

REPORTS DE LA RECERCA A CATALUNYA
Química (1990-1995)

INSTITUT D'ESTUDIS CATALANS

REPORTS DE LA RECERCA A CATALUNYA
Química (1990-1995)

Report redactat per Salvador Alegret,
amb la col·laboració d'Antoni Aguilar, Joaquim Sales,
Francesc Sánchez i Manel del Valle

BARCELONA, 2000

Reports de la recerca a Catalunya. Química (1990-1995)
ISBN 84-7283-511-1
I. Alegret, Salvador II. Institut d'Estudis Catalans
1. Química — Investigació — Catalunya
54:001.891(467.1)

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

© 2000, Institut d'Estudis Catalans

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

Primera edició: juny de 2000
Tiratge: 1.000 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: 84-7283-511-1
Dipòsit Legal: B. 26947-2000

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del *copyright*, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o d'Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

Índex

Pròleg

1. INTRODUCCIÓ	9
2. DEFINICIÓ DEL CAMP	11
3. RECURSOS HUMANS	13
3.1. Personal investigador universitari i dels centres públics de recerca	13
3.2. Personal investigador del sector privat	22
4. RECURSOS ECONÒMICS	23
4.1. Finançament públic	24
4.2. Finançament privat	28
5. PRODUCCIÓ CIENTÍFICA	33
5.1. Llicenciats i doctors	33
5.2. Publicacions	35
5.3. Productivitat	37
5.4. Qualitat	46
5.5. Patents	49
6. CONCLUSIONS I BALANÇ FINAL	51
6.1. Sector públic	52
6.2. Sector privat	53
6.3. Remarca final	54

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 àrees temàtiques fonamentades en els àmbits i sotsàmbits de la CIRIT. 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.

Fins ara s'han elaborat els informes en les àrees següents: biologia cel·lular, molecular i bioquímica, economia, física, medicina, tecnologies de la informació i de les comunicacions, les ciències socials: antropologia, ciència política, comunicació i sociologia, la lingüística i les ciències del llenguatge, geologia, matemàtiques, història, geografia i demografia, biologia d'organismes i sistemes, pedagogia, enginyeria industrial, enginyeries agronòmiques, forestals i alimentàries, art, dret, enginyeria civil i enginyeria de la construcció i química. Finalitzats tots els reports es preveu una publicació conjunta de tots els informes temàtics, que pot recollir aportacions complementàries.

Els *Reports de la recerca a Catalunya* es realitzen amb el suport i la col·laboració de la Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica (CIRIT) i de la Secretaria d'Estat d'Universitats, Investigació i Desenvolupament del Ministeri d'Educació i Cultura. S'ha comptat també amb la col·laboració dels Vicerectorats de Recerca de les universitats catalanes, de l'Oficina de la Gestió de Recerca i Convenis de la UB 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

Com els altres estudis d'aquesta mateixa sèrie, *Reports de la Recerca a Catalunya*, el present treball dedicat a la recerca en química té com a antecedent l'obra *La recerca científica i tecnològica a Catalunya*, publicada el 1990 conjuntament per l'Institut d'Estudis Catalans i la Comissió Interdepartamental de Ciència i Tecnologia (CIRIT), de la Generalitat de Catalunya. Per això aquest treball arranca d'aquest mateix any, i s'estén ara fins a l'any 1995 tot abastant un sexenni.

Per situar el lector, li recordarem que dins aquest sexenni es dugué a terme el III Programa Marc de Recerca i Tecnologia de la Unió Europea (1991-1994). Malgrat que els investigadors catalans comencen a trencar el glaç del finançament europeu durant aquest període, continuen finançant la seva recerca principalment a través de les agències estatals (DGICYT i CICYT), especialment a través dels seus programes generals de promoció del coneixement i de R+D, i també de l'agència catalana CIRIT. El 1993 comença el I Pla de Recerca de la Generalitat de Catalunya, que es clourà el 1996, i que neix forçadament subsidiari als plans estatals, atès que, recordem-ho, el 1992 es produí una resolució del Tribunal Constitucional adversa a la possibilitat que la Generalitat pogués desplegar una política científica pròpia.

En aquest sexenni, les seccions universitàries de Tarragona, Lleida i Girona esdevenen ens independents de les respectives universitats matrius. A més a més, es creen noves universitats, com són ara la Universitat Pompeu Fabra i la Universitat Ramon Llull, aquesta darrera nucleada entorn de centres d'ensenyament superior preexistents, com l'Institut Químic de Sarrià, fundat el 1916, molt rellevant dins l'àmbit que estudia el present treball.

Aquest document ha estat estructurat en quatre seccions i una recapitulació final amb un apartat de conclusions. A continuació de la present introducció, en una petita secció, hom defineix el camp que abasta aquest estudi. Això cal fer-ho de bell antuvi, atès que la química, malgrat ser una ciència de les que actualment hom considera clàssica, té sovint unes fronteres difuses, ja sigui amb les diverses especialitats que ha donat lloc, com ara la bioquímica i l'enginyeria química, o amb altres branques del saber que utilitzen eines conceptuals i metodològiques provinents de la química. Després de la descripció de l'àmbit d'estudi, es divideix el treball pròpiament dit en tres seccions principals. La primera està dedicada als recursos humans i bàsicament pretén fer un cens dels investigadors en química de les universitats i dels centres públics de recerca de Catalunya. La següent secció ordena, classifica i quantifica els recursos econòmics esmerçats en la recerca química, especialment les fonts de finançament públic, però també analitza alguns indicadors indirectes que permeten apreciar els esforços que fa el sector privat en el nostre àmbit d'estudi. La darrera d'aquestes seccions principals descriu la producció científica i en valora la qualitat. Com és habitual en estudis d'aquest tipus, aquesta quantificació i valoració es fa per mitjà de la bibliografia científica generada pels mateixos actors de la recerca; és a dir, a partir dels treballs publicats pels investigadors catalans en revistes de química de reconegut prestigi, on prèviament a la seva publicació han estat revisats anònimament per investigadors de la mateixa especialitat. Això s'ha fet resseguint les bases de dades d'informació química més accessibles i de consulta habitual entre els químics. En el nostre cas, s'han utilitzat les bases de dades de l'*Science Citation Index* (SCI), de l'Institute for Scientific Information, i del *Chemical Abstracts* (CA), de l'American Chemical Society.

Les seccions comentades convergeixen en un darrer apartat de comentaris i conclusions, on hom fa unes observacions crítiques sobre la recerca en química a Catalunya (1990-1995), basant-se en les dades recollides, forçosament limitades per l'escassetat de dades disponibles i accessibles sobre el tema i el període que ens ocupa.

Abans de cloure aquesta introducció volem fer constar la filiació dels autors d'aquest report: Salvador Alegret i Sanromà, que ha actuat com a coordinador, és membre de l'Institut d'Estudis Catalans i catedràtic de química analítica de la Universitat Autònoma de Barcelona; Antoni Aguilar i Navarro és catedràtic de química física de la Universitat de Barcelona; Joaquim Sales i Cabré és catedràtic de química inorgànica de la Universitat de Barcelona; Francesc Sánchez i Ferrando és catedràtic de química orgànica de la Universitat Autònoma de Barcelona, i Manel del Valle i Zafra, que ha actuat com secretari, és professor titular de química analítica de la Universitat Autònoma de Barcelona.

L'equip redactor ha gaudit tothora de l'excel·lent col·laboració de Montserrat Traveria en la recollida de les dades analitzades aquí. També volem estendre el nostre agraïment a la doctora Gemma Rauret, directora de l'Agència per a l'Avaluació del Sistema Universitari a Catalunya i al doctor Joan Albaigés, del CID-CSIC, de Barcelona, per les observacions efectuades al manuscrit final.

2. Definició del camp

Aquest estudi sobre la recerca en química a Catalunya, en la mesura que ha estat possible, s'ha circumscrit bàsicament a les especialitats clàssiques en que es divideix aquesta ciència; és a dir, química analítica, química física, química inorgànica i química orgànica. Per altra banda, aquestes són les àrees de coneixement que configuren principalment els estudis de química de les nostres universitats, i que també són presents, si bé en proporció menor, en els estudis de farmàcia, conjuntament amb altres especialitats estretament lligades com la química terapèutica, que també hem considerat aquí. Respecte a la recerca desenvolupada als centres públics, com ara els del CSIC radicats a Catalunya, també se'ls pot assignar fàcilment les quatre especialitats clàssiques o altres que hi estan estretament lligades, com química ambiental o la química d'estat sòlid. No s'han inclòs aquí, en canvi, altres especialitats també a bastament relacionades amb la química, però que sovint en el nostre marc universitari tenen una titulació específica, com és el cas de l'enginyeria química i la bioquímica, i que, d'altra banda, són tractades en altres Reports d'aquesta mateixa sèrie.

Aquestes fronteres que ens hem imposat són relativament fàcils de resseguir en el cas de quantificar els recursos humans i econòmics destinats a la recerca en química, atès que el personal investigador en les universitats i en els centres de recerca es troba organitzat normalment seguint unes àrees de coneixement determinades, les quals, en el cas de la química, normalment coincideixen amb les especialitats suara esmentades. Ara bé, hem de ser conscients que, d'una manera estricta, malgrat que el personal investigador, especialment l'universitari, organitzat per àrees de coneixement, precisament per tenir una capacitat investigadora sense restriccions conceptuals, hom pot fer recerca en química bàsica o aplicada tot i que es troba enquadrat en àrees no estrictament químiques. Aquest serà el cas en el moment de quantificar la producció en química que, malgrat que ens fixem en revistes químiques de les especialitats clàssiques i d'altres afins, els autors d'aquestes revistes, en alguns casos, no estan enquadrats en laboratoris pròpiament de química.

3. Recursos humans

A l'hora de fer una anàlisi de la recerca en química a Catalunya, segons les restriccions en el camp d'estudi acabades d'assenyalar en el § 2, cal començar amb una valoració del personal implicat i veure com s'organitza aquest personal.

La recerca amb finançament públic està feta principalment en centres universitaris, i com és natural lligada a les tradicionals titulacions (llicenciatures) de química o de farmàcia, i especialment, però no exclusivament, als estudis de tercer cicle d'aquests àmbits, és a dir als programes de doctorat, cadascun dels quals és responsable un o diversos departaments universitaris. Es fa també recerca en química lligada a les titulacions d'enginyeria química (UPC, UAB, UB i URV), però en aquest cas no la ressenyem aquí perquè està coberta per un altre report. També són protagonistes de la recerca en química els centres pertanyents a l'administració estatal, com el Consell Superior d'Investigacions Científiques, que té a Catalunya diversos centres especialitzats de recerca en l'àmbit que ens ocupa. Aquest organisme té, entre d'altres, el Centre d'Investigació i Desenvolupament (CID), al qual el 1992 s'hi van incorporar les àrees de química de l'Institut de Tecnologia Química i Tèxtil (ITQT). També es fa recerca en química en alguns centres pertanyents a les administracions autonòmica i local.

Finalment, és clar, també cal tenir en compte el sector privat. Malauradament, com veurem al llarg d'aquest report, les dades accessibles referents a aquest sector són molt escasses.

3.1. Personal investigador universitari i dels centres públics de recerca

3.1.1. *Personal investigador universitari*

A la taula 1 mostrem el personal investigador dels principals centres catalans de recerca en química, pràcticament tots de naturalesa pública. Per tal d'homogeneïtzar les dades entre aquests centres, les presentem agrupades en els següents conceptes: personal permanent (catedràtics i professors titulars, per a les universitats, i professors d'investigació, investigadors i col·laboradors científics, en el cas del CSIC), personal contractat (professors associats, ajudants, visitants i d'altre tipus, per a les universitats, i titulats especialitzats, investigadors contractats i ajudants d'investigació, per al CSIC) i personal en formació (becaris pre i postdoctorals).

No recollim dades sobre el personal auxiliar perquè, malgrat que és tan necessari en l'àmbit que ens ocupa, és tan escàs que no figura en les fonts consultades. Aquest és, doncs, un indicador clar de la manca d'aquest tipus de personal, especialment en les universitats. Per als països més avançats en R+D, com el Regne Unit, França o Alemanya, és habitual disposar de més d'un tècnic per a cada professor o investigador permanent.

La taula 1 és bastant homogènia respecte al personal permanent (P) i el contractat (C), però no ho és tant per al personal en formació (F), ja que aquest té una tipologia diversa i no sempre les diferents institucions el recullen sota el mateix criteri. De totes maneres, les xifres que apareixen com a personal F en tots els casos corresponen almenys a becaris predoctorals de la CIRIT i del MEC, que són els més significatius, i en alguns casos han estat deixats de banda, per no ser les dades accessibles, els becaris postdoctorals, els becaris de convenis amb la indústria, els investigadors visi-

tants, etc. (Tampoc han estat disponibles a l'hora de redactar aquest treball les dades de personal corresponent a l'Institut Químic de Sarrià). Hem de recordar, també, que en certs laboratoris públics d'investigació sovint hi ha col·laboradors honoraris, sense cap vinculació contractual, que fan un període voluntari de formació més o menys llarg. En resum, el que volem fer palès és que per al personal en formació les xifres assenyalades corresponen a una estimació bastant a la baixa.

Per veure l'evolució d'aquest personal al llarg del període que ens ocupa, la taula 1 recull les dades sobre el personal investigador dels centres públics per als anys 1990 i 1995. En total (vegeu taula 1g), el personal investigador, a principi i al final del sexenni, és de 578 i 737 persones. Correspon en nombre i tant per cent a 260 (45 %), 181 (31 %) i 137 (24 %) de personal P,C i F per al 1990, i 295 (40 %), 230 (31 %) i 212 (29 %) per al 1995, respectivament. Això, en termes globals, des del començament fins al final del sexenni, representa un índex (tant per u) de creixement de l'ordre de 1.275, que equival a un creixement acumulatiu del 4,9 % anual de mitjana, com a mínim.

Al final del període estudiat, el total d'investigadors en química d'universitats i de centres públics de recerca suposa el 6,1 % del total de personal de R+D del nostre país (prenent com a base la dada de la taula 20 de 2,0 investigadors per 1.000 habitants).

En principi, tot el personal investigador té una dedicació exclusiva, però en el cas universitari només té aquesta dedicació el personal en formació. Així, doncs, a causa de les seves obligacions docents i administratives els professors universitaris permanents i contractats, en una estimació global i dins l'àmbit que ens ocupa, dediquen a tasques de recerca com a mínim la meitat de la seva jornada laboral.

El creixement global per al personal P, C i F és del 13 %, 27 % i 54 %, respectivament, durant aquest sexenni. Això evidencia que el creixement relatiu és més alt en l'estament corresponent als investigadors en formació i, en menor grau, en el personal contractat, ambdós tipus de personal lligats més directament a les tasques quotidianes de recerca.

Cal advertir, de totes maneres, que el pes principal del personal contractat universitari recau en els professors ajudants, que majoritàriament són estudiants de tercer cicle; és a dir, cal considerar-los de fet personal en formació. Per tant, convé fixar-nos també en l'índex que relaciona el personal total contractat i en formació respecte al personal permanent, el qual és de 1,22 per al 1990 i 1,50 el 1995, respectivament. L'increment d'aquests índexs és un indicador de l'augment de la potencialitat investigadora dels centres públics, atès que a *grosso modo* relaciona (en tant per u) estudiants de tercer cicle i postdoctorals amb directores de tesis doctorals (vegeu més endavant altres apreciacions sobre aquesta relació al § 3.1.1). Aquest índex és molt desigual entre els diferents centres de recerca. Així, per exemple, a l'any 1995 era 0,78 per a la Universitat de Barcelona, 2,13 per a la Universitat Autònoma de Barcelona i 2,97 per al Centre d'Investigació i Desenvolupament (CSIC), que té un personal que majoritàriament fa recerca. Cal indicar que la UB tenia el 1990 un índex lleugerament més alt (0,85), la qual cosa es pot explicar pel fet que aquesta universitat durant el sexenni estudiat va dur a terme una política de personal que va tendir a convertir part del personal contractat en permanent.

En intentar veure la distribució del personal investigador total per àrees de coneixement, es revela una distribució bastant homogènia respecte a les quatre grans àrees de coneixement (QA, QF, QI, QO): uns noranta investigadors de mitjana per a cada àrea el 1990 i 120 el 1995 (aquesta dada inclou les universitats amb departaments o unitats diferenciats i l'ICMAB-CSIC). No són de classificació tan directa els investigadors de la Facultat de Farmàcia (UB) i del CID-CSIC, els quals sumen entre seixanta i vuitanta persones en el primer cas, i entre 140 i 160 investigadors en el segon, per als anys 1990 i 1995, respectivament.

TAULA 1

Personal investigador dels principals centres públics catalans de recerca en química (1990-1995)

a) Universitat de Barcelona

Facultat de Química

Departament	1990			1995		
	P	C	F ¹	P	C	F ¹
Química analítica	19	13	1	24	9	9
Química física	26	12	4	33	7	12
Química inorgànica	24	10	4	30	9	8
Química orgànica	19	11	17	25	6	24
Total	88	46	26	112	31	53

Facultat de Farmàcia

Departament	1990			1995		
	P	C	F ¹	P	C	F ¹
Farmacologia i química terapèutica ²	32	19	11	41	15	21
Total	32	19	11	41	15	21

1. Aquestes dades només inclouen becaris predoctorals de la CIRIT i el MEC.

2. Aquestes dades inclouen l'àrea de coneixement de farmacologia (segons dades del curs 97-98 hi havia 23 P, 5 C i 30 F només considerant les àrees de química orgànica i de química farmacèutica).

b) Universitat Autònoma de Barcelona

Unitats	1990			1995		
	P	C	F ³	P	C	F ³
Química analítica	15	6	10	12	13	16
Química física	12	9	6	12	12	8
Química inorgànica	12	6	6	12	11	10
Química orgànica	13	10	12	11	9	21
Total	52	31	34	47	45	55

3. Nombre de becaris de qualsevol font de finançament.

c) Universitat de Girona

Àrees	1992 ⁴			1995		
	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>F</i>
Química analítica	3	3	0	3	8	0
Química física	3	3	3	4	5	7
Química inorgànica	2	3	0	3	4	0
Química orgànica	3	3	1	3	5	0
Total	11	12	4	13	22	7

4. Abans de 1992 el professorat estava comptabilitzat dins del Departament de Química de la UAB.

d) Universitat Rovira i Virgili

Departament	1990 ⁵			1995		
	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>F</i> ⁶	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>F</i> ⁶
Química	21	15		24	39	
Total	21	15	(10)	24	39	(12)

5. Dades extretes de la memòria de la UB, pels estudis de Tarragona.

6. Les dades de becaris no han estat disponibles, es donen valors estimats que no es comptabilitzen.

e) Universitat de Lleida

Departament	1993			1995		
	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>F</i>
Química	11	3	0	11	3	0
Total	11	3	0	11	3	0

f) Consell Superior d'Investigacions Científiques

Institut de Ciència dels Materials de Barcelona, ICMAB

Àrees	1990			1995		
	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>F</i>	<i>P</i>	<i>C</i>	<i>F</i>
Laboratori de materials orgànics	2	0	6	2	1	11
Laboratori de química de l'estat sòlid	4	0	3	3	1	6
Laboratori de síntesi inorgànica	2	2	6	2	3	10
Total	8	2	15	7	5	27

Centre d'Investigació i Desenvolupament, CID

Àrea	1992 ⁷			1995		
	P	C	F	P	C	F
Química ⁸	37	53	47	40	70	49
Total	37	53	47	40	70	49

7. No es disposa de dades detallades anteriors a 1992, pel fet que hi havia per una banda l'Institut de Tecnologia Química i Tèxtil i per l'altra el CID.

8. Inclou el departament d'ecotecnologies.

g) Totals

1990 ⁹			1995		
P	C	F	P	C	F
260	181	137	295	230	212
578			737		

9. O any més proper.

3.1.2. Organització del personal investigador

Dins dels organismes de recerca, el personal investigador està organitzat en departaments o unitats que, en el cas universitari, tenen un origen administratiu, i en grups de recerca i projectes de recerca que són de caràcter més funcional i temporal.

Departaments universitaris i centres de recerca

La taula 2 recull la relació dels departaments universitaris i centres de recerca on es treballa regularment en química. La pràctica totalitat d'aquests departaments i centres desenvolupen principalment la seva recerca en l'àmbit que ens ocupa. Recordem que les universitats de Girona, Lleida i Rovira i Virgili se segregaren de la UAB i de la UB l'any 1992.

És clar, però, que també es duu a terme treball de recerca en química, si bé no de manera tan exclusiva, en altres llocs no recollits en la taula. Aquest és el cas de diversos departaments universitaris, especialment els departaments de bioquímica (UB, UAB i URV), d'enginyeria química (UB, UAB, UPC i URV), d'alguns centres del CSIC (Centre Nacional de Microelectrònica), de l'IRTA (Centre de Tecnologia de la Carn) i de l'IMIM (Institut Municipal d'Investigació Mèdica). La recerca efectuada per aquests centres està recollida en altres reports d'aquesta mateixa col·lecció.

TAULA 2

Departaments universitaris i centres de recerca on es treballa regularment en química (1995)

Universitat de Barcelona	Facultat de Química	Departament de Química Analítica Departament de Química Física Departament de Química Inorgànica Departament de Química Orgànica
	Facultat de Farmàcia	Departament de Farmacologia i Química Terapèutica Unitat de Química Farmacèutica Unitat de Química Orgànica
Universitat Autònoma de Barcelona	Departament de Química	Unitat de Química Analítica Unitat de Química Física Unitat de Química Inorgànica Unitat de Química Orgànica
Universitat de Girona	Departament de Química	Unitat de Química Analítica Unitat de Química Física Unitat de Química Inorgànica Unitat de Química Orgànica
Universitat de Lleida	Departament de Química	
Universitat Rovira i Virgili	Facultat de Química	Departament de Química
Universitat Ramon Llull	Institut Químic de Sarrià	Departament de Química Analítica Departament de Química Física Departament de Química Orgànica Departament de Quimiometria
Consell Superior d'Investigacions Científiques	Centre d'Investigació i Desenvolupament (CID)	Departament de Pèptids i Proteïnes Departament de Química Ambiental Departament de Química Orgànica Biològica Departament de Tecnologia de Tensioactius
	Institut de Ciència dels Materials (ICMAB)	

Grups de recerca

La taula 3 recull els grups de recerca en química consolidats, segons un cens fet pel Comissionat per a Universitats i Recerca (CUR) cap a final del sexenni aquí estudiat i publicat en l'obra *Recerca a Catalunya* (1997). Per conveniència, els hem agrupat per les àrees de coneixement a què pertanyen la majoria dels respectius investigadors, indicant també per a cada grup el nombre de personal amb títol de doctor i de personal graduat predoctoral. Cal esmentar que aquestes dades provenen de l'enquestació directa feta als responsables dels grups (52) i que el personal total declarat (851) és sensiblement més alt que el que apareix en la taula 1, confeccionada a partir de les memòries anuals dels centres de recerca, que l'any 1995 dona la quantitat de 737. Aquesta di-

ferència és ben raonable si tenim en compte, tal com ja comentarem anteriorment al § 3.1, que les xifres de la taula 1 eren a la baixa, especialment les referents al personal en formació, atès que no hi estava recollit en tota la seva variada tipologia. De totes maneres, la dada més rellevant de la comparació de la taula 3 amb la 1 és que tot el personal del sector de la recerca pública en química es pot considerar en general com a personal investigador en actiu, ja que pertany a un grup consolidat, la recerca del qual, de manera global encara que no individual, està sotmesa a una avaluació biennal pel CUR.

Dels 851 investigadors censats, el 30 % (255) són de química analítica, el 20 % (174) de química física, el 15 % (129) de química inorgànica i el 35 % (293) de química orgànica.

Dels 52 grups censats, 24 corresponen a la UB, 12 a la UAB, 1 a la UG, 6 a la URV, 1 a la UL, 2 a la URL i 6 al CSIC.

La taula 3 també ens permet veure que un grup consolidat de química té aproximadament 16 persones de mitjana: 7 amb títol de doctor (D) i 9 graduats predoctorals (L). Això correspon a una relació L/D aproximada de 1,27, que és comparable al valor 1,55 corresponent a la relació a l'any 1995 entre personal contractat i en formació respecte al personal permanent, que hem esmentat al § 3.1. com una mesura de la potencialitat investigadora. També podem veure que la relació L/D és diferent per a cada àrea de coneixement, i que pren valors més alts en el cas de la química analítica i la química orgànica.

Finalment, és interessant ressaltar de la taula 3 que a partir dels noms dels grups podem extreure les paraules claus de la recerca que es fa en química. Podem veure-hi, per exemple, com és lògic tractant-se de grups universitaris, que hi ha molts més grups orientats cap a la química pura que cap a l'aplicada, potser d'una forma massa descompensada. D'altra banda, hem de ser conscients que molts grups consolidats són de fet un conjunt de grups petits de recerca, més o menys afins, i, per tant, el nom que els identifica no és prou esclaridor o és massa genèric per a poder classificar-los adequadament.

TAULA 3

Grups Consolidats de Recerca en Química segons el Comissionat d'Universitats i Recerca, de la Generalitat de Catalunya, agrupats en grans àrees i amb indicació del personal predoctoral (L) i postdoctoral (D) i de la relació L/D

<i>Grup</i>	<i>Centre</i>	<i>D</i>	<i>L</i>
<i>Química analítica</i>			
Grup de solvents mixtos: estudis bàsics i aplicacions bioanalítiques	UB	7	12
Grup d'especiació d'elements traça i radionúclids en el medi	UB	8	13
Grup de sistemes multiequilibri en solució amb intervenció de polielectròlits	UB	16	15
Grup de química analítica: anàlisi de contaminants	UB	12	16
Grup de sensors i biosensors	UAB	8	20
Grup de quimiometria aplicada	UAB	8	10
Grup de tècniques de separació	UAB	8	21
Grup de recerca en quimiometria i qualimetria	URV	7	9

TAULA 3 (Continuació)
 Grups Consolidats de Recerca en Química segons el Comissionat d'Universitats i Recerca,
 de la Generalitat de Catalunya, agrupats en grans àrees i amb indicació del personal
 predoctoral (L) i postdoctoral (D) i de la relació L/D

Grup	Centre	D	L
Grup de cromatografia: anàlisi ambiental	URV	5	7
Grup de recerca en medi ambient	URL	5	8
Grup de química ambiental	CSIC	15	25
	S/total	99	156
	L/D = 1,57		
<i>Química física</i>			
Grup de dinàmica no lineal	UB	5	10
Grup de cinètica i dinàmica de reaccions elementals	UB	9	10
Grup de materials metàl·lics i electropolímers conductors	UB	6	
Grup de química quàntica de materials	UB	5	3
Grup d'electroquímica dels materials	UB	7	3
Grup d'estructura i reactivitat química	UAB	6	9
Grup de química ambiental	UAB	4	8
Grup de síntesi i modelització de sistemes amb metalls de transició	UAB	6	10
Grup de dinàmica i mecanismes de les reaccions químiques	UAB	6	15
Grup de física dels materials	URV	9	14
Grup de química quàntica	URV	7	4
Grup de fisicoquímica dels sistemes macromoleculars d'interès ambiental	UL	6	4
Laboratori de química de l'estat sòlid	CSIC	5	3
	S/total	81	93
	L/D = 1,15		
<i>Química inorgànica</i>			
Grup de materials inorgànics avançats i catalisi	UB	8	3
Grup de química organometàl·lica	UB	17	8
Grup de recerca sobre interaccions magnètiques i magnetisme molecular	UB	7	5
Grup d'estructura electrònica	UB	7	4
Grup de recerca en macrocicles per al disseny de nous materials	UAB	5	4
Grup de catalisi homogènia	UAB	7	16
Grup de química bioinorgànica	UG	4	5
Grup de catalisi homogènia i síntesi orgànica estereoselectiva	URV	11	9

TAULA 3 (Continuació)
 Grups Consolidats de Recerca en Química segons el Comissionat d'Universitats i Recerca,
 de la Generalitat de Catalunya, agrupats en grans àrees i amb indicació del personal
 predoctoral (L) i postdoctoral (D) i de la relació L/D

Grup	Centre	D	L
Laboratori de reconeixement iònic i molecular	CSIC	3	6
S/total		69	60
L/D = 0,87			
<i>Química orgànica</i>			
Grup de síntesi estereoselectiva d'antibíotics i antivírics	UB	9	16
Grup de síntesi i estructura de biomolècules	UB	4	5
Grup de química macromolecular i supramolecular	UB		
Unitat de recerca en síntesi asimètrica	UB	9	10
Grup d'electroquímica orgànica	UB	5	5
Unitat de síntesi, estructura i aplicacions de pèptids i proteïnes	UB	9	11
Grup de química teòrica computacional	UB		
Grup d'estudis en química orgànica i organometàlica	UAB	5	9
Grup de ressonància magnètica nuclear	UAB	5	11
Grup de síntesi orgànica estereoselectiva	UAB	6	12
Grup de polímers	URV	6	7
Grup de recerca en química orgànica i bioquímica	URL	6	14
Laboratori de materials moleculars orgànics	CSIC	4	6
Grup de química orgànica biològica	CSIC	12	12
Grup de recerca en anàlisi estructural de macromolècules biològiques	CSIC	6	8
<i>Química terapèutica</i>			
Grup de síntesi d'alcaloides	UB	10	17
Grup de química farmacèutica	UB	10	13
Grup de desenvolupament de sistemes policíclics nitrogenats d'interès biològic	UB	12	7
Grup de síntesi d'azapolicicles naturals	UB	7	5
S/total		125	168
L/D = 1,34			
Total		374	477
L/D = 1,27			

3.2. Personal investigador del sector privat

No s'ha pogut disposar de les dades referents al personal investigador en química del sector privat. Un valor de referència el subministra la Fundación COTEC, de Madrid, que per al període estudiat estima en 2.214 persones en tasques de R+D en el sector de productes químics, a tot Espanya. Si suposem que Catalunya representa el 50-75 % d'aquest sector (vegeu § 4.2), correspondrien unes mil cent a mil cinc-cents persones dedicades a R+D a casa nostra. Aquesta estimació seria a la baixa, atès que caldria afegir-hi, de fet, el personal ocupat en tasques de recerca en química dels sectors farmacèutic, del petroli i de l'alimentació.

Per altra banda, si tenim en compte l'indicador macroscòpic de 2,0 investigadors per 1.000 habitants a Catalunya (vegeu taula 20), el personal investigador a casa nostra dedicat a R+D en química del sector privat representaria el 9,2-12,5 % de tot el personal que a Catalunya es dedica a la recerca. Si, a més a més, hi afegim el personal del sector públic (taula 1g), resulta un col·lectiu molt significatiu, tal com era d'esperar atesa la importància que té la indústria química a casa nostra.

4. Recursos econòmics

Les dades relatives a les institucions acadèmiques (universitats i CSIC) que es presenten a continuació corresponen a la informació proporcionada per les agències finançadores i per les institucions receptores, normalment en forma de memòries de recerca o anuaris que sovint es presenten globalitzats per facultats o per departaments, la qual cosa fa difícil la seva atribució concreta a grups de recerca o línies d'investigació. Per aquest motiu s'ha optat per fer-ne la classificació en funció de la procedència (font del finançament), de la finalitat (projectes, infraestructura, personal, altres) i de les àrees de coneixement receptores, aquestes últimes amb certes limitacions i aproximacions. Es detallen totes les subvencions rebudes per les universitats catalanes i pel CSIC per a la recerca en química durant el sexenni estudiat. Cal afegir que no s'ha inclòs la UPC dins l'estudi, atès que l'anàlisi del finançament de la recerca en química d'aquest organisme està coberta per un altre Report dins de l'àmbit d'enginyeria industrial.

Una altra limitació, força important, ha estat la manca de disponibilitat de dades globals de la Universitat Ramon Llull i del CSIC. Això fa que les dades d'aquest report siguin sempre incompletes i només indiquin quantitats mínimes, encara que prou significatives.

Finalment, tenint en compte l'important volum de la indústria química a Catalunya, hauria estat molt convenient disposar de dades completes sobre la despesa en R+D del sector privat. Únicament s'ha pogut recollir informació global indirecta sobre els exercicis 1990-1995, a partir dels documents de periodicitat anual *Informe anual de l'empresa catalana* (Departament d'Economia i Finances. Generalitat de Catalunya), on en els capítols sobre Indústria Química es donen dades globals sobre el valor afegit i sobre el percentatge de les despeses en R+D en relació amb aquest valor afegit.

Segons dades publicades molt recentment per la Fundación COTEC, de Madrid, (*Informe COTEC 1999. Tecnología e Innovación en España*), la despesa espanyola en R+D l'any 1996 (incloent-hi tota la despesa pública: Ministeris de Defensa, Indústria, Agricultura, etc.; i la de les empreses) només arriba al 0,87 % del PIB (comparem-ho amb el 1,85 % de mitjana de la Unió Europea, o amb el 2,15 % de mitjana de la OCDE). La situació no és gaire millor a Catalunya. Segons la mateixa Fundación COTEC abans esmentada, Catalunya tenia l'any 1996 un PIB global de 14 bilions de pessetes (BPTA) i una despesa global en R+D el mateix any 1996 de 135.562 milions de pessetes (MPTA) (equivalent a un 0,97 % del PIB). Paga la pena fer la comparació amb la Comunidad de Madrid per al mateix any (amb un PIB de 11,8 BPTA i una despesa global en R+D de 213.453 MPTA), que arriba al 1,81 % del PIB, quasi la mitjana de la UE.

Per altra banda, a partir d'indicadors macroscòpics, les empreses contribueixen a Catalunya amb més del 60 % de la despesa global en R+D en tots els camps, mentre que per al conjunt d'Espanya la xifra és inferior (de l'ordre d'un 40 %, segons la Fundación COTEC). I com es pot apreciar a la taula 10 (vegeu-la més endavant), les despeses de la indústria química catalana (R+D privat i royalties) pugen fins a un 80 % de la despesa total de R+D en química a Catalunya.

4.1. Finançament públic

4.1.1. La despesa pública i el finançament de la recerca

La taula 4 recull tota la despesa pública en química a Catalunya, 1990-1995. Aquesta taula recull el finançament concedit per les diverses agències finançadores (UE, MEC, Generalitat) tant a les universitats i al CSIC com a empreses i organismes en relació amb activitats de recerca. També inclou el finançament dels convenis de recerca executats per les universitats i finançats per empreses i organismes, ja que els imports d'aquests convenis s'integren dins dels pressupostos de les universitats (o de fundacions que en depenen).

TAULA 4
Despesa pública global de R+D en química per fonts de finançament, 1990-95, en MPTA.
(Inclou tot el finançament a universitats, empreses i altres organismes)

Font	1990	1991	1992	1993	1994	1995	Total	%
UE	0	175	170	405	38	190	978	9,1
MEC	412	805	535	798	707	738	3.995	37,1
Generalitat	103	655	565	835	666	1.095	3.919	36,3
Convenis/Altres	238	230	299	405	403	312	1.887	17,5
Total	753	1.865	1.569	2.443	1.814	2.335	10.779	100,0

Cal tenir en compte que del total de 10.779 MPTA únicament 8.404 MPTA corresponen a finançament rebut per les universitats catalanes i el CSIC (vegeu taula 5). La diferència (2.375 MPTA) correspon a finançament públic rebut de les mateixes fonts per empreses i organismes (per exemple: la planta pilot del LGAI rebé 400 MPTA l'any 1995).

Una constatació important d'aquestes dades és l'elevada contribució del finançament procedent de la Generalitat (36 % del total), que gairebé iguala la contribució del MEC (37 %). Això és a causa, segurament, de la gran incidència del Programa de Química Fina (CICYT), gestionat per la Generalitat, que fou operatiu durant aquests anys. Sens dubte, en altres camps de la recerca no es dona aquesta situació. En efecte, és ben conegut per tots els investigadors que la font principal del finançament de la recerca són els projectes, i també és públic que (amb aquesta excepció de la química fina) els programes de la Generalitat no inclouen convocatòries de projectes. En l'actualitat, un cop desaparegut el Programa de Química Fina, és probable que sigui novament el MEC la font més important de finançament en química, com sens dubte també ho és en la resta de ciències experimentals.

També és remarcable l'escassa incidència quantitativa del finançament europeu (9 %), però ja és ben conegut que els programes estrella dels successius Programes-Marc de la UE no inclouen la química (excepte els materials) més que marginalment.

Per altra banda, la participació real dels convenis ben segur que supera amb escreix el 17,5 % que reflecteix la taula 4 (recordem que no hi ha dades dels convenis del CSIC ni de l'IQS), però fins i tot incrementant aquest percentatge fins a una estimació molt conservadora (cap al 25-30 %) l'import global resultant segueix essent inferior al que caldria esperar atès el volum considerable de la indústria química a Catalunya.

La variació anual dels imports totals dins del sexenni reflecteix amb claredat la consideració de despesa prescindible que les agències finançadores tenen de la recerca, almenys de la pública. Si s'exclou de l'anàlisi l'any 1990 (manquen dades de molts programes per a aquell any), veiem que el període econòmicament àlgid, que s'acaba l'any olímpic de 1992 (i que es perllonga amb el finançament rècord del 1993), va seguir d'una molt clara contracció l'any 1993 (amb repercussions al finançament mínim de l'any 1994), tot seguint la conjuntura econòmica general. Cal recordar que fou precisament l'any 1993 quan es va produir el canvi de tendència en la política econòmica, amb la decisió governamental d'aplicar pautes financeres cada vegada més liberals (reducció del dèficit públic, disminució de les inversions, encongiment de les prestacions públiques en general, etc.). Recordem que eren els anys en què a Espanya, després d'haver arribat a una despesa en R+D de quasi un 1 % del PIB l'any 1992 (font: INE, <http://www.ine.es/daco/daco.htm>), es produeix per primera vegada una important davallada d'aquest indicador (que arribaria a baixar fins el 0,86 % l'any 1997), de tal manera que encara avui (1999) no s'ha pogut recuperar aquest 1 %. Aquests fets, però, no són exclusius de Catalunya ni d'Espanya. Recordem que en aquells anys es produeix la retallada de fons de recerca als EUA (en física, per exemple, es decideix prescindir de l'accelerador SCSI; o es retallen tots els programes de la NASA), i també a Europa. La conclusió més clara de les dades de la taula 4 és, malauradament, que la recerca pública en química depèn de la conjuntura fins a extrems inimaginables.

D'altra banda, i per intentar visualitzar a què es dedica el finançament, a la taula 5 es presenta un llistat del finançament global del sexenni de les universitats catalanes per capítols, amb inclusió del CSIC a Catalunya, però sense incloure la UPC (que es recull en altres reports, com ja ha estat dit) ni la UPF (que no té presència en química).

TAULA 5

Finançament global de R+D en química (1990-95) de les universitats i centres de recerca catalans (en MPTA) agrupat per conceptes

Organisme	Projectes	Convenis	Infraestructura	Beques	Altres	Total	%
UB	975	903	1.017	566	134	3.595	42,8
CSIC	1.225	*	364	391	49	2.029	24,1
UAB	621	509	143	451	132	1.855	22,1
URV	166	216	55	43	43	522	6,2
UG	64	—	77	66	19	227	2,7
URL	50	*	48	47	2	146	1,7
UL	24	—	—	5	1	30	0,4
Total	3.126	1.627	1.705	1.568	379	8.404	100,0
%	37,2	19,3	20,2	18,7	4,6	100	

* No es disposa d'aquestes dades.

La primera constatació d'aquestes dades, des del punt de vista de qui n'és el receptor, és que la UB, amb les seves facultats de química i de farmàcia, representa quasi un 43 % dels recursos, i gairebé duplica cada una de les dues institucions següents del rànquing. Aquestes, de magnituds

força equivalents, són el CSIC (24,1 %) i la UAB (22,1 %). La URV, malgrat el seu elevat volum de convenis (fruit de la proximitat del pol químic de Tarragona), representa només un 6,2 % dels recursos, probablement a causa de la recent creació d'aquesta universitat. Cal esperar que aquest percentatge millori en els propers anys. Les dades sobre la resta d'universitats són escasses. Recordem que el finançament real de la URL és superior a l'indicat a la taula, atès que solament hi figuren fons d'origen públic, i aquesta universitat és de règim privat. A més cal recordar que la Universitat de Lleida no imparteix la llicenciatura en química.

La distribució per conceptes de la taula 5 ofereix algunes constatacions dignes de menció. Les magnituds globals per a projectes (37,2 %) quasi dupliquen les de convenis (19,3 %, tot i que són infravalorades), d'infraestructura (20,2 %) o de beques (que, amb el 18,6 %, inclou programes de professors visitants). I atenent-nos a les dades relatives als convenis universitat-empresa, una observació a fer és, doncs, que la indústria química aprofita molt escassament de forma directa el potencial científic present a les institucions públiques.

La taula 6 presenta la distribució del finançament per àrees de coneixement que, malauradament, no és del tot completa.

TAULA 6
Finançament (en MPTA) de R+D en química de la UB, el CSIC, la UAB i la URV, per àrea de coneixement

	UB	UAB	URV	CSIC	Total
Q. analítica	548	459	165	400 ¹	1.571
Q. física	275	109	39	389 ²	811
Q. inorgànica	413	237	29	72	752
Q. orgànica	1.622	613	162	342 ³	2739
Q. farmacèutica /terapèutica	345				345
Altres / Sense especificar	392	438	127	826	1.782
Total	3.595	1.855	522	2.029	8.001

1. Es refereix a química ambiental.
2. Es refereix a ciència de materials i estat sòlid.
3. Es refereix a química orgànica biològica.

En primer lloc, les quantitats presentades a la taula 6 no inclouen dades de les universitats amb menys volum de finançament en química (almenys de finançament donat a conèixer), és a dir, de la UG, la URL i la UL. Tanmateix, la suma del finançament total de les quatre institucions reflectides a la taula 6 (8.001 MPTA) representa un 95 % del finançament de totes les institucions, que puja a 8.404 MPTA segons la taula 5.

L'altre problema de les dades de la taula 6 és que ha calgut fer moltes simplificacions per tal d'adaptar-la a les àrees de coneixement clàssiques. No obstant això, un nombre important de les dades primàries en les quals es basa la taula 6 no s'ha pogut atribuir a cap de les àrees de coneixement (apartat «altres / sense especificar»), amb la conseqüència de que el volum econòmic no assignat a cap àrea (1.782 MPTA) representa un 22 % dels 8.001 MPTA totals.

La conclusió més evident de les dades de la taula 6 és l'existència de dues grans àrees de coneixement que conjuntament representen més de la meitat del finançament total assignable dins del seixenni. Així, els percentatges de química orgànica (34 %) i de química analítica (quasi el 20 %) dupliquen o tripliquen els següents de la llista, que són química física (10 %) i química inorgànica (9 %), mentre que la incidència de química farmacèutica o química terapèutica és molt més baixa.

Sens dubte el volum molt elevat del finançament rebut per l'àrea de química orgànica es deu a l'existència de forts departaments o unitats d'aquesta àrea de coneixement dins les facultats de ciències (UAB, URV), de química (UB) o de farmàcia (UB), així com a la importància quantitativa de la Unitat de Química Orgànica Biològica del CID del CSIC a Barcelona. Quant a l'àrea de química analítica, a més de la seva presència a les facultats, també té una forta incidència (a través de la química ambiental) en el CSIC.

Si s'analitza detalladament l'origen del finançament d'aquestes dues àrees majoritàries, es pot observar que en la de química orgànica és molt predominant el finançament d'origen públic, mentre que en l'àrea de química analítica, la importància dels convenis és molt superior (vegeu taula 7). Aquest fet no és del tot inesperat, car les necessitats analítiques de la indústria (no únicament de la indústria química) molt probablement superen amb escreix les de qualsevol altre tipus.

TAULA 7

Resum global de finançament de R+D en química dels principals centres públics catalans durant el període 1990-95

a) Universitat de Barcelona

	<i>Projectes</i>	<i>Convenis</i>	<i>Infraestructura</i>	<i>Beques</i>	<i>Altres</i>	<i>TOTAL</i>
Global Fac. Quím.				164.419.800		164.419.800
Q. analítica	100.832.317	380.337.382	45.184.000	21.134.800		547.488.499
Q. física	133.769.739	39.548.436	51.124.000	50.034.672		274.476.847
Q. inorgànica	143.224.482	4.795.000	121.939.000	40.621.000		310.579.482
Q. orgànica	538.176.432	354.533.277	439.384.500	290.080.183		1.622.174.392
Q. farm/terap.	59.315.000	123.363.700	162.800.000	—		345.478.700
Sense especificar			93.702.000		133.733.000	227.435.000
TOTAL	975.317.970	902.577.795	914.133.500	566.290.455	133.733.000	3.492.052.720

b) Universitat Autònoma de Barcelona

	<i>Projectes</i>	<i>Convenis</i>	<i>Infraestructura</i>	<i>Beques</i>	<i>Altres</i>	<i>TOTAL</i>
Q. analítica	161.833.969	249.670.027	23.700.000	23.590.000		458.793.996
Q. física	65.590.976	16.381.281	10.000.000	16.964.224		108.936.481
Q. inorgànica	102.915.000	78.303.750	14.176.000	41.730.000		237.124.750
Q. orgànica	290.856.928	164.314.940	34.500.000	123.254.120		612.925.988
Global Dpt.			60.880.000	244.921.000	131.661.000	437.462.000
	621.196.873	508.669.998	143.256.000	450.459.344	131.661.000	1.855.243.215

c) Universitat Rovira i Virgili

	<i>Projectes</i>	<i>Convenis</i>	<i>Infraestructura</i>	<i>Beques</i>	<i>Altres</i>	<i>TOTAL</i>
Q. analítica	64.792.216	94.836.869		5.357.000		164.986.085
Q. física	31.634.000	—		7.051.000		38.685.000
Q. inorgànica	28.750.000	—		495.000		29.245.000
Q. orgànica	41.000.000	120.663.079		—		161.663.079
Sense especificar			54.950.000	29.809.000	42.605.000	127.364.000
TOTAL	166.176.216	215.499.948	54.950.000	42.712.000	42.605.000	521.943.164

d) Consell Superior d'Investigacions Científiques

	<i>Projectes</i>	<i>Infraestructura</i>	<i>Beques</i>	<i>Altres</i>	<i>TOTAL</i>
Q. analítica	399.527.923		642.000		400.169.923
Q. física	385.296.000		3.799.500		389.095.500
Q. inorgànica	57.241.000		14.716.000		71.957.000
Q. orgànica	251.486.299	90.926.000		342.412.299	
Sense especificar	131.318.320	364.096.000	280.801.800	49.350.000	825.566.120
TOTAL	1.224.869.542	364.096.000	390.885.300	49.350.000	2.029.200.842

4.1.2. *Grau d'èxit en convocatòries competitives*

La taula 8 demostra que en conjunt l'èxit dels químics catalans en les convocatòries del Plan Nacional de I+D és molt elevat. Recordem que la població de Catalunya (uns sis milions d'habitants) representa aproximadament el 15,1 % de la població total espanyola. En canvi, dels 178 projectes finançats per la CICYT en les àrees de química, cinquanta-un projectes (un 29 %) corresponen a Catalunya. Anàlogament, dels 1.866 MPTA amb què foren finançats aquests 178 projectes, Catalunya obtingué un total de quasi 488 MPTA (quasi un 26 %). La situació és, però, diferent si en lloc dels projectes del Plan Nacional, que gestiona la CICYT, es fa referència als projectes del Programa de Promoción General del Conocimiento, gestionat aquells anys per la DGICYT (i actualment per la DGES). Podem veure-ho a les diverses entrades de la taula 9, en la qual es veu que Catalunya obté el 17,4 % dels projectes i el 20,5 % del finançament de la DGICYT.

4.2. **Finançament privat**

L'obtenció de les dades sobre despesa en R+D del sector privat és una tasca molt més difícil que la del sector públic. Cal basar-se exclusivament en les dades que les empreses declaren com a despesa en R+D. Ara bé, per una banda no es pot garantir cap homogeneïtat entre els conceptes comptables com a despeses de recerca en el món acadèmic i en la indústria. Per l'altra banda, cal

TAULA 8
Projectes CICYT 1992-95

UNESCO	1992-95			
	Resta d'Espanya		Catalunya	
	NP	Finançament	NP	Finançament
2210	26	265.041.500	3	35.882.000
2301	26	179.397.100	4	15.296.000
2303	6	44.066.000	8	89.365.500
2304	18	215.468.000	4	26.510.000
2305	0	0	2	22.440.000
2306	23	228.532.000	17	193.435.000
2307	7	249.362.000	1	9.570.000
2390	13	140.536.000	3	23.210.000
2391	8	55.957.000	9	72.342.000
TOTAL	127	1.378.359.600	51	488.050.500

TAULA 9
Projectes DGICYT 1990-95

UNESCO	1990-95			
	Resta d'Espanya		Catalunya	
	NP	Finançament	NP	Finançament
2210	113	807.528.000	20	146.781.000
2301	71	534.145.000	15	100.800.000
2303	102	1.157.972.000	23	184.020.000
2304	26	263.175.000	7	102.900.000
2306	135	1.476.651.000	37	585.155.000
2307	62	421.257.000	6	83.115.000
2390	2	7.900.000	0	0
TOTAL	511	4.668.628.000	108	1.202.771.000

NP: Nombre de projectes; Codis UNESCO:
22 física; 2210: química física; 2301: química analítica; 2303: química inorgànica; 2304: química macromolecular; 2305: química nuclear; 2306: química orgànica; 2307: química física; 2390: química farmacèutica; 2391: química ambiental.

tenir present que la indústria química a Catalunya contribueix amb prop d'un 42 % de la producció química total espanyola (segons dades de l'*Informe anual sobre la indústria a Catalunya. 1997*. Departament d'Indústria, Comerç i Turisme. Generalitat de Catalunya), però una part important de les firmes químiques establertes a Catalunya tenen les seus socials a altres indrets, i normalment el seu volum de recerca a Catalunya és escàs. En aquest sentit convé recordar que el nombre d'empreses de capital local que basen la seva competitivitat en la recerca, el desenvolupament i la innovació és negligible (si s'exclou el sector farmacèutic, i encara caldria parlar-ne amb profunditat), mentre que les empreses de capital foraster tenen tendència a desenvolupar la recerca a les seves seus, també forasteres.

Afortunadament, els informes anuals publicats pel Departament d'Economia i Finances de la Generalitat, en l'apartat sobre la indústria química, contenen quadres estadístics amb dades sobre el valor afegit brut al cost dels factors (VABcf) per al conjunt de l'empresa química a Catalunya. La terminologia econòmica defineix el *valor afegit brut al cost dels factors* com la diferència entre el valor de la producció del sector i el valor de les compres del sector a altres empreses (els elements utilitzats en la producció). Equival a la riquesa generada, és a dir, a la suma de les remuneracions de personal més l'excedent brut d'explotació.*

Aquests mateixos informes, en un apartat posterior, donen quantitats de les despeses en R+D i dels pagaments nets a l'estranger per transferència de tecnologia, ambdues en percentatge respecte del valor afegit brut al cost dels factors. Amb aquestes dades es pot confeccionar la taula 10.

* Podeu trobar definicions més precises d'aquests i d'altres termes econòmics a les pàgines d'Internet del servidor de l'Institut d'Estadística de Catalunya (<http://www.idescat.es/>).

TAULA 10

Despeses de R+D de les empreses químiques catalanes i despesa global de agències financeres de la recerca pública durant el sexenni 1990-1995

<i>Any</i>	1990		1991		1992		1993		1994		1995	
	%	MPTA	%	MPTA	%	MPTA	%	MPTA	%	MPTA	%	MPTA
Empreses privades ¹												
Valor afegit		148.540		160.723		170.660		172.815		211.640		235.620
R+D	2,9	4308	3,87	6.220	3,62	61.782	3,94	6.809	3,12	6.603	3,32	7.823
Royalties	0,56	832	0,68	1093	0,42	7.172	0,92	1.590	0,63	1.333	0,78	1.838
Despesa pública (taula 4)												
R+D		753		1.865		1.569		2.443		1.814		2.335
(Convenis)		(238)		(230)		(299)		(405)		(403)		(312)
R+D privat + royalties + R+D públic		5.893		9.178		8.464		10.842		9.750		11.996

1. Les dades primàries es mostren en negreta i són extretes de la sèrie *Informe anual de l'empresa catalana*. Departament d'Economia i Finances. Generalitat de Catalunya, al capítol «Indústria Química», dels anys corresponents.

Si es descompten les xifres corresponents a l'any 1990, per al qual manquen moltes dades, es pot observar que la despesa pública global oscil·la entre un mínim de 1.814 MPTA l'any 1994 i un màxim de 2.443 MPTA l'any 1993. D'altra banda, la suma de totes les despeses d'innovació (R+D privat, *royalties* i R+D públic) oscil·la entre un mínim de 8.464 MPTA l'any 1992 i un màxim d'11.996 MPTA l'any 1995. Això fa que els percentatges de la recerca pública respecte de la despesa total oscil·lin entre un màxim del 22,5 % l'any 1993 i un mínim del 18,5 % l'any 1992, és a dir, es mantenen al voltant del 20 %.

Per la seva banda, la despesa pròpia en R+D del sector privat oscil·la al voltant del 65 % del total. Però és que el pagament de royalties puja un altre 15 %, i s'acosta a la despesa total en R+D del sector públic. Així, doncs, la despesa total dels sectors privat i públic en innovació és de l'ordre del 80 % de la despesa total (aquesta dada és recurrent a moltes de les fonts consultades).

El volum global dels convenis amb universitats i CSIC a Catalunya l'any 1995 (un 2,6 % de les despeses totals d'innovació: R+D privat i públic + royalties) és tan sols d'una sisena part dels pagaments per tecnologia a l'estranger (*royalties*) en el mateix any. La situació és, doncs, poc favorable per a la recerca pública, si més no en el seu vessant aplicat o de transferència de tecnologia.

És possible visualitzar el tipus d'empresa que fa innovació. Els indicadors globals estatals mostren que un 16,5 % de les empreses amb despeses d'innovació tenen col·laboració amb universitats i centres públics de recerca. Així i tot, el sector químic no és dels de més alt grau de col·laboració, encara que es troba per damunt de la mitjana.* A partir d'altres indicadors globals recollits per la Fundació COTEC, i que serien extrapolables a Catalunya, la indústria química

espanyola efectua el 16 % de tota la despesa en R+D a l'Estat, superada només per les de materials per al transport (21 %) i electricitat i electrònica (19 %). Altres indicadors relacionats assenyalen que el 46,5 % de les empreses del sector químic són actives en tasques de R+D, i que les més actives són les empreses de major envergadura (un 87,9 % per a les empreses de més de 200 treballadors).

Desafortunadament, quan aquestes dades s'observen des d'un altre angle són quelcom més decebedores, i criden l'atenció que en el sector químic només un 1,7 % del negoci net es dedica a la innovació, en clar contrast amb valors superiors al 4 % per a sectors com el de la farmàcia i el de l'electricitat i l'electrònica.

5. Producció científica

No és una tasca fàcil avaluar de manera exhaustiva la productivitat en l'àmbit de les ciències experimentals en general, i en el de la química en particular. Si bé és obvi que els diversos indicadors a utilitzar han de ser el més objectius possible, això no sempre és viable per la manca d'informació a l'abast. En el cas del món acadèmic hi ha d'entrada un ampli acord en els indicadors que s'utilitzen per tal d'avaluar la productivitat científica, però aquesta situació no és tan clara en el món de la indústria, i aquest fet és degut principalment als aspectes de la confidencialitat dels resultats obtinguts. A més a més, el caràcter interdisciplinari de la química que es fa avui no facilita l'assignació dels resultats de recerca, de manera unívoca, a una de les àrees en què tradicionalment la química es divideix.

Conscients d'aquest grau de dificultat i procurant la màxima objectivitat, hem considerat uns indicadors que, creiem, reflecteixen prou àmpliament la productivitat de la recerca en química. Aquest indicadors són:

- llicenciats i doctors en química,
- publicacions científiques: per categories i per qualitat,
- patents.

5.1. Llicenciats i doctors

En un report de les característiques d'aquest sembla interessant de recollir el nombre d'estudiants catalans que acaben el segon i el tercer cicles. La comparació amb el nombre que els comencen —a més de la dificultat de conèixer-lo— és un altre tema més relacionat amb l'eficàcia del sistema universitari català.

Les taules 11 i 12 recullen el nombre de llicenciats (L) i de doctors (D) sortits de les universitats catalanes en el període estudiat. Pel que fa als llicenciats s'observa un creixement constant i molt gran, ja que s'ha produït un increment mitjà acumulatiu del 11 % anual. Aquesta tendència sembla que s'ha anat corregint en els anys posteriors, ja que les universitats, en especial la UB, que és la que rep el nombre d'alumnes més gran, ha anat reduint el nombre d'estudiants admesos. Aquesta política cal considerar-la encertada, atès que el nombre d'estudiants de química tant a Catalunya com a Espanya és desproporcionadament elevat.

Pel que fa als doctors, el nombre global de 357, representa un 12,5 % del de llicenciats. A Espanya, durant el mateix període el nombre de llicenciats fou de 13.995 (2.332 de mitjana a l'any) i el de doctors 1.775 (296 de mitjana a l'any). El nombre de doctors és, doncs, un 12,7 % del de llicenciats, igual al de Catalunya. Per tant a les universitats catalanes s'han format durant el període estudiat el 20,4 i el 20,1 % de llicenciats i de doctors, respectivament, de tot l'Estat espanyol.

El percentatge de llicenciats que fan el doctorat és baix, si es compara amb el dels països occidentals capdavanters en el món de la recerca. Aquests valors estan relacionats, sens dubte, amb el fet que pràcticament només el sector públic, les universitats i centres de recerca, principalment el CSIC, tenen doctors en les plantilles de personal. La indústria química catalana i espa-

TAULA 11
Nombre de llicenciats en química per universitats i anys

<i>Universitat</i>	1990	1991	1992	1993	1994	1995	<i>Total</i>
UB	191	198	216	265	242	307	1.419
UAB	79	89	117	100	99	126	610
URV	45	42	57	62	50	102	358
UG	0	0	0	0	0	21	21
IQS	70	66	69	76	73	88	442
Total	385	395	459	503	464	644	2.850

TAULA 12
*Nombre de doctors en química per universitats i anys i relació (%) entre el total de doctors (D)
i de llicenciats (L)*

<i>Universitat</i>	1990	1991	1992	1993	1994	1995	<i>Total</i>	<i>% D/L</i>
UB	26	24	27	23	32	38	170	12,0
UAB	20	15	21	21	11	22	110	18,0
URV	2	5	11	8	2	6	34	9,5
UG	0	0	0	1	1	0	2	9,5
IQS	6	5	10	9	8	3	41	9,3
Total	54	49	69	62	54	69	357	12,5

nyola, pel seu abast, característiques i tradició no incorpora doctors d'una manera significativa. El fet que les grans empreses químiques multinacionals tinguin els centres de recerca als països d'origen respectius tampoc afavoreix la sortida professional d'aquestes persones. La política de beques doctorals, postdoctorals i de reincorporació de les administracions públiques, tant autonòmica com estatal, històricament restrictiva tampoc no propicia que els llicenciats catalans compleixin els cicles tradicionals d'una bona formació universitària. No obstant això, cal esperar, en els propers anys, un augment d'estudiants de tercer cicle fruit de l'increment en el nombre de llicenciats i del nou caire generalista de la llicenciatura; en aquest sentit durant el període analitzat s'observa ja un augment, si bé modest i no gaire regular, en el nombre de doctors. En aquest punt cal dir que la UAB destaca per l'alta productivitat en la formació de doctors.

Els comentaris anteriors sobre l'elevat nombre d'estudiants de llicenciatura i el baix percentatge que fa el doctorat, queda perfectament il·lustrat en comparar les dades indicades amb les corresponents als Estats Units. L'any 1996 van sortir de les universitats i *colleges* americans 4.309 graduats amb plans d'estudis reconeguts per l'American Chemical Society, és a dir una mica menys del doble dels llicenciats a Espanya. Els graduats nord-americans completen els seus estudis amb un màster o un doctorat, pràcticament a parts iguals, ja que durant el mateix any 1996 varen sortir 2.098 màsters i 2.127 doctors. Ara bé, caldria retocar aquestes xifres atès que els Estats Units reben molts estudiants foranis per cursar aquestes titulacions.

5.2. Publicacions

Per analitzar la producció científica catalana durant el període estudiat (1990-1995) s'han utilitzat les bases de dades del *Chemical Abstracts* (CA), publicat per l'American Chemical Society, i del *Science Citation Index* (SCI) publicat per l'Institut for Scientific Information (ISI).

El CA és una revista de resums que cobreix tots els camps de la química, l'enginyeria química i matèries relacionades. Avui dia controla més de 15.000 publicacions científiques i tècniques de més de 150 països, patents atorgades per una trentena de països i per dues organitzacions internacionals (WIPO i EPO), actes i *proceedings* de congressos, conferències, etc., tesis doctorals, publicacions governamentals i llibres de tot el món; de mitjana resumeix més de 500.000 articles cada any. Fa, per tant, un seguiment exhaustiu de totes les publicacions de química de tot el món. El CA classifica els papers resumits en vuitanta seccions agrupades en cinc grans àrees: bioquímica; química orgànica; química macromolecular; química aplicada i enginyeria química, i una última secció que s'ocupa de la química analítica, la química inorgànica i la química física.

Per la seva banda, l'SCI recull uns 5.000 títols, principalment revistes, del món de les ciències en general. Considera que els millors treballs es troben en un nombre relativament limitat de publicacions. No té per tant el caràcter exhaustiu del CA. No obstant això és una publicació amb molt de prestigi i plenament acceptada per la comunitat científica. Aquestes revistes les classifica en unes dues-centes categories o branques del saber, i, si bé la major part només pertanyen a una sola categoria, n'hi ha algunes que pertanyen a dues o més, fet que dificulta una mica l'anàlisi quantitativa dels resultats. Pel que fa a la química, l'SCI conté una trentena de categories que recullen publicacions relacionades amb la química i ciències properes.

Amb l'objectiu d'acotar clarament el camp del nostre estudi s'han triat les onze categories següents de l'SCI: *química; química analítica; química aplicada; química inorgànica i nuclear; química mèdica; química orgànica; química física; electroquímica; física química, atòmica i molecular; polímers i espectroscòpia*. No s'han considerat, doncs, altres categories que també contenen revistes del món químic com, per exemple: mètodes en recerca bioquímica; bioquímica i biologia molecular; biotecnologia i microbiologia aplicada; enginyeria química; ciència de materials; biomaterials; ceràmica; compòsits; metallúrgia i enginyeria metallúrgica. La pràctica totalitat d'aquestes darreres categories han estat tractades en altres reports d'aquesta sèrie. La química ambiental no té una categoria definida a l'SCI i per tant no ha pogut ser recollida aquí, si bé en el seu vessant aplicat està recollida en part en el report d'enginyeria industrial.

Aquestes onze categories triades són bastant heterogènies, en el sentit que, si bé algunes d'elles semblen correspondre clarament a alguna de les àrees tradicionals de la química com són la química analítica, la química inorgànica o la química orgànica, s'ha de tenir present que els resultats en àrees de treball interdisciplinars, com per exemple la química organometàl·lica, es poden recollir tant en revistes d'«inorgànica» com d'«orgànica». En altres casos, com la producció en química física, la correspondència entre àrea de coneixement i categoria de l'SCI no és tan directa. Així, sovint es troba que la producció en química física, a més de la categoria de química física, apareix en revistes contingudes en altres categories com física química, atòmica i molecular, electroquímica i, en menor grau, espectroscòpia. És per això, tal com ja s'ha dit abans, que si bé la major part de les revistes només pertanyen a una única categoria, n'hi ha unes quantes que ho fan a més d'una. Així, *Organometallics* es troba a la categoria de química

inorgànica i a la de química orgànica i *Mag. Reson. Chem.* a les de química física i d'espectroscòpia.

D'altra banda, s'ha de reconèixer que la categoria de química, i també la de química aplicada, tenen uns noms no gaire informatius sobre el tipus de revistes que apleguen. Pel que fa a la categoria de química, consta de 111 revistes. Entre elles s'hi troben les publicacions de les diferents societats nacionals com, per exemple, *J. Amer. Chem. Soc.* o *Anales de Química*, que tracten les diverses branques de la química; a més a més de les publicacions especialitzades en treballs de revisions, d'actualitzacions o de comunicacions preliminars, com són *Accounts Chem. Res.*, *Chem. Rev.*, *Angew. Chem.*, o *Chem. Comm.*, entre d'altres.

Aquestes onze categories apleguen en total 450 revistes, però la distribució entre elles és bastant desigual, tal com es mostra a la taula 13:

TAULA 13
*Categories de química de l'SCI considerades en aquest estudi
i nombre de revistes de cada categoria*

<i>Categoria</i>	<i>Nombre de revistes</i>
Química	111
Química analítica	61
Química aplicada	44
Química inorgànica i nuclear	36
Química mèdica	28
Química orgànica	43
Química física	86
Electroquímica	9
Física química, atòmica i molecular	31
Polímers	52
Espectroscòpia	35

En total sumen 536 revistes i cal indicar que n'hi ha vuitanta-sis que apareixen en més d'una categoria.

En fer una anàlisi de quartils segons el corresponent índex d'impacte* ordenats de més gran a petit, s'obtenen els resultats que es mostren a la taula 14.

Aquest quadre indica que les 113 millors revistes de química, les quals constitueixen el 25 % de les recollides en les onze categories indicades, tenen un índex d'impacte comprès entre 18,286 i 1,716.**

* S'ha treballat amb els índexs de l'any 1997 —que cau fora del període estudiat—, però es considera que atesa la petita variació anual dels índexs els resultats deduïts no són significativament diferents dels que s'haurien obtingut amb índexs d'algun any —o la mitjana dels sis anys— estudiat.

** L'annex 1 conté la relació d'aquestes revistes amb els corresponents índexs d'impacte.

TAULA 14
*Distribució en quartils de les revistes de química de l'SCI
 arrelgades segons el seu índex d'impacte*

<i>Quartil</i>	<i>Revistes</i>	<i>Índex d'impacte</i>
1r	1-113	18,286-1,716
2n	114-225	1,708-0,984
3r	226-338	0,983-0,513
4t	339-450	0,504-0,009

Aquestes 113 revistes amb els índexs d'impacte més alt es reparteixen entre les diferents categories de la manera indicada a la taula 15.

TAULA 15
Categories i nombre de revistes de química del primer quartil d'índex d'impacte

<i>Categoria</i>	<i>Nombre de revistes</i>
Química	23
Química analítica	16
Química aplicada	3
Química inorgànica i nuclear	9
Química mèdica	5
Química orgànica	15
Química física	24
Electroquímica	1
Física química atòmica i molecular	10
Polímers	5
Espectroscòpia	9

A més hi ha set revistes que pertanyen a dues categories.

5.3. Productivitat

Com a primera base de treball s'ha fet un buidatge de l'SCI del període estudiat dels articles amb algun autor català en cada una de les onze categories triades i s'ha obtingut un total de 3.281 papers.*

* S'ha de tenir en compte que en el CA no és gens fàcil fer un buidatge d'autors catalans, perquè no disposa de cap camp de cerca apropiat. s'ha hagut de fer un buidatge de l'SCI pel nom de la universitat, centre o ciutat, sent coneixedors de totes les limitacions que aquest tipus de cerca comporta.

A l'efecte de comparar la productivitat catalana amb la d'altres països, s'ha buscat, també, el nombre de publicacions en les onze categories, a més d'Espanya —incloent-hi Catalunya— d'Itàlia, Suècia, Irlanda i la de tot el món. Itàlia i Irlanda són els dos països més propers a Espanya en despesa en R+D percentual sobre PIB; Suècia ha estat escollit com a país desenvolupat, amb una estructura científica molt consolidada i amb un esforç considerable en R+D (vegeu la taula 20 més endavant).

A la taula 16 es dona el nombre de publicacions per país i categoria i a la taula 17 es mostren els percentatges en cada categoria dins de cada país, a fi i efecte de comparar la producció per categoria en cadascun dels països estudiats.

TAULA 16
Nombre de publicacions científiques sobre les principals especialitats o categories de la química produïdes per diferents països (1990-95)

<i>Categoria</i>	<i>Món</i>	<i>Catalunya</i>	<i>Espanya</i>	<i>Irlanda</i>	<i>Itàlia</i>	<i>Suècia</i>
Química	181.076	601	2.969	313	3.526	1.438
Química analítica	63.947	605	3.453	331	2.361	1.135
Química aplicada	18.926	117	761	61	395	180
Química inorgànica i nuclear	50.301	392	1.890	216	2.581	287
Química mèdica	9.478	88	214	60	520	141
Química orgànica	78.248	604	3.069	294	3.770	770
Química física	91.800	402	3.477	349	3.540	1.763
Electroquímica	15.877	77	432	75	422	178
Física química	48.407	212	1.139	442	1.894	1.014
Polímers	48.748	121	992	95	1.503	558
Espectroscòpia	28.086	62	611	37	1.844	468
TOTAL	634.894	3.281	19.007	2.273	22.356	7.932

TAULA 17
Relació (%) entre el nombre de publicacions de cada especialitat o categoria i el nombre total de publicacions produïdes per diferents països (1990-95)

<i>Categoria</i>	<i>Món</i>	<i>Catalunya</i>	<i>Espanya</i>	<i>Irlanda</i>	<i>Itàlia</i>	<i>Suècia</i>
Química	28,5	18,3	15,6	13,8	15,8	18,1
Química analítica	10,1	18,4	18,2	14,6	10,6	14,3
Química aplicada	3,0	3,6	4,0	2,7	1,8	2,3
Química inorgànica i nuclear	7,9	12,0	9,9	9,5	11,5	3,6
Química mèdica	1,5	2,7	1,1	2,6	2,3	1,8
Química orgànica	12,3	18,4	16,2	12,9	16,9	9,7

TAULA 17 (Continuació)
 Relació (%) entre el nombre de publicacions de cada especialitat o categoria i el nombre total de publicacions produïdes per diferents països (1990-95)

Categoria	Món	Catalunya	Espanya	Irlanda	Itàlia	Suècia
Química física	14,5	12,3	18,3	15,4	15,8	22,2
Electroquímica	2,5	2,4	2,3	3,3	1,9	2,2
Física química	7,6	6,5	6,0	19,5	8,5	12,8
Polímers	7,7	3,7	5,2	4,2	6,7	7,0
Espectroscòpia	4,4	1,9	3,2	1,6	8,3	5,9
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

El pes relatiu de cada categoria respecte de la producció en publicacions es pot observar de forma gràfica a la figura 1, per al cas de Catalunya.

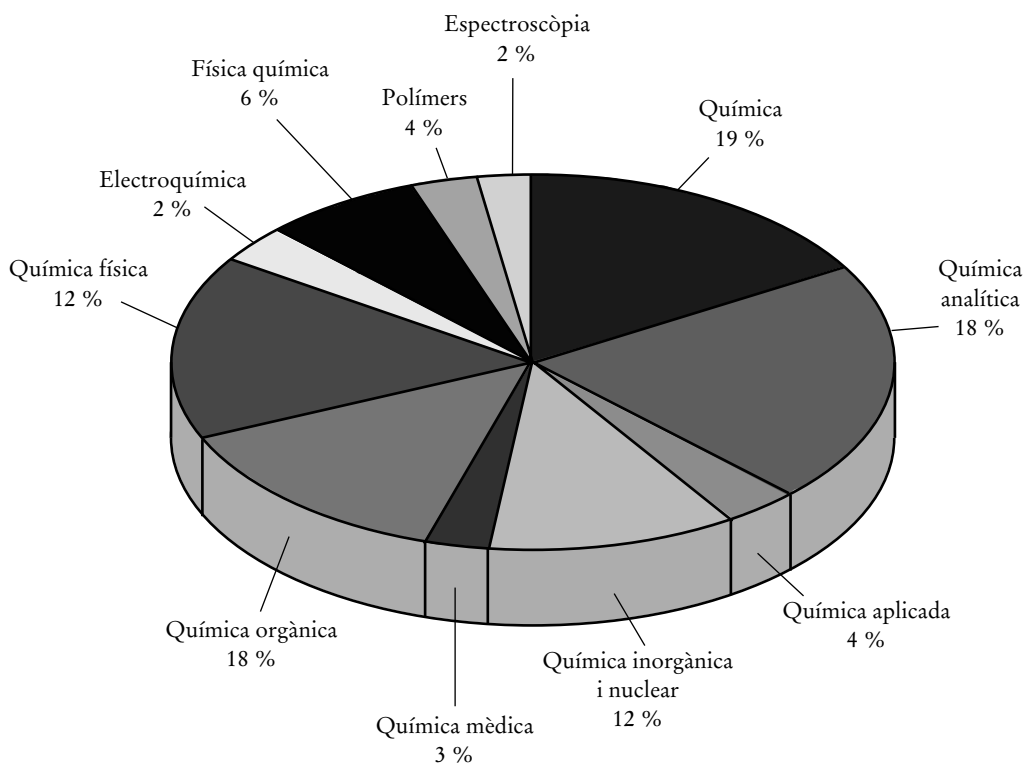


FIGURA 1. Distribució dels articles de química publicats per autors catalans en el període 1990-95 en les diferents categories considerades.

En la taula 18 es recullen els percentatges de les publicacions dins de cada categoria de cada país en relació la producció mundial total també per categoria. La mitjana global indicada correspon a la relació amb entre els totals dels diferents països (la relació Catalunya/Món és 0,52). Entre parèntesis s'expressa la contribució de cada categoria de forma relativa respecte del valor mitjà; és a dir, un valor més gran que u significa que la producció en aquesta categoria és superior a la mitjana mundial de la mateixa categoria.

La taula 19 mostra la producció sectorial; és a dir, per a cada una de les categories, la producció de Catalunya en relació a la d'altres països, expressada de la mateixa forma que en la taula 18.

Aquestes dades permeten una visualització del perfil temàtic de la recerca que es fa a Catalunya. La figura 2, construïda a partir de les dues primeres columnes de la taula 18, mostra la comparació de les àrees actives a Catalunya en relació amb l'Estat espanyol.

TAULA 18

Producció relativa per categoria (%) dels països considerats respecte a la producció mundial total de la mateixa categoria (1990-95). S'indica entre parèntesis els valors relatius a la producció mitjana global de cada país (= 1,00)

Categoria	Catalunya	Espanya	Irlanda	Itàlia	Suècia
Química	0,33 (0,64)	1,64 (0,55)	0,17 (0,48)	1,95 (0,55)	0,79 (0,64)
Química analítica	0,95 (1,82)	5,40 (1,81)	0,52 (1,44)	3,69 (1,05)	1,77 (1,42)
Química aplicada	0,62 (1,19)	4,02 (1,34)	0,32 (0,90)	2,09 (0,59)	0,95 (0,76)
Química inorgànica i nuclear	0,78 (1,50)	3,76 (1,26)	0,43 (1,19)	5,13 (1,46)	0,57 (0,46)
Química mèdica	0,93 (1,79)	2,26 (0,76)	0,63 (1,76)	5,49 (1,56)	1,49 (1,19)
Química orgànica	0,77 (1,48)	3,92 (1,31)	0,38 (1,04)	4,82 (1,37)	0,98 (0,79)
Química física	0,44 (0,84)	3,79 (1,27)	0,38 (1,06)	3,86 (1,10)	1,92 (1,54)
Electroquímica	0,48 (0,93)	2,72 (0,91)	0,47 (1,31)	2,66 (0,76)	1,12 (0,90)
Física química, atòmica i molecular	0,44 (0,84)	2,35 (0,79)	0,91 (2,54)	3,91 (1,11)	2,09 (1,68)
Polímers	0,25 (0,48)	2,03 (0,68)	0,19 (0,54)	3,08 (0,88)	1,14 (0,92)
Espectroscòpia	0,22 (0,42)	2,18 (0,73)	0,13 (0,37)	6,57 (1,87)	1,67 (1,33)
MITJANA GLOBAL (País/món)	0,52 (1,00)	2,99 (1,00)	0,36 (1,00)	3,52 (1,00)	1,25 (1,00)

TAULA 19

Comparació de les produccions per categoria (%) entre Catalunya i els països considerats (1990-95), donant també entre parèntesis els valors relatius a la mitjana global de cada país (= 1,00)

Categoria	Catalunya/Espanya	Catalunya/Irlanda	Catalunya/Itàlia	Catalunya/Suècia
Química	20,24 (1,17)	192,01 (1,33)	17,04 (1,16)	41,79 (1,01)
Química analítica	17,52 (1,02)	182,78 (1,27)	25,62 (1,75)	53,30 (1,29)
Química aplicada	15,37 (0,89)	191,80 (1,33)	29,62 (2,02)	65,00 (1,57)

TAULA 19 (Continuació)

Comparació de les produccions per categoria (%) entre Catalunya i els països considerats (1990-95), donant també entre parèntesis els valors relatius a la mitjana global de cada país (= 1,00)

Categoria	Catalunya/Espanya	Catalunya/Irlanda	Catalunya/Itàlia	Catalunya/Suècia
Química inorgànica i nuclear	20,74 (1,20)	181,48 (1,26)	15,19 (1,03)	136,59 (3,30)
Química mèdica	41,12 (2,38)	146,67 (1,02)	16,92 (1,15)	62,41 (1,51)
Química orgànica	19,68 (1,14)	205,44 (1,42)	16,02 (1,09)	78,44 (1,90)
Química física	11,56 (0,67)	115,19 (0,80)	11,36 (0,77)	22,80 (0,55)
Electroquímica	17,82 (1,03)	102,67 (0,71)	18,25 (1,24)	43,26 (1,05)
Física química, atòmica i molecular	18,61 (1,08)	47,96 (0,33)	11,19 (0,76)	20,91 (0,51)
Polímers	12,20 (0,71)	127,37 (0,88)	8,05 (0,55)	21,68 (0,52)
Espectroscòpia	10,15 (0,59)	167,57 (1,16)	3,36 (0,23)	13,25 (0,32)
MITJANA GLOBAL (Catalunya/país)	17,26 (1,00)	144,35 (1,00)	14,68 (1,00)	41,36 (1,00)

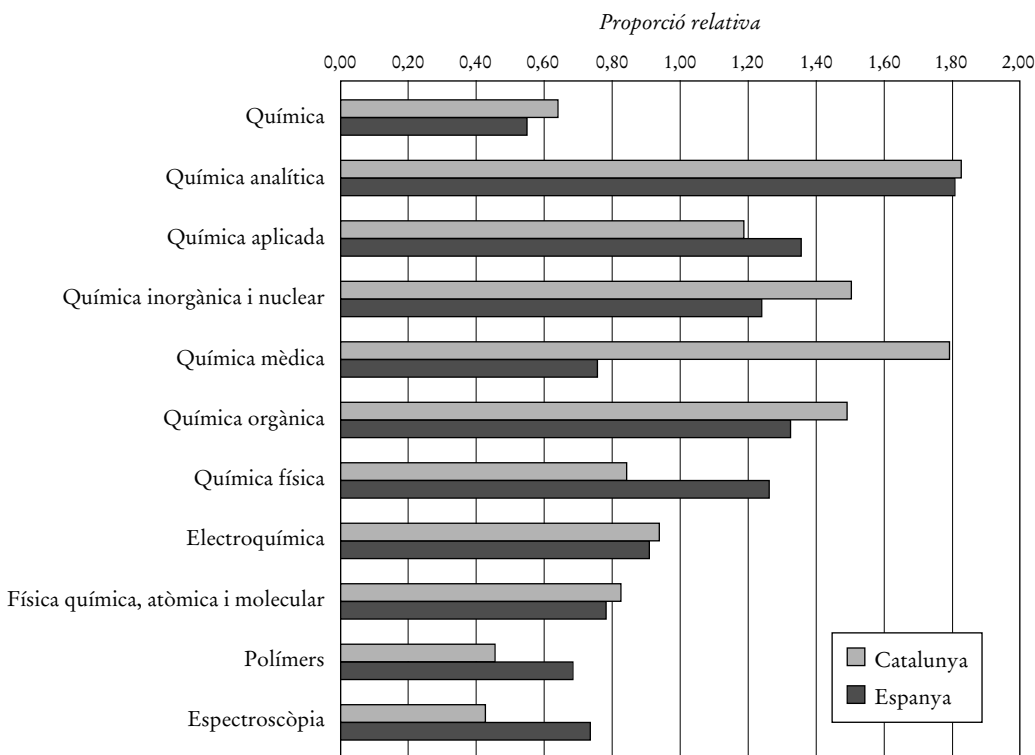


FIGURA 2. Proporció dels articles de química comparada amb la producció mundial relativa (= 1) en les diferents branques de la química considerades (1990-95).

Pel que fa a productivitat global Catalunya representa el 0,52 % del nombre de publicacions mundials, davant el 2,99; 0,36; 3,52 i 1,25 % per a Espanya, Irlanda, Itàlia i Suècia, respectivament. La producció catalana en relació amb la dels altres països és del 17,3; 144,3; 14,7 i 41,4 %.

Una anàlisi inicial que es pot fer és veure el perfil de la producció de Catalunya en percentatges de les diferents categories i comparar-la amb la mundial. En avaluar el rendiment per categoria de cada país, en aquest cas Catalunya (vegeu taula 18 i figura 1), s'observen els següents fets:

- Una producció relativa clarament més gran que la mitjana mundial en les categories de química analítica i de química mèdica.

- En química orgànica i en química inorgànica, la producció relativa és una mica superior a la mitjana mundial.

- Una producció relativa de l'ordre de la mitjana mundial, o una mica per sota, en química física, física química atòmica i molecular i en electroquímica.

- Una producció relativa clarament inferior a la mitjana mundial en química, i especialment inferior en polímers i en espectroscòpia.

En aquest punt cal recordar de nou el caràcter interdisciplinari de la química en general, el qual és més que evident en el cas de la química física. Així, cal indicar que una gran part de la recerca en aquesta àrea del coneixement no s'inclou dintre de la categoria del que s'entén en l'SCI com a química física. És el cas de la recerca en electroquímica a la qual hi correspon una categoria específica segons l'SCI. A la vegada, gran part de la recerca es fa en el camp de la física química, atòmica i molecular, que també té una categoria pròpia segons l'SCI. Ambdues categories s'haurien d'incloure conjuntament amb la de química física per tal de correspondre's amb la recerca real dintre del camp de la química física, tant en l'àmbit de Catalunya com en el de l'Estat espanyol.

Una problemàtica semblant es presenta també en el cas de les categories de polímers i d'espectroscòpia atès el seu caire particularment interdisciplinari i que presenta contribucions que poden provenir tant de la química orgànica, com de la química física i, fins i tot, de la química inorgànica.

En comparació amb els altres països (vegeu taules 18 i 19), poden fer-se les següents consideracions generals, sempre referides als percentatges per categories:

- La situació no és gaire diferent de la comentada anteriorment en relació amb la producció mundial. Així, continua destacant la producció relativa en química analítica, que si bé és igual a l'espanyola és superior a la de tots els altres països estudiats, molt en especial a la italiana.

- Pel que fa a la química orgànica és també superior a la dels altres països, especialment a la de Suècia. Però la productivitat orgànica d'aquest país no és gaire elevada (el 0,98 % de la producció mundial en aquesta categoria; en canvi produeix el 1,25 % de la producció mundial total en totes les categories).

- La química inorgànica segueix una pauta semblant a la química orgànica, amb una relació encara més acusada en relació a Suècia, país en el qual els esforços en aquesta matèria són bastant minsos. (De fet Suècia produeix el 0,57 % de les publicacions mundials en Inorgànica i el 1,25 % de la producció mundial total).

- La producció en química física, comptant només les publicacions dintre d'aquesta categoria, és inferior a la dels altres països, especialment a la de Suècia, país per altra banda amb un reconegut prestigi i una llarga tradició en aquest camp. Si es consideren també les aportacions recollides en les categories d'electroquímica i de física química, atòmica i molecular, malgrat l'augment significatiu del nombre de publicacions, la producció relativa pràcticament no varia.

— Pel que fa a la química mèdica, la producció catalana és molt elevada (0,93 % de la producció mundial en aquest camp), i és del mateix ordre percentual que Irlanda, una mica superior a la producció italiana i sueca, i més de dues vegades la producció espanyola. Aquesta diferència tan clara no deu ser aliena al fet que la major part de la indústria farmacèutica a Espanya es troba a Catalunya. Cal assenyalar, però, que aquesta categoria va començar a comptabilitzar-se l'any 1992 i que el nombre de papers és clarament inferior al de les altres categories.

— Respecte al camp dels polímers i molt especialment al de l'espectroscòpia, els esforços que s'hi dediquen a Catalunya estan molt per sota de l'atenció que reben en els altres països, tal com reflecteixen les dades de les taules 18 i 19.

En aquestes observacions caldria afegir un comentari relacionat amb la despesa en R+D que engloba l'aportació privada. S'ha comprovat que la indústria a Espanya (i a Catalunya) pràcticament no produeix resultats directes (publicacions), mentre que a l'exterior és habitual veure'n les aportacions. Això implica que és el personal dels centres públics catalans el que manté la progressió ascendent de la recerca en química durant els últims anys.

Pel que pertoca a la distribució temporal per a cadascuna de les categories i en concret per a Catalunya, s'observa de forma general, llevat d'alguns casos particulars, una tendència continuada a anar augmentant, dintre del període considerat, en el nombre de publicacions en els diversos àmbits, tal i com es reflecteix a la figura 3. Tanmateix, el gràfic sembla indicar que, amb lleugeres fluctuacions, el nombre de publicacions per a les diverses categories tendeix cap a una estabilització, que en tot cas s'assoliria en anys posteriors als considerats en el present estudi. Aquesta pauta de comportament sembla també observar-se en relació amb la productivitat en tot l'Estat espanyol, i també en el cas dels altres països de l'àmbit europeu considerat. És a dir, un creixement continuat amb una certa tendència envers l'estabilització vindria a ser una característica de la productivitat de les diverses categories en el període estudiat.

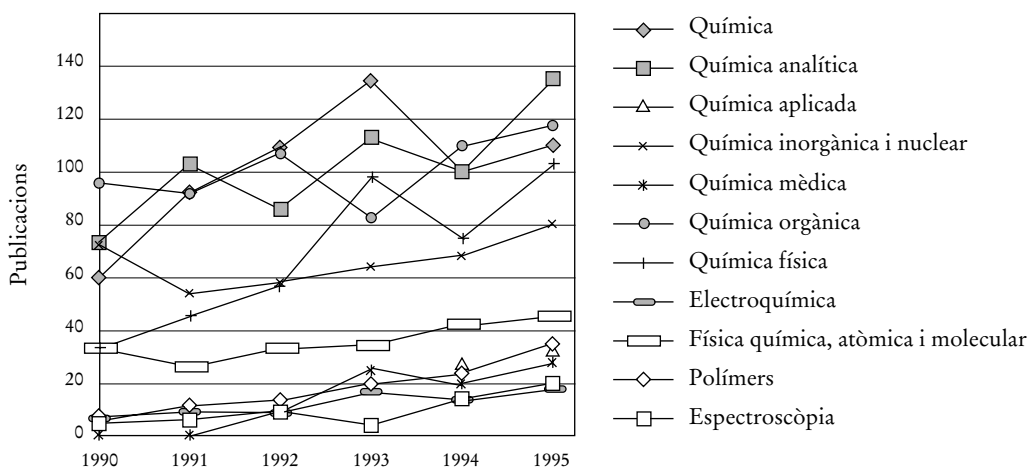


FIGURA 3. Evolució temporal dels articles de química d'autors catalans recollits al CA en cadascuna de les onze categories considerades.

Deixant de banda la productivitat per categories, que ens ha fornït una visió del perfil de R+D de cadascun dels països considerats, passem ara a veure la productivitat total, tot ponderant-la respecte a la població i al producte interior brut (PIB).

La taula 20 ens dóna detalls de la productivitat relativa dels diferents països respecte a la de Catalunya, atenent bàsicament el nombre total de publicacions científiques produïdes. Al costat d'això hi figuren de forma relativa els dos indicadors suara esmentats. Amb aquestes dades, posteriorment s'ha elaborat un índex que quantifica l'esforç i la productivitat en R+D (vegeu taula 21), i per a una millor comparació s'ha cobert un nombre més gran de països. S'han incorporat a la taules 20 i 21 països rellevants de l'OCDE, dels quals només s'indiquen indicadors globals provinents sempre de les mateixes fonts. No s'ha cregut convenient fer una anàlisi detallada de les publicacions per camps.

Fent una comparació amb les dades directes de la taula 20, es poden fer les següents consideracions:

— En relació amb Espanya (incloent-hi Catalunya), la productivitat catalana no és significativament diferent, ni en relació a la població ni al PIB. (La comparació respecte a les catego-

TAULA 20
Nombre d'articles en el període estudiat i indicadors de població, PIB i R+D de diversos països

<i>País</i>	<i>Articles (SCI)</i>	<i>% articles Catalunya/país</i>	<i>Pobl¹</i>	<i>% pobl Catalunya/país</i>	<i>Personal R+D/ 1000 hab²</i>	<i>PIB²⁹</i>	<i>% PIB Catalunya/país</i>	<i>% PIB R+D³</i>
Catalunya	3.281	100,0	6	100,0	2,0 ⁴	100,5	100,0	0,95
Espanya	19.007	17,3	39,7	15,1	1,6	532,0	19,0	0,87
Irlanda	2.273	144,4	3,6	166,7	2,4	75,0	175,9	1,40
Itàlia	22.356	14,7	57,2	10,5	2,1	1.145,6	9,0	1,03
Suècia	7.932	41,4	8,8	68,2	6,8	227,6	46,7	3,59
Alemanya	38.067	8,6	82,1	7,3	4,3	2.092,3	4,8	2,27
Àustria	3.554	92,3	8,1	74,1	2,4	206,2	48,5	1,53
Bèlgica	5.853	56,1	10,1	59,4	4	242,5	41,2	1,60
Dinamarca	3.245	101,1	5,3	113,2	5,2	170,0	58,8	1,91
França	33.697	9,7	58,5	10,3	5,4	1.392,5	7,2	2,33
Grècia	2.565	127,9	10,6	56,6	1,1	122,9	81,4	0,37
Portugal	1.482	221,4	9,9	60,6	1,4	102,1	97,9	0,62
Regne Unit	33.669	9,7	58,5	10,3	3,4	1.286,5	7,8	2,03
Japó	59.726	5,5	126	4,8	7,1	4.190,2	2,4	2,95
EUA	180.427	1,8	271,8	2,2	3,6	7.834,0	1,3	2,52

1. Dades extretes de la publicació de l'ONU, *World Statistics Pocketbook*, 1997, corresponents a l'any 1994. La població es dóna en milions d'habitants.

2. Dades extretes de l'*Informe sobre el desenvolupament humà 1999*, que corresponen al període 1990-96. El PIB es dóna en bilions de dòlars nord-americans. L'any 1994 el PIB de Catalunya fou un 18,9 % del PIB de l'Estat espanyol segons l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT).

3. Dades provinents de l'INE corresponents a l'any 1995 (<http://www.ine.es>)

4. Segons el treball d'A.Pestaña, *Mundo Científico*, 1992.

ries de R+D a totes les àrees està molt correlacionada, i s'observa una distribució gairebé idèntica a les diferents àrees [vegeu la figura 2].)

— En relació amb els altres tres països europeus considerats amb més detall, s'observa que la productivitat catalana enfront a l'italiana, tant en relació a la població com al PIB, és força favorable (la producció és un 14,7 % en relació amb Itàlia mentre que la població i el PIB són només el 10,5 i 8,8 %, respectivament). En canvi, hom no surt tan ben parat en comparar les dades amb Suècia (41,36 % en relació al nombre de papers publicats enfront del 68,2 % quant a la població i el 44,2 % en relació al PIB). Cal però matisar que Suècia, com la majoria dels països nòrdics, té una llarga tradició en recerca i presenta una taxa de població de científics normalment superior a la mitjana europea. Tampoc és massa favorable la comparació amb Irlanda, país que d'acord amb el seu potencial econòmic i de desenvolupament acostuma a aparèixer després d'Espanya dintre de la Unió Europea. Si bé la productivitat catalana tal i com cal esperar és superior a la irlandesa (144,4 %) el percentatge queda per sota del que seria previsible tant pel que fa a la població (166,7 %) com al PIB (175,9 %). Les dades corresponents a la resta de països s'interpreten de manera anàloga, i es deixa l'observació amb detall a cura del lector. Només cal apuntar la situació de Portugal i Grècia, a la cua de la innovació a Europa.

TAULA 21

*Paràmetres comparatius (en tant per u respecte als valors de Catalunya)
entre la producció científica i l'esforç dedicat en R+D per a diferents països
(Dades corresponents al període 1990-95)*

<i>País</i>	<i>Producció</i>	<i>Esforç en personal</i>	<i>Esforç en inversió</i>	<i>Esforç combinat</i>	<i>Producció / Esforç combinat</i>
Catalunya	1	1	1	1	1
Espanya	5,78	5,28	4,87	5,07	1,14
Irlanda	0,69	0,74	1,11	0,90	0,77
Itàlia	6,80	10,05	13,51	11,65	0,58
Suècia	2,42	5,16	8,53	6,63	0,36
Alemanya	11,60	29,42	49,99	38,35	0,30
Àustria	1,08	1,62	3,32	2,32	0,47
Bèlgica	1,78	3,37	4,08	3,71	0,48
Dinamarca	0,99	2,30	3,42	2,80	0,35
França	10,27	26,33	34,15	29,98	0,34
Grècia	0,78	0,97	0,48	0,68	1,15
Portugal	0,45	1,16	0,67	0,88	0,51
Regne Unit	10,26	16,58	27,50	21,35	0,48
Japó	18,20	74,55	130,11	98,49	0,18
EUA	54,99	81,54	207,81	130,17	0,42

Utilitzant ara els indicadors de població i el PIB dels països considerats es construeix la taula 21, indicant les dades sempre de forma relativa a Catalunya. L'esforç en personal es calcula a partir dels productes població i percentatge de població dedicada a tasques de R+D; la inversió en R+D es calcula a partir dels valors del PIB i % del PIB amb aquesta finalitat. També es possible donar un valor conjunt d'aquests dos factors concurrents, en aquest cas es dona una mitjana geomètrica dels dos valors relatius considerats. A l'últim, fent el quocient entre producció relativa i esforç combinat (personal + inversió), s'obtenen unes relacions de productivitat que permeten arribar a observacions també interessants.

Aquesta taula permet obtenir uns valors de productivitat relatius, amb una primera limitació per incloure com a producció únicament els articles apareguts a la font utilitzada (*Science Citation Index*). A part d'això, es compara la producció en química ponderant-la amb l'esforç total en R+D en tots els camps, el que fa que l'extrapolació només sigui directa en el cas que els diferents països dediquin la mateixa contribució en química.

Els valors que s'observen demostren com l'eficiència en R+D de l'Estat espanyol (entesa com la relació producció/esforç combinat) és comparable o, si més no, lleugerament superior a la catalana. També permeten de suggerir una eficiència menor per als països propers a la nostra situació econòmica, com Itàlia o Irlanda, o per a un país científicament consolidat, com el cas de Suècia. Els països més consolidats en R+D són els que mostren uns índexs producció/esforç més baixos segons la metodologia emprada. O, amb altres paraules, els països en estat científicament més emergent mostren comparativament una productivitat superior.

5.4. Qualitat

Per tal de fer una anàlisi de la qualitat de la producció catalana s'ha buidat el CA dels anys 1990 a 1995 de tots els articles en què com a primer signant hi figura un autor que treballa en un laboratori de Catalunya. Aquesta limitació al primer autor ve donada pel mateix CA, el qual només indexa l'adreça del primer firmant. Com que inicialment es tracta d'obtenir les revistes en què publiquen els químics catalans, es considera que a efectes de percentatges, els resultats no diferirien gaire d'un estudi més exhaustiu.

S'han trobat 4.028 articles, un 80 % dels quals s'han publicat en revistes recollides en qualsevol categoria química de l'SCI i el 20 % restant són papers que es corresponen millor a àrees properes a la química, com la física, la geologia, etc. Cal destacar, a més, que es troben papers en pràcticament les vuitanta seccions del CA (vegeu § 5.2), fet que permet dir que a Catalunya es conreen tots els camps de la química.

Pel que fa a les onze categories químiques estudiades en aquest report (vegeu taula 13), s'han trobat 1.968 articles, que han aparegut en 200 revistes. La taula 22 mostra l'anàlisi de quartils d'aquestes publicacions

Pot afirmar-se, doncs, dins de les estimacions fetes, que més de la meitat de les publicacions (52 %) d'autors catalans han aparegut en revistes (concretament, cinquanta-set) del primer quartil d'índex d'impacte (taula 14), les quals són les revistes de química considerades com les millors.

Un estudi anàleg sobre totes les publicacions espanyoles mostra que dels 22.087 articles trobats en el CA, 12.088 han aparegut en 304 revistes de les onze categories considerades, de les

TAULA 22

Distribució en quartils de les publicacions en química, segons l'índex d'impacte, on ha aparegut un autor català com a primer signant, durant el període 1990-95, en revistes de les onze categories considerades. Base de dades: CA

Quartil	Revistes	Articles	Impacte	% Articles
1r	57	1.026	18,226-1,716	52,13
2n	64	469	1,708-0,984	23,83
3r	53	281	0,983-0,513	14,28
4t	26	192	0,504-0,009	9,76

quals 5.965 (49 %) ho han fet dins de les del primer quartil. S'observa, doncs, que la qualitat de les publicacions espanyoles i catalanes no és significativament diferent.

En analitzar les cinquanta-set revistes considerades, aquestes es reparteixen entre les diferents categories de la manera següent: química (12), química analítica (8), química aplicada (0), química inorgànica i nuclear (2), química mèdica (1), química orgànica (5), química física (12), electroquímica (1), física química, atòmica i molecular (5), polímers (3) i espectroscòpia (2). A més, hi ha quatre revistes que pertanyen a dues categories i dues revistes que pertanyen a tres categories.

Pel que fa al nombre de treballs i fent una estimació* per repartir les publicacions aparegudes

TAULA 23

Distribució estimativa dels articles de química d'autor català apareguts en revistes del primer quartil (índex d'impacte més alt), recollits en CA per a les categories considerades (1990-95)

Categoria	1r quartil	Estimats	Total	%
Química	136	1	137	13
Química analítica	142	0	142	14
Química aplicada	0	0	0	0
Química inorgànica	90	76	166	16
Química mèdica	10	0	10	1
Química orgànica	303	44	347	34
Química física	82	4	86	8
Electroquímica	9	0	9	1
Física química	104	0	104	10
Polímers	17	0	17	2
Espectroscòpia	4	0	4	1

* Els articles apareguts a les revistes *Bioconjugate Chem.*, *Organometallics*, *J. Organomet. Chem.*, *J. Chem. Soc., Perkin Trans*, *Chirality*, *Tetrahedron: Asymmetry*, s'han repartit entre les categories: química, química inorgànica, química orgànica i química física.

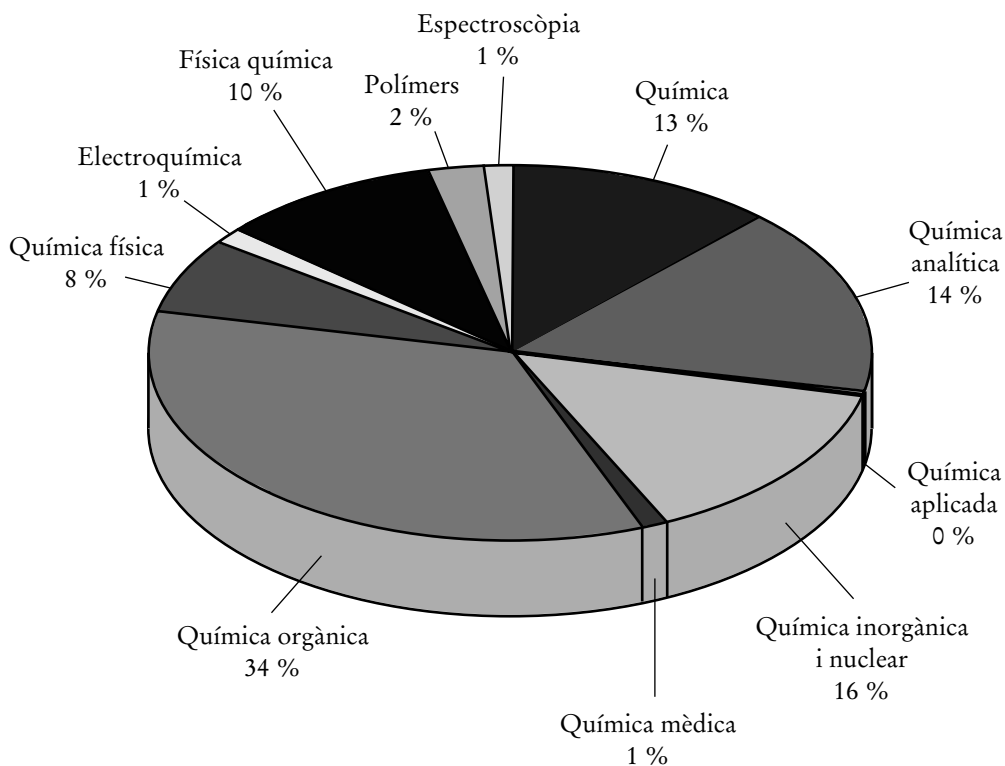


FIGURA 4. Distribució estimativa dels articles de química d'autors catalans en revistes del primer quartil d'índex d'impacte, en les categories considerades (1990-95).

en revistes que pertanyen a més d'una categoria a una determinada categoria, s'obtenen els resultats indicats a la taula 23 i a la figura 4.

S'ha de dir una vegada més, però, que aquestes dades no representen la qualitat de la recerca en les àrees tradicionals de la química. Avui dia, la interrelació entre els distints camps de la química, i també entre la química i altres ciències properes, és tan intensa i profunda que les àrees de coneixement tenen més un sentit administratiu que de contingut científic real.

Per una altra banda, agafant les dades globals de l'ISI recollides als informes de la Fundació COTEC també es pot visualitzar la rellevància dels articles que es publiquen en química, tot extrapolant la situació de l'Estat espanyol. En resum, l'impacte relatiu dels articles espanyols en química quasi iguala al percentatge global d'articles publicats (-1 %). Aquesta situació contrasta amb altres disciplines, on la diferència relativa entre ambdós indicadors és molt significativa (les especialitats més mal parades són la biologia molecular (-44 %), la medicina clínica (-30 %) i les neurociències (-27 %)). Aquesta bona situació dels resultats en química contrasta amb la proporció de finançament rebut, que resulta clarament inferior respecte a projectes del Plan Nacional, segons la mateixa font. La química produeix el 17 % del total d'articles recollits per l'SCI (dades corresponents a l'estat espanyol i any 1995). Aquest valor es pot comparar amb el 17 % de

la física, el 19 % de la medicina clínica o el 22 % de la biomedicina. La paradoxa rau en què el Plan Nacional de l'I+D destina directament al finançament de projectes de química menys que a qualsevol altre sector (llevat del socioeconòmic). Així, per exemple, el finançament de la química és en quantitats molt inferior al de les noves tecnologies, com les tecnologies de la informació i les comunicacions (TIC), la biomedicina o la biotecnologia.

5.5. Patents

Un altre indicador de la productivitat en la recerca desenvolupada en un país pot ser el nombre de patents realitzades dintre d'un cert període. Atès que les patents es refereixen a productes acabats, tot fent referència a mètodes i procediments, poden, d'alguna mesura, donar una idea del caràcter aplicat de la recerca feta. A la taula 24 es recull el nombre de patents relacionades amb el camp de la química, realitzades a Catalunya i a l'Estat espanyol dintre del període que considerem i que ha estat obtingut a partir del Centre de Documentació de Patents de la UB-FBG i el CIDEM.

Cal indicar, però, que, més que el nombre de patents en si mateix, pot ser probablement més important conèixer el nombre de patents realment actives, ja que d'alguna manera són un reflex de mètodes i procediments que realment són d'utilitat. Però, dissortadament, aquest tipus d'informació no és possible d'obtenir a partir de les bases de dades disponibles ja que no es preveu aquesta possibilitat.

Les dades mostrades a la taula 24 indiquen que el 31,5 % de les patents realitzades a Espanya corresponen a Catalunya. Si comparem aquesta productivitat amb els percentatges de població (15,1 %) i del PIB (19,0 %) observem que la situació ens és força favorable, amb un índex de productivitat d'acord amb la concentració d'indústria química a Catalunya. Malgrat això, les xifres absolutes de nombre de patents són considerablement baixes, donada la importància del sector.

Una anàlisi una mica més detallada del nombre de patents ha mostrat que la majoria de les fetes a nivell de tot l'Estat espanyol, i per tant també a Catalunya, provenen del sector privat i són de tipus industrial, i que no és significatiu el nombre de patents procedents dels centres públics

TAULA 24
*Nombre de patents sobre química realitzades a Catalunya
i a Espanya en el període 1990-1995*

<i>Any</i>	<i>Catalunya</i>	<i>Espanya</i>
1990	95	249
1991	64	189
1992	78	259
1993	73	263
1994	77	227
1995	62	236
TOTAL	449	1.423

de recerca. En aquest sentit, dintre del període considerat, només s'han trobat per a Catalunya deu patents, corresponents a set centres públics de recerca diferents. De totes maneres, les estimacions globals per l'Estat espanyol fetes per la Fundación COTEC donen a les empreses el 60 % del total de sol·licituds de patents en química.

Un altra característica detectada és el fet que algunes d'elles (aproximadament un 14 %), si bé es comptabilitzen com a patents espanyoles, han estat fetes en un altre país, comunitari o no. També hem detectat que algunes patents no es corresponen completament amb una activitat pròpiament de química, si bé el nombre no és significatiu.

És interessant comparar el nombre d'articles científics i de patents produïts (taules 16 i 24). La situació en química és d'uns set articles per cada patent a Catalunya, i de l'ordre de tretze quan es considera tot l'Estat espanyol. Aquests indicadors, encara que cal millorar-los respecte a països consolidats en R+D, són favorables per al sector considerat quan es comparen amb valors de referència de l'Estat espanyol. Els valors globals estatals pugen fins a valors d'uns trenta articles científics per cada patent registrada quan es consideren la totalitat d'àrees científiques,* valors sis vegades superiors a la mitjana de la UE.

6. Conclusions i balanç final

6.1. Sector públic

Pel que fa als recursos humans dels organismes públics que fan recerca en química (vegeu § 3), i basant-nos principalment en les memòries publicades durant el període estudiat (1990-95), en total, el personal investigador, a principi i a final del sexenni, és de 578 i 737 persones, respectivament. Hi ha hagut un creixement acumulatiu continuat de l'ordre del 4,9 % anual. Recordem, però, que aquestes són unes quantitats mínimes. El creixement de personal permanent és el corresponent a la variació d'un total de 215 a 248 professors a les universitats, i de quaranta-cinc a quaranta-set investigadors als centres del CSIC. Per altra banda, el creixement de personal en formació és el corresponent del pas de 318 a 442. La quantitat global del 1995 indica que el total d'investigadors del sector públic dedicats a la recerca en química (737) suposa el 6,1 % del total del personal investigador al nostre país (agafant 2,0 investigadors per 1.000 habitants, vegeu taula 20), el que resulta ser un col·lectiu ben significatiu en tasques de R+D, com calia esperar.

Si comparem el personal contractat i en formació amb el personal permanent, a l'inici i al final del sexenni, passa d'un índex de 1,22 a 1,50. Això vol dir que el creixement que hi ha hagut ha permès d'estructurar de forma positiva les diferents tipologies d'investigadors, atès que augmenta la capacitat global de formació, la qual cosa, en la recerca d'àmbit universitari, es tradueix en un augment de la potencialitat investigadora, ja que aquests índexs relacionen els estudiants doctorals amb els directors d'investigació. Per altra banda, aquesta tendència reforça el fet que el principal actiu de la recerca universitària sigui, ultra el seu valor intrínsec, la formació d'investigadors. No obstant això, cal no oblidar que aquest índex encara es un valor baix si ens comparem amb països amb sistemes de recerca consolidats.

Cal dir també que el creixement que hi ha hagut i la forma en què ha estat fet han estat en part deguts a la creació i consolidació de les noves universitats creades a partir de l'any 1992 (URV, UG i UL).

Un fet que cal assenyalar com a negatiu és la poca presència de personal auxiliar als laboratoris de recerca públics. És escàs i difícil de quantificar, ja que pràcticament no es menciona en els anuaris consultats. Això sens dubte limita la nostra potencialitat, bé que institucions com la CIRIT tenen identificat aquest problema, i han iniciat actuacions específiques en posterioritat al període aquí estudiat.

En comparar les dades totals del personal dels organismes públics que realitzen recerca en química amb el personal involucrat en els grups consolidats de recerca en aquesta àrea, registrats pel CUR, cal concloure que pràcticament tot el personal es troba en una situació activa com a investigadors; és a dir que, centrant-nos en el personal universitari que és el majoritari, no hi ha bosses de docents que no estiguin enquadrats en grups de recerca. El perfil tipus d'un d'aquests grups és de set doctors i de nou doctorands. L'actuació específica de l'Administració catalana sobre els grups consolidats, que ha estat iniciada en el sexenni considerat, caldrà que rebí un seguiment atent en reports posteriors. En aquesta acció inicial, el comentari que s'escau és que el finançament específic rebut pels grups per a consolidar-se ha estat estimulants, malgrat que és

irregular i poc significatiu, i que per a una veritable consolidació d'una recerca pròpia de Catalunya caldrà potenciar molt més el seu paper, és a dir, el seu finançament específic.

Pel que fa als recursos econòmics (vegeu § 4), els fons públics per a la recerca que es fa a Catalunya, durant el sexenni estudiat, provenen gairebé en idèntica proporció de la Generalitat (36 %) i del Ministeri d'Educació i Ciència (37 %). Això ha estat degut en certa forma a la gestió per part de la Generalitat del programa de química fina. Aquest programa, malgrat que és d'abast estatal, ha tingut un forta repercussió al nostre país i, quan desaparegui, caldrà observar l'evolució del finançament en períodes posteriors.

Ara bé, si tenim en compte que els fons provinents de l'Estat són en gran part per executar projectes de recerca (projectes de R+D i promoció general del coneixement, vegeu taules 8 i 9) i que els de la Generalitat són per a altres conceptes, més lligats a les infraestructures científiques, a la formació i a la mobilitat dels investigadors, que alhora també financia l'Estat per la seva banda, és evident que no es pot parlar d'una autèntica política científica d'arrel catalana. Això sí, en conjunt, l'èxit dels químics catalans en les convocatòries estatals és molt elevat (vegeu § 4.1.1).

Cal remarcar l'escassa incidència quantitativa del finançament europeu (9 %), però ja és ben conegut que els programes capdavanters dels successius programes-marc de la UE no inclouen la química (excepte els materials) només que marginalment. Altres col·laboracions internacionals no donen finançament en proporció significativa. Una intensificació o, si més no, un manteniment de la col·laboració internacional, especialment amb Europa, permetrà millorar progressivament aquest indicador. Cal també apuntar que aquest valor absolut de finançament no reflecteix el grau real de col·laboració internacional existent, clarament superior, i finançada des dels mateixos grups de recerca.

A la vista de dades econòmiques globals objectives, com les de la taula 21, és absolutament necessària una política continuada d'augment dels recursos destinats a la innovació, tant en personal dedicat a tasques específiques de R+D com en finançament, per tal d'apropar-nos als nivells dels països del nostre entorn.

Respecte als aspectes de producció (vegeu § 5), per una banda hi ha una efectiva i progressiva formació de llicenciats i de doctors, els primers una mica sobredimensionats. Proporcionalment, no es formen prou doctors, influenciats segurament per la manca de valoració professional per part de la indústria.

Els temes protagonistes de la recerca en química a Catalunya es reparteixen entre els diferents camps sense deixar-ne cap desatès. De manera molt significativa, la distribució de la temàtica de recerca és similar a l'existent a l'Estat espanyol, llevat del cas de la Química Mèdica. Aquesta és més significativa a casa nostra, gràcies a l'existència, ultra de grups específics als centres públics de recerca, de la indústria farmacèutica. Malauradament, aquests fets només fan que confirmar la manca d'una política científica pròpia.

En aspectes quantitius (vegeu § 5.3.), és ben clara la tendència creixent d'augment de la producció en forma d'articles de recerca, encara que es pot intuir el que sembla una estabilització al final del període estudiat, fet que caldrà seguir observant. La producció és especialment significativa per les quatre grans àrees tradicionals de la química acadèmica (QA, QF, QI, QO), i mos-

tra la seva bona situació relativa. A partir de les fonts estudiades, però, cal cridar l'atenció sobre la poca presència de treballs dedicats als temes de polímers o espectroscòpia.

La qualitat de la recerca (vegeu § 5.4.), es pot jutjar a partir d'un dels indicadors aportats: la meitat dels articles científics apareixen a les revistes de més alt índex d'impacte (primer quartil). Així, doncs, la recerca no només es difon, sinó que és de qualitat i es troba a un nivell comparable a la de països de més tradició científica.

La realització de patents (vegeu § 5.5), tant per part del sector públic com privat, resulta un punt per a ser comentat. El present report només ha pogut fer estimacions, però és un fet contrastat en estudis generals en l'àmbit estatal el dèficit de patents en els diferents camps en comparació amb altres mitjans de difusió o demostració d'autoria de la innovació.

Respecte als detalls quantitius (taula 18), només es vol destacar l'alta «visibilitat» de la recerca en química portada a terme a Catalunya, bàsicament per investigadors del sector públic (0,52 % de la producció mundial). Com veurem més endavant (§ 6.2), el sector privat té una contribució quantitativa poc significativa en aquesta «visibilitat». Del total del personal dedicat a R+D a Catalunya, el sector públic ocupat en tasques de R+D en química s'estima en un 6,1 %. Aquest col·lectiu (737 investigadors) produeix aproximadament el 17 % del total de publicacions químiques espanyoles (dades recollides en l'*Informe COTEC sobre el sistema espanyol de innovació* i coincidents amb les elaborades per nosaltres a la taula 19). Aquesta alta productivitat s'aconsegueix sense disposar d'alts nivells de finançament, com ha estat el cas d'altres temàtiques que han rebut dedicació específica dels *planes nacionales*. El comentari final és que el sector químic del sistema de R+D del nostre país presenta un rendiment molt notable, per la seva productivitat tant quantitativa com qualitativa. Si es vol mantenir aquest nivell, cal continuar afavorint la seva activitat i promocionar l'execució de projectes en aquest camp.

6.2. Sector privat

Les particularitats pròpies de R+D del sector privat ens obliguen a tractar-ho de manera totalment separada. Com ja ha estat comentat, l'accés a les seves dades ha estat sempre difícil, i bàsicament només es disposa de valors macroscòpics recollits per organismes com l'INE, la COTEC o el Departament d'Economia de la Generalitat de Catalunya.

En primer lloc, respecte al personal de R+D pertanyent a la indústria, caldrà fer en un futur una enquestació directa, ja que ha estat una dada inaccessible. Un valor global de referència el subministra la fundació COTEC. La proporció corresponent a Catalunya (75 %) representa de l'ordre de 1.500 persones dedicades a tasques de R+D en el sector privat (el doble del nombre de persones del sector públic que s'hi dediquen), però aquesta dada és només una estimació pel cap baix, a la qual caldrà afegir una proporció del personal actiu en altres sectors afins.

Respecte a la recerca pública que s'efectua amb finançament privat, és a dir els convenis subscrits per empreses, sens dubte supera amb escreix el 17,5% recollit (vegeu taules 4 i 10), però fins i tot incrementant aquesta xifra fins a una estimació molt conservadora (cap al 25-30 %), l'import global resultant segueix essent inferior al que caldria esperar atès el volum considerable de la indústria química a Catalunya, així com del seu nivell de despesa en R+D. Això vol dir que els ens públics no estan prou amatents a la col·laboració amb la indústria o que la nostra indústria té un caire més aviat reproductor del coneixement i no li cal generar-ne de nous. Una dada curiosa, si

més no, és que el pagament de royalties a l'exterior per part de la indústria catalana resulta del mateix ordre que el finançament global de tota la recerca pública en química a Catalunya.

Als informes COTEC s'observa com les empreses químiques amb participació de capital estranger presenten una despesa en R+D inferior a la de les empreses locals, ja que concentren aquestes activitats segurament als països d'origen o a centres específics de recerca.

Un altre aspecte preocupant és que el personal format a les universitats no s'aprofita prou per part de les empreses en tasques de recerca. Aquest fet és especialment rellevant en el cas dels doctors, que es preparen específicament per enfrontar-se als nous reptes tecnològics, ja que la seva inserció laboral és difícil, i quan són contractats es dediquen sovint a tasques diferents de les de R+D.

Resulta molt sobtant la constatació de que el sector privat té una presència minsa en la divulgació de les seves tasques de R+D, que de fet són molt significatives a Catalunya i en el sector considerat (prop del 65 % de la despesa total de R+D en química prové de les empreses del sector, vegeu taula 10). La contribució de la indústria a les publicacions en química és estimada pels informes de la Fundación COTEC en un 1,8 % del total. En canvi, el sector privat sí que té una presència relativa en les patents, com és lògic, però el nombre absolut és molt baix. Això fa pensar que una contribució molt majoritària de la despesa en R+D privada va cap a la millora interna de productes i processos, a part de que, de ben segur, hi estan incloent despeses de personal (concepte que s'estima en un 33 %), capítol no inclòs en les xifres del sector públic.

6.3. Remarca final

La conclusió final, després d'haver quantificat els actors de la recerca en química a Catalunya, els recursos que han esmerçat i la producció aconseguida en termes bàsicament de disseminació dels resultats, durant el sexenni 1990-1995, hom constata que, per una banda, el sector públic té un sistema de R+D que, malgrat les limitacions existents, té una consolidació comparable a altres països del nostre entorn. Per altra banda, la indústria química a casa nostra és un sector tradicional molt consolidat, amb unes despeses d'innovació que cada vegada seran més grans per poder mantenir la competitivitat. És a dir, si ambdós sectors són considerats separatament, hom potser podria fer una balanç positiu. Ara bé, quan els considerem en conjunt, no hi ha cap dubte que el tret més decebedor és la poca relació entre ells. Per tant, és cap aquí, cap a l'increment de les activitats conjuntes, entre d'altres accions, on haurien d'anar les polítiques futures de R+D a Catalunya. I, sobre aquest punt, caldrà fer un esguard continuat en els propers reports.

Referències

- Recerca a Catalunya*, Comissionat d'Universitats i Recerca, Generalitat de Catalunya, Barcelona, 1977.
- La recerca científica i tecnològica a Catalunya*, Institut d'Estudis Catalans i Comissió Interdepartamental de Ciència i Tecnologia (CIRIT), Barcelona, 1990.
- Informe anual de l'empresa catalana*. Departament d'Economia i Finances. Generalitat de Catalunya, Barcelona. 1990-1995. [Apartats sobre la indústria química.]
- Informe COTEC 1999: Tecnología e Innovación en España*, Fundación COTEC, Madrid, 1999 (informes disponibles a <http://www.cotec.es>).
- Informes sobre el sistema español de innovación: Financiación de la Innovación*, Fundación COTEC, Madrid, 1999.
- Relaciones de la empresa con el sistema público de I+D*, Fundación COTEC, Madrid, 1999.
- Informe sobre el desenvolupament humà*, Programa de les Nacions Unides per al Desenvolupament, Barcelona, 1999.
- World Statistics Pocketbook*, United Nations, Nova York, 1997.
- A. PESTAÑA, «La regionalización de la actividad científica española», *Mundo Científico*, 125 (1992), p. 508-517.
- , «El sistema español de Ciencia y Técnica», *Investigación y Ciencia*, desembre (1996), p. 6-13.
- M. ACOSTA i D. CORONADO, «Distribución espacial y políticas regionales de I+D», *Política Científica*, 31 (1992), p. 56- 59.
- F. J. AYALA, «La ciencia española en la última década», *Política Científica*, 43 (1995), p. 5-12.

Annex 1

Recull del 25 % de les revistes del camp de la química amb major índex d'impacte, segons les dades del *Journal of Citation Reports* (1997).

<i>Revista</i>	<i>Índex d'impacte</i>	<i>Revista</i>	<i>Índex d'impacte</i>
<i>Chem Rev</i>	18,286	<i>J Chem Phys</i>	3,247
<i>Prog Inorg Chem</i>	17,667	<i>Organometallics</i>	3,227
<i>Accounts Chem Res</i>	14,045	<i>Adv Carbohydr Chem Bi</i>	3,200
<i>Adv Catal</i>	11,000	<i>Chem Commun</i>	3,200
<i>Angew Chem Int Edit</i>	8,560	<i>Supramol Chem</i>	3,190
<i>Adv Inorg Chem</i>	8,083	<i>Adv Chromatogr</i>	3,000
<i>Catal Rev</i>	7,870	<i>Chem Res Toxicol</i>	2,919
<i>Surf Sci Rep</i>	6,773	<i>Coordin Chem Rev</i>	2,904
<i>Chem Soc Rev</i>	6,670	<i>J Am Soc Mass Spectr</i>	2,855
<i>Adv Chem Phys</i>	5,972	<i>Langmuir</i>	2,852
<i>J Am Chem Soc</i>	5,650	<i>Electrophoresis</i>	2,848
<i>Annu Rev Phys Chem</i>	5,585	<i>Inorg Chem</i>	2,736
<i>Adv Atom Mol Opt Phy</i>	5,474	<i>Appl Catal B-Environ</i>	2,706
<i>J Biomol NMR</i>	5,154	<i>J Phys Chem Ref Data</i>	2,706
<i>Med Res Rev</i>	5,116	<i>J Chromatogr A</i>	2,697
<i>Atom Data Nucl Data</i>	4,861	<i>Int Rev Phys Chem</i>	2,686
<i>Chem-Eur J</i>	4,828	<i>Helv Chim Acta</i>	2,683
<i>Anal Chem</i>	4,743	<i>Synlett</i>	2,646
<i>Aldrichim Acta</i>	4,667	<i>Adv Colloid Interfac</i>	2,641
<i>Adv Polym Sci</i>	4,563	<i>Mol Divers</i>	2,630
<i>Nat Prod Rep</i>	4,484	<i>Annu Rep Med Chem</i>	2,551
<i>Prog Nucl Mag Res Sp</i>	4,455	<i>Tetrahedron Lett</i>	2,500
<i>Top Curr Chem</i>	4,156	<i>Tetrahedron-Asymmetr</i>	2,499
<i>J Biol Inorg Chem</i>	3,750	<i>Spectrochim Acta B</i>	2,448
<i>Prog Solid State Ch</i>	3,750	<i>J Phys B-At Mol Opt</i>	2,442
<i>J Med Chem</i>	3,615	<i>Chem Phys Lett</i>	2,441
<i>J Anal Atom Spectrom</i>	3,595	<i>Bioconjugate Chem</i>	2,440
<i>Macromolecules</i>	3,500	<i>Theor Chim Acta</i>	2,431
<i>J Org Chem</i>	3,476	<i>Crit Rev Anal Chem</i>	2,412
<i>J Catal</i>	3,452	<i>J Mass Spectrom</i>	2,403
<i>Prog React Kinet</i>	3,444	<i>Rapid Commun Mass Sp</i>	2,390
<i>Lc Gc-Mag Sep Sci</i>	3,400	<i>Trac-Trend Anal Chem</i>	2,373
<i>J Phys Chem-US</i>	3,392	<i>Comment Inorg Chem</i>	2,361
<i>J Comput Chem</i>	3,357	<i>Tetrahedron</i>	2,327
<i>Mass Spectrom Rev</i>	3,333	<i>Heterogen Chem Rev</i>	2,303
<i>Prog Polym Sci</i>	3,300	<i>Microporous Mater</i>	2,292
<i>Chem Mater</i>	3,273	<i>Mar Chem</i>	2,277

<i>Revista</i>	<i>Índex d'impacte</i>	<i>Revista</i>	<i>Índex d'impacte</i>
<i>Curr Med Chem</i>	2,269	<i>Pure Appl Chem</i>	1,971
<i>Zeolites</i>	2,255	<i>Hrc-J High Res Chrom</i>	1,950
<i>Catal Lett</i>	2,252	<i>Curr Opin Colloid In</i>	1,925
<i>J Chem Soc Dalton</i>	2,251	<i>J Chem Soc Perk T 1</i>	1,918
<i>Microbeam Anal</i>	2,231	<i>Chirality</i>	1,915
<i>Pharmaceut Res</i>	2,204	<i>Macromol Rapid Comm</i>	1,898
<i>Surf Sci</i>	2,180	<i>New J Chem</i>	1,851
<i>J Anal Toxicol</i>	2,168	<i>Appl Spectrosc</i>	1,848
<i>Chem Ber-Recl</i>	2,150	<i>J Chem Soc Perk T 2</i>	1,845
<i>J Microcolumn Sep</i>	2,125	<i>Electroanal</i>	1,833
<i>Chromatographia</i>	2,079	<i>J Mater Chem</i>	1,810
<i>J Chem Inf Comp Sci</i>	2,073	<i>Faraday Discuss</i>	1,806
<i>Israel J Chem</i>	2,069	<i>Environ Toxicol Chem</i>	1,805
<i>Synthesis-Stuttgart</i>	2,030	<i>J Magn Reson</i>	1,784
<i>Appl Catal A-Gen</i>	2,020	<i>Anal Chim Acta</i>	1,778
<i>Anal Biochem</i>	2,017	<i>Inflamm Res</i>	1,773
<i>Drug Develop Res</i>	2,016	<i>Macromol Theor Simul</i>	1,729
<i>J Electrochem Soc</i>	1,994	<i>J Organomet Chem</i>	1,724
<i>Chem Phys</i>	1,990	<i>Bioorgan Med Chem</i>	1,716
<i>J Phys II</i>	1,980		