

# **Tecnologies de la informació i de les comunicacions**

Report elaborat sota la coordinació de Lluís Jofre i Roca,  
amb la col·laboració de Josep Amat i Girbau, Antoni Olivé  
i Ramon, Manuel Sanromà i Francesc Serra i Mestres

## **SUMARI**

Abreviacions	783
Resum	785
1. Introducció	787
2. El sector de les tecnologies de la informació i de les comunicacions	787
3. El marc acadèmic de la R+D en TIC	791
4. El marc econòmic de la R+D en el sector TIC	796
5. Finançament públic de la recerca en TIC a Catalunya	801
6. Resultats científics en TIC	804
7. Conclusions i recomanacions	809
Referències	813
Annexos	814



**ABREVIACIONS**

€	euro	CIRIT	Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica
A	any	CiT	ciència i tecnologia
ACES	accions especials	CITCEA	Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments
ACI	accions integrades	CITEE	Centre d'Innovació Tecnològica en Enginyeria Electrònica
ACOM	abast comarcal	CLIC	Centre de Llenguatge i Computació
AGAUR	Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca	CMT	Comissió per al Mercat de les Telecomunicacions
AGP	accions Gaspar de Portolà	CNAE	Cens Nacional d'Activitats Econòmiques
ANIEL	Asociación Nacional de Industrias Electrónicas	CNM	Centre Nacional de Microelectrònica
ARCS	ajuts per a la realització de congressos i simposis científics	CREB	Grup de la Divisió de Senyals i Sistemes Biomèdics del Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica
BBR	beques Batista Roca	CREL	Centre de Referència de R+D en Enginyeria Lingüística
BCC	beques per a joves membres dels casals catalans	CRISES	Grup de Recerca sobre Comerç Electrònic Segur
BFUL	beques postdoctorals Generalitat de Catalunya-Fullbright	CSIC	Consell Superior d'Investigacions Científiques
BGP	beques Gaspar de Portolà	CSSE	Centre de Sistemes i Serveis Electrònics
CAD	disseny amb ajuda d'ordinador ( <i>computer aided design</i> )	CTTC	Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya
CANET	Centre d'Aplicacions d'Internet	CVC	Centre de Visió per Computador
CCABA	Centre de Comunicacions Avançades de Banda Ampla	dept.	departament
C/D	citació per document	DGR	Direcció General de Recerca
CDTI	Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial	DINAMIC	Centre d'Innovació Biotecnològica Aplicada
CEBEN	Centre de Recerca en Bioelectrònica i Nanociència	DIST	distinció a la recerca universitària
CEDEI	Centre de Desenvolupament Electrònic i Informàtic	Doc.	document
CEMIC	Centre d'Enginyeria de Microsistemes per a Instrumentació i Control	DPTOP	Departament de Política Territorial i Obres Públiques
CEPBA	Centre Europeu de Paral·lelisme de Barcelona	DURSI	Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació
CEPHIS	Centre de Prototipat i Solucions Hardware-Software	EDP	equivalent a dedicació plena
CERTAP	Centre de Referència de R+D en Tècniques Avançades de Producció	EME	Grup d'Enginyeria i Materials Electrònics
CESCA	Centre de Supercomputació de Catalunya	ESA	European Spatial Agency
CICYT	Comissió Interministerial de Ciència i Tecnologia	etc.	etcètera
CIDEM	Centre d'Informació i Desenvolupament Empresarials	FCR	Fundació Catalana per a la Recerca
CIMNE	Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria	GCEM	Grup de Compatibilitat Electromagnètica
CIRI	Centre de Recerca CEPBA-IBM	GRAHI	Grup de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia
		GRIB	Grup de Recerca en Informàtica Biomèdica
		GTI	Grup de Tecnologies Interactives
		ICT	Institut Català de Tecnologia

IEC	Institut d'Estudis Catalans	RED	reincorporació de doctors/es
IGSOC	International Graduate School of Catalonia	SARTI	Centre de Desenvolupament Tecnològic de Sistemes d'Adquisició Remota i Tractament de la Informació
IliA	Institut d'Informàtica i Aplicacions	SEDISI	Asociación Española de Empresas de Tecnologías de la Información
IMB	Institut de Microelectrònica de Barcelona	SEP BIO	Centre de Proteòmica i Bioinformàtica Aplicada
IMIM	Institut Municipal d'Investigació	SGR	Suport als Grups de Recerca
INE	Institut Nacional d'Estadística	SI	societat de la informació
ISI	Institute for Scientific Information	SIC	Grup de Recerca de Sistemes d'Instrumentació i Comunicacions
ITT	innovació i transferència de tecnologia	TALP	Centre de Tecnologies i Aplicacions del Llenguatge i la Parla
LAM	Laboratori d'Aplicacions Multimèdia	TDOC	tesis doctorals
LCD	pantalla de cristall líquid ( <i>liquid crystal display</i> )	TIC	tecnologies de la informació i de les comunicacions
M€	milió d'euros	TIRE	Grup de Tecnologies Informàtiques i Recerca Educativa
M	milió d'habitants	UAB	Universitat Autònoma de Barcelona
MTG	Grup de Tecnologia Musical	UB	Universitat de Barcelona
n. d.	no disponible	UdG	Universitat de Girona
NC	no consta	UdL	Universitat de Lleida
NCR	<i>National Citation Report</i>	UE	Unió Europea
nm	nanòmetre	UOC	Universitat Oberta de Catalunya
OBSI	Observatori de la Societat de la Informació	UPC	Universitat Politècnica de Catalunya
OCDE	Organització per a la Cooperació del Desenvolupament Econòmic	UPF	Universitat Pompeu Fabra
PIB	producte interior brut	URL	Universitat Ramon Llull
PICS	programes internacionals de cooperació científica	URV	Universitat Rovira i Virgili
PIR	Programa d'Infraestructura de Recerca	UVic	Universitat de Vic
PIV	professors/es i investigadors/es visitants	XTI	xarxes temàtiques interregionals
PM	programa marc		
PQS-PTS	dotació de tècnics i altre personal de suport a la recerca		
R+D	recerca i desenvolupament		
R+D+I	recerca, desenvolupament i innovació		

## RESUM

El període 1996-2002 ha comportat canvis significatius en el sector, tant en l'avançament científic i tecnològic propi, com en la incorporació dels seus avenços en multitud d'altres camps científics, i molt especialment pel que fa a tot el procés econòmic d'acceleració i desacceleració experimentat.

Quan s'analitza l'entorn de recerca en el món acadèmic s'observa:

– El nombre de departaments a les universitats i al Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC) identificats com a tecnologies de la informació i de les comunicacions (TIC) ha passat de 17 en el període anterior a 25. Aquest creixement cal relativitzar-lo, ja que la dimensió dels nous departaments és, en general, més petita que la dels departaments ja existents.

– Durant el període 1996-2002 el nombre de professors i investigadors a les universitats i al CSIC ha passat de 781 a 1.057, fet que significa un creixement quantitatiu, i qualitatiu (en nombre de doctors), d'un 35 %. El creixement per al conjunt de tots els àmbits científics ha estat del 27 %. El nombre d'investigadors identificats en els grups consolidats de recerca és de 946.

– Quan s'analitza el creixement de la recerca en l'entorn acadèmic TIC per àrees científiques, s'observa uns creixements més intensos (del 50 %) en les àrees informàtiques.

– Els grups de recerca s'han anat definint i consolidant entorn d'unes xifres més grans que en el període anterior (l'any 1996 la mitjana era d'entre 6 i 7 persones per grup), i ara hi ha, d'una banda, 45 grups consolidats de recerca (amb una mitjana de 20 investigadors per grup), i de l'altra, han agafat caràcter propi un conjunt de més de 20 centres de recerca que en aquest moment constitueixen una part important del panorama de la recerca en TIC a Catalunya, fet que era molt poc visible fa set anys (en l'informe anterior se'n recollien només 3).

– El nombre de titulats de segons cicles (enginyeries i llicenciatures) respecte al període anterior s'ha incrementat en un 20 % i ha passat d'una mitjana de 750 titulats en el període anterior (1991-1995) a una mitjana de 900 per any en aquest període. Aquesta xifra representa que el nombre de titulats TIC és el 6 % del total de titulats de segon cicle a Catalunya, mentre que a la resta de l'Estat aquesta xifra és del 4 %. El nombre de titulats de primer cicle (enginyers tècnics i diplomats) ha experimentat un creixement lleugerament més gran, resultat de la po-

sada en marxa d'un nombre important d'aquests estudis a les diferents universitats.

– Si s'analitzen les xifres del sector TIC respecte al total de sectors acadèmics a Catalunya, s'observa que el personal acadèmic en TIC és el 8,2 %; el nombre d'investigadors i el de grups de recerca de qualitat és, respectivament, del 9,9 % i del 8,8 %; el nombre de graduats universitaris de primer i segon cicles és del 8,2 %; el nombre de graduats de segons cicles és del 6 %; el nombre d'estudiants de doctorat és del 5,1 %, i, finalment, el nombre de titulats de doctorat és del 6,4 %. En relació amb aquesta darrera xifra, a Espanya els doctors en TIC representen el 3,3 % del total dels àmbits.

Quan s'analitzen les dades de finançament de la recerca i desenvolupament (R+D), en particular de la recerca pública, s'observa:

– Durant el període 1996-2002, la quantitat absoluta i relativa de les quatre principals fonts de finançament de la recerca feta per les universitats i centres públics de recerca han estat: els projectes europeus, 4,4 M€/any (23,3 %); els projectes del Pla Nacional, 5,9 M€/any (31,4 %); les beques i els ajuts autonòmics per a la recerca, 4,5 M€/any (23,8 %), i els convenis de transferència amb les empreses, 4 M€/any (21,5 %). Si es comparen aquestes dades amb les xifres del període anterior es veu que la tendència general no ha estat de creixement, sinó que han estat força estancades i, en alguns casos, de decreixement significatiu.

– Els percentatges de finançament de la recerca en TIC a Catalunya, comparada amb la del conjunt de l'Estat, es mou al voltant del 22 %, xifra que es correspon amb el percentatge que Catalunya significa en el conjunt del producte interior brut (PIB) de l'Estat i amb el pes científic que Catalunya té a l'Estat en el conjunt de l'àmbit de les ciències i les tecnologies.

– Una dada significativa és el pes relatiu de les diferents fonts en el finançament dels projectes de recerca pública a Catalunya durant aquest període 1996-2002: projectes amb finançament estatal, 34 %; projectes amb finançament europeu, 25 %; beques i ajuts autonòmics, 18 %, i finançament privat per a convenis de transferència, 23 %.

Com a resultats científics significatius es poden destacar:

– El nombre total de publicacions indexades a l'àrea TIC realitzades per investigadors catalans durant el període 1996-

2002 ha estat de 1.035, fet que representa el 21,5 % del total de publicacions TIC a Espanya. En termes globals, Catalunya representa el 24 % (6.371 de 26.941) del total dels registres espanyols indexats al *Science Citation Index* durant l'any 2002.

– El nombre total de citacions de les publicacions TIC esmentades, durant el període 1996-2002, ha estat de 2.081, que representen el 26,2 % del total de citacions de les publicacions de l'Estat en aquest mateix període.

– En termes relatius, les publicacions TIC (doc) per any (A) i per milió d'habitants (M) han significat 23 doc / A × M a Catalunya, 17 doc / A × M a Espanya, 29 doc / A × M a França i 135 doc / A × M a Alemanya.

– En general, es veu que en termes de publicacions les dades de Catalunya són comparables o una mica millors que les de la mitjana de l'Estat i, en alguns casos (instrumentació i mesura), fins i tot estan per sobre de la mitjana mundial, però significativament per sota de la dels països europeus avançats científicament.

– El nombre de doctors s'ha doblat i ha passat d'una mitjana de 32 per any en el període anterior (1991-1995) a una mitjana de 65 per any en aquest període. Aquesta xifra és l'11 % del nombre total de tesis de doctor que es llegeixen a Catalunya i una tercera part de les tesis de doctor en TIC a Espanya (200 doctors/any).

– El nombre total de patents concedides en informàtica, electrònica i telecomunicacions a Catalunya durant el període 1996-2002 ha estat de 300, que signifiquen el 20 % del total de les patents concedides a Espanya en aquests àmbits.

– Quan es comparen un conjunt de resultats científics del sector TIC amb els del total dels àmbits científics, dins de la producció dels grups consolidats de recerca, s'observa que les TIC representen una producció d'aproximadament el 6 % o el 7 % de les publicacions en revistes, un 16 % de les publicacions en congressos amb revisors, un 10 % de les tesis doctorals i un 18 % de les patents concedides (que es transforma en un 8,2 % de les patents en explotació).

## 1. INTRODUCCIÓ

Aquest informe és una segona edició del *Report de la recerca a Catalunya: Tecnologies de la informació i de les comunicacions*, publicat l'any 1997. Per aprofitar al màxim aquest fet, s'ha procurat mantenir una estructura del document que, tot i introduir els canvis necessaris, permetés establir comparacions i extreure conclusions sobre l'evolució experimentada durant el temps transcorregut.

El període 1996-2002, objecte d'aquesta actualització, ha estat singularment intens en el sector de les tecnologies de la informació i de les comunicacions (TIC), a causa, per una banda, de la important evolució científica i tecnològica i, per l'altra, del fenomen accelerat d'expansió i contracció experimentat pel sector entorn dels anys 1999-2000.

Al capítol 2 es presenta una descripció del sector TIC en termes de continguts, programes de recerca i sector econòmic, que permetin emmarcar el conjunt de les dades recollides en els capítols posteriors de l'informe.

El capítol 3 fa una descripció detallada de l'àmbit acadèmic, quant a estructures, personal acadèmic i personal en formació. El capítol 4 presenta les dades existents del sector TIC, quant a activitat econòmica en general, però molt especialment quant a inversions i persones en R+D. El capítol 5 es concentra en el finançament públic de la R+D en TIC, i es revisen de manera detallada els fons que s'han destinat a les universitats i centres acadèmics de recerca. El capítol 6 analitza els resultats científics de l'activitat de recerca en TIC en termes de publicacions, tesis i patents realitzats pels investigadors a Catalunya.

Finalment, el capítol 7, inclou unes primeres conclusions i recomanacions que es poden extreure del conjunt de dades analitzades en els capítols precedents.

## 2. EL SECTOR DE LES TECNOLOGIES DE LA INFORMACIÓ I DE LES COMUNICACIONS

Per a poder analitzar el sector de les tecnologies de la informació i de les comunicacions (TIC), cal primerament establir quines són les àrees temàtiques que poden englobar-s'hi. En aquest treball es proposa una classificació que sigui aclaridora i consistent des del món acadèmic i també des del món de l'activitat

empresarial. D'aquesta manera es pot fer un estudi més consistent dels grups i dels investigadors que componen l'àmbit TIC.

### 2.1. Descripció del sector TIC

A la taula 1 es presenta d'una manera resumida el conjunt dels camps que s'ha considerat que componen el sector TIC en el sentit esmentat.

Tot i que aquesta classificació no és única, ni està lliure d'encavallaments, dóna una primera aproximació al sector que es pretén analitzar. A continuació es fa una aproximació més precisa a cadascun dels camps definits.

#### 2.1.1. Electrònica

Tradicionalment l'electrònica ha donat el suport físic necessari al desenvolupament dels sistemes de comunicació i informàtics. Encara que actualment continua complint aquesta tasca tan fonamental, també s'ha estès a altres àmbits de la ciència i de la tècnica introduint tecnologies, dispositius i sistemes típicament electrònics a disciplines com la biologia i biotecnologia (bioxips), l'alimentació i l'agricultura, la medicina i el medi ambient, la química, la mecànica (automòbil) i l'aeronàutica, etc. Per tant, l'electrònica s'ha convertit en una disciplina amb un caràcter molt marcadament horitzontal. Aquest fet dificulta la delimitació de les seves fronteres, però malgrat aquesta dificultat hi ha un cert consens a considerar tres àrees dins l'electrònica:

a) *Components i dispositius*: fonaments físics, disseny, fabricació i caracterització de components passius, electromecànics i d'interconnexió, díodes i transistors, circuits integrats (xips) dispositius òptics i components fotònics, dispositius de radiofreqüència, dispositius de potència i fotovoltaics, visualitzadors i LCD (pantalla de cristall líquid [liquid crystal display]), sensors i actuadors, etc., basats en materials tradicionals (Si, GaAs) o en materials emergents (SiC, SiGe, SiCN, BCN, GaN, etc.).

b) *Circuits i subsistemes*: disseny, simulació, fabricació i test de circuits i subsistemes digitals, analògics i mixtos, circuits reconfigurables i d'altres prestacions (baixa potència, baixa tensió, baix soroll, etc.), subsistemes per a terminals i perifèrics, eines CAD (disseny amb ajuda d'ordinador [computer aided design]), etc.

TAULA 1  
Classificació de l'àmbit TIC en subsectors

Camp	Breu descripció
Electrònica	Components, dispositius, circuits, sistemes i tecnologies
Automàtica	Fonaments de control, sistemes físics, aplicacions, tecnologies i sistemes de producció
Comunicacions	Senyals i processos, dispositius i sistemes, xarxes i aplicacions
Informàtica	Fonaments de computació, sistemes d'informació, arquitectures i tecnologia de computadors i xarxes
Internet	Xarxes d'informació, serveis i sistemes Internet, tecnologies multimèdia

c) *Sistemes*: disseny, fabricació, encapsulació i test de sistemes d'altres prestacions i multifuncionals, sistemes en xip (SoC), sistemes a mida (ASIC), sistemes basats en matrius de portes programables (FPGA), sistemes multixip (MCM), microsistemes, sistemes maquinari-programari, sistemes encastats, reconfigurables i bioinspirats, etc.

En cadascuna d'aquestes àrees un element primordial és el de les tecnologies: tecnologies de fabricació, tecnologies híbrides, tecnologies d'integració monolítica (microelectrònica), micro/nanotecnologies, tecnologies d'encapsulació, etc. Per a cadascuna cal considerar aspectes com els de: processos, simulació, fiabilitat, i productivitat.

### 2.1.2. Automàtica

L'automàtica moderna és una disciplina cada vegada més interdisciplinària i més orientada a les aplicacions. Té per objectiu, a part dels sistemes clàssics de control, l'anàlisi, disseny i avaluació de sistemes intel·ligents que incorporen diferents tipus de dispositius i que són capaços de donar resposta a requeriments i processos amb característiques de no-linealitat, incerteses, escalabilitat i no-estacionarietat. Sistemes que són capaços de percebre, avaluar i donar resposta a situacions complexes distribuïdes. Sistemes híbrids que requereixen capacitat de tractar esdeveniments continus i discrets, d'interès creixent en l'estudi de sistemes de xarxes, fabricació i transport. Sistemes que aprenen, s'adapten i s'autoorganitzen per donar resposta a situacions canviants com les que es poden trobar en aplicacions industrials, biomèdiques o en entorns naturals. En el camp de l'automàtica s'han considerat tres àrees diferenciades que són:

a) *Fonaments de control*: teoria de sistemes dinàmics, de processos de decisió òptims en estats perfectes i imperfectes d'informació. Estabilitat, observació, robustesa i funcions multivariables de transferència.

b) *Sistemes físics*: robòtica, sensors, actuadors, visualització i sistemes acústics i òptics. Estructures intel·ligents. Sistemes en petita escala: microsistemes, i a gran escala: sistemes industrials.

c) *Aplicacions i producció integrada*: processos de producció, tant en els camps de la producció de béns i equips de tot tipus com la química i biotecnològica. Sistemes de transport (automoció, logística i aeroespacial).

### 2.1.3. Telecomunicacions

Les telecomunicacions són ja una part integral de la societat moderna. En els propers anys serà possible donar a cada dispositiu o equipament capacitat de computació, d'emmagatzematge i de comunicació. Caldrà trobar solucions per comunicar i fer cooperar grans quantitats de dispositius simultàniament. Els conceptes d'ubiquïtat, mobilitat i personalització per a permetre una comunicació en qualsevol moment i en qualsevol lloc seran els elements conductors d'aquest procés. En el camp de les telecomunicacions les àrees que s'han considerat són:

a) *Senyals i processos*: exploren les bases conceptuals de la teoria moderna de la informació i la comunicació, models per canals i sistemes deterministes i aleatoris, processament de senyals analògics i digitals, tractament de veu, imatge i dades. Protocols i algorismes de comunicació.

b) *Dispositius i sistemes*: tenen per objectiu la comprensió, modelització, disseny i avaluació dels fenòmens físics i dels sistemes que donen suport a les diferents formes i tecnologies de comunicació i visualització. Radiofreqüència, comunicacions per ràdio, comunicacions òptiques o comunicacions mòbils.

c) *Xarxes i aplicacions*: sistemes de comunicació, visualització i posicionament. Xarxes de comunicacions, sistemes de radar i de navegació. Xarxes de banda ampla. Xarxes sense fils, satèl·lits en comunicacions, navegació i observació de la terra.

### 2.1.4. Informàtica

El progrés en informàtica, com en les altres àrees, no ha estat centrat únicament en la disciplina en si mateixa. Els avenços en ciència i tecnologia de la computació han significat salts



importants en la majoria de ciències i coneixements existents, des de l'agricultura a la fabricació, la salut o l'educació. La informàtica agrupa des d'àrees més convencionals, com ara arquitectures, xarxes i sistemes de computadors i perifèrics, programari, compiladors, bases de dades, seguretat, gràfics, fonaments de ciència dels computadors, llenguatges, algorítmica, sistemes operatius, sistemes paral·lels, sistemes distribuïts, intel·ligència artificial i ciències de la computació, fins a àrees més recents com ara bioinformàtica, genòmica, llenguatges naturals, interacció màquina-persona. Àrees que es poden identificar són:

a) *Fonaments de la computació*: tenen per objectiu l'estudi de la teoria de la computació, dels dispositius i de la seva utilització. Estudia els fonaments, els models, els algorismes, els processos i les tecnologies de la computació.

b) *Sistemes d'informació*: tenen per objectiu incrementar les capacitats de les persones i màquines, per a crear, descobrir i raonar amb el coneixement, mitjançant l'habilitat d'adquirir, representar, emmagatzemar, organitzar, localitzar, visualitzar i comunicar informació.

c) *Sistemes de computadors i de xarxes*: persegueixen la comprensió i desenvolupament de les propietats fonamentals dels sistemes d'ordinadors i de xarxes, i la creació de millors abstraccions i eines per dissenyar, construir, analitzar i mesurar noves arquitectures i sistemes, així com les infraestructures que les suporten. Cobreix des dels computadors encastats i personals fins als supercomputadors.

### 2.1.5. Internet

Un dels reptes crucials d'Internet és la millora de la qualitat i diversitat dels seus serveis. Mentre que en la primera etapa tecnològica el disseny dels protocols i sistemes s'han basat en el criteri de *qualitat òptima*, factors clau seran, a partir d'ara, l'obtenció de nous algorismes per a l'encaminament, la qualitat de servei i la difusió multipunt. Noves arquitectures de xarxa, amb redundàncies, mobilitat i personalització, vindran a completar l'evolució més gradual de les arquitectures actuals. Els camps en els quals es pot organitzar aquest àmbit de coneixement són:

a) *Xarxes d'informació*. Topologies, arquitectures i protocols de xarxa, xarxes genèriques i xarxes específiques, seguretat, reconfigurabilitat, estàndards, etc.

b) *Serveis i sistemes d'Internet*. Sistemes en temps reals, webs, xarxes i protocols, IPv6, aplicacions basades en xarxa, tecnologies avançades de xarxa.

c) *Tecnologies multimèdia*. Comunicació audiovisual, mitjans interactius, interacció persona-màquina, teleinformació, tecnologies de la informació i societat.

## 2.2. Presència del sector TIC en els programes públics de recerca

Per a completar la descripció del sector és interessant veure com està organitzada la recerca relacionada en els diferents programes marc de recerca. Així, des del punt de vista dels diferents plans públics de recerca, es tenen els que es detallen a continuació.

### 2.2.1. A escala europea

En el VI Programa Marc de la Unió Europea (UE) (2002-2006) [1], les TIC es troben dins el programa específic Integrating and Strengthening the European Research en les àrees temàtiques següents:

- a) *No 2 Information society technologies*, i més concretament:
  - *Applied IST research addressing major societal and economic challenges*
  - *Communication, computing and software technologies*
  - *Components and microsystems*
  - *Knowledge and interface technologies*
  - *IST future and emerging technologies.*
- b) *No 3 Nano-technologies and nano-sciences, knowledge-based functional materials, new production processes and devices.*
- c) *No 4 Aeronautics and space*, i més específicament:
  - *Increasing operational capacity and safety of the air transport system*
  - *Galileo and GMES*
  - *Satellite telecommunications.*

També es podria considerar que apareix, però d'una forma més implícita en:

- a) *No 6 Sustainable development, global change and eco-systems*, i més concretament:
  - *Increasing road, rail and waterhose safety and avoiding traffic congestion.*
- b) *No 7 Citizens and Governance in a Knowledge-based society* i la seva interrelació amb les TIC.
- c) Programa específic *Structuring the European Research Area (Human resources and mobility, Research Infrastructures, etc.)*.

### 2.2.2. A l'Estat

Dins del Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica 2004-2007 [2] es troben diferents programes de suport:

- a) Dins l'àrea de tecnologies de la societat de la informació:
  - Programa de Tecnología Electrónica y de Comunicaciones
    - Subprograma de Tecnologías de Comunicaciones

- Subprograma de Tecnologías Electrónicas
  - Programa de Tecnologías Informáticas
  - Programa de Tecnología de Servicios de la Sociedad de la Información.
- b) Dins d'altres àrees prioritàries es poden identificar també subàrees estretament relacionades amb les TIC:
- Programa de Materiales: Materiales Funcionales
  - Programa de Espacio: Instrumentación, Telecomunicaciones y Teledetección
  - Programa de Seguridad.
- c) Es poden identificar també un conjunt de programes amb línies específiques d'incorporació de les TIC:
- Programa de Biomedicina
  - Programa de Diseño y Producción Industrial
  - Programa de Medios de Transporte
  - Programa de Ciencias y Tecnologías Medioambientales.
- d) Finalment, cal esmentar totes les accions horitzontals previstes al Pla en les quals les TIC són presents, i en especial el Programa de Equipamiento e Infraestructuras de Investigación Científica y Tecnológica. En el punt on es parla de «Centros e instalaciones de tamaño medio y grande» fa referència al Centre Nacional de Microelectrónica situat al campus de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB) com una infraestructura singular en l'àmbit de l'electrònica.

### 2.2.3. A Catalunya

Dins les accions previstes en el III Pla de Recerca de Catalunya (2001-2004) [3] l'àmbit TIC es té en compte en els punts següents:

a) D'una manera específica a l'«Àrea Concertada 6. Societat de la Informació», amb les línies d'actuació següents:

– *Sistemes d'informació.* Sistemes d'organització, gestió i explotació de fonts d'informació no estructurada, multimodal i multilingüe. Eines de recerca semàntica, multimèdia i multilingüe. Tècniques de personalització. Sistemes d'atenció social.

– *Xarxes de comunicacions. Seguretat.* Accés personalitzat als serveis de comunicació, mitjançant xarxes d'accés heterogènies. Portabilitat de serveis, en especial els de banda ampla, a través de qualsevol mena de xarxa d'accés. Sistemes de definició de la qualitat del servei. Seguretat de les comunicacions. Tecnologies avançades de validació i de seguretat de les transaccions electròniques. Tecnologies d'autenticació, confidencialitat, integritat i protecció de dades. Tècniques i sistemes de prevenció d'atacs a sistemes d'informació i de prevenció dels drets d'autor.

– *Generació de continguts.* Sistemes i eines audiovisuals i de publicació multimèdia. Gestió de continguts a partir de bases de dades multimèdia i heterogènies. Noves tecnologies i nous models de gestió de l'aprenentatge. Tècniques de personalització de la producció de continguts.

– *Tecnologies de la parla.* Disseny multilingüe de planes web. Sistemes de traducció automàtica del llenguatge escrit i parlat. Desenvolupament d'interfícies de llenguatge natural i multilingüe amb les aplicacions i serveis de la societat del coneixement. Accés semàntic a la web. Mètodes d'estructuració de continguts digitals i d'indexació, basats en l'anàlisi de continguts.

– *Supercomputació.* Sistemes i arquitectures d'alta eficiència de computació. Manteniment d'infraestructura de gran capacitat de càlcul, processament d'informació i comunicació. *Arquitectura de sistemes distribuïts.* Sistemes de visió per computador. Compartició i interacció d'aplicacions i recursos distribuïts geogràficament. Enginyeria del programari.

– *Optoelectrònica.* Tecnologia i arquitectures de gestió de xarxes totalment òptiques. Sistemes d'interoperació de les xarxes òptiques troncal amb les diferents xarxes d'accés. Dispositius i subsistemes optoelectrònics avançats.

– *Microelectrònica.* Sensors intel·ligents i visualitzadors avançats i d'altres prestacions. Circuits i sistemes microelectromecànics (MEMS). Sistemes multisensors. Dispositius avançats d'emmagatzematge. Dispositius d'alta velocitat i alta eficiència energètica.

– *Nanotecnologies.* Desenvolupament de tecnologies per a fabricar, caracteritzar i utilitzar sistemes complexos de dimensions que van des del rang atòmic fins als 100 nanòmetres (nm). Electrònica molecular i computació quàntica. Aplicació a sensors d'alta capacitat.

– *Radiofreqüència.* Sistemes avançats i tecnologies de radiofreqüència i microones. Tècniques de mesura i modelatge. Circuits integrats monolítics de microones. Aplicacions de superconductivitat en radiofreqüència. Tècniques d'espectre eixampliat. Antenes miniatura i multibanda.

– *Teledetecció i geomàtica.* Sistemes avançats de radiometria i teledetecció. Sistemes avançats d'informació geogràfica. Sistemes Lidar. Sistemes avançats de radionavegació i radiolocalització.

– *Gestió i serveis públics.* Repercussions competencials de les noves tecnologies de la societat del coneixement. Gestió en línia. Impacte de les noves tecnologies en l'organització política del territori.

b) Es poden identificar també un conjunt de programes amb línies específiques d'incorporació de les TIC, i en particular:

– Tecnologies de la informació i de les comunicacions en biomedicina.

– Tecnologies de la informació i de les comunicacions en l'àmbit del territori i de la mobilitat.

c) Dintre dels programes horitzontals (recursos humans, centres de recerca, infraestructura de recerca, cooperació internacional, transferència de tecnologia) l'àrea TIC es pot beneficiar implícitament de cada un d'aquests programes i s'esmenta explícitament el cas de la infraestructura CESCA (Centre de Super-

computació de Catalunya) – CEPBA (Centre Europeu de Paral·lelisme de Barcelona), que ha estat reconeguda com a gran instal·lació europea en les accions de mobilitat dels programes marc europeus, o la futura instal·lació del sincrotró.

### 2.3. Presència del sector TIC en els subsectors industrials i de serveis

Tot i que no es poden definir unes fronteres absolutament precises del que podríem denominar activitat empresarial en l'àmbit de les TIC, sí que hi ha un conjunt de sectors d'activitat econòmica que habitualment s'hi consideren inclosos ([12]-[15]), i que comprenen els que detalla la taula 2.

## 3. EL MARC ACADÈMIC DE LA R+D EN TIC

En aquest capítol es fa una breu presentació del nombre de persones i la seva estructuració dedicades a la recerca en l'àmbit TIC en les universitats i centres de recerca a Catalunya.<sup>1</sup>

### 3.1. Àrees de coneixement en TIC

A l'entorn acadèmic, i especialment a l'universitari, per a analitzar un camp científic, i en particular per a analitzar-ne l'estructura

dels investigadors, és important identificar les àrees de coneixement relacionades amb el camp. En el cas de les TIC, considerarem vuit àrees de coneixement relacionades:

- arquitectura i tecnologia de computadors
- ciències de la computació i intel·ligència artificial
- electrònica
- enginyeria de sistemes i automàtica
- enginyeria telemàtica
- llenguatges i sistemes informàtics
- tecnologia electrònica
- teoria del senyal i comunicacions.

### 3.2. Departaments universitaris i centres del CSIC en el sector TIC

Analitzades les diferents institucions acadèmiques, s'han identificat els següents departaments amb una activitat significada en l'àmbit de les TIC.

- Universitat de Barcelona (UB)
  - Departament d'Electrònica
  - Departament de Física Aplicada i Òptica
- Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)
  - Departament d'Enginyeria Electrònica
  - Departament d'Informàtica
  - Departament de Telecomunicació i Enginyeria de Sistemes

TAULA 2  
Àmbits d'activitat econòmica que componen els subsectors TIC ([14], [15])

Subsectors de productes i equipaments TIC (28,5 %)
Components electrònics (4,6 %): components electrònics, antenes, instal·lacions
Electrònica de consum (3,7 %): àudio, televisió i vídeo
Electrònica professional (4,0 %): instrumentació, electrònica industrial i de seguretat, electromedicina, ràdio i teledifusió
Productes informàtics (9,1 %): maquinari i programari
Telecomunicacions (7,2 %): equipaments
Subsectors serveis TIC (71,5 %)
Serveis de telecomunicacions (50,1 %): fix (25,7 %), mòbil (23,1 %), cable (1,1 %), satèl·lit (0,2 %)
Serveis audiovisuals (7,5 %)
Serveis informàtics (7,2 %)
Continguts electrònics i Internet (5,2 %)
Serveis telemàtics i interactius (1,5 %)

Entre parèntesis s'indica el pes relatiu en termes de mercat de cadascun dels àmbits dins del conjunt del sector l'any 2002.

1. La coordinació tècnica d'aquest capítol ha estat a càrrec de Montserrat Meya (Observatori de la Societat de la Informació). Informació recopilada a partir de dades del DURSI, el CIDEM i les universitats catalanes.

Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

- Departament d'Arquitectura de Computadors
- Departament d'Enginyeria Electrònica
- Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial
- Departament de Llenguatges i Sistemes Informàtics
- Departament d'Enginyeria Telemàtica
- Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions

Universitat Pompeu Fabra (UPF)

- Departament de Tecnologia

Universitat de Lleida (UdL)

- Departament d'Informàtica i Enginyeria Industrial

Universitat de Girona (UdG)

- Departament d'Electrònica, Informàtica i Automàtica
- Departament d'Informàtica i Matemàtica Aplicada

Universitat Rovira i Virgili (URV)

- Departament d'Enginyeria Electrònica, Elèctrica i Automàtica

Universitat Oberta de Catalunya (UOC)

- Departament d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques

Universitat Ramon Llull (URL)

- Departament d'Electrònica
- Departament d'Informàtica
- Departament de Comunicacions i Teoria del Senyal

Universitat de Vic (UVic)

- Departament d'Electrònica i Telecomunicacions
- Departament de Matemàtica i Informàtica

#### CSIC

- Centre Nacional de Microelectrònica - Institut de Microelectrònica de Barcelona, CNM-IMB (CSIC)
- Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial, IIA (CSIC)
- Institut de Robòtica i Informàtica Industrial, IRI (CSIC-UPC)

A la taula 3 es presenten les dades de personal docent i investigador de les àrees TIC de les universitats i del CSIC en el període 1996-2002 agregat per àrees de coneixement. Per a conèixer millor la seva distribució per institucions, a la taula 4 es presenta la distribució detallada per universitats i centres del CSIC per a l'any 2002. Les dades equivalents per al conjunt de totes les àrees científiques significarien passar d'11.647 persones el 1996 a 14.741 el 2002.

Cal esmentar finalment algunes unitats addicionals existents a centres acadèmics adscrits a les universitats catalanes, amb una activitat de recerca i desenvolupament que ha anat prenent significació:

- Escola Universitària Salesiana de Sarrià (centre adscrit a la UAB)
- Laboratori d'electrònica, automàtica i informàtica

- Escola Universitària Politècnica de Mataró (centre adscrit a la UPC)

- Departament de Telecomunicacions i Arquitectura de Computadors

### 3.3. Centres i infraestructures de recerca vinculats a les administracions públiques

Dins del Pla de Recerca de la Generalitat és dóna importància al subprograma de centres de recerca, amb una inversió que representa el 17,6 % de la inversió total de la DGR/CIRIT. Del conjunt de centres de recerca, els següents es poden identificar com que estan dedicats primordialment a l'àmbit TIC:

- Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya, CTTC (UPC, URL, DURSI)

- Centre de Referència de R+D en Enginyeria Lingüística, CREL (Institut d'Estudis Catalans [IEC], UB, UAB, UPC, UPF, UdG)

- Centre de Referència de R+D en Tècniques Avançades de Producció, CERTAP (UAB, UPC, UdG, CSIC)

- Centre de Supercomputació de Catalunya, CESCÀ (Fundació Catalana per a la Recerca [FCR], DURSI, UB, UAB, UPC, UPF, UdG, URV, UdL, UOC, URL)

- Centre de Visió per Computador, CVC (Comissió Interdepartamental de Recerca i Innovació Tecnològica [CIRIT]-UAB)

- Centre de Comunicacions Avançades de Banda Ampla, CCABA (UPC)

- Centre de Desenvolupament de Sensors, Instrumentació i Sistemes, CD6 (UPC)

- Centre de Tecnologies i Aplicacions del Llenguatge i la Parla, TALP (UPC)

- Centre de Computació i Comunicacions de Catalunya, C4 (UPC)

- Centre CIM (Institut Català de Tecnologia [ICT]-UPC)

- Centre Europeu de Paral·lelisme de Barcelona, CEPBA (UPC)

- Centre de Recerca CEPBA-IBM. CIRI (UPC)

- Centre d'Aplicacions d'Internet, CANET (UPC)

- Centre de Realitat Virtual de Barcelona (UPC)

- Institut d'Organització i Control de Sistemes Industrials (UPC)

- Institut d'Informàtica i Aplicacions, IIA (UdG)

- Institut Universitari de l'Audiovisual (UPF)

- Centre de Recerca en Bioelectrònica i Nanociència, CEBEN, (UB)

- Institut de Geomàtica (Departament de Política Territorial i Obres Públiques [DPTOP], DURSI, UPC)

- Institut de Ciències Fotòniques (DURSI, UPC)

- Fundació i2Cat (DURSI, CIDEM, UPC, UPF, URL).

TAULA 3  
*Personal docent i investigador de les universitats i el CSIC (1996-2002) per àrees de coneixement i anys*

Àrea de coneixement	1996-1997	1997-1998	1998-1999	1999-2000	2000-2001	2001-2002
Arquitectura i tecnologia de computadors	130	147	149	166	172	191
Ciències de la computació i intel·ligència artificial	73	83	80	91	112	109
Electrònica	70	78	81	82	84	94
Tecnologia electrònica	149	157	160	159	161	192
Enginyeria de sistemes i automàtica	58	75	82	98	104	116
Enginyeria telemàtica	33	35	38	38	38	48
Llenguatges i sistemes informàtics	148	149	148	155	172	173
Teoria del senyal i comunicacions	120	121	121	128	131	134
<i>Total</i>	781	845	859	917	974	1.057

Font: Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació (DURSI); URL; CSIC.

Per a les universitats públiques, les dades del DURSI no inclouen la categoria de professors ajudants. Per a la URL, les dades corresponen als grups de recerca de l'àmbit TIC. Per al CSIC, les darreres dades disponibles corresponen a l'any 2001.

TAULA 4  
*Personal docent i investigador de les universitats i el CSIC (2002) per àrees de coneixement i universitats*

Àrea de coneixement	UB	UAB	UPC	UPF	URV	UdG	UdL	URL	CSIC	<i>Total</i>
Arquitectura i tecnologia de computadors	1	36	93	10	12	29	5	5	0	191
Ciències de la computació i intel·ligència artificial	1	38	17	15	7	0	4	13	14	109
Electrònica	30	27	1	0	0	0	0	1	35	94
Tecnologia electrònica	0	0	161	0	27	0	4	0	0	192
Enginyeria de sistemes i automàtica	1	10	51	0	18	27	0	3	6	116
Enginyeria telemàtica	0	0	45	3	0	0	0	0	0	48
Llenguatges i sistemes informàtics	0	0	117	3	12	32	9	0	0	173
Teoria del senyal i comunicacions	0	0	115	0	0	0	0	19	0	134
<i>Total</i>	33	111	600	31	76	88	22	41	55	1.057

Font: DURSI; URL; CSIC.

Per a les universitats públiques, les dades del DURSI no inclouen la categoria de professors ajudants.

Per a la URL, les dades corresponen als grups de recerca de l'àmbit TIC.

Per al CSIC, les darreres dades disponibles corresponen a l'any 2001.

### 3.4. Grups de recerca consolidats reconeguts per la CIRIT/DGR del DURSI

Els grups de recerca de les universitats i centres públics de recerca de Catalunya són elements significats del sistema català de recerca, i poden acollir-se al finançament del DURSI a través

de convocatòries anuals que donen suport a les activitats dels grups de recerca consolidats de Catalunya.

Actualment, existeixen 509 grups de recerca consolidada que apleguen 9.273 investigadors (taula 5). D'aquests grups, n'hi ha 45 que es poden identificar com a TIC [3], i que integren 946 investigadors (56 % doctors i 44 % no-doctors).

TAULA 5  
*Grups de recerca consolidada en TIC i nombre d'investigadors*

Nom del grup	Investigadors
Grup de Xarxes Neuronals, Disseny Circuits, Semiconductors	18
Grup de Transductors Químics	29
Grup d'Estructura Electrònica	16
Grup d'Enginyeria i Materials Electrònics (EME)	30
Grup de Recerca de Sistemes d'Instrumentació i Comunicacions (SIC)	29
Grup de Tecnologies Informàtiques i Recerca Educativa (TIRE)	23
Grup d'Arquitectura d'Ordinadors i Sistemes Operatius	19
Unitat de Combinatòria i de Comunicació Digital	10
Grup de Disseny i Avaluació de Sistemes Integrats de Banda Ampla	18
Grup d'Aplicacions Telemàtiques	34
Grup d'Arquitectura de Computadors	46
Grup de Robotització Avançada	18
Grup de la Divisió de Senyals i Sistemes Biomèdics del Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica (CREB)	17
Grup de Sistemes Avançats de Control	26
Grup de Dispositius Semiconductors	17
Grup de Disseny i Test de Circuits Integrats	13
Grup de Disseny de Sistemes Electrònics de Potència	13
Grup d'Informàtica Gràfica	14
Grup de Mètodes Formals i Llenguatge Natural	31
Grup de Sistemes d'Informació	12
Grup de Comunicacions per Ràdio	13
Grup de Tractament de la Imatge	11
Grup de Superconductivitat, Radar, Microones i Antenes	29
Grup de Comunicacions de Banda Ampla	13
Grup de Processament del Senyal	23
Grup de Tractament de la Parla	14
Grup de Sistemes Integrats	46
Grup d'Anàlisi de Sistemes Ambientals	23
Grup de Materials Superconductors	17
Grup de Microsistemes de Silici	24
Grup de Dispositius de Potència	20
Grup de Robòtica i Control	17
Grup de Recerca en Informàtica Biomèdica	24

TAULA 5 (Continuació)  
Grups de recerca consolidada en TIC i nombre d'investigadors

Nom del grup	Investigadors
Centre de Visió per Computador	39
Grup de Disseny i Avaluació de Xarxes i Serveis de Banda Ampla	13
Grup d'Enginyeria de Dispositius Electrònics	11
Grup de Comunicacions Mòbils	11
Grup de Recerca en Sistemes Intel·ligents	15
Divisió d'Instrumentació i Bioenginyeria	25
Grup d'Enginyeria Òptica	32
Grup de Recerca sobre Comerç Electrònic Segur (CRISES)	11
Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial	21
Grup de Visualització d'Imatges Realistes	19
Grup de Recerca en Algorismes i Complexitat	22
Grup de Fotònica (Òptica Integrada i Sistemes Òptics)	20
<i>Total investigadors en grups de recerca TIC</i>	946
<i>Total investigadors en grups de recerca a totes les àrees de coneixement</i>	9.273

Font: DURSI.

### 3.5. Xarxa de Centres de Suport a la Innovació Tecnològica

Tot i que la transferència de tecnologia no és l'objecte central d'aquest estudi, sembla convenient recollir la iniciativa de la Xarxa de Centres de Suport a la Innovació Tecnològica (XiT), avalada conjuntament pel Centre d'Informació i Desenvolupament Empresarial (CIDEM) i pel DURSI. Està integrada per unitats i grups de recerca de les universitats i institucions de recerca, i amb capacitat per a prestar serveis d'innovació tecnològica a les empreses de Catalunya. El nombre total de centres està a prop de setanta i el 2002 varen facturar una xifra d'uns 32 M€, que significa una facturació mitjana per centre propera a 0,5 M€. D'aquest total, fins a vint-i-dos es pot entendre que estan emmarcats a l'àrea TIC, i són els següents:

- Centre d'Innovació Tecnològica en Enginyeria Electrònica, CITEE (URV)
- Centre de Sistemes i Serveis Electrònics, CSSE (UPC)
- Centre d'Innovació Tecnològica en Convertidors Estàtics i Accionaments, CITCEA (UPC)
- Centre de Desenvolupament de Sensors, Instrumentació i Sistemes, CD6 (UPC)

- Centre d'Enginyeria de Microsistemes per a Instrumentació i Control, CEMIC (UB)
- Grup de Recerca en Informàtica Biomèdica, GRIB (Institut Municipal d'Investigació Mèdica [IMIM])
- Grup de Tecnologia Musical, MTG (UPF)
- Centre de Desenvolupament Tecnològic de Sistemes d'Adquisició Remota i Tractament de la Informació, SARTI (UPC-CSIC)
- Laboratori d'Aplicacions Multimèdia, LAM (UPC)
- Centre Internacional de Mètodes Numèrics en Enginyeria, CIMNE (UPC)
- Centre de Desenvolupament Electrònic i Informàtic, CEDEI (URL)
- Grup de Compatibilitat Electromagnètica, GCEM (UPC)
- Centre de Prototipat i Solucions Hardware-Software, CEPHIS (UAB)
- Centre d'Innovació Biotecnològica Aplicada, DINAMIC (URV)
- Centre de Llenguatge i Computació, CLIC (UB)
- Grup de Tecnologies Interactives, GTI (UPF)
- Centre de Comunicacions i Compatibilitat Electromagnètica, LABCOM (URL)

- Centre d'Informàtica Industrial i Sistemes Intel·ligents, EASY (UdG)
- Centre de Visió per Computador, CVC (UAB)
- Grup de Recerca Aplicada en Hidrometeorologia, GRAHI (UPC)
- Centre de Proteòmica i Bioinformàtica Aplicada, SEPPIO (UAB)
- Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica, CREB (UPC).

### 3.6. Graduats universitaris

Es consideraran graduats TIC aquells alumnes que han finalitzat estudis universitaris en els camps de la informàtica, les telecomunicacions i l'electrònica. Atès que s'està focalitzant en la recerca, aquest treball es centra en els graduats de segon cicle, és a dir, en els titulats d'enginyeries (informàtica, telecomunicació, electrònica, i automàtica i electrònica industrial) TIC. La taula 6 presenta la seva distribució per universitats pels cursos acadèmics 1999-2000, 2000-2001 i 2001-2002. Si es vol tenir una visió de conjunt del nombre total de graduats universitaris a l'àmbit TIC, cal tenir en compte també que anualment es graduen una quantitat lleugerament superior de titulats en enginyeries tècniques TIC (solen estar en una proporció de 60 % per enginyeries tècniques i 40 % per enginyeries).

TAULA 6  
*Distribució de titulats (enginyeries i llicenciats) en TIC de segons cicles a Catalunya per universitats (2000-2002)*

	2000	2001	2002	Total
UPC	917	630	532	2.079
UAB	105	120	124	349
UB	38	58	36	132
UPF				
UdG	15	15	9	39
URV	6	17	27	50
UOC			1	1
URL	120	76	93	289
TIC Catalunya	1.201	916	822	2.939
% Total Cat.	6,9	5,4	5,0	5,8
TIC Espanya	3.872	4.454		
% Total Esp.	3,2	3,8		

Font: DURSI.

La taula 7 mostra el nombre total de graduats TIC (primers i segons cicles) i la seva relació amb el nombre total de graduats universitaris a Catalunya.

La taula mostra una evolució molt estabilitzada, afectada per una oscil·lació important a causa dels processos de canvis en els plans d'estudi més accentuada el curs 1999-2000. En conjunt, el percentatge de titulats TIC (primers i segons cicles) sobre el total de titulats a les universitats públiques catalanes està al voltant del 8 %.

### 3.7. Estudiants de doctorat en àrees TIC

La taula 8 presenta les xifres d'estudiants de doctorat dels cursos 2000-2001 i 2001-2002, per universitats i per gènere dels estudiants, per al conjunt de tots els àmbits científics primer, i per a les àrees TIC després. Del total d'alumnes matriculats de doctorat a les universitats públiques, aproximadament el 51 % són dones, mentre que en el cas dels estudiants de doctorat en TIC només hi ha un 18 % de dones. Es pot veure que, en percentatge sobre el total, els estudiants de doctorat (homes i dones) en TIC representen aproximadament el 5,3 %, mentre que en el nombre de graduats TIC de primers i segons cicles representaven aproximadament el 8 %.

### 3.8. Resum de recursos humans en TIC a l'àmbit acadèmic

A la taula 9 es presenten d'una manera agregada les dades més significatives referents a recursos humans en recerca i formació a les universitats i centres acadèmics de recerca a l'àmbit TIC a Catalunya.

Es veu que mentre que el percentatge de personal acadèmic i graduats universitaris (primers i segons cicles) en el sector TIC respecte al total està al voltant del 8 %, el percentatge de graduats de segon cicle i doctorat baixa al voltant del 5,5 %.

## 4. EL MARC ECONÒMIC DE LA R+D EN EL SECTOR TIC

Analitzar la R+D en el conjunt dels àmbits públic i privat, i particularment en el privat, és força complicat ja que es tracta d'una activitat de la qual es disposa de poques dades i estudis contrastats. Fer-ho a més a més en un camp temàtic concret, com el de les TIC, i en l'àmbit de Catalunya, quan moltes de les dades de què es disposa són agregades del conjunt de l'Estat, és en-



TAULA 7  
Evolució de titulats totals (primers i segons cicles) TIC a Catalunya i el seu percentatge sobre el conjunt de tots els titulats

Titulats	1997/1998	1998/1999	1999/2000	2000/2001	2001/2002
TIC	2.377	2.347	2.830	2.667	2.552
<i>Total</i>	29.517	30.427	31.141	32.204	32.816
Percentatge	8,1	7,7	9,1	8,3	7,8

Font: DURSI.

TAULA 8  
Nombre i proporció d'estudiants de doctorat al conjunt d'àrees comparat amb l'àrea TIC per universitats i segons el sexe

Estudiants de doctorat Totes les àrees	2000-2001			2001-2002		
	Dones	Homes	Total	Dones	Homes	Total
UB	1.446	1.136	2.582	1.578	1.201	2.779
UAB	1.627	1.307	2.934	2.092	1.613	3.705
UPC	430	939	1.369	532	1.099	1.631
UPF	214	210	424	318	324	642
UdG	228	249	477	278	279	557
UdL	232	248	480	n. d.	n. d.	n. d.
URV	198	178	376	n. d.	n. d.	n. d.
URL	n. d.	n. d.	84	n. d.	n. d.	94
<i>Total</i>	4.375	4.267	8.726	4.798	4.516	9.408
<i>Percent. dones/total</i>	50,6			51,5		

N. d.: no disponible

Estudiants de doctorat Àrees TIC	2000-2001			2001-2002		
	Dones	Homes	Total	Dones	Homes	Total
UB	5	8	13	4	11	15
UAB	15	48	63	11	46	57
UPC	52	241	293	53	269	322
UPF	3	22	25	7	31	38
UdG	7	35	42	9	31	40
UdL	0	0	0	0	0	0
URV	0	0	0	0	0	11
URL	n. d.	n. d.	20	n. d.	n. d.	24
<i>Total</i>	82	354	456	84	388	507
<i>Percent. TIC / total</i>	1,9	8,3	5,2	1,8	8,6	5,4
Percent. dones TIC	18,8			17,8		

N. d.: no disponible

Font: Elaboració pròpia a partir de dades del DURSI.

TAULA 9  
*Nombre i percentatge de titulats, doctorands, investigadors i grups de recerca en TIC sobre el total*

Concepte	Dades globals	Dades a l'àmbit TIC	Percentatge TIC sobre el total
Personal acadèmic a universitats i CSIC 2002	12.954	1.057	8,2
Tècnics de recerca	659	73	11,0
Grups de recerca consolidats a 2002	509	45	8,8
Nombre d'investigadors als grups de recerca consolidats el 2002	9.273	924	9,9
Graduats universitaris de primers i segons cicles 1998-2002	156.105	12.773	8,2
Graduats universitaris de cicle llarg 2000-2002	50.850	2.939	5,8
Estudiants de doctorat 2000-2002	18.134	963	5,3

cara més complicat. Tot i amb això, intentarem fer-ne una certa aproximació a partir de contrastar algunes dades disponibles ([4] i [5]), i en particular elaborant una mica les dades publicades recentment [6]. Per tal de poder tenir dades comparables dels diferents indicadors necessaris, s'han hagut de referir a les xifres de l'any 2000, que tot i no ser les darreres possibles, tenen l'avantatge d'estar a la meitat del període analitzat i per tant de ser, en certa mesura, significatives dels valors mitjans en el conjunt del període.

#### 4.1. El marc global de la R+D pública i privada a Catalunya i Espanya

Analitzarem primerament unes dades sintètiques de l'activitat total de R+D en el conjunt dels diferents àmbits d'activitat científica i econòmica. La taula adjunta presenta les dades agregades per a Catalunya, Espanya i una mostra de països europeus constituïda per Alemanya i França i que poden ser representatius d'uns països tecnològicament més punters. Sempre que ha estat possible, s'ha procurat expressar les dades en magnituds relatives a un milió d'habitants, de tal manera que sigui més fàcil establir comparacions i extreure conclusions.

A la taula 10, es veu que la xifra global del percentatge d'inversió en R+D, quocient entre la inversió en R+D i la magnitud del PIB, era el 2000 un 1,11 % per a Catalunya, lleugerament per sobre de la mitjana de l'Estat, un 0,94 %, però força per sota de la mitjana dels països avançats, dels quals s'ha agafat la mostra d'Alemanya i França, amb un 2,37 %. El 2002 aquestes xifres varen representar l'1,27 % del PIB per a Catalunya i l'1,03 % per a Espanya. En general podem veure que les diferents xifres per a Catalunya, tant pel que fa a inversions com pel que fa a perso-

nes, estan una mica per sobre de les mitjanes de l'Estat, però clarament per sota, de l'ordre de la meitat, de les corresponents a les mitjanes europees.

Una altra de les característiques significatives a estudiar és la participació dels àmbits públic i privat en aquest esforç, i en particular del pes creixent en els països més avançats científicament de l'àmbit privat en aquesta inversió. A la taula 10 es veu que Catalunya en termes relatius de proporció del sector privat respecte al públic, relació de 2 a 1 (0,75 % en relació amb el 0,35 %), està ben alineada amb les proporcions europees, però en termes absoluts està només en una proporció d'1 a 2 respecte a aquests països. Com a trets bàsics d'aquesta tendència, es pot constatar, annex 1, que el sector empresarial es va convertint d'una manera progressiva en la font de finançament més important fins a arribar a significar en dades del 2001 més del 63 % del finançament als països de l'OCDE (Organització per a la Cooperació del Desenvolupament Econòmic) (OCDE, *S7I Scoreboard 2003*). Paral·lelament amb aquest creixement, el finançament governamental es va retraient proporcionalment a la majoria dels països esmentats.

Per a veure de més a prop el que això significa, a les taules 11 i 12 [4] es presenten les dades d'esforç en R+D, a Espanya i a Catalunya, per al conjunt de tots els sectors, classificats per origen de finançament (en l'escala vertical) i per execució de la despesa (en l'escala horitzontal), que permeten entendre millor l'estructura de la R+D en el cas de Catalunya i en el conjunt de l'Estat. De les taules es desprèn un pes significativament més gran (15 punts percentuals) de les empreses en la inversió en R+D a Catalunya que al conjunt de l'Estat tant en la dedicació de fons com en l'execució de despesa. A l'annex 3 es poden trobar les dades equivalents quant a la distribució d'investigadors pels diferents sectors d'execució (empreses, administracions, universitats).

TAULA 10  
Dades bàsiques d'inversió, personal i resultats de la R+D a l'Estat ([4], [6], [9])

Dades globals de R+D Any 2000, quantitats en M€		Catalunya	Espanya	Alemanya + França (UE)
Dades generals	PIB (M€)	113.230	678.150	3.066.500
	PIB/Mhabitants	17.940	16.980	21.470
	Població activa (milions)	3,000	18,071	
	Població ocupada (milions)	2,741	15,643	
Inversió en R+D (IRD)	IRD (M€)	1.230	5.719	81.573
	IRD (M€)/Mhabitants	205	143	571
	Intensitat R+D:IRD/PIB ( %) total	1,11	0,94	2,37
	Intensitat IRD/PIB ( %) per sectors privat + públic	0,75 + 0,35	0,50 + 0,43	1,70 + 0,67
Personal en R+D	Personal R+D	25.107	120.618	425.540
	Investigadors	14.812	76.600	225.540
	Proporció ( %) investigadors/personal R+D	56	64	53
	Investig./1.000 pers. actives	5,5	4,5	6,2
	Despesa/1.000 investigadors	91	78	200
	Distrib. % investigad./sectors (empreses, administracions públiques, ensenyament superior)	34/13/53	17/25/58	55/15/30
Resultats en R+D	Doctors en Ciència i Tecnologia (CiT) per 100.000 habitants entre 25 i 34 anys	47	36	80
	Publicacions CiT/Mhabitants	530	400	560
	Publicac. CiT/1.000 Invest.	215	209	348
	Patents alta tecnologia / Mhabitants	4,0	2,5	25,0

#### 4.2. El marc econòmic de la R+D en TIC a Catalunya i Espanya

Anem ara a fer una presentació breu del sector TIC des del punt de vista d'activitat econòmica a Catalunya, situant-lo dins del marc de l'Estat. Prenent com a referència els estudis de l'Observatori per a la societat de la informació (SI) del DURSI [13], tal com ja s'ha fet a l'apartat 2.3, s'inclouen com a activitats TIC les següents:

- fabricació d'equips electrònics i de telecomunicació (Cens Nacional d'Activitats Econòmiques [CNAE] 30.02, 32.1, 32.2, 32.3, 33.2, 33.3) i subcontractació electrònica sense un CNAE específic;

- informàtica (CNAE 72 i 30.02);
- telecomunicació (CNAE 64.2).

D'acord amb aquesta definició, la taula 13 i la figura 1 representen l'evolució del sector TIC durant els anys centrals del període d'aquest estudi: 1999, 2000 i 2001.

Aquestes dades posen en evidència la importància econòmica del sector TIC a Catalunya ja que representa el 9 % del total del PIB (10.574 M€ a Catalunya amb relació a 113.230 M€ a Espanya, l'any 2000), i el 22,4 % de la facturació total del sector TIC a Espanya.

Des del punt de vista laboral ([13] i [5]) el nombre de treballadors qualificats ocupats al sector TIC a Catalunya està al

TAULA 11  
Distribució, segons l'ingrés i segons l'execució, de l'esforç en R+D a l'Estat entre els diferents sectors [4]

Intensitat de la R+D en tots els àmbits a l'Estat per a l'any 2000	Sector d'execució de l'activitat de R+D					
	Origen dels fons (M€)	Empreses	Administracions públiques	Ensenyament superior	Total	Percentatge
Empreses		2.575,87	65,83	160,38	2.802,08	49,0
Administracions públiques		301,57	753,99	1.178,92	2.234,48	39,1
Ensenyament superior		5,22	0,00	237,51	242,73	4,2
Estranger (UE)		239,90	83,77	116,02	439,69	7,7
<b>Total</b>		3.122,57	903,60	1.692,82	5.718,99	100,0
Percentatge		54,60	15,80	29,60	100,00	

TAULA 12  
Distribució, segons l'ingrés i segons l'execució, de l'esforç en R+D a Catalunya entre els diferents sectors [4]

Intensitat de la R+D en tots els àmbits a Catalunya per a l'any 2000	Sector d'execució de l'activitat de R+D					
	Origen dels fons (M€)	Empreses	Administracions públiques	Ensenyament superior	Total	Percentatge
Empreses		836,24	8,52	33,97	878,73	71,5
Administracions públiques		29,70	36,64	193,84	260,18	21,2
Ensenyament superior		5,66	0,10	57,58	63,34	5,1
Estranger (UE)		5,11	3,40	19,02	27,53	2,2
<b>Total</b>		863,72	61,6	304,41	1.229,78	100,0
Percentatge		70,20	5,0	24,8	100,00	

TAULA 13  
Facturació del sector TIC en milions d'euros

Sector TIC	Catalunya			Espanya		
	1999	2000	2001	1999	2000	2001
Fabricació electrònica i telecomunicació	3.028	3.287	3.140	7.553	8.934	7.988
Informàtica	2.172	2.553	2.739	11.293	13.638	14.039
Operadores de telecomunicació	4.020	4.734	5.361	21.046	24.783	28.217
<b>Total</b>	9.220	10.574	11.240	39.982	47.085	50.244

Font: Observatori per a la SI a partir de dades de la Comissió per al Mercat de Telecomunicacions (CMT), operadores, l'Asociación Española de Empresas de Tecnologías de la Información (SEDISI) i Asociación Nacional de Industrias Electrónicas (ANIEL).

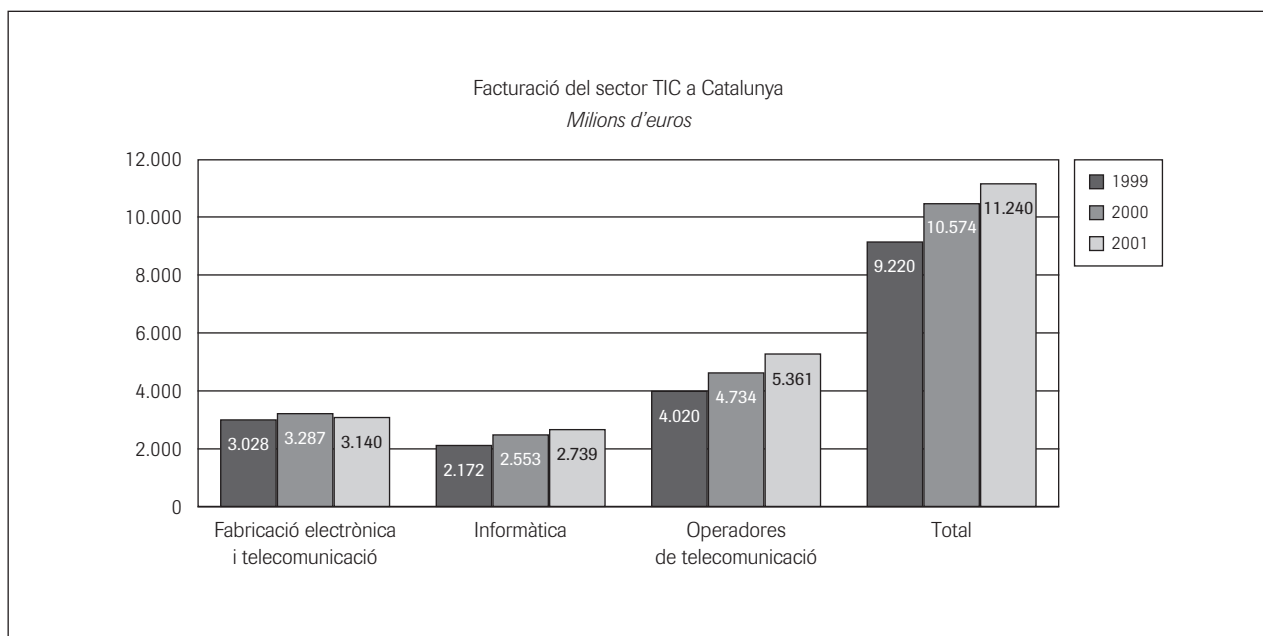


FIGURA 1. Facturació del sector TIC a Catalunya (elaboració de l'Observatori per a la SI).

Font: ANIEL, SEDISI, CMT i operadores.

voltant de seixanta mil, annex 2, xifra que representa el 2,2 % de la població ocupada, mentre que al conjunt de l'Estat aquest mateix percentatge seria de l'1,8 %. Les taules 14 i 15 mostren les dades detallades d'inversió i les dades de personal de les empreses TIC en R+D per branques d'activitat econòmica.

Per entendre la vitalitat del sector i tenir una visió de la seva evolució en els darrers anys, pot ser d'utilitat estudiar les dades d'importació/exportació. A partir de les dades de l'OCDE [9], recollides per l'informe COTEC [4], a la taula 16 es presenten les dades d'exportació, importació i taxa de cobertura (exportació/importació) per al conjunt d'Espanya i es comparen amb les dades dels dos països de referència que s'han estat utilitzant en aquest estudi (Alemanya i França).

A la taula 17 es presenten de manera resumida les dades agregades del sector de manera comparada. Aquestes dades permeten observar pel que fa al sector TIC, com a sector econòmic:

- representa un 9,3 % del PIB i constitueix, doncs, un dels sectors clau a Catalunya. Aquest percentatge, tot i que pot ser aproximat, denota una importància relativa gran, fins i tot quan es compara amb els percentatges de països europeus avançats que s'han utilitzat com a referència, en els quals, com és el cas a França i Alemanya, representa al voltant del 7 %;

- els percentatges d'esforç en R+D del sector són, però, baixos, al voltant del 2 % tant a Espanya com a Catalunya, especial-

ment quan es comparen amb percentatges del 7,5 % que trobem a França i Alemanya. Això podria explicar, entre d'altres, les baixes taxes de cobertura tecnològica que tenim amb percentatges del 37 % comparades amb les del 86 % d'aquests països esmentats;

- quan es compara el percentatge del PIB que representa (9,3 %) amb el percentatge de personal qualificat que el sector representa (2,2 %), es constata que es tracta d'un sector d'alt valor afegit.

## 5. FINANÇAMENT PÚBLIC DE LA RECERCA EN TIC A CATALUNYA

En aquest apartat s'analitza el volum de recursos, principalment públics, destinats a la recerca en el sector TIC realitzada bàsicament en els grups acadèmics esmentats a l'apartat 3. A l'hora d'analitzar el finançament total de la recerca en l'àmbit públic, caldria considerar que el gruix més important correspondria al salari dels professors i investigadors identificats en el capítol 3 (en el cas dels professors que distribueixen el seu temps entre la docència i la recerca, caldria atribuir-hi un percentatge d'aquest salari que habitualment sol estar entre el 50 % i el 60 % del total). Pel que fa al finançament dels projectes de recerca específics, estudiarem les dades corresponents

TAULA 14  
*Inversió interior en R+D de les empreses per branques productives a Catalunya (1999-2000)*

	1999 Milers €	2000 Milers €	Percentatge
Agricultura	2.043	2.266	0,27
Indústria			
Màquines d'oficina i ordinadors	53.637	24.806	2,92
Components electrònics	14.390	20.182	2,37
Aparells de ràdio, TV i comunicació	18.464	20.657	2,43
Instruments, òptica i rellotgeria	16.539	6.300	0,74
<i>Total indústria</i>	670.469	675.933	79,50
Construcció	544	9.786	1,15
Serveis			
Correus i telecomunicacions	22.058	25.604	3,01
Programes d'ordinador	15.226	22.006	2,59
Altres activitats informàtiques	1.536	47.413	5,58
Serveis de R+D	27.036	12.203	1,44
<i>Total serveis</i>	82.329	162.207	19,08
<i>Total general</i>	755.927	850.192	100,00

Font: Maluquer de Motes (2003), tractament propi amb dades de l'Institut Nacional d'Estadística (INE).

TAULA 15  
*Personal de R+D (EDP) de les empreses per branques productives a Catalunya (1999-2000)*

	1999 EDP	2000 EDP	Percentatge
Agricultura	50,3	57,1	0,46
Indústria			
Màquines d'oficina i ordinadors	283,2	282,5	2,26
Components electrònics	343,0	290,1	2,32
Aparells de ràdio, TV i comunicació	344,0	391,6	3,13
Instruments, òptica i rellotgeria	341,3	326,7	2,61
<i>Total indústria</i>	10.186,7	10.340,9	82,71
Construcció	14,7	23,2	0,19
Serveis			
Correus i telecomunicacions	51,0	185,3	1,48
Programes d'ordinador	343,5	495,4	3,96
Altres activitats informàtiques	31,5	21,6	0,17
Serveis de R+D	538,0	723,4	5,79
<i>Total serveis</i>	1.335,8	2.081,7	16,65
<i>Total general</i>	11.587,5	12.502,9	100,00

Font: Maluquer de Motes (2003), tractament propi amb dades INE.  
 EDP: equivalència a dedicació plena.

TAULA 16  
Dades comparades d'exportació i importació del sector TIC a l'Estat [4]

Any 2000		Espanya		Alemanya + França	
Dades en milions € per milió d'habitants		1990	2000	1990	2000
Equipaments TIC	Exportacions	34	93	174	481
	Importacions	117	250	231	558
	Taxa cobertura	29	37	75	86
Productes de programari	Exportacions	1,4	1,6	8,1	8,3
	Importacions	6,9	7,0	13,5	13,6
	Taxa cobertura	20,0	22,0	60,0	61,0

TAULA 17  
Inversió i personal de R+D

Dades de l'any 2000	Catalunya	Espanya
PIB del sector TIC (PIB <sub>TIC</sub> )	10.574 M€	47.085 M€
PIB <sub>TIC</sub> /PIB <sub>total</sub>	9,3 %	4,5 %
Inversió en R+D en TIC (IRD)	188 M€	986 M€
IRD/PIB <sub>TIC</sub>	1,8 %	2,1 %
Personal ocupat en el sector TIC	60.000	276.000
Personal ocupat en R+D a TIC	2.500	10.126
Investigadors en sector TIC	1.500	n. d.

Font: Maluquer de Motes (2003). Tractament propi amb dades INE.

als fons provinents de la UE, del Pla Nacional, del de la CIRIT/DGR (Direcció General de Recerca) i finalment dels de convenis amb empreses i institucions del sector.

### 5.1. Fons de la Unió Europea

La taula 18 mostra la participació de Catalunya en les àrees TIC dels dos darrers programes marc europeus de recerca. Es pot observar que la participació relativa de Catalunya respecta a Espanya ha crescut des del 19,5 % en el IV Programa Marc fins al 27 % en el V Programa Marc.

Amb un total de fons de 205 M€, assignats a 611 entitats (407 empreses), Espanya ha ocupat el cinquè lloc, amb el 6,42 %, després d'Alemanya (17,4 %), França (14,5 %), Regne Unit (13,4 %) i Itàlia (11,5 %), i va seguida de Grècia (6,4 %). Les subvencions atorgades a Catalunya (50 M€) es distribueixen, per tipus d'entitats, de manera aproximada segons: 59 % a em-

preses i associacions, 35 % a universitats i 6 % a administració i organismes públics de recerca. Catalunya, amb el 22,1 % del total espanyol, ha estat la segona comunitat autònoma en volum de participació després de la Comunitat de Madrid, amb el 37 %.

Altres programes de R+D europeus amb interrelació amb el sector TIC serien:

– L'European Spatial Agency (ESA), que ha significat una contribució i un retorn a Espanya, aproximadament equilibrats, durant el període 1996-2002, de 751 M€.

– Hispasat, que durant l'any 2002 va significar un retorn per a Espanya de 35,9 M€.

### 5.2. Fons del Pla Nacional de la Comissió Interministerial de Ciència i Tecnologia (CICYT)

Al balanç de resultats presentats per les memòries dels plans nacionals de recerca, desenvolupament i innovació (R+D+I) dels darrers anys, s'aprecia que de les dotze àrees científicotecnològiques que es consideren al pla, el sector TIC i l'àmbit de la SI, són els que van significar més projectes presentats, i també

TAULA 18  
Participació de Catalunya en les àrees TIC  
dels programes marc de la UE

Subvenció	IV PM (1995-1998)	V PM (1999-2002)
	ACTS, Ap. Telemat., ESPRIT	Programa IST
Catalunya	40,3 M€	50 M€
Espanya	206,7 M€	225 M€
Percentatge Cat./Esp.	19,5 %	22,1 %

Font: Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI).

són els que van rebre el volum més gran de subvencions i el nombre més gran de projectes aprovats.<sup>1</sup>

Dins del Pla Nacional (taula 19), durant els anys 1996, 1997, 2000 i 2001,<sup>2</sup> Catalunya va rebre subvencions per a 2.699 projectes de recerca per un volum de 163,2 M€ dels quals 416 projectes eren TIC (Programa Nacional de Tecnologies de la Informació i les Comunicacions –Projectes de Recerca i Accions Especials–, Programa Nacional d'Aplicacions i Serveis Telemàtics i Programa Nacional de Societat de la Informació)<sup>3</sup> per un volum de finançament de 24,5 M€, que representa el 15 % del volum total del Pla Nacional.

El finançament de les TIC a Catalunya el 2000/2001 significava el 19 % sobre el total de les subvencions rebudes dins del Pla Nacional (un conjunt de projectes singulars va fer que el finançament de l'any 2001 doblés pràcticament el de l'any anterior i posterior). Concretament, Catalunya va aprovar, el 2000, 49 projectes TIC per un volum de 3,66 M€, per una mitjana de 70.000 €.

### 5.3. Fons de la CIRIT/DGR

Tot i que d'una magnitud econòmica menor, és important també, per l'efecte multiplicador que pot tenir, analitzar l'evolució del finançament provenint de l'Administració catalana. Aquestes subvencions, tal com recull l'annex 4, han anat destinades principalment a finançar activitats dels nous centres de recerca, a beques i mobilitat, així com a donar suport a les activitats dels grups de recerca consolidats.

La taula 20 recull les subvencions concedides dins el II Pla de Recerca de Catalunya per a les TIC. Per sector TIC s'entén: enginyeria elèctrica i electrònica, informàtica i comunicacions. A la taula es veu que el finançament en TIC ha augmentat del 7,9 % al 12,8 % del finançament total de la CIRIT/DGR. En xifres absolutes, aquest increment ha significat triplicar-se, passant de 2,52 M€ a 7,55M€.

### 5.4. Resum del finançament públic de la recerca en TIC

A la taula 21 es presenten d'una manera agregada les dades de finançament de la recerca TIC destinada als grups de recerca de les universitats i centres del CSIC a Catalunya, agrupades en funció dels quatre orígens més significatius: projectes del Pla Nacional, projectes europeus, ajuts de la CIRIT/DGR i finalment convenis amb empreses i institucions.

1. *Plan Nacional de I+D+I: Balance de Resultados. Año 2001*, p. 67.

2. *Plan Nacional de I+D+I: Balance de Resultados. Año 2001*. No es disposa de dades homogènies per al 1998-1999.

3. El Programa Nacional de Societat de la Informació va començar el 2000.

TAULA 19  
Finançament del Pla Nacional R+D a Catalunya en projectes de recerca (1996-2001)

PROGRAMA NACIONAL DE TECNOLOGIES DE LA INFORMACIÓ I COMUNICACIONS			
Any	Número	Milions €	Percentatge*
1996	40	2,26	20,6
1997	28	1,70	27,5
1998	NC	3,82	52,0
1999	NC	NC	NC
2000	45	3,61	24,9
2001	139	12,00	33,2
<b>Total</b>	<b>252</b>	<b>23,20</b>	

NC: no consta.

Font: *Memoria de actividades de I+D+I* / CICYT.

\* Percentatge dels projectes catalans en el Programa Nacional.

PROGRAMA NACIONAL D'APLICACIONS I SERVEIS TELEMÀTICS			
Any	Número	Milions €	Percentatge*
1996	7	0,44	5,6
1997	4	0,29	14,8
1998	NC	0,36	31,2
1999	NC	NC	NC
<b>Total</b>	<b>11</b>	<b>1,09</b>	

NC: no consta.

Font: *Memoria de actividades de I+D+I* / CICYT.

\* Percentatge dels projectes catalans en el Programa Nacional.

PROGRAMA NACIONAL DE SOCIETAT DE LA INFORMACIÓ			
Any	Número	Milions €	Percentatge*
2000	4	0,05	9,0
2001	58	1,56	21,3
<b>Total</b>	<b>62</b>	<b>1,61</b>	

NC: no consta.

Font: *Memoria de actividades de I+D+I* / CICYT.

\* Percentatge dels projectes catalans en el Programa Nacional.

## 6. RESULTATS CIENTÍFICS EN TIC

S'analitzen en aquest apartat els resultats de la recerca quant a publicacions, tesis doctorals i patents, que es poden considerar compreses dins del sector TIC presentat en els apartats anteriors.



TAULA 20  
Concessions CIRIT-DGR dins de la línia de recerca TIC en M€

Milions d'euros	1998	1999	2000	2001	2002
Subvenció global	31,80	36,19	42,34	47,04	58,82
Subvenció TIC	2,52	3,01	3,87	5,29	7,55
Percentatge TIC / global	7,90	8,30	9,10	11,30	12,80

Font: CIRIT i DGR del DURSI.

TAULA 21  
Finançament de la recerca a les universitats catalanes i al CSIC (1996-2002)

	Projectes nacionals							Total
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Nombre	68	61	73	73	71	75	66	519
Import*	3.370	3.178	4.891	4.906	5.143	10.325	6.815	41.120

Font: Oficina de Gestió de la Recerca i el Vicerectorat de Política Científica (UB); Unitat d'Estudi i Explotació de Dades (UAB); Unitat de Recerca. Àrea de planificació, avaluació i estudis (UPC); *Memòria curs acadèmic* (UPF); Vicerectorat de Recerca (UdG); Vicerectorat de Recerca (UdL); Servei de Gestió de la Recerca (URV); *Memòria 1995-2000 IN3* (UOC); Vicerectorat de Recerca i Tecnologia (URL); CSIC.

\* Import en milers d'euros. El total pot ser superior a la suma dels anys ja que algunes institucions només van facilitar els totals pel període d'estudi.

	Projectes europeus							Total
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Nombre	31	27	35	30	40	40	33	244
Import*	2.704	3.316	3.443	3.729	4.785	3.769	6.722	30.508

Font: Oficina de Gestió de la Recerca i el Vicerectorat de Política Científica (UB); Unitat d'Estudi i Explotació de Dades (UAB); Unitat de Recerca. Àrea de planificació, avaluació i estudis (UPC); *Memòria curs acadèmic* (UPF); Vicerectorat de Recerca (UdG); Vicerectorat de Recerca (UdL); Servei de Gestió de la Recerca (URV); *Memòria 1995-2000 IN3* (UOC); Vicerectorat de Recerca i Tecnologia (URL); CSIC.

\* Import en milers d'euros. El total pot ser superior a la suma dels anys ja que algunes institucions només van facilitar els totals pel període d'estudi.

	Beques i ajuts autonòmics per la recerca							Total
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Import*	n. d.	n. d.	2.521	3.011	3.869	5.292	7.551	22.244

Font: CIRIT; DGR.

\* Import en milers d'euros. Les dades 1996-1997 no estan disponibles.

	Convenis i transferència							Total
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	
Nombre	81	97	90	109	129	144	143	793
Import*	2.206	2.895	2.427	3.784	5.870	6.038	4.934	28.157

Font: Oficina de Gestió de la Recerca i el Vicerectorat de Política Científica (UB); Unitat d'Estudi i Explotació de Dades (UAB); Unitat de Recerca. Àrea de planificació, avaluació i estudis (UPC); *Memòria curs acadèmic* (UPF); Vicerectorat de Recerca (UdG); Vicerectorat de Recerca (UdL); Servei de Gestió de la Recerca (URV); *Memòria 1995-2000 IN3* (UOC); Vicerectorat de Recerca i Tecnologia (URL); CSIC.

\* Import en milers d'euros. El total pot ser superior a la suma dels anys ja que algunes institucions només van facilitar els totals pel període d'estudi.

## 6.1. Publicacions científiques

Una metodologia acceptada per a la mesura de les publicacions científiques consisteix a utilitzar les bases de dades de l'Institute for Scientific Information de Filadèlfia (ISI). Donades les característiques de la base de dades en la classificació de les publicacions de Catalunya, en aquest estudi s'han hagut de considerar només les publicacions en revistes, tot i ser conscients de les limitacions que això pot significar per a determinades àrees. Pensem, però, que en tractar igual els diferents països, les magnituds relatives entre ells són força precises. Segons la base de dades Science Citation Index, l'any 1997 Catalunya i Espanya van aportar, respectivament, el 0,67 % i el 2,31 % de la producció científica mundial, mentre que l'any 2002 van representar el 0,76 % i el 2,76 %.

Per a analitzar la presència de les publicacions en TIC produï-

des dels investigadors de Catalunya, segons les bases de dades de *National Citation Report: Spain 1981-2002* (ISI)<sup>4</sup> i *National Science Indicators* (ISI) cedides per l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR), es recullen les àrees AI, Robotics & Automatic Control, Computer Science & Engineering, Electrical & Electronics Engineering, Information Tec. & Commun. Systems i Instrumentation & Measurement, i es comparen amb al conjunt de publicacions a totes les àrees i amb la productivitat científica dels investigadors en TIC.

A les taules 22 i 23, es presenten el nombre de publicacions i citacions, en les àrees TIC esmentades, realitzades en el període 1996-2002, agrupades en dos blocs temporals: un primer bloc de tres anys (1996-1998) i un segon bloc de quatre anys (1999-2002), produïdes pels investigadors de Catalunya i de la resta de l'Estat respectivament. A l'annex 5 es poden trobar les

TAULA 22  
Índex de citació per a l'àrea TIC a Catalunya

Catalunya Categories	1996-1998			1999-2002			Total		
	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D
AI, Robotics & Automatic Control	57	184	3,23	128	88	0,69	185	272	1,47
Computer Science & Engineering	78	233	2,99	155	72	0,46	233	305	1,31
Electrical & Electronics Engineering	133	580	4,36	262	347	1,32	395	927	2,35
Information Tec. & Commun. Systems	37	129	3,49	65	38	0,58	102	167	1,64
Instrumentation & Measurement	50	272	5,44	70	138	1,97	120	410	3,42
<b>Total</b>	355	1.398	3,94	680	683	1,00	1.035	2.081	2,01

Font: *National Citation Report, 1998-2002* (ISI). AGAUR.

TAULA 23  
Índex de citació a Espanya per l'àrea TIC

Catalunya Categories	1996-1998			1999-2002			Total		
	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D
AI, Robotics & Automatic Control	305	1.037	3,40	667	564	0,85	972	1.061	1,65
Computer Science & Engineering	165	418	2,53	404	266	0,66	569	684	1,20
Electrical & Electronics Engineering	512	1.620	3,16	871	845	0,97	1.383	2.465	1,78
Information Tec. & Commun. Systems	93	193	2,08	177	115	0,65	270	308	1,14
Instrumentation & Measurement	128	479	3,74	210	326	1,55	338	805	2,38
<b>Total</b>	1.203	3.747	3,11	2.329	2.116	0,91	3.532	5.863	1,66

Font: *National Citation Report, 1998-2002* (ISI). AGAUR.

4. Elaboració pròpia a partir de les dades publicades per l'AGAUR.

dades any per any. En la interpretació de les dades corresponents al nombre de citacions, s'ha de tenir present que aquesta és una magnitud que es va actualitzant amb el pas del temps,

i això afecta especialment les publicacions més recents. En aquest estudi el nombre de citacions s'entenen referides al moment de l'extracció de les dades (desembre 2003).

TAULA 24  
Índex de citació a escala mundial per al conjunt de les àrees TIC (1996-2002)

Any	Citacions	Documents	Doc. no citats	C/D
1996	7.662.273	690.798	124.243	11,09
1997	6.871.271	695.699	129.523	9,88
1998	5.9118.083	719.519	146.643	8,23
1999	4.635.225	733.093	175.492	6,32
2000	3.063.511	732.156	223.866	4,18
2001	1.464.953	750.901	352.944	1,95
2002	249.257	746.498	616.034	0,33

Font: *National Science Indicators* (ISI). AGAUR.

TAULA 25  
Nombre de documents comparatiu de l'àmbit de les TIC per als anys 1996-2002

Nombre total documents anys 1996-2002	Món	Catalunya	Espanya	França	Alem.	Suècia
AI, Robotics & Automatic Control	39.469	185	1.119	2.174	7.753	537
Computer Science & Engineering	34.335	233	759	1.862	11.311	428
Electrical & Electronics Engineering	78.415	395	1.762	3.699	20.944	1.077
Information & Communication Systems	24.424	102	344	1.212	8.114	356
Instrumentation & Measurement	38.880	120	826	3.139	27.298	835
<i>Total de les àrees TIC</i>	215.523	1.035	4.810	12.086	75.420	3.233

Font: elaboració pròpia a partir de les dades del *National Science Indicators* (ISI). AGAUR.

TAULA 26  
Índex de citació comparativa de l'àmbit de les TIC per als anys 1996-2002

Índex de citació de documents anys 1996-2002	Món	Catalunya	Espanya	França	Alem.	Suècia
AI, Robotics & Automatic Control	2,47	1,47	1,74	3,06	1,46	3,77
Computer Science & Engineering	1,85	1,31	1,28	1,79	1,12	1,69
Electrical & Electronics Engineering	2,50	2,35	2,11	2,93	1,88	3,07
Information & Communication Systems	2,10	1,64	1,28	2,06	0,94	2,90
Instruments & Measurement	2,85	3,42	2,88	3,77	2,46	3,50
<i>Total de les àrees TIC</i>	2,41	2,01	1,97	2,91	1,83	3,10

Font: elaboració pròpia a partir de les dades del *National Science Indicators* (ISI). AGAUR.

Per a contextualitzar aquestes dades, la taula 24 mostra la producció mundial, en citacions i documents, per a tots els àmbits científics. En la taula podem veure la relació mitjana entre citacions i documents en funció de l'any, i apreciar com aquesta relació (citacions/documentos) disminueix d'11,09 a 0,33 a mesura que la data de publicació és més recent, ja que hi ha hagut menys temps disponible per a divulgar-la, ser consultada, ser citada i finalment recollir la citació en una nova publicació. A l'annex 5 es poden trobar les dades per a cadascuna de les àrees TIC.

Les taules 25 i 26 recullen el nombre total de documents i l'índex de citació del conjunt de les publicacions produïdes pels investigadors a Catalunya durant el període 1996-2002 per a cadascuna de les cinc àrees científiques identificades dins del sector TIC. Les dades per a Catalunya es comparen amb les d'Espanya, el món i tres països europeus significats. A l'annex 5 es poden trobar les dades detallades any per any.

Es veu que en el període 1996-2002 es varen produir a Catalunya un total de 1.035 publicacions en TIC, que signifiquen el

22 % del total de les publicacions en aquest àmbit a Espanya i el 0,5 % del total mundial. Com a referent, durant l'any 2003, el nombre de registres bibliogràfics (articles, ponències a congressos, revisions, notes, etc.) catalans indexats al *Science Citation Index* (6.371) representa el 23,5 % del nombre total de registres corresponents a l'Estat espanyol (26.941).

De la taula 26 es veu que els índex de citació de les publicacions TIC a Catalunya són comparables amb les del conjunt de l'Estat i sensiblement per sota dels índexs de citació dels països considerats avançats en l'àmbit TIC com França, Alemanya o Suècia.

## 6.2. Tesis doctorals

A la taula 27 es presenta el nombre de tesis en les àrees TIC llegides al conjunt de les universitats catalanes, i es veu que representen el 31 % de les tesis llegides a Espanya en aquestes mateixes àrees.

TAULA 27  
*Tesis doctorals en TIC a Catalunya i Espanya per als anys 1996-2002*

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Total
UPC <sup>1</sup>	24	53	55	37	47	42	42	300
UAB <sup>2</sup>	3	12	8	11	7	12	10	63
UB <sup>3</sup>	5	4	4	7	16	12	4	52
UPF <sup>4</sup>	0	0	0	0	0	0	1	1
UdG <sup>5</sup>	0	1	4	0	2	1	1	9
URV <sup>6</sup>	3	3	2	4	3	7	0	22
UdL <sup>7</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
URL <sup>8</sup>	0	0	2	2	2	2	8	16
Catalunya-TIC	35	73	75	61	77	76	66	463
<i>Catalunya - Total</i> <sup>9</sup>	894	922	1.037	1.006	1.085	1.092	1.158	7.194
Espanya-TIC	158	181	199	230	233	NC	NC	NC
<i>Espanya - Total</i> <sup>10</sup>	5.880	6.140	5.931	5.984	6.408	NC	NC	NC

1. Font: Unitat de Recerca. Àrea de planificació, avaluació i estudis (UPC). Dept. d'Arquitectura de Computadors, Dept. d'Enginyeria Electrònica, Dept. d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial, Dept. de Llenguatges i Sistemes Informàtics, Dept. d'Enginyeria Telemàtica, Dept. de Teoria del Senyal i Comunicacions.

2. Font: *Memòria del curs acadèmic* (UAB). Dept. d'Enginyeria Electrònica, Dept. d'Informàtica, Dept. de Telecomunicació i Enginyeria de Sistemes.

3. Font: *Base de dades GREC* (UB). Dept. d'Electrònica, Dept. de Física Aplicada i Òptica.

4. Font: *Memòria del curs acadèmic* (UPF). Dept. de Tecnologia.

5. Font: *Memòria de dades* (UdG). Dept. d'Electrònica, Informàtica i Automàtica.

6. Font: *Base de dades GREC* (URV). Direccions compartides. Dept. d'Enginyeria Electrònica, Elèctrica i Automàtica, Dept. d'Enginyeria Informàtica i Matemàtiques.

7. Font: Vicerectorat de Recerca (UdL). Departament d'Informàtica i Enginyeria Industrial.

8. Font: Vicerectorat de Recerca i Tecnologia (URL). Dept. d'Electrònica, Dept. d'Informàtica, Dept. de Comunicacions i Teoria del Senyal.

9. Font: DURSÍ.

10. Font: INE. NC: no consta, dades encara no disponibles.

### 6.3. Patents

A la taula 28 es presenten les dades del nombre de patents en les àrees TIC a Catalunya, i es veu que representen el 20 % del total de les patents TIC a Espanya.

### 6.4. Resultats científics dins del marc dels grups de recerca de qualitat

Analizant les dades agregades dels grups de recerca consolidada identificats com a TIC, respecte al total, a la taula 29 es presenten les dades de la seva producció durant el període 1998-2002. Aquests grups

varen aconseguir el 16 % del finançament de projectes internacionals, el 12 % dels nacionals i el 15 % del finançament dels ajuts de la CIRIT.

La taula 29 recull els resultats aconseguits en la producció d'articles, llibres, tesis, patents i ponències, que estan al voltant del 6 % de la producció global, i que signifiquen el 18 % de les patents concedides i el 8 % de les explotades.

## 7. CONCLUSIONS I RECOMANACIONS

Un cop analitzades les diferents dades recopilades, contextualitzades i comparades amb les de l'informe anterior, es poden avançar unes primeres conclusions.

TAULA 28

Patents concedides d'informàtica, electrònica i telecomunicacions a Catalunya (1996-2002). Figura únicament la institució titular

Patents concedides d'informàtica a Catalunya i Espanya (1996-2002)								
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Total
Catalunya	1	6	10	14	4	4	4	43
Sector privat	1	5	9	12	3	3	4	37
UPC	0	1	0	2	1	1	0	5
UdG	0	0	1	0	0	0	0	1
Espanya	15	32	59	48	34	43	19	250

Font: Oficina Española de Patentes y Marcas.  
Subsecció G06 de *Clasificación Internacional de Patentes* (6a ed., 1994).

Patents concedides d'electrònica a Catalunya i Espanya (1996-2002)								
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Total
Catalunya	15	22	35	43	25	37	17	194
Sector privat	15	22	31	41	23	35	17	184
UPC	0	0	4	2	2	2	0	10
UB						1	1	2
Espanya	62	129	191	160	89	121	63	815

Font: Oficina Española de Patentes y Marcas.  
Subseccions H01/H02 de *Clasificación Internacional de Patentes* (6a ed., 1994).

Patents concedides de telecomunicacions a Catalunya i Espanya (1996-2002)								
	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	Total
Catalunya	5	12	14	9	9	11	3	63
Sector privat	5	11	13	7	7	10	3	56
UPC	0	1	1	2	1	1	0	6
URV	0	0	0	0	1	0	0	1
Espanya	41	71	121	75	67	62	19	456

Font: Oficina Española de Patentes y Marcas.  
Subsecció H04 de *Clasificación Internacional de Patentes* (6a ed., 1994).

TAULA 29  
*Producció científica de les TIC 1998-2002 dels grups de recerca consolidada*

Dades del 2002	Articles	Llibres	Capítols	Tesis	Patents explotades	Ponències
Àrees TIC	1.623	83	397	242	6	2.696
<i>Total àrees</i>	23.387	1.483	6.111	2.121	73	25.531
<i>TIC/total</i>	6,9 %	5,6 %	6,5 %	11,4 %	8,2 %	10,6 %

Font: Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i Recerca (AGAUR).

### 7.1. Evolució científica del sector

El període transcorregut ha comportat canvis significatius en el sector, tant pel que fa a l'avançament científic i tecnològic propi, com a la incorporació dels seus avenços en multitud d'altres camps científics, i molt especialment pel que fa a tot el procés econòmic d'acceleració i desacceleració experimentat.

### 7.2. Estructura acadèmica de la R+D en TIC

Quan s'analitza l'entorn de recerca en el món acadèmic s'observa:

a) El nombre de departaments a les universitats i al CSIC identificats com a TIC ha passat de 17 en el període anterior a 25. Aquest creixement cal relativitzar-lo, ja que la dimensió dels nous departaments és en general més petita que la dels departaments ja existents.

b) Durant el període 1996-2002 el nombre de professors i investigadors a les universitats i al CSIC ha passat de 781 a 1.057, cosa que significa un creixement quantitatiu i qualitatiu (en nombre de doctors) de l'ordre del 35 %. El creixement en el conjunt de tots els àmbits científics ha estat del 27 %.

c) El nombre d'investigadors identificats en els grups de recerca consolidats és de 946.

d) Quan s'analitza el creixement de la recerca en l'entorn acadèmic TIC per àrees científiques, s'observen uns creixements més intensos (del 50 %) en les àrees informàtiques.

e) Els grups de recerca s'han anat definint i consolidant entorn a unes xifres més grans que en el període anterior (l'any 1996 la mitjana era entre 6 i 7 persones per grup), i ara hi ha, per una banda, 45 grups de recerca consolidada (amb una mitjana de 20 investigadors per grup) i, per l'altra, han agafat caràcter propi un conjunt de més de 20 centres de recerca que en aquest moment constitueixen una part important del panorama de la recerca en TIC a Catalunya, fet que era molt poc visible fa set anys (en l'informe anterior se'n recollien només 3).

f) El nombre de titulats de segons cicles (enginyeries i llicenciatures) respecte al període anterior s'ha incrementat en un 20 %, passant d'una mitjana de 750 titulats al període anterior (1996-2002) a una mitjana de 900 per any en aquest període. Aquesta xifra representa que el nombre de titulats TIC és el 6 % del total de titulats de segon cicle a Catalunya, mentre que a la resta de l'Estat aquesta xifra és del 4 %. El nombre de titulats de primer cicle (enginyers tècnics i diplomats) ha experimentat un creixement lleugerament més gran, resultat de la posada en marxa d'un nombre important d'aquests estudis a les diferents universitats.

g) Si s'analitzen les xifres del sector TIC respecte al total de tots els sectors acadèmics a Catalunya, s'observa que el personal acadèmic en TIC és el 8,2 % del total del personal acadèmic a Catalunya, el nombre d'investigadors i el de grups de recerca de qualitat és respectivament el 9,9 % i el 8,8 %, el nombre de graduats universitaris de primers i segons cicles és del 8,2 %, el nombre de graduats de segons cicles és del 6,0 %, el nombre d'estudiants de doctorat el 5,1 % i, finalment, el nombre de titulats de doctorat és del 6,4 %. Amb relació a aquesta darrera xifra, a Espanya els doctors en TIC representen el 3,3 % del total de tots els àmbits.

### 7.3. El marc econòmic de la R+D en TIC

Si s'analitza breument el sector econòmic TIC i el seu pes en termes de producció i de mercat en el conjunt del PIB de Catalunya, es poden extreure unes conclusions que permeten emmarcar millor la seva recerca:

a) El sector TIC a Catalunya en termes de mercat (10.574 M€ el 2000) representa xifres al voltant del 9,3 % del PIB, i constitueix, doncs, un dels sectors clau a Catalunya. Aquest percentatge, tot i que sigui aproximat, denota un pes gran del sector de manera equivalent o com ho és en els països europeus avançats que s'han utilitzat com a referències.

b) En termes de producció, els percentatges de cobertura tecnològica (exportacions/importacions) durant els darrers deu anys tot i haver augmentat lleugerament segueixen sent força baixos (de l'ordre d'un 33 %), i això és encara més evident quan es comparen amb els de països avançats tecnològicament, en els quals es tenen percentatges del 80 %.

c) Quan es compara el percentatge del PIB que representa (9,3 %) amb el percentatge de personal qualificat que el sector representa (2,2 %), es constata que es tracta d'un sector potencialment d'alt valor afegit.

Quan s'analitza l'entorn de la R+D en tot el sector econòmic (públic i privat) i, en particular, en l'àmbit empresarial observem:

a) La inversió global en R+D a Catalunya (1,27 % del PIB) tot i estar lleugerament per sobre de la del conjunt de l'Estat (1,03 % del PIB) continua estant a la meitat de la inversió percentual a Europa.

b) La distribució relativa de l'esforç en R+D entre el sector privat i el públic es reparteix en una proporció aproximada d'1:1 a Espanya, de 2:1 a Catalunya i de 3:1 a Europa.

c) Unes dades recents, extretes del procés de certificació de projectes de R+D+I promoguda pel Ministeri de Ciència i Tecnologia, identifiquen un 30 % dels projectes dins del sector TIC.

d) Els percentatges d'esforç en R+D del sector referits al PIB del sector són, però, baixos, al voltant del 2 % de la xifra de facturació del sector, tant a Espanya com a Catalunya, especialment quan es comparen amb percentatges del 7,5 % que trobem a França i Alemanya. Això podria explicar, entre d'altres, les baixes taxes de cobertura tecnològica que tenim, amb percentatges del 37 % comparades amb les del 86 % d'aquests països esmentats.

e) Tot i que les dades de R+D corresponents al sector privat de vegades no són encara prou homogènies, s'observa globalment una xifra d'investigadors al sector privat baixa comparada amb la del sector públic. Aquesta relació podria estar al voltant d'una relació 1:2.

## 7.4. Finançament de la R+D

En analitzar les dades de finançament de la R+D, en particular de la recerca pública, s'observa:

a) Durant el període 1996-2002, la quantitat absoluta i relativa de les quatre principals fonts de finançament de la recerca feta per les universitats i centres públics de recerca han estat: els projectes europeus, 4,4 M€/any (23,3 %), els projectes del Pla Nacional, 5,9 M€/any (31,4 %), les beques i ajuts autonòmics per a la recerca, 4,5 M€/any (23,8 %) i els convenis de transferència amb les empreses, 4,0 M€/any (21,5 %). Si es

comparen aquestes dades amb les xifres del període anterior es veu que la tendència general no ha estat de creixement, sinó que han estat força estancades i en alguns casos de decreixement significatiu.

b) Els percentatges de finançament de la recerca en TIC a Catalunya, comparada amb la del conjunt de l'Estat, es mouen al voltant del 22 %, xifra que es correspon amb el percentatge que Catalunya significa en el conjunt del PIB de l'Estat, i amb el pes científic que Catalunya té en l'Estat en el conjunt de l'àmbit de les ciències i les tecnologies.

c) Una dada significativa és el pes relatiu de les diferents fonts en el finançament dels projectes de recerca pública a Catalunya durant aquest període 1996-2002: projectes amb finançament estatal, 34 %, projectes amb finançament europeu, 25 %, beques i ajuts autonòmics, 18 %, i finançament privat per a convenis de transferència, 23 %.

## 7.5. Resultats científics

Basades en les dades aportades per l'informe es pot destacar:

a) El nombre total de publicacions indexades a l'àrea TIC realitzades per investigadors catalans durant el període 1996-2002 ha estat de 1.035, cosa que representa el 21,5 % del total de publicacions TIC a Espanya. En termes globals, Catalunya representa el 24 % (6.371 de 26.941) del total dels registres espanyols indexats al *Science Citation Index* durant l'any 2002.

b) El nombre total de citacions de les publicacions TIC esmentades, durant el període 1996-2002, ha estat de 2.081, que representen el 26,2 % del total de citacions de les publicacions de l'Estat en aquest mateix període.

c) En termes relatius, les publicacions TIC (doc.) per any (A) i per milió d'habitants (M) han significat 23 doc. / A × M a Catalunya, 17 doc. / A × M a Espanya, 29 doc. / A × M a França i 135 doc. / A × M a Alemanya.

d) En general es veu que en termes de publicacions les dades de Catalunya són comparables o una mica millors que les de la mitjana de l'Estat, i en alguns casos (instrumentació i mesura) fins i tot per sobre de la mitjana mundial, però significativament per sota de les dels països europeus avançats científicament.

e) El nombre de doctors s'ha doblat, passant d'una mitjana de 32 per any al període anterior (1996-2002) a una mitjana de 65 per any en aquest període. Aquesta xifra és l'11 % del nombre total de tesis de doctor que es llegeixen a Catalunya i una tercera part de les tesis de doctor en TIC a Espanya (200 doctors/any).

f) En termes de patents, el nombre total de patents concedides en informàtica, electrònica i telecomunicacions a Catalu-

nya durant el període 1996-2002 ha estat de 300, que signifiquen el 20 % del total de les patents concedides a Espanya en aquests àmbits.

g) Quan es comparen un conjunt de resultats científics del sector TIC amb els del total dels àmbits científics, dins de la producció dels grups de recerca consolidada, s'observa que les TIC representen una producció de l'ordre del 6-7 % de les publicacions en revistes, un 16 % de les publicacions en congressos amb revisors, un 10 % de les tesis doctorals i un 18 % de les patents concedides (que es transforma en un 8,2 % de les patents en explotació).

## 7.6. Comentaris i reflexions generals

Com a comentaris més generals es poden destacar:

a) El marc institucional en què es desenvolupa la R+D ha experimentat canvis significats durant el període 1996-2002: a Catalunya amb la creació, l'any 1999, del DURSI, i a l'estat amb la posada en marxa del Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Recerca Tecnològica (2000-2003) i amb la creació (l'any 2000) del Ministeri de Ciència i Tecnologia. Alguns d'aquests canvis han tingut continuïtat i altres han experimentat més sacsejades. Caldrà fer-ne una valoració de conjunt en la qual es plantegi la conveniència de donar a la recerca un estatus de major independència com la que podria donar-li una agència pròpia.

b) El desenvolupament de la recerca necessita marcs d'actuació que li permetin orientar-se a objectius a mitjà i llarg termini i fer-ho en un marc de flexibilitat de les estructures i les persones que afavoreixin l'adaptabilitat, la creativitat personal i alhora el grau més gran d'interacció i mobilitat. Cal, doncs, reflexionar sobre la conveniència d'obrir-se a noves formes de contractació i desenvolupament professional.

c) És important dedicar col·lectivament uns esforços molt intensos tant en la recerca com en l'educació del més alt nivell com a mecanisme per a aconseguir una posició destacada en el sector de les TIC. En aquest sentit cal aprofitar el procés de Bolonya per a redefinir una oferta de postgrau, i en particular de doctorat, per a abordar les noves necessitats de la R+D, particularment aquelles del sector privat.

d) Cal incrementar el nombre de persones que es dediquen a la R+D al sector TIC a Catalunya, i especialment en l'entorn privat. Cal incrementar el nombre de grups i la seva dimensió per a aconseguir masses crítiques suficients entorn dels temes importants.

e) Aquesta necessitat de flexibilitzar les estructures de funcionament i la d'aconseguir nous recursos està portant els go-

verns a moure's cap a un equilibri cada cop més gran entre els recursos dedicats als tres grans actors, les empreses, les universitats i els centres de recerca específics. Es fa, doncs, necessari estrènyer les relacions entre els diferents agents públics i privats de la cadena de la R+D, i en aquest sentit cal trobar noves estructures d'intermediació en la transferència de tecnologia d'alt valor afegit.

f) L'amplitud dels camps científics i la consegüent dificultat, fins i tot de les grans companyies, de mantenir una activitat prou intensa en tots els camps està produint noves modalitats de recerca, que en alguns casos es poden veure com d'una certa externalització, en la qual les companyies, mitjançant acords de col·laboració, estableixen relacions continuades amb universitats i centres de recerca arreu del món, per a combinar els avenços d'aquests centres amb els dels seus propis laboratoris i unitats internes. Acords d'aquesta mena estan començant a aparèixer a Catalunya de manera creixent i sens dubte cal afavorir-los.

g) S'ha vist que el sector TIC representa un dels sectors de més valor afegit (un sector amb el 2,2 % del personal qualificat que representa el 9,3 % del PIB) i és una de les fonts de creixement de la productivitat total d'un país. Cal, doncs, assegurar un creixement sostingut, quantitatiu i sobretot qualitatiu, del sector si es volen aconseguir creixements econòmics del conjunt de l'economia.

h) Cal reconèixer i potenciar el paper creixent de les petites i mitjanes empreses com a dinamitzadores de la R+D, especialment en aquells sectors més canviants, i com a mecanisme per a incrementar la diversitat de les línies de treball.

i) Pel que fa al finançament i reconeixement de la R+D, és necessari que la recerca bàsica i la recerca aplicada tinguin formes de finançament que marquin prioritats generals de país, i que les dues siguin valorades en les carreres professionals dels acadèmics. En aquest mateix sentit seria bo trobar mecanismes per a donar suport a les activitats acadèmiques de creació d'iniciatives industrials vinculades a la recerca portada a terme, la mobilitat de les persones entre el món de l'acadèmia i les empreses.

j) Quan es fa una visió transversal de la R+D des del món acadèmic fins al de l'empresa, podríem fer algunes consideracions de conjunt:

– En determinats casos, en entorns acadèmics, la recerca en alguns subsectors de les TIC té un caràcter marcadament teòric, en una proporció molt gran. Cal trobar mecanismes en els quals els grups de recerca acadèmica puguin jugar un paper important, per a convertir aquesta recerca, en especial quan és d'alt nivell, en recerca aplicada i aquesta en creació de riquesa.

– Mentre que, quant a resultats científics, la situació de Catalunya en l'àmbit de les TIC pot considerar-se relativament a



prop de la mitjana europea, en termes de resultats tecnològics mesurats en patents se n'està alarmantment allunyats, i en aquest sentit, tot i que els centres acadèmics hi han de fer un gran esforç, una responsabilitat molt gran recau també en les empreses.

k) Caldria promoure polítiques de compra pública per part de les administracions (estatal, autonòmica, local), que valoritzessin l'aportació de R+D en les ofertes realitzades per les empreses.

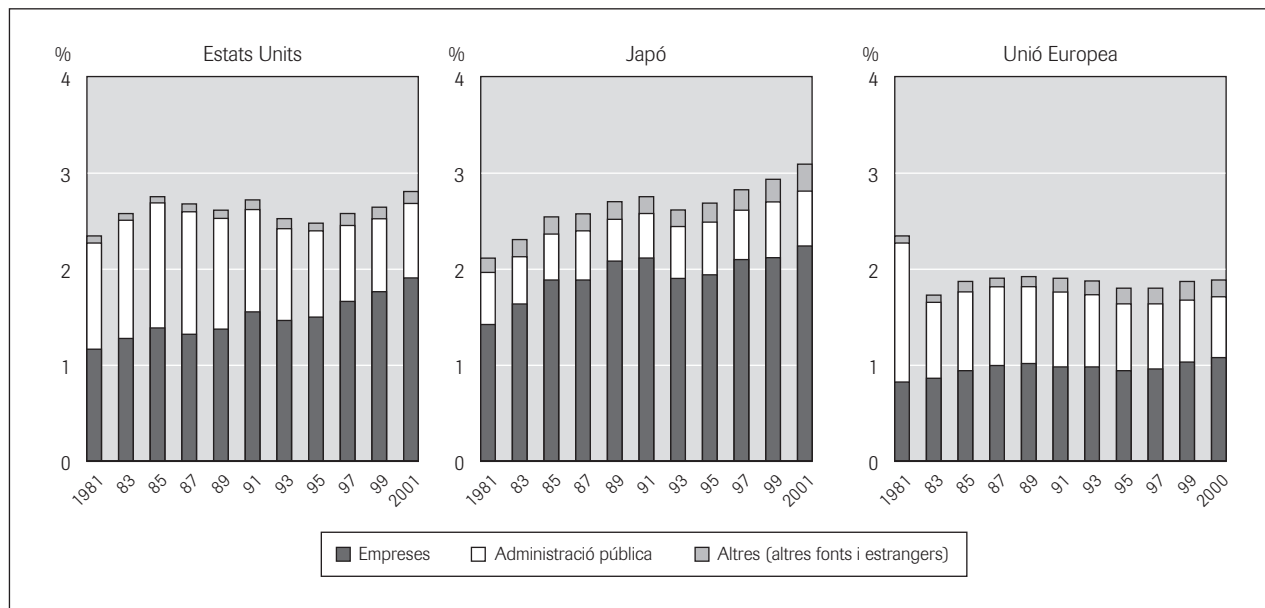
l) Per a aconseguir els creixements necessaris en el pes de la R+D en el conjunt de l'activitat econòmica de Catalunya (el compromís europeu adoptat a la cimera de Barcelona estableix que s'hauria de doblar el seu percentatge en termes del PIB al final d'aquesta dècada), caldria suports (europeus, estatals i autonòmics) per a potenciar una participació més homogènia en l'esforç en R+D de tot el territori de Catalunya.

## REFERÈNCIES

1. FP6 Sixth Framework Programme (2002-2006). <<http://fp6.cordis.lu/fp6/home.cfm>>
2. Pla Nacional de Recerca Científica, Desenvolupament i Innovació Tecnològica (2004-2007). <<http://www.mcyt.es/planidi/>>
3. CIRIT: III Pla de Recerca de Catalunya (2001-2004). <[http://www10.gencat.net/dursi/ca/de/pla3\\_0.htm](http://www10.gencat.net/dursi/ca/de/pla3_0.htm)>
4. Fundación COTEC. *Informe 2003, Tecnología e innovación en España*. Madrid: Fundación COTEC para la Innovación Tecnológica, 2003.
5. IDESCAT. *Anuari Estadístic de Catalunya: 2000, 2001 i 2002*. Barcelona: Generalitat de Catalunya.
6. Jordi Maluquer de Motas. «Les activitats de Recerca, Desenvolupament i Innovació Tecnològica a Catalunya l'any 2000». A: *Informe Anual R+D+I a Catalunya 2003*. Generalitat de Catalunya, 2003.
7. EUROSTAT. «La dimension régionale des statistiques de la R&D et de l'innovation». *Manuel Régional*. Bruxelles, 2001.
8. OCDE. *Main Science and Technology Indicators, 2000*. París, 2001.
9. OECD. *Communications Outlook: 2003*. París, 2003. <<http://oecdpublications.gfi-nb.com/>>
10. European Commission. *Statistics on Science and technology, Data 1980-2001*. Luxemburg: European Communities, 2002.
11. CICYT. *Memorias de actividades de I+D+I: 2000, 2001 i 2002* [en línia]. Madrid: Ministeri de Ciència i Tecnologia. <[http://www.mcyt.es/grupos/grupo\\_publicaciones.htm](http://www.mcyt.es/grupos/grupo_publicaciones.htm)>
12. INE. *Estadísticas sobre las actividades en investigación científica y desarrollo tecnológico, 2000* [en línia]. Madrid: 2002. <<http://www.ine.es/>>
13. OBSI. *Estadísticas de la Societat de la Informació a Catalunya, 2001 i 2002* [en línia]. Generalitat de Catalunya. Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació. Secretaria de Telecomunicacions i Societat de la Informació. <<http://www10.gencat.net/dursi/ca/si/observatori/estadistiques.htm>>
14. ANIEL. <<http://www.aniel.es/>>
15. SEDISI. *Las Tecnologías de la Información en España. Informes anuales* [en línia]. <<http://www.sedisi.es/>>
16. National Science Foundation, NSF. *Overview of Program Areas* [en línia]. <<http://www.nsf.gov/>>

**ANNEX 1**

*Despesa en activitats R + D en percentatge del PIB, segons fonts de finançament 1981-2000 (OCDE)*



Font: OCDE, *Main Science & Technology Indicators* (maig 2003).

**ANNEX 2**

*Sectors i serveis d'elevada tecnologia: valor afegit brut Catalunya - Espanya, 1999*

	Catalunya milers €	Espanya milers €	% Cat. - Esp.
<b>Sectors manufacturers TIC</b>			
Màquines d'oficina i ordinadors	208.238,7	662.850,2	31,4
Components electrònics	145.949,8	422.613,7	34,5
Aparells de ràdio, TV i comunicació	194.199,0	866.220,7	22,4
Instrumentes, òptica i rellotgeria	272.631,1	1.129.956,9	24,1
<b>Serveis TIC</b>			
Correus i telecomunicacions	137.998,4	10.489.644,6	1,3
Activitats informàtiques	585.001,1	3.146.592,9	18,6
<i>Total sectors i serveis TIC</i>	1.544.018,1	16.717.878,9	9,2
<i>Total sectors elevada tecnologia</i>	11.177.310,7	45.632.949,9	24,5

Font: CIDEM.

## Sectors i serveis d'elevada tecnologia TIC: persones ocupades. Catalunya - Espanya, 2000 (Continuació)

	Catalunya milers €	Espanya milers €	% Cat. - Esp.
<b>Sectors manufacturers TIC</b>			
Màquines d'oficina i ordinadors	6,8	20,8	32,7
Components electrònics	9,2	20,5	44,9
Aparells de ràdio, TV i comunicació	5,8	21,5	27,0
Instruments, òptica i rellotgeria	6,5	23,2	28,0
<b>Serveis TIC</b>			
Correus i telecomunicacions	39,4	207,9	19,0
Activitats informàtiques	21,1	95,1	22,2
<i>Total sectors i serveis TIC</i>	88,8	389,0	22,8
<i>Total sectors elevada tecnologia</i>	285,3	1.098,5	26,0

Font: CIDEM.

**ANNEX 3***Investigadors en activitats R+D en EDP (2000)*

Països	Empreses	Adm. públiques	Educació superior	Total	Població
Bèlgica	16.476	1.809	11.778	30.063	10,3
Dinamarca	9.081	3.622	5.813	18.516	5,3
Alemanya	153.120	37.667	67.087	257.874	82,0
Grècia	2.235	2.000	10.471	14.706	10,6
Espanya	20.869	12.708	42.064	75.641	39,9
Catalunya	5.046	1.759	7.802	14.607	6,3
França	81.012	26.132	61.583	168.727	59,2
Irlanda	5.631	737	2.148	8.516	3,8
Itàlia	26.099	14.315	25.696	66.110	57,5
Holanda	20.022	5.952	15.480	41.454	15,9
Àustria	11.716	954	5.955	18.625	8,1
Portugal	2.358	3.546	8.592	14.496	9,1
Finlàndia	19.035	4.487	10.999	34.521	5,2
Suècia	22.822	2.423	14.623	39.868	8,8
Regne Unit	85.737	15.004	49.023	149.764	59,4
<b>Total Unió Europea</b>	<b>482.814</b>	<b>133.115</b>	<b>339.114</b>	<b>965.658</b>	<b>375,5</b>
Estats Units d'Amèrica	1.037.500	47.700	186.027	1.271.227	283,2
Japó	421.363	30.987	179.116	631.466	127,1
<i>Total</i>	<i>1.941.677</i>	<i>211.802</i>	<i>704.257</i>	<i>2.857.736</i>	<i>785,8</i>

Font: OCDE. Principals indicadors de ciència i tecnologia. 2003/2.

**ANNEX 4***Finançament de la CIRIT a les TIC l'any 2002**III Pla de Recerca de Catalunya. Resum econòmic total any 2002  
euros concedits, per programes i subprogrames*

	Concedit línia TIC	Total concedit	% sobre el total
<b>I. Programa de Recursos Humans</b>	<b>1.937.914,59</b>	<b>24.924.947,76</b>	<b>7,77</b>
1.1. Subprograma de Formació de Personal Investigador			
Beques predoctorals amb dedicació completa per a la realització de tesis doctorals a Catalunya (FI-TDOC)	481.981,53	8.888.790,82	5,42
Beques de formació en el camp de les nanotecnologies (NANOTEC)	—	174.436,00	
Ajuts per a estades a l'estranger d'estudiants de doctorat i de professors investigadors estables (BE)	40.510,00	720.000,00	5,63
1.2. Subprograma d'Incorporació d'Investigadors i Tècnics			
Incorporació al sistema català de ciència i tecnologia d'investigadors i joves investigadors amb una reputació internacional establerta (ICREA)	239.773,00	1.889.401,00	12,69
Foment de la contractació de professors i investigadors visitants (PIV)	16.950,00	540.000,00	3,14
Reincorporació de doctors (RED)28.800,00576.000,005,00			
Dotació de tècnics i altre personal de suport a la recerca (PQS-PTS)	471.858,57	4.071.256,00	11,59
Altres subvencions	—	42.000,00	
1.3. Subprograma de Suport als Investigadors i als Grups de Recerca			
Suport als Grups de Recerca Consolidats (SGR)	358.725,29	4.321.639,89	8,30
Distinció a la recerca universitària (DIST)	258.435,20	3.006.563,05	8,60
1.4. Subprograma d'Accions Mobilitzadores			
Ajuts per a la realització de congressos i simposis científics (ARCS)	18.831,00	274.861,00	6,85
Ajuts per al desenvolupament de xarxes temàtiques (XT)	22.050,00	420.000,00	5,25
<b>II. Programa de Centres de Recerca</b>	<b>4.059.753,88</b>	<b>13.546.385,23</b>	<b>29,97</b>
2.1. Suport als Centres de Recerca Existents			
Centres de Recerca Consorciats	300.303,63	1.392.531,63	21,57
Centres de Recerca Finançats	300.405,21	664.618,55	45,20
2.2. Subprograma de Centres de Recerca Homologats			
Creació de nous Centres de Recerca Homologats	3.179.045,04	7.651.526,30	41,55
Suport als Centres de Recerca Homologats	—	1.915.178,75	
2.3. Subprograma de Suport als Centres de Referència de R+D de la Generalitat	280.000,00	1.922.530,00	14,56
<b>III. Programa d'Infraestructura de Recerca</b>	<b>752.269,57</b>	<b>5.448.603,81</b>	<b>13,81</b>
3.1. Subprograma de Dotació i Manteniment d'Infraestructura			
Ajuts per al finançament de nova dotació, millora i la renovació de la infraestructura i equip. de recerca (PIR)	304.528,90	3.300.000,00	9,23
Manteniment d'infraestructura	122.040,63	1.322.217,00	9,23
Altres subvencions	22.188,92	240.400,00	9,23
3.2. Subprograma de Grans Instal·lacions de Recerca	303.511,12	585.986,81	51,79

## Finançament de la CIRIT a les TIC l'any 2002 (Continuació)

	Concedit línia TIC	Total concedit	% sobre el total
<b>IV. Programa de Cooperació Internacional</b>	<b>383.616,02</b>	<b>2.573.784,50</b>	<b>14,90</b>
4.1. Mobilitat d'estudiants i investigadors destinada a promoure la formació i l'intercanvi a centres universitaris i de recerca de fora de Catalunya			
Beques Batista i Roca per a la recerca en ciències socials i humanitats (BBR)	—	168.000,00	
Beques per a joves membres dels casals catalans (BCC)	26.800,00	180.000,00	14,89
Programa multiregional internacional de gestió empresarial (MIBP)	—	54.000,00	
Beques postdoctorals Catalunya-Quebec (QUEBEC)	—	20.400,00	
Ajuts per a programes de doctorat i per a la realització d'estudis de viabilitat relatius a màsters internacionals en el marc del programa per a l'impuls de la International Graduate School of Catalonia (IGSOC)	177.600,00	599.400,00	29,63
4.2. Cooperació interregional			
Projectes de cooperació interregional en matèria d'innovació i transferència de tecnologia (ITT)	60.000,00	150.000,00	40,00
Desenvolupament i consolidació de xarxes temàtiques interregionals (XTI)	—	35.900,00	
Ajuts per a la mobilitat interregional d'investigadors (AIRE)	5.040,00	70.850,00	7,11
Accions integrades (ACI)	17.100,00	211.750,00	8,08
Altres subvencions	—	89.420,00	
4.3. Col·laboració amb institucions de reconegut prestigi internacional, mitjançant l'establiment de programes específics			
Beques Balsells-Generalitat per realitzar estudis de postgrau en enginyeries (BBI)	68.236,02	166.000,00	41,11
Progr. d'Estudis Catalans Gaspar de Portolà (BGP i AGP). Beques i accions	—	114.580,00	
Beques postdoctorals Generalitat de Catalunya-Fullbright (BFUL)	—	248.647,50	
Ajuts per a programes internacionals de cooperació científica amb el CNRS (PICS)	—	71.500,00	
Altres subvencions	28.840,00	393.337,00	7,33
<b>V. Programa de Transferència de Tecnologia</b>	<b>48.695,62</b>	<b>536.598,10</b>	<b>9,07</b>
5.1. Xarxa de Suport a la Innovació Tecnològica, Xarxa IT	48.695,62	420.152,00	11,59
5.2. Ajuts a les universitats i centres públics de recerca per a la mobilitat de personal i contractació de doctors en propostes conjuntes de cooperació universitat-empresa, MOBI	—	116.446,10	
<b>VI. Altres accions del Pla de Recerca</b>	<b>368.855,74</b>	<b>11.788.182,55</b>	<b>3,13</b>
Accions especials per donar suport a actuacions de R+D d'especial urgència (ACES)	30.500,00	525.000,00	5,81
Desenvolupament de projectes de R+D d'abast comarcal (ACOM)	—	72.000,00	
Foment de l'esperit científic del jovent. Premis CIRIT (PJ)	2.500,00	55.000,00	4,55
Altres subvencions	335.855,74	11.136.182,55	3,02
<b>Total 2002</b>	<b>7.551.105,42</b>	<b>58.818.501,95</b>	<b>12,84</b>

**ANNEX 5**

*Àmbit de les tecnologies de la informació i de la comunicació en categories NCR.  
Nombre de documents i citacions (1996-1998) de Catalunya*

Catalunya Categories	1996			1997			1998			Total (1996-1998)		
	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D
AI, Robotics & Automatic Control	13	44	3,38	19	52	2,74	25	88	3,52	57	184	3,23
Computer Science & Engineering	22	87	3,95	24	71	2,96	32	75	2,34	78	233	2,99
Electrical & Electronics Engineering	34	227	6,68	47	187	3,98	52	166	3,19	133	580	4,36
Information Tec. & Commun. Systems	13	32	2,46	13	33	2,54	11	64	5,82	37	129	3,49
Instrumentation & Measurement	15	121	8,07	13	85	6,54	22	66	3,00	50	272	5,44
<b>Total</b>	<b>97</b>	<b>511</b>	<b>5,27</b>	<b>116</b>	<b>428</b>	<b>3,69</b>	<b>142</b>	<b>459</b>	<b>3,23</b>	<b>355</b>	<b>1.398</b>	<b>3,94</b>

Font: *National Citation Report, 1998-2002 (ISI)*. AGAUR.

Resta d'Espanya Categories	1996			1997			1998			Total (1996-1998)		
	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D
AI, Robotics & Automatic Control	70	271	3,87	111	494	4,45	124	272	2,19	305	1.037	3,40
Computer Science & Engineering	56	157	2,80	63	195	3,10	46	66	1,43	165	418	2,53
Electrical & Electronics Engineering	139	489	3,52	165	615	3,73	208	516	2,48	512	1.620	3,16
Information Tec. & Commun. Systems	26	40	1,54	26	51	1,96	41	102	2,49	93	193	2,08
Instrumentation & Measurement	34	223	6,56	46	180	3,91	48	76	1,58	128	479	3,74
<b>Total</b>	<b>325</b>	<b>1.180</b>	<b>3,63</b>	<b>411</b>	<b>1.535</b>	<b>3,73</b>	<b>467</b>	<b>1.032</b>	<b>2,21</b>	<b>1.203</b>	<b>3.747</b>	<b>3,11</b>

Font: *National Citation Report, 1998-2002 (ISI)*. AGAUR.

*Àmbit de les tecnologies de la informació i de la comunicació en categories NCR.  
Nombre de documents i citacions (1999-2002) de Catalunya*

Catalunya Categories	1999			2000			2001			2002			Total (1999-2002)		
	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D
AI, Robotics & Automatic Control	22	25	1,14	34	42	1,24	32	14	0,44	40	7	0,18	128	88	0,69
Computer Science & Engineering	35	31	0,89	34	24	0,71	39	8	0,21	47	9	0,19	155	72	0,46
Electrical & Electronics Engineering	63	163	2,59	72	139	1,93	74	42	0,57	53	3	0,06	262	347	1,32
Information Tec. & Commun. Systems	12	12	1,00	18	22	1,22	16	4	0,25	19	0	0,00	65	38	0,58
Instrumentation & Measurement	16	65	4,06	16	54	3,38	22	17	0,77	16	2	0,13	70	138	1,97
<b>Total</b>	<b>148</b>	<b>296</b>	<b>2,00</b>	<b>174</b>	<b>281</b>	<b>1,61</b>	<b>183</b>	<b>85</b>	<b>0,46</b>	<b>175</b>	<b>21</b>	<b>0,12</b>	<b>680</b>	<b>683</b>	<b>1,00</b>

Font: *National Citation Report, 1998-2002 (ISI)*. AGAUR.

Àmbit de les tecnologies de la informació i de la comunicació en categories NCR.  
Nombre de documents i citacions (1999-2002) de Catalunya (Continuació)

Resta d'Espanya Categories	1999			2000			2001			2002			Total (1999-2002)		
	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D	Doc.	Citacions	C/D
AI, Robotics & Automatic Control	145	309	2,13	162	203	1,25	171	44	0,26	189	8	0,04	667	564	0,85
Computer Science & Engineering	88	153	1,74	100	60	0,60	106	42	0,40	110	11	0,10	404	266	0,66
Electrical & Electronics Engineering	241	453	1,88	207	276	1,33	225	100	0,44	198	16	0,08	871	845	0,97
Information Tec. & Commun. Systems	31	63	2,03	30	21	0,70	66	26	0,39	50	5	0,10	177	115	0,65
Instrumentation & Measurement	43	126	2,93	57	148	2,60	50	39	0,78	60	13	0,22	210	326	1,55
<b>Total</b>	<b>548</b>	<b>1.104</b>	<b>2,01</b>	<b>556</b>	<b>708</b>	<b>1,27</b>	<b>618</b>	<b>251</b>	<b>0,41</b>	<b>607</b>	<b>53</b>	<b>0,09</b>	<b>2.329</b>	<b>2.116</b>	<b>0,91</b>

Font: National Citation Report, 1998-2002 (ISI). AGAUR.

Total mundial (1996-2002): AI, Robotics & Automatic Control

Any	Citacions	Documents	Doc. no citats	C/D
1996	27.639	5.226	1.441	5,29
1997	23.467	5.029	1.425	4,67
1998	19.235	5.602	1.857	3,43
1999	14.846	5.833	2.195	2,55
2000	8.460	5.858	2.956	1,44
2001	3.623	6.178	4.307	0,59
2002	514	5.743	5.342	0,09

Font: National Science Indicators (ISI). AGAUR.

Total mundial (1996-2002): Computer Science & Engineering

Any	Citacions	Documents	Doc. no citats	C/D
1996	17.793	4.504	1.392	3,95
1997	15.509	4.694	1.581	3,30
1998	12.512	4.648	1.625	2,69
1999	9.532	5.074	2.157	1,88
2000	5.285	4.875	2.724	1,08
2001	2.423	5.146	3.763	0,47
2002	541	5.394	5.010	0,10

Font: National Science Indicators (ISI). AGAUR.

*Total mundial (1996-2002): Electrical & Electronics Engineering*

Any	Citacions	Documents	Doc. no citats	C/D
1996	49.858	11.037	3.826	4,52
1997	47.329	10.690	3.815	4,43
1998	42.870	12.628	4.810	3,39
1999	28.947	11.367	4.776	2,55
2000	17.958	11.377	5.820	1,58
2001	8.217	11.095	7.394	0,74
2002	1.128	10.221	9.388	0,11

Font: *National Science Indicators* (ISI). AGAUR.

*Total mundial (1996-2002): Instrumentation & Measurement*

Any	Citacions	Documents	Doc. no citats	C/D
1996	26.848	5.399	1.337	4,97
1997	26.378	5.747	1.483	4,59
1998	19.343	5.308	1.544	3,64
1999	18.643	5.608	1.585	3,32
2000	12.530	5.653	1.909	2,22
2001	5.991	5.598	2.886	1,07
2002	1.175	5.567	4.760	0,21

Font: *National Science Indicators* (ISI). AGAUR.

*Total mundial (1996-2002): Information Tec. & Communications Systems*

Any	Citacions	Documents	Doc. no citats	C/D
1996	13.200	3.159	1.293	4,18
1997	10.413	3.044	1.270	3,42
1998	11.273	3.277	1.478	3,44
1999	8.592	3.430	1.591	2,50
2000	5.024	3.805	2.200	1,32
2001	2.420	4.011	2.826	0,60
2002	386	3.698	3.410	0,10

Font: *National Science Indicators* (ISI). AGAUR.



## Nombre de publicacions en àmbits TIC (1996-2002)

Categories	1996	1998	2000	2002
<b>AI, Robotics &amp; Automatic Control</b>				
Món	5.226	5.602	5.858	5.743
Catalunya	13	25	34	40
Espanya	78	152	189	229
França	277	280	333	337
Itàlia	244	290	277	300
Suècia	56	66	78	96
<b>Computer Science &amp; Engineering</b>				
Món	4.504	4.648	4.875	5.394
Catalunya	22	32	34	47
Espanya	62	78	110	167
França	225	241	279	342
Itàlia	188	237	265	304
Suècia	58	60	60	73
<b>Electrical &amp; Electronics Engineering</b>				
Món	11.037	12.628	11.377	10.221
Catalunya	34	52	72	53
Espanya	177	284	249	273
França	488	592	526	478
Itàlia	461	550	529	527
Suècia	131	160	151	159
<b>Information Tec. &amp; Commun. Systems</b>				
Món	3.159	3.277	3.805	3.698
Catalunya	13	11	18	19
Espanya	36	48	39	71
França	143	169	177	183
Itàlia	148	193	196	216
Suècia	49	45	48	61
<b>Instrumentation &amp; Measurement</b>				
Món	5.399	5.308	5.653	5.567
Catalunya	15	22	16	16
Espanya	99	115	134	132
França	482	424	451	437
Itàlia	425	404	448	499
Suècia	103	90	110	138

Font: National Citation Report (ISI) i National Science Indicators (ISI). AGAUR.

*Índex de citació (citacions / documents) en àmbits TIC (1996-2002)*

Categories	1996	1998	2000	2002
<b>AI, Robotics &amp; Automatic Control</b>				
Món	5,29	3,43	1,44	0,09
Catalunya	3,38	3,52	1,24	0,18
Espanya	3,76	2,69	1,34	0,07
França	7,88	4,05	2,00	0,15
Itàlia	5,54	3,82	1,88	0,09
Suècia	12,84	5,85	1,74	0,09
<b>Computer Science &amp; Engineering</b>				
Món	3,95	2,69	1,08	0,10
Catalunya	3,95	2,34	0,71	0,19
Espanya	3,35	2,03	0,59	0,13
França	4,14	2,57	1,08	0,08
Itàlia	3,42	2,90	1,24	0,07
Suècia	4,28	2,08	0,90	0,16
<b>Electrical &amp; Electronics Engineering</b>				
Món	4,52	3,39	1,58	0,11
Catalunya	6,68	3,19	1,93	0,06
Espanya	4,36	2,90	1,80	0,10
França	4,62	4,11	1,74	0,10
Itàlia	3,61	3,62	1,77	0,14
Suècia	7,75	3,80	2,77	0,13
<b>Information Tec. &amp; Commun. Systems</b>				
Món	4,18	3,44	1,32	0,10
Catalunya	8,07	5,82	3,38	0,13
Espanya	1,97	3,33	0,82	0,08
França	6,13	2,85	0,84	0,07
Itàlia	6,43	4,15	1,51	0,13
Suècia	6,43	5,69	1,77	0,28
<b>Instrumentation &amp; Measurement</b>				
Món	4,97	3,64	2,22	0,21
Catalunya	2,46	3,00	1,22	0,00
Espanya	5,63	2,83	2,58	0,19
França	7,49	4,48	2,60	0,25
Itàlia	6,80	4,72	2,68	0,27
Suècia	7,83	4,93	2,11	0,40

Font: *National Citation Report* (ISI) i *National Science Indicators* (ISI). AGAUR.