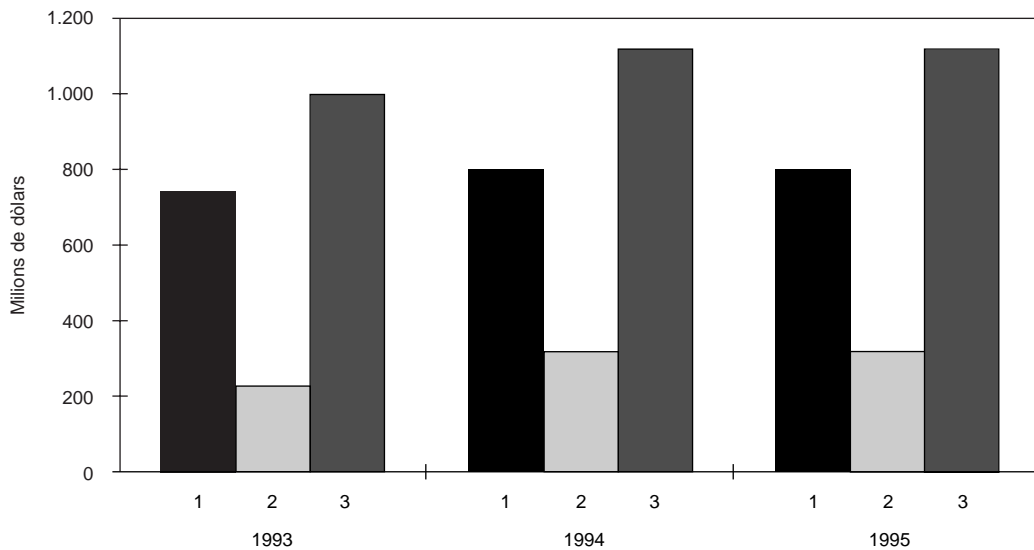
ciències de la terra (<i>earth sciences</i>)	\$ 82,13 millones
ciències de la atmosfera (<i>atmospheric sciences</i>)	\$ 143,91 millones
ciències de los océanos (<i>ocean sciences</i>)	\$ 193,45 millones.»

Aquestes xifres indiquen que sobre la quantitat dedicada a la recerca de les *geosciences* (18,4 %):

- el 3,6 % correspon a les ciències de la Terra
- el 6,3 % correspon a les ciències atmosfèriques
- el 8,5 % correspon a les ciències dels oceans.

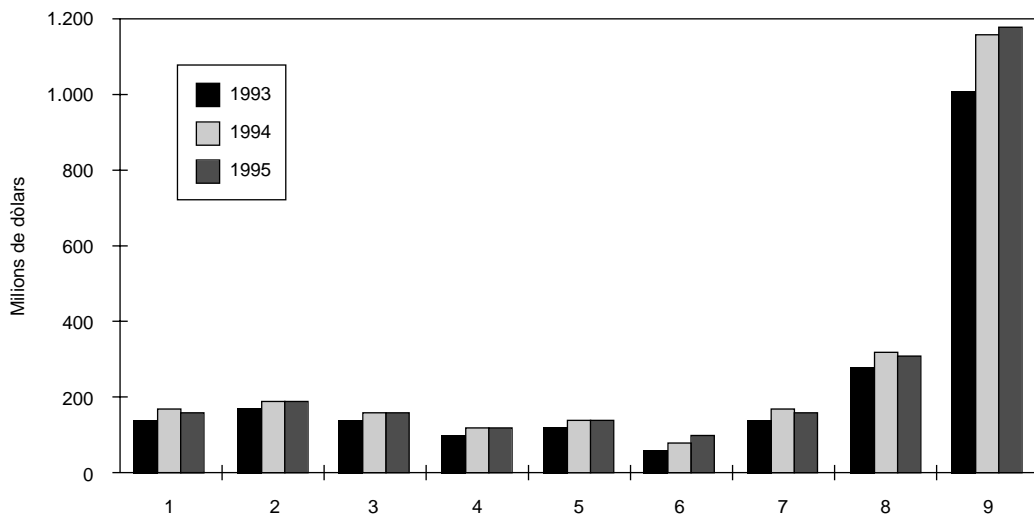
El que a Catalunya incloem a les ciències de la Terra correspon a les *earth sciences* i a una part important de les *ocean sciences*. Val la pena assenyalar que hi ha uns desajustaments importants entre aquestes xifres i les indicades a les figures, i per això no es poden intercanviar. Advertim, però, que totes les xifres indicades són xifres oficials facilitades per la NSF. Els desajustaments són deguts a la consideració restrictiva que fan del terme *research*. En qualsevol cas, es presenten aquí per donar una visió general de l'avaluació que fa la NSF de les ciències geològiques.

FIGURA 1



National Science Foundation (1993; 1994; 1995): 1) ciències matemàtiques i fisicoquímiques; 2) ciències de la Terra; 3) totals (1 + 2).

FIGURA 2



National Science Foundation (1993; 1994; 1995): 1) física; 2) ciència de materials; 3) química; 4) matemàtiques; 5) astronomia; 6) serveis i instal·lacions; 7) metereologia; 8) geologia i geofísica; 9) totals.

4.2. Quantitats dedicades a la recerca en geologia a Catalunya

Amb les dades aconseguides sobre les quantitats en recerca de què han disposat les institucions que fan recerca en geologia a Catalunya, que en alguns casos poden ser lleugerament incompletes, hem elaborat les dues taules següents referides al període 1990-1995.

A la taula 1 es pot veure, segons la informació que tenim, que els centres més grans i que es dediquen més directament a la recerca en geologia, la UB, la UAB i l'Institut Jaume Almera, són els que han disposat, com és lògic, de les quantitats més elevades —particularment els anys 1992 i 1993. (Les x indiquen que no se'n té informació.)

TAULA 1

Quantitats en projectes de recerca en geologia de què han disposat els centres indicats
(en milions de pessetes)*

	1990	1991	1992	1993	1994	1995
CSIC - Institut Jaume Almera	164	122	312	318	284	204
CSIC - Observatori de l'Ebre	x	1,8	1,8	1,8	x	3,6
CSIC - UEI de Geologia Marina	x	x	3,5	5	3,5	1,5
Universitat de Girona	x	x	2	2	4	2
Universitat de Barcelona	88,5	98	266,4	367	190,4	166,4
Universitat Autònoma de Barcelona	20,2	22,2	27,7	33,55	23,3	20,7
Universitat Politècnica de Catalunya	x	13,4	19,8	35	51,7	63,3
Inst. de Paleontologia Miquel Crusafont	x	2,26	4,86	7,2	5,3	2,8
Servei Geològic de Catalunya	x	x	13	0,3	5	12

* Projectes de recerca de la DGICYT, la CICYT, la UE i grups de recerca de la CIRIT

A la taula 2 indiquem les quantitats, en milions de pessetes, destinades a accions especials i a infraestructura. Ambdós conceptes no són indicadors de tendències temporals, ja que una gran inversió en infraestructura, per exemple, pot servir per a molts anys i no cal atribuir-la exclusivament a un any determinat. Es pot veure a la taula —sempre considerant només la informació aconseguida— que la UB ha fet un esforç continuat per dotar-se dels instruments necessaris per a la recerca amb uns pressupostos anuals definits i regulars. En aquest aspecte els altres centres han disposat d'ajudes més puntuals.

TAULA 2

Quantitats destinades a accions especials i a infraestructura per a la recerca en geologia de què han disposat els centres indicats* (en milions de pessetes)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995
CSIC - Institut Jaume Almera	x	x	32	75	x	36
CSIC - Observatori de l'Ebre	x	20,975	x	x	6	x
CSIC - UEI de Geologia Marina	x	x	x	x	x	x
Universitat de Girona	x	x	x	x	9,3	x
Universitat de Barcelona	14,7	19,2	45,4	19,3	95,3	49,2
Universitat Autònoma de Barcelona	x	x	x	22	x	x
Universitat Politècnica de Catalunya	x	10	x	15	x	0,3
Inst. de Paleontologia Miquel Crusafont	x	x	x	x	x	x
Servei Geològic de Catalunya	25	x	x	x	x	x

* Infraestructura de la DGICYT i la CICYT

Com a complement d'aquesta informació i per il·lustrar en quines magnituds es mouen les quantitats de què es disposen per a la recerca en geologia, hem pogut conèixer les quantitats en pessetes que, a través de la Fundació Bosch i Gimpera, han representat els contractes signats per a l'any 1993 per la Facultat de Geologia en relació amb el total de les facultats de ciències i de tota la UB. És evident que la Facultat de Geologia inclou alguns investigadors del Departament de Cristal·lografia i Mineralogia que no treballen en recerca geològica. D'altra banda, com és prou conegut, els diners en contractes representen una part només dels diners de què es disposa per a la recerca a la UB. Les xifres són:

a) Quantitats en contractes a través de la Fundació Bosch i Gimpera, UB (1993):

— Total de la UB	1.314.073.752 PTA
— Total de les facultats de ciències	712.919.160 PTA
— Facultat de Geologia	211.944.628 PTA*

* El 16 % i el 30 % dels totals de la UB i de les facultats de ciències

b) Nombre de professors ordinaris de la UB, de les facultats de ciències i de la Facultat de Geologia entre els quals hi ha els firmants dels diversos contractes amb la Fundació Bosch i Gimpera:

— Nombre de professors de la UB	2.196
— Nombre de professors de les facultats de ciències	534
— Nombre de professors de la Facultat de Geologia	59 **

** El 3 % i l'11 % dels totals de la UB i de les facultats de ciències

4.3. Nombre de publicacions de geologia a l'SCI (1990-1995)

Els investigadors dels diversos centres que fan recerca en geologia han elaborat molts articles científics, capítols de llibres i monografies. Encara que força d'aquests articles han estat elaborats per investigadors de diversos centres de recerca, les dades que presentem a la taula 3 són les que s'atribueixen a cada centre en concret, i exclusivament per a articles publicats en revistes considerades a l'SCI.

TAULA 3

Nombre d'articles de geologia publicats en revistes incloses a l'SCI per investigadors dels diversos centres, segons la informació rebuda

	1990	1991	1992	1993	1994	1995
CSIC - Institut Jaume Almera	16	14	34	14	25	22
Universitat de Girona	0	0	0	0	1	1
Universitat de Barcelona	23	14	21	20	19	29
Universitat Autònoma de Barcelona	3	1	10	3	3	10
Universitat Politècnica de Catalunya	11	4	8	10	3	5
Inst. de Paleontologia Miquel Crusafont	1	0	0	2	6	6
Servei Geològic de Catalunya	8	2	4	3	1	1

Com es pot veure hi ha centres dels quals, amb tota probabilitat, es disposa d'una informació deficient. Com hem dit abans, cal insistir que aquestes xifres no són la manera més correcta d'avaluar la producció científica en geologia. A tall d'exemple (taula 4) podem comparar el nombre de publicacions en revistes incloses a l'SCI i el total de publicacions científiques en dos centres: la UAB i l'Institut Jaume Almera, on es palesa la minsa informació que proporciona usar solament el nombre de publicacions de l'SCI.

TAULA 4

Nombre total de publicacions geològiques de la UAB i de l'Institut Jaume Almera (JA) en comparació amb les publicades en revistes incloses a l'SCI

	Total UAB	SCI UAB	Total JA	SCI JA
1990	43	3	70	16
1991	39	1	52	14
1992	38	10	67	34
1993	30	3	39	14
1994	28	3	78	25
1995	47	10	92	22

4.4. L'expansió geogràfica de la recerca geològica d'investigadors catalans fora de Catalunya

La recerca en geologia es fa en els espais naturals on els «objectes» geològics poden ser vistos i estudiats. Per consegüent, un element molt important per avaluar la recerca en geologia a Catalunya és conèixer on treballen els investigadors pertanyents als diversos centres catalans, al marge de l'àrea geogràfica pròpia, a la qual dediquen la part més important dels esforços, almenys globalment. En un treball publicat per Salvador Reguant i amb dades que van del 1990 al 1994 («La geologia a Catalunya avui dia: entre la fixitat de la imatge i la dinàmica de la realitat», editat per la Fundació Catalana per a la Recerca, el 1996, en el volum coordinat per J. Vilà Valentí *10 reflexions sobre la ciència*), es pot veure l'enorme expansió de la ciència geològica catalana els darrers anys (taula 5).

TAULA 5
*Països on han treballat del 1990 al 1994 investigadors en geologia de la UAB,
de la UB i de l'Institut Jaume Almera*

<i>Continents (i àrees marines)</i>	<i>Països (i mars)</i>
EUROPA	Espanya Andorra França Itàlia Bèlgica Holanda Alemanya Gran Bretanya Grècia Eslovàquia Polònia Bulgària Macedònia Romania Ucraïna Rússia
ÀFRICA	Marroc Algèria Kenya Reunió
ÀSIA	Rússia Turquia Iran Pakistan Índia Tibet Xina

TAULA 5
(Continuació)

<i>Continents (i àrees marines)</i>	<i>Països (i mars)</i>
AMÈRICA DEL NORD	Canadà Estats Units Mèxic
AMÈRICA CENTRAL I DEL SUD	Cuba Hispaniola Nicaragua Colòmbia Bolívia Equador Argentina Xile Pasqua (illa de)
ANTÀRTIDA	Shetland del Sud (Livingstone, Snow, Robert i Nelson)
OCEANIA	Tahití Moorea Huahine
MARS I OCEANS	Mediterrània Negra Atlàntic Índic Pacífic Àrtic Antàrtic

5. Conclusió

Des de diverses perspectives s'ha pretès donar una idea del que representa a Catalunya la recerca en les ciències de la Terra, fonamentalment la geologia i la geofísica, tant en els continents emergits com en els fons oceànics, referida especialment a la primera meitat dels anys noranta. Com s'ha repetit al llarg d'aquest escrit, és difícil fer avaluacions homologables de la recerca portada a terme pels diferents grups de científics, ja que cada ciència o grup de ciències té unes exigències particulars tant en la realització de la recerca com en la comunicació científica dels resultats aconseguits. Aquestes breus pàgines constitueixen, al nostre parer, una informació útil per fer-se càrrec del que ha representat i continua representant la geologia en el conjunt de les ciències en els anys que estem vivint.