

# Estudi d'indicadors per a mesurar el retorn social de la recerca a Catalunya

Eduard Aibar Puentes (coord.)

Roderic Guigó Serra

Daniel López Gómez

Israel Rodríguez Giralt

Jordi Suriñach Caralt

14 de desembre de 2007



**ÍNDEX**

1. INTRODUCCIÓ. OBJECTIU I METODOLOGIA.....	3
1.1. Objectiu d'estudi.....	3
1.2. Metodologia.....	3
2. DISCUSSIÓ .....	4
2.1. El model lineal.....	4
2.2. L'evolució històrica de l'avaluació de la recerca .....	6
2.3. Cap a una caracterització del concepte de <i>retorn social</i> .....	8
2.4. Consideracions genèriques sobre els indicadors.....	10
3. DIMENSIONS I INDICADORS .....	12
4. SECTOR PRODUCTIU.....	13
4.1. Introducció.....	13
4.2. Models explicatius del rendiment de la recerca en l'àmbit productiu .....	14
4.3. Indicadors .....	17
5. EDUCACIÓ .....	26
5.1. Introducció.....	26
5.2. Educació per a la formació d'investigadors.....	26
5.3. Educació científica i tecnològica per a la ciutadania .....	27
5.4. Alfabetització científica i tecnològica per a tothom .....	28
5.5. Indicadors d'educació.....	29
6. CIUTADANIA.....	33
6.2. Consideracions inicials: l'interès creixent pel retorn social de la recerca a la ciutadania .....	33
6.3. El retorn social de la recerca en la ciutadania.....	37
6.4. Indicadors .....	37
7. GOVERNANÇA	
7.1. Cultura tecnològica .....	45
7.2. L'esclatxa entre ciència i política .....	46
7.3. El model tecnocràtic .....	47
7.4. Ciència regulativa enfront de ciència normal .....	47
7.5. Participació del públic .....	49
7.6. Indicadors .....	50
8. SALUT .....	52
8.1. Introducció.....	52
8.2. Tipus d'impacte .....	53
8.3. Indicadors d'impacte global .....	54
8.4. Indicadors d'impacte local directe.....	54
9. MEDI AMBIENT .....	56
9.1. Introducció.....	56
9.2. Indicadors <i>outcomes</i> de qualitat ambiental i desenvolupament sostenible.....	57
9.3. Indicadors <i>output</i> de la recerca científica .....	61
10. AUTORIA.....	63
11. BIBLIOGRAFIA.....	64

## 1. INTRODUCCIÓ. OBJECTIU I METODOLOGIA

### 1.1. Objectiu d'estudi

L'objectiu bàsic d'aquest estudi és proposar indicadors per a avaluar el retorn social de la recerca a Catalunya. El treball intenta, en primer lloc, construir una caracterització rigorosa i coherent del mateix concepte de *retorn social*. Això ha implicat establir un model d'anàlisi que, segons el nostre punt de vista, ha d'oferir una segmentació de la realitat social en àmbits o dimensions, segons les àrees socials en què l'impacte de la recerca és previsiblement més important i, posteriorment, una delimitació dels aspectes específics de cada àmbit amb una determinada bateria d'indicadors per a cadascun. Aquests indicadors, finalment, s'han d'analitzar i valorar segons la seva significativitat, precisió i operativitat.

### 1.2. Metodologia

La metodologia bàsica d'aquest estudi ha estat la cerca de fonts publicades en un àmbit internacional: des de bibliografia científica fins a informes o dictàmens d'institucions de diversos tipus que han tractat de temàtiques similars. Aquesta revisió bibliogràfica s'ha dut a terme per a l'àmbit genèric –bibliografia sobre l'anàlisi o estudi del retorn social de la recerca–, com també per a alguns àmbits específics (sectors socials o àrees de recerca).

Pel que fa als indicadors proposats en la secció final, poden tenir un caràcter quantitatiu o qualitatiu. Tot i que els indicadors qualitius poden fer més difícil les anàlisis comparatives, ha estat molt difícil –com era previsible– trobar-ne de quantitatius en alguns dels àmbits triats.

Quant a la forma de treball, cada membre de l'equip s'ha fet càrrec d'un o més dels àmbits socials valorats i entre tots hem elaborat la part genèrica de discussió. Així, el Jordi Suriñach ha estat el responsable principal de la part sobre el sector productiu; l'Eduard Aibar, de la de governança; l'Israel Rodríguez, de la de ciutadania; el Daniel Lòpez, de la d'educació, tots dos de la de medi ambient, i el Roderic Guigó, de la de salut. Durant el període de realització de l'estudi hem fet reunions per a discutir l'evolució del projecte i les progressives contribucions dels diferents membres de l'equip, a banda de mantenir una comunicació més regular i un intercanvi d'esborranys i aportacions provisionals per mitjans telemàtics.

L'informe conté una part de discussió general sobre el concepte de *retorn social*, una justificació del model utilitzat com també dels àmbits socials triats i sis apartats més extensos en què es presenten els diversos aspectes per a cada àmbit i els indicadors respectius (amb comentaris específics sobre aquests).

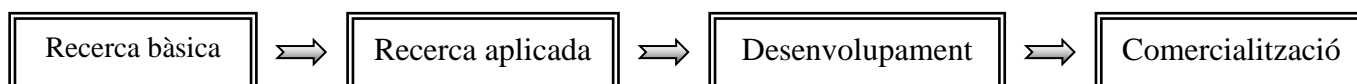
## 2. DISCUSSIÓ

Actualment hi ha un ampli consens en molts àmbits, més enllà del purament acadèmic, sobre la importància social de la recerca científicotecnològica. Les activitats de recerca en ciència i tecnologia són un factor positiu de primer nivell en el desenvolupament social, tant si considerem els aspectes estrictament productius vinculats al creixement econòmic com si tenim en compte les condicions i la qualitat de vida o el benestar social –és a dir, en general tots els aspectes que s'inclouen habitualment en el concepte de *desenvolupament humà* (Freeman, 1982). Aquesta situació es fa encara més palesa en l'actual *era de la informació*, caracteritzada per l'eclosió de l'anomenat *coneixement reflexiu*: l'aplicació del coneixement científic i tècnic (en la forma de sistemes i tecnologies de la informació de base microelectrònica) a ell mateix amb el resultat d'una immensa capacitat, sense precedents històrics, de transmetre, tractar, disseminar i construir nou coneixement, de manera ràpida, àgil i multimodal (Castells, 1997). Si el coneixement sempre ha estat un bé cabdal en qualsevol forma històrica de societat, encara ho és més en el context sociotècnic actual, en què els avantatges competitius d'empreses, governs o nacions resideixen en gran part en la seva capacitat de tractament de la informació i en el seu posicionament en un model de desenvolupament basat en els processos d'innovació i no tant en l'explotació de noves fonts d'energia –com passava en la societat industrial.

En gran part, a causa d'aquest reconeixement generalitzat, durant les darreres dècades i, en especial, a partir de mitjan segle passat, les inversions públiques en els sistemes d'R+D+I han crescut enormement en la major part de països, i han arribat a cotes molt altes en els més desenvolupats. Aquest increment significatiu en el finançament públic de la recerca s'ha vist acompanyat, més recentment, pel disseny de polítiques i mecanismes institucionals que intenten assegurar un procés de transmissió més àgil entre el coneixement generat en els centres –en sentit ampli– de recerca, i la resta d'àmbits socials on pugui tenir utilitat o generar efectes beneficiosos; en aquest terreny se situen els grans esforços actuals en molts sistemes d'R+D+I per a establir canals eficients de transferència. Darrere d'aquests esforços hi ha el convenciment, més o menys explícit, que la inversió en recerca no produeix de manera automàtica ni lineal beneficis socials o econòmics i que cal, en conseqüència, articular diferents mecanismes que assegurin una cadena de transmissió més eficient que en el passat.

### 2.1. El model lineal

De fet, una gran part de les polítiques públiques en l'àmbit de la recerca durant les darreres dècades han estat dissenyades sobre la base de l'anomenat *model lineal de la innovació*:



Aquest model, del qual han circulat diferents versions que són en essència equivalents, suposa que l'origen del procés d'innovació es troba en els descobriments bàsics fets en centres de recerca, que són convertits posteriorment per altres investigadors en coneixement aplicat, que després són traspassats, mitjançant publicacions, patents i altres formes de comunicació, a les empreses per a ser desenvolupats i que, finalment, arriben al públic en forma de nous serveis o productes. El model implica una relació *seqüencial* i

*unidireccional* entre els quatre elements i suposa que les sortides de cadascun són les entrades per a l'esglaió següent.

En termes de polítiques públiques el model lineal ha propiciat un tipus de perspectiva que ha estat titllada de *laissez-faire* o de «xec en blanc», consistent, bàsicament, a injectar diners en un sistema, que es considerava *a priori* autoregulat i en el qual els resultats es produirien gairebé de manera «natural» (Cerezo i Luján, 2002); un tret que ha caracteritzat l'estratègia dominant en els països més desenvolupats d'ençà la Segona Guerra Mundial.

Però el model lineal no ha configurat només el disseny de les polítiques científiques de molts països, sinó que ha esdevingut una veritable *teoria estàndard* sobre la innovació i sobre la producció del coneixement, que ha marcat les investigacions sobre la ciència i la tecnologia en diverses disciplines –economia, història, sociologia i filosofia, principalment. I, fet que encara és més important, des del punt de vista d'aquest treball, també ha determinat –i segueix determinant– la manera com es confeccionen les dades estadístiques sobre les activitats de recerca, els estudis sobre els beneficis socials de la ciència i la tecnologia i les formes d'avaluar el paper de la recerca en la innovació industrial.

Encara que el model lineal continua essent dominant en molts àmbits, des de fa un parell de dècades han començat a aparèixer crítiques força agudes. L'examen detallat dels episodis d'innovació i de l'activitat científica real mostra una imatge molt diferent d'aquests processos (Kline 1991; Bijket *et al.*, 1987). Els anomenats *estudis de ciència i tecnologia* (*Science & Technology Studies*), un àmbit de recerca interdisciplinari d'origen principalment europeu i nascut fa poc més de tres dècades, han estat particularment útils en la configuració d'una nova imatge de la ciència i la tecnologia i de la seva relació amb el medi social, fonamentada per mitjà d'estudis empírics sobre molts àmbits de la recerca tecnocientífica. Aquests estudis han estat particularment valuosos per a mostrar les deficiències (tant analítiques com pràctiques) del model lineal i analitzar el conglomerat complex que formen la ciència, la tecnologia i la societat –com un *teixit sense costures*, *seamless web* (Hughes, 1986).

Destacarem ara alguns dels elements clau en què s'han basat aquestes crítiques:

- En general el model lineal obvia els determinants socials i econòmics de l'activitat de recerca.
- Ignora el paper de la tecnologia a l'hora de configurar part dels objectius i mètodes de la ciència.
- Passa per alt l'origen no científic de moltes innovacions tecnològiques.
- Es basa en una distinció cada cop més difícil de mantenir entre ciència bàsica i ciència aplicada.
- Estableix un vincle natural entre l'activitat de recerca i la introducció de nous productes en el mercat.
- No para atenció als processos de retroalimentació, d'innovació incremental i d'enginyeria inversa.
- Ignora els processos d'innovació –a bastament descrits en molts estudis– que no segueixen l'ordre seqüencial suposat.

De manera paral·lela a la pèrdua de confiança en el model lineal i, per tant, al caràcter automàtic del vincle entre recerca i beneficis socials, ha augmentat també la necessitat de calibrar l'eficiència de les polítiques públiques d'impuls a la recerca. Aquest fenomen s'ha d'emmarcar en una tendència generalitzada i creixent a avaluar les polítiques públiques

sobre la base dels seus resultats i, en general, a augmentar el nivell d'obligació de retre comptes de les accions governamentals (Power, 1999; 2003). Aquesta tendència es fa encara més aguda en un context global de reducció de la despesa pública i d'un control pressupostari més gran en l'àmbit de les finances públiques.

Per acabar, en les darreres dècades també s'ha produït una certa crisi de *legitimitat pública* de la ciència. Des del Projecte Manhattan fins a l'actual recerca sobre genòmica, el nombre d'activitats científicotècniques que estan immerses en profundes controvèrsies públiques ha augmentat considerablement. En general, hi ha arreu una consciència més gran, no solament dels beneficis potencials de la recerca científica, sinó també de les seves conseqüències problemàtiques en àrees com la salut o el medi ambient. El públic ja no dóna per fet que qualsevol mena de recerca hagi de tenir, necessàriament, efectes beneficiosos. Encara que el suport públic a la recerca continua ferm en els països desenvolupats, és precisament en aquests països on ha augmentat també considerablement el percentatge de la població que defensa la introducció de més controls socials en l'àmbit de la recerca científica i tecnològica.

## 2.2. L'evolució històrica de l'avaluació de la recerca

La conjunció de tots aquests elements ha motivat en la darrera dècada un cert replantejament tant dels instruments com dels pressupòsits de l'avaluació de les polítiques públiques en R+D+I. De fet, és possible traçar una història de les diferents tendències en la mesura de les activitats de recerca, vinculant-les a l'evolució de les visions preponderants del mateix sistema d'R+D+I, a l'orientació de les polítiques públiques en aquest àmbit i a la crisi cada cop més palesa del model lineal (Godin, 2002). Així, durant el període de la postguerra els indicadors més utilitzats van ser els d'*insum* –és a dir, els que mesuraven la introducció de recursos en el sistema. Durant els anys seixanta i setanta, en canvi, es va estendre l'ús dels indicadors sobre la *producció científicotecnològica* (com els que proposava el famós Manual Frascati –OCDE, 1982). I, finalment, en la dècada dels noranta van començar a ser molt utilitzats els indicadors d'*innovació* –que intenten copsar la mesura en què el sistema productiu s'apropia dels resultats de la recerca (com el Manuel d'Oslo –OCDE, 1997).

Continuant aquest procés evolutiu, la tendència actual, encara emergent, sembla ser completar encara més l'abast de l'avaluació, portant-la més enllà per a tenir present finalment l'impacte o els *beneficis socials* finals de la recerca. Es tracta d'una tendència incipient però que es comença a traduir en esforços concrets per part d'algunes administracions públiques (principalment en països com els Estats Units, Austràlia, el Regne Unit, el Japó o els Països Baixos) que han començat a encarregar estudis per a dissenyar models de mesura i avaluació del retorn social de la recerca.

Els objectius bàsics d'aquestes iniciatives es poden resumir en els punts següents:

- Obtenir una imatge acurada dels beneficis que s'obtenen de la inversió en recerca.
- Fer judicis més fonamentats sobre el pes relatiu de la inversió en recerca enfront d'altres partides pressupostàries governamentals.
- Aconseguir una distribució més fonamentada en els diferents àmbits de la recerca que cal finançar per mitjà de convocatòries competitives.
- Avaluar a partir de mostres concretes el pes relatiu de les inversions entre recerca, desenvolupament, transferència, difusió, etc.

Atesa la fase incipient en què encara és aquesta nova tendència en la mesura de les activitats de recerca, és comprensible que no hi hagi ara per ara gaire consens sobre les formes més adients per a copsar amb precisió aquest retorn social. No cal oblidar, a més, que cada nou pas en aquesta evolució històrica en les formes d'avaluar i mesurar les activitats de recerca també ha comportat un augment considerable en la complexitat de la tasca i en els procediments implicats: és més difícil mesurar la producció científica que la despesa pública en R+D, i encara més intentar mesurar els processos d'innovació.

De fet, un repàs preliminar a la bibliografia internacional no mostra un acord mínim respecte al concepte mateix de *retorn social*. Fins i tot en el pla terminològic alguns autors parlen d'*impactes socials* de la recerca; altres, de *beneficis socials* i, en menor mesura, de *retorn social* de la recerca.

La major part d'aproximacions es restringeixen explícitament al retorn *econòmic* de la recerca, que tot i ser un àmbit especialment rellevant, no constitueix òbviament l'únic important. Si bé en l'àmbit econòmic –és a dir, pel que fa al sector productiu– s'ha avançat força en el desenvolupament d'indicadors i de tècniques per a mesurar l'abast de l'impacte de la recerca –gràcies en gran part al fet que l'activitat econòmica disposa des de fa més temps de nombrosos indicadors quantitius d'activitat i canvi–, no hi ha models mínimament estandarditzats per a mesurar els beneficis de la recerca en altres àmbits socials de difícil monetarització. La resta de parcel·les de la realitat social acostumen a ser tractades en alguns estudis –normalment en estudis sectorials, és a dir, sobre un àrea específica de la recerca–, però també de manera molt heterogènia segons els autors.

En qualsevol cas, el retorn social de la recerca no es pot restringir al vessant econòmic, és a dir, als beneficis en el sector productiu. Tot i ser una part essencial de qualsevol estudi sobre l'impacte de la recerca en la societat contemporània, cal tenir en compte altres aspectes no directament vinculats a la creació de nous productes o al desenvolupament d'innovacions tecnològiques comercials, però que incideixen en la qualitat de vida o que produeixen beneficis clars per a la ciutadania.

Ara bé, les formes d'avaluar la recerca científica, i especialment el seu retorn social, no solament esdevenen més complexes per la inclusió d'àmbits i factors que tradicionalment s'havien deixat de banda. La dificultat també és fruit dels canvis que hem esmentat en la mateixa ciència i en el seu model de desenvolupament. El nou contracte social entre societat i ciència (Gibbons, 1999) dibuixa una societat en la qual els límits entre estat, mercat, cultura i ciència estan en constant moviment, i en la qual les institucions implicades –universitats, instituts, administracions, empreses, agències privades– han d'estar en una interacció constant. Justament són les àrees de recerca més interdisciplinàries i transdisciplinàries les que estan més implicades en aquest procés: ciències socials, ciències de la salut, ciències ambientals, enginyeries, etc. I, justament per aquesta raó, són les que pateixen més uns mètodes d'avaluació inadequats basats en les divisions disciplinàries, fonamentats en l'excel·lència com a quelcom avaluable únicament a partir de les publicacions científiques i dissenyats per a poder emetre judicis segons normes estàndard i objectives.

En els darrers anys estan apareixent diferents projectes que intenten proposar canvis substancials en les formes d'avaluació de la recerca. Metodologies d'avaluació de la recerca encara incipients, però molt interessants, que volen passar d'una tradició internalista centrada en la qualitat acadèmica i orientada a l'avaluació de les tasques ja realitzades, a una altra de basada en la qualitat social de la recerca i orientada a la presa de decisions

futures. En aquestes noves formes d'avaluació, (a) els agents socials interessats (els *stakeholders*) tenen molta més importància que en el passat, (b) l'objectiu final no és tant jutjar com guiar, i (c) la separació entre avaluador i avaluats esdevé més difusa (Spaapen *et al.*, 2007).

### 2.3. Cap a una caracterització del concepte de *retorn social*

L'anàlisi de la bibliografia recent ens permet destacar algunes característiques bàsiques del que hauria de ser –i del que no hauria de ser– una anàlisi del retorn social de la recerca.

#### 2.3.1. QUALITAT ACADÈMICA I QUALITAT SOCIAL

La major part d'estudis i iniciatives que fins ara han tractat d'analitzar i mesurar l'impacte de la recerca ho han fet prioritàriament centrant-se en l'impacte sobre la mateixa comunitat científica, és a dir, avaluant la *qualitat* de la recerca. L'avaluació de la recerca es duu a terme mitjançant processos d'avaluació d'experts i mesurant els *outputs*, fonamentalment publicacions i patents, de la producció científica.

Tanmateix cal discriminar de manera clara entre la qualitat de la recerca i l'avaluació dels seus beneficis o impactes positius en l'entorn social (Allen, 2005). L'excel·lència acadèmica de l'activitat de la recerca no és una garantia inequívoca del seu valor social. Cal centrar-nos en els beneficis socials de la recerca científica per a copsar el seu veritable retorn. I malgrat que sigui raonable pensar que la qualitat (acadèmica) de la recerca és un *factor positiu* per a la seva rellevància i utilitat social, no podem equiparar en general la qualitat científica al que podríem anomenar la seva *rellevància social* –entesa com la seva capacitat per a generar retorns socials substantius. Tot i que en alguns tipus de recerca pot ser apropiat destinar més fons i recursos únicament sobre la base de la excel·lència científica, en general no es pot dir que avaluar la qualitat de la recerca sigui equivalent a avaluar el valor social que se'n deriva: el retorn social no és una simple conseqüència automàtica de la qualitat de la recerca.

La qualitat acadèmica és, fonamentalment, l'excel·lència de la producció científica, habitualment valorada per mitjà de l'impacte de les publicacions en la mateixa comunitat científica i, per tant, definida normalment com una relació entre la recerca actual i el coneixement existent. L'*impacte social* de la recerca es pot definir, per altra banda, com el grau d'implantació i ús dels productes de l'activitat científica en els diferents sectors socials (des dels serveis, la indústria, la vida quotidiana, etc.) i el grau de les transformacions que produeixen en les pràctiques establertes. Ara bé, hi ha una altra dimensió que també s'hauria de tenir en compte i que ha estat molt poc estudiada: la *qualitat social* de la ciència. Aquest és un concepte que ha proposat un grup d'investigadors de l'ERIC Project (Spaapen *et al.*, 2007) per a avaluar el grau d'imbricació de l'activitat científica en la vida pública i política d'una determinada societat, cosa que és fonamental per l'esmentada importància de la ciència en l'economia del coneixement i per la seva rellevància en la presa de decisions polítiques sobre molts àmbits de la vida pública. Encara que amb aquest concepte el grup ERIC proposa una manera d'avaluar la ciència com a quelcom articulat i hibridat amb els diferents àmbits i, per tant, allunyat del model lineal de la ciència, nosaltres recollim aquesta contribució només com un enriquiment a les formes tradicionals d'avaluació i com un element de reflexió que ens



convinda a pensar en l'avaluació del retorn de la ciència com a quelcom que va més enllà del retorn econòmic.

### 2.3.2. RETORN SOCIAL (LOCAL) I GLOBALITZACIÓ DE L'ACTIVITAT CIENTÍFICA

Una altra dificultat afegida a la tasca d'analitzar el retorn social de la recerca és la tensió entre localitat i universalitat en l'activitat científica: cal tenir present que la circulació universal del coneixement científic és una de les característiques bàsiques de l'activitat de recerca i que, per tant, dificulta enormement l'aïllament del seus efectes geogràficament. La recerca produïda en un entorn pot tenir conseqüències molt importants en altres àmbits geogràficament molt allunyats i, a la inversa, una societat determinada es pot beneficiar considerablement dels productes de la recerca desenvolupada en altres llocs. Un fet que encara és més significatiu a causa, per una banda, de l'ús cada cop més intensiu dels canals de comunicació telemàtics actuals i, en especial, d'internet, i per l'altra, per la creixent globalització de la recerca científica amb equips cada cop més grans, multidisciplinaris i internacionals.

### 2.3.3. DECALATGE TEMPORAL

El decalatge temporal és un altre aspecte que dificulta molt l'avaluació del retorn social de la recerca. Hi ha una esclatxa temporal considerable entre la producció de resultats de la recerca i la seva traducció en beneficis socials. En alguns casos podem parlar fins i tot de deu a vint anys. Aquest fet condiciona qualsevol forma d'avaluar el retorn social de la recerca i cal tenir-lo present en tots els àmbits.

### 2.3.4. RECERCA BÀSICA I RECERCA APLICADA

Vinculat amb el punt anterior, cal tenir present que no només l'anomenada recerca aplicada té efectes o retorns socials. També la recerca bàsica pot tenir conseqüències molt importants sobre l'entorn social. El problema és que el retorn de la recerca bàsica és molt difícil de mesurar perquè el decalatge temporal en aquest terreny acostuma a ser més difícil de determinar. És més complicat analitzar i avaluar les conseqüències socials de la recerca bàsica. I, a banda d'això, la distinció mateixa entre *ciència bàsica* i *ciència aplicada* sembla cada cop més difícil de mantenir com una frontera precisa.

### 2.3.5. CIÈNCIES NATURALS I CIÈNCIES SOCIALS

El retorn social de la recerca no s'ha de restringir, tampoc, als efectes de les anomenades *ciències dures* (física, química) o enginyeries. Tot i que les ciències de la salut (medicina, biologia) són també sovint considerades, en aquesta mena d'estudis, com a ciències naturals, les ciències socials i humanes són, en canvi, menyspreades habitualment i això impedeix copsar la seva gran influència, per exemple, en l'àmbit de la política i la vida pública. Creiem que el manteniment d'aquest biaix és molt problemàtic, ja que moltes d'aquestes ciències han estat molt vinculades amb el teixit social des del seu naixement. De fet, el seu retorn social és també molt important perquè conformen de manera determinant l'*ethos* d'una societat (Chartrand, 1980).

### 2.3.6. MEDIACIÓ ENFRONT D'IMPACTES

Entre la recerca i el seu retorn social no hi ha un vincle lineal o directe, com ja hem comentat en la crítica l'anomenat *model lineal*. Un aspecte important d'aquest fet és l'existència d'elements *mediadors* que poden ser decisius. Un retorn social pobre no és necessàriament producte d'una recerca escassa o de baixa qualitat: pot tenir a veure amb el caràcter bàsic de la recerca o amb la inexistència de canals de comunicació/transmissió entre ambdós àmbits o a la ineficiència d'aquests. Aquests elements mediadors (sistemes de difusió social, sistema educatiu, programes o mecanismes de transferència) han de ser tinguts en compte en l'estudi.

### 2.3.7. MODEL DE DIFUSIÓ ENFRONT DE MODEL DE TRADUCCIÓ

La relació entre recerca i societat i, en particular, el fenomen de la percepció pública de la ciència, no es poden entendre sota el model tradicional de difusió, caracteritzat per una transmissió unidireccional sovint conceptualitzada com a divulgació. Els especialistes en aquest àmbit opten, en canvi, per utilitzar un model de traducció, en el qual la interacció ha de ser bidireccional i on l'èmfasi es posa en la comunicació pública de la ciència –per oposició a l'acadèmica, però sense una connotació tan negativa. El mateix és aplicable, en general, a la relació global entre recerca i societat: els resultats de la recerca no es *difonen* simplement cap un medi social exterior, sinó que en el trànsit cap a la seva aplicació operen diferents mecanismes de *traducció* on intervenen agents socials diferents (Jasanoff *et al.*, 1995).

### 2.3.8. AVALUACIÓ FORMAL ENFRONT D'AVALUACIÓ EN CONTEXT

Hi ha dues maneres de plantejar l'avaluació del retorn de la ciència que impliquen també objectius diferents. Per una banda, tenim una avaluació formal caracteritzada per la utilització d'indicadors estàndard que busquen mesurar el retorn de la ciència en relació a la inversió i identificar, comparant amb altres àmbits i països, quins poden ser els problemes de les polítiques científiques en un moment determinat. Per una altra banda, tenim una avaluació molt més qualitativa que pot utilitzar indicadors estàndard però els resignifica segons el context, ja que considera que la qualitat és relativa al context i, per tant, els indicadors han de ser significatius en referència a ell. Aquest tipus d'avaluació acostuma a ser molt més micro i se centra en casos específics (instituts, departaments, projectes o grups de recerca) i el seu valor depèn de la utilitat que tingui en la presa de decisions per part dels diversos participants (Spaapen, *et al.*, 2007).

## 2.4. Consideracions genèriques sobre els indicadors

Els indicadors previstos han de permetre una certa comparació, bé diacrònicament –mitjançant mesures en diferents períodes– o internacionalment, amb altres àmbits geogràfics en els quals els indicadors de productivitat científica i d'inversions públiques siguin igualment comparables. En la mesura que ha estat possible hem proposat indicadors que ja es fan servir en l'àmbit nacional i internacional i, per tant, que es basen en dades existents i fàcils de trobar. Però molts dels indicadors que proposem, sobretot en àmbits com ciutadania o governança, són més qualitatius, específics i, si bé poden servir per a

identificar característiques importants del retorn de la ciència en aquell àmbit, la seva determinació serà més difícil degut a la manca de dades.

Per altra banda, hi ha un altre element metodològic important en la utilització d'indicadors. Hem proposat indicadors d'*output* i indicadors d'*outcomes* per a cada àmbit, és a dir, una relació dels productes de l'activitat científica rellevants en aquell àmbit i de les repercussions que poden tenir aquests productes, però a causa del decalatge temporal i de la manca d'estudis sobre alguns indicadors, es fa difícil garantir que alguns *outputs* estiguin efectivament connectats amb determinats *outcomes*.

### 3. DIMENSIONS I INDICADORS

L'estudi es desenvoluparà entorn de diferents àmbits que intenten segmentar les diferents àrees d'influència social de la recerca. Com hem explicat, la nostra intenció és mostrar la repercussió de la ciència més enllà de l'àmbit productiu i, per aquest motiu, hem tingut en compte aquells àmbits que segons la nostra anàlisi de la bibliografia (Spaapen, 2007; Allen, 2005, per exemple) són els més rellevants i aquells en els quals la recerca té un impacte preponderant. Per oposició a les propostes que hem trobat en la bibliografia, creiem que la nostra opció engloba la major part d'aspectes tractats, però n'incorpora d'altres normalment diluïts en àmbits més genèrics.

Així, doncs, proposarem indicadors per a avaluar el retorn social de la ciència en els àmbits següents: **sector productiu, àmbit educatiu, ciutadania, governança, àmbit de la salut i medi ambient.**

## 4. SECTOR PRODUCTIU

### 4.1. Introducció

Un dels vessants en què cal valorar el retorn social de la recerca és l'àmbit estrictament econòmic o productiu. La importància de la inversió en R+D sobre el creixement s'ha explicitat en molts treballs teòrics i empírics (vegeu per exemple Romer, 1990; Grossman i Helpman, 1991; Griliches, 1995; i Aghion i Howitt, 1998). Cal esperar que els efectes de l'R+D es materialitzin en nous processos, nous productes i noves activitats econòmiques, que generin un desenvolupament econòmic.<sup>1</sup> En un moment en què s'evoluciona (o ja s'hi està plenament immers) cap a l'*economia del coneixement*, en la qual l'*input* «coneixement» és clau per al creixement econòmic, sembla clara l'existència dels efectes de l'R+D sobre el nivell de la producció, la productivitat, els salaris, els preus, etc. En qualsevol cas, no cal perdre de vista que els retorns socials de la recerca no es poden restringir únicament als estrictament associats al sector privat.<sup>2</sup>

En aquest estudi es vol abordar aquesta temàtica a partir de dues estratègies diferenciades. En primer lloc (secció 2), es farà una reflexió sobre els mètodes amb els quals tradicionalment la bibliografia internacional fa l'aproximació sobre l'efecte de l'R+D en el sector productiu. Es proposaran línies de treball amb les quals podria ser possible obtenir resultats per a Catalunya.

En segon lloc (secció 3), i amb la idea d'apropar-nos a l'objectiu específic de l'estudi, es proposaran alguns indicadors que tradicionalment es fan servir per a fer aquesta anàlisi de l'impacte de la recerca en el sector productiu. En la mesura del possible, s'intentaran seleccionar indicadors que siguin comparables per altres territoris i que permetin una anàlisi contínua en el temps.

L'aproximació, necessàriament, ha de ser global, és a dir, del conjunt de l'R+D que es fa en un territori, sense entrar a diferenciar entre àrees de coneixement. Així mateix, tampoc no es diferenciarà entre una recerca més bàsica o més aplicada, sinó que es considerarà globalment tota ella.<sup>3</sup>

Partim de la base que l'objectiu final ha d'ésser mesurar el retorn social de la recerca a Catalunya. Per tant, una limitació clara és la de treballar per a definir metodologies i indicadors que es puguin obtenir a Catalunya. En conseqüència, probablement, hi ha altres indicadors millors que els que es presenten aquí per a assolir els objectius esmentats, però caldria saber si les dades podríem ser obtingudes per al cas català.

Encara que hi ha diferències en les estimacions sobre el nivell precís del retorn, els principals investigadors en aquest camp coincideixen que l'R+D té un efectes positius significatius sobre el creixement econòmic i també sobre la qualitat de vida.

<sup>1</sup> Segons Mansfield (1995), el 10% dels nous productes i processos depèn directament de la recerca acadèmica recent. Rosenberg i Nelson (1994) també confirmen, entre d'altres, la relació entre recerca acadèmica i industrial.

<sup>2</sup> (Griliches, 1992).

<sup>3</sup> A títol introductori, en l'Annex 1 es recullen dues visions diferenciades sobre els beneficis econòmics associats a la recerca finançada/recerca bàsica. En qualsevol cas, amb la lectura d'aquest ja es comença a observar la dificultat de passar del vessant qualitatiu de l'impacte de la recerca sobre el territori al vessant quantitatiu.

## 4.2. Models explicatius del rendiment de la recerca en l'àmbit productiu

Plantejar-se com a objectiu estudiar l'impacte que té l'R+D sobre el sector productiu és quelcom que hom pot considerar natural, atès que, intuïtivament, sembla obvi que aquesta relació ha d'existir i que és positiva. De tota manera, quan es vol precisar i quantificar aquesta relació, sorgeixen els problemes. D'una banda, com ja hem apuntat abans, la relació entre les dues variables no és probablement contemporània i perquè l'R+D afecti el creixement haurà de passar un període de temps més o menys llarg.<sup>4</sup> De l'altra, és difícil aïllar l'efecte estricte de l'R+D sobre el creixement de la producció, atès que hi ha moltes altres variables que hi intervenen, i que també estan força relacionades amb el nivell d'R+D. Així mateix, els efectes poden ser molt diferents segons l'àrea en què es faci la recerca (salut, humanitats, ciències socials, ciències experimentals), i l'excessiva simplificació de certs indicadors pot amagar realitats molt diverses.

Malgrat aquests problemes, en la bibliografia s'han intentat abordar els impactes que un determinat tipus d'inversió (pública o privada, en termes de capital humà, infraestructures, nivell tecnològic, etc.) té sobre el creixement econòmic i sobre el sistema productiu. L'evidència econòmica confirma el lligam entre les activitats d'R+D i la millora econòmica, aproximada, entre altres variables, pel creixement de la productivitat. S'han obtingut taxes de creixement positives en els retorns d'inversió en R+D, tant en l'àmbit públic com en el privat. En aquest apartat es proposa emprar aquesta experiència prèvia que existeix en altres entorns per a analitzar l'impacte social de l'R+D sobre l'economia.

Una primera estratègia per a analitzar l'impacte que una variable té sobre l'altra és definir un model econòmic en el qual la variable endògena és la variable que es vol explicar i les variables explicatives són aquelles que serveixen per a explicar el comportament i la variabilitat de la variable endògena. En aquest sentit, l'objectiu seria obtenir el rendiment social de la recerca, i no sols el rendiment privat de la recerca, en l'àmbit productiu. La diferència entre els dos conceptes és que el rendiment privat només capta els beneficis (activitat econòmica) associats al propietari de la recerca, mentre que el rendiment social recull també els efectes sobre la resta del territori (recull també les externalitats generades a la resta de la societat).<sup>5</sup>

Així, sigui el model lineal:

$$y = \beta_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_k X_k + u \quad (1)$$

On  $y$  és la variable endògena,  $X$  les variables exògenes,  $\beta$  els paràmetres que recullen l'efecte multiplicador de les  $X$  sobre les  $y$ , i  $U$  el terme de pertorbació aleatòria, que recull els efectes no captats en la resta del model.

<sup>4</sup> A Adams (1990) s'apuntava que el retard entre la difusió del coneixement i la seva translació a la indústria és d'uns deu anys en ciències informàtiques i enginyeries, i de vint anys en ciències en general. Probablement, en alguns casos, actualment aquests períodes s'han escurçat considerablement.

<sup>5</sup> Perquè altres empreses es poden aprofitar dels coneixements sorgits d'aquesta recerca, que permetin augments de productivitat més enllà de l'ens que ha finançat la recerca. Els beneficis socials tenen lloc si el coneixement es pot difondre al llarg del conjunt de l'economia i si els potencials beneficiaris tenen prou capacitat d'absorció dels beneficis derivats de les noves idees i tècniques. Hi ha proves evidents que els retorns de l'R+D han crescut al llarg de les passades dècades (Kafouros, 2005).

Si l'objectiu vol ser analitzar l'impacte que l'R+D<sup>6</sup> té sobre el sector productiu, l'estratègia que cal aplicar podria ser:

1. Definir la variable endògena que recollirà aquest objectiu de valorar el «retorn» al sector productiu de la recerca. Una de les possibles variables endògenes seria el PIB.
2. Introduir com a variable explicativa, entre altres, la que recollís el concepte d'R+D.
3. Atès que la teoria econòmica assenyala que en una funció de producció hi ha molts factors (*inputs*) que determinen (causen, afecten, expliquen...) el comportament de la producció, caldria incorporar en el model de regressió (1), com a variables explicatives, aquests altres factors. Aquest fet és imprescindible per a «controlar» tots els altres factors que expliquen el comportament de l'endògena  $i$ , per tant, aconseguir que el paràmetre  $\beta_j$  associat a la variable R+D reculli realment l'efecte que aquesta té sobre la variable endògena (PIB, etc.).
4. Procedir a l'estimació del model. Caldrà veure si la disponibilitat de fonts d'informació aconsellaria utilitzar un model amb dades temporals (és a dir, analitzar la situació de Catalunya al llarg dels anys), dades de tall transversal (és a dir, analitzar la situació d'un conjunt de regions o països en un moment recent del temps), o dades de panel (considerar un conjunt de territoris al llarg de diversos anys).
5. Validar el model.
6. Aplicar el model, cosa que permetria obtenir l'impacte quantificat que té l'R+D sobre el PIB o altres variables d'interès.

Amb vista a analitzar l'efecte de l'R+D sobre el sector productiu, sembla lògic pensar que una de les variables bàsiques que cal explicar és el PIB. Però, com que els efectes de l'R+D superen la seva influència sobre el PIB, en la taula 1 es recullen tot un conjunt d'alternatives que cal tenir en compte.<sup>7</sup> L'objectiu podria ser, si fos d'interès i els models especificats superessin l'etapa de validació, analitzar també l'impacte que l'R+D té sobre altres variables econòmiques, com són el mercat de treball, la inversió directa estrangera, el comerç exterior, la productivitat, el nivell d'inflació, la capacitat tecnològica d'un país, la seva competitivitat exterior o el pes en sectors intensius en coneixement o amb un nivell tecnològic elevat. En qualsevol cas, sembla clar que, com a resultats de l'R+D, no es poden fer servir les variables que habitualment s'utilitzen en l'àmbit més acadèmic per a valorar l'R+D (ens referim a variables com publicacions en revistes, citacions, patents, llibres, projectes concedits en convocatòries competitives, etc.), sinó que les variables endògenes que cal tenir en compte han de ser variables concretes relacionades amb l'activitat

<sup>6</sup> En aquest apartat s'empra únicament el concepte *R+D*, però segons la informació estadística disponible i l'interès del lector, l'estudi es podria referir a l'R+D+I.

<sup>7</sup> L'estudi Allen (2005) proposa el PIB, la renda per càpita i el consum. En un segon nivell de variables, també cita la productivitat del treball, la productivitat total dels factors, la població ocupada, la inversió bruta, el valor afegit brut industrial, el nivell comercial, l'estoc de capital net per càpita, la formació bruta de capital per càpita, el nivell educatiu, etc. En el mateix treball, assenyala que els guanys de la recerca en l'àmbit objecte d'anàlisi en aquest apartat es manifestaran en:

\* la qualitat i l'eficiència de l'ús del capital físic (per exemple, millores en maquinària que millorin el procés productiu i permetin produir més productes o més bons).

\* millora de l'eficiència dels recursos naturals (per exemple, millor procés d'extracció de minerals a partir d'un estoc determinat de matèries primeres, o extracció més ràpida que estalviï recursos).

\* augment de la productivitat del treball.

\* creació de nous productes, per millores tecnològiques o gràcies a aplicacions de la recerca realitzada.

Aquests efectes s'acaben manifestant en més qualitat i quantitat de béns i serveis a disposició de la societat.

econòmica (producció, exportacions, inversió...). De tota manera, en els fòrums habituals dedicats a mesurar aquesta mena d'impactes de la ciència, hi ha un acord generalitzat sobre la dificultat en la seva quantificació.

Cal tenir present, però, que en aquest informe no estem assegurant que es pugui arribar a assolir aquest objectiu. Sols es comenta la metodologia amb la qual es podrien mirar d'especificar, estimar i validar models econòmics que permetessin fer aquesta anàlisi. En cada cas, les especificacions associades a cadascuna de les variables per a explicar seria diferent. El motiu, enunciat anteriorment, és que cal «aïllar» l'efecte R+D sobre l'endògena i, per tant, incloure com a explicatives les altres variables o factors.

L'especificació (1) es presenta en la formulació més senzilla. La complexitat del model variarà en funció de la riquesa de les bases de dades i de les característiques de les variables incloses finalment en el model. En aquest sentit:

- El model pot ser uniequacional o multiequacional, en funció de l'exogeneïtat real de les explicatives. En cas d'endogeneïtat, caldria definir, probablement, un model multiequacional<sup>8</sup>.
- La relació lineal especificada sols és una de les possibilitats. En podria caldre una de quadràtica, de logarítmica, etc.
- Segons el nivell d'integrabilitat de les variables, es podria pensar a especificar una relació tipus mecanisme de correcció de l'error, que permetés diferenciar entre els efectes a curt i llarg termini que hi hagi entre les explicatives i l'endògena<sup>9</sup>.

A escala internacional, hi ha estudis que han mirat de quantificar els efectes de l'R+D sobre el creixement econòmic. Una opció possible seria reproduir aquests models per al cas de l'economia espanyola i catalana. En l'àmbit internacional, alguns dels resultats obtinguts són:<sup>10</sup>

- (a) Un augment de l'1% en l'estoc d'R+D comporta un augment permanent de la producció entre un 0,05% i un 0,15% (Griffith, R., Redding, S., i Van Reenen, J., 1998).
- (b) Cameron (1998) estima que l'augment de producció associat a aquest increment de l'1% en l'estoc d'R+D estaria entre el 0,05% i el 0,1%.
- (c) La Industry Commission (1995) va estimar que a Austràlia, per cada increment d'un milió de dòlars en recerca, l'augment del PIB era d'entre 250.000 i 900.000 \$ (rendiment social entre el 25% i el 90%).
- (d) Dowrick (2002) estima que l'augment del PIB estaria entre 500.000 i 600.000 \$.
- (e) Cameron (1998) estima que l'augment del PIB estaria entre 200.000 i 500.000 \$ (rendiment entre el 20% i 50%), resultats similars als obtinguts per Salter i Martin (1999).

<sup>8</sup> En el cas que una variable explicativa vingui a la vegada "explicada" per la variable endògena, es genera un problema "d'endogeneïtat" que condueix a que les estimacions del model uniequacional no compleixin les propietats òptimes. La manera tradicional de solucionar aquest problema consisteix a introduir una nova equació en el model, en la que aquesta variable explicativa passaria a ser la nova variable endògena en aquesta nova equació.

<sup>9</sup> Moltes variables econòmiques són Integrables d'ordre 1, I(1), és a dir, no estacionàries. Aquest fet, pot conduir a que les relacions sorgides del model de regressió puguin ser espúries. El model de Mecanisme de Correcció de l'Error és un tipus d'especificació (a on la variable endògena ja és estacionària (I(0))), que permet diferenciar la part de relació a llarg termini que explica el comportament de la variable endògena, respecte la part de la relació que explica el comportament de la variable en el curt termini.

<sup>10</sup> A *Science & Engineering Indicators* (1996, capítol 8) es poden trobar altres estimacions de l'impacte de l'R+D, però no s'expliciten perquè es refereixen a períodes més allunyats de l'actualitat. Vegeu l'Annex 2.



**TAULA 1. Possibles variables endògenes, per a valorar l'impacte de l'R+D<sup>11</sup>****\* Entorn macroeconòmic***Taxa de creixement interanual del PIB**Inversió directa estrangera rebuda / PIB**Exportacions / PIB**PIB per càpita en paritat poder de compra<sup>12</sup>**Renda per càpita (renda nacional bruta disponible o renda nacional neta)**Consum final per càpita***\* Costos i preus***Taxa d'inflació dels preus al consum**Salari per ocupat a la indústria***\* Productivitat del treball i capital humà***Productivitat del treball (PIB per ocupat)***\* Capacitat tecnològica***Exportacions d'alta tecnologia / exportacions total**Usuaris d'internet / 1.000 habitants**Usuaris de banda ampla / 1.000 habitants***\* Atractivitat exterior** (resum d'entorn macroeconòmic, costos i preus, productivitat del treball i capital humà, capacitat tecnològica, mercat potencial, adequació per a fer negocis, condicions de vida i laborals).<sup>13</sup>**\* Pes dels sectors d'alt coneixement** (nombre d'empreses o afiliats en sectors d'alt coneixement, respecte al total d'empreses o afiliats).**\* Pes dels sectors TIC** (nombre d'empreses o afiliats en sectors TIC, respecte al total d'empreses o afiliats).**4.3. Indicadors**

En aquesta secció es presenten alguns dels indicadors que podrien servir per a fer un seguiment de l'impacte de l'R+D sobre el sector productiu. Es proposen: (a) indicadors clàssics que la bibliografia emprada per a analitzar el retorn de l'R+D, i (b) indicadors que ja els mateixos agents socials han consensuat per a mesurar el creixement i la competitivitat de l'economia catalana, en el marc de l'Acord estratègic per a la internacionalització, la qualitat de l'ocupació i la competitivitat de l'economia catalana.<sup>14</sup>

<sup>11</sup> En vermell, indicadors emprats a Artís, M., Suriñach, J., López-Tamayo, J., i Ramos, R. (2007), en un treball per al COPCA (Consorci de Promoció Comercial de Catalunya) analitzant la competitivitat exterior de l'economia catalana. En blau, indicadors presents al treball de seguiment de l'Acord estratègic per a la competitivitat de l'economia catalana, elaborat per Artís, M., Suriñach, J., López-Tamayo, J., i Vayá, E. (2007).

<sup>12</sup> Quan es parla de la paritat del poder de compra es fa referència a la comparació de preus. Per tant, el PIB per càpita mesurat en paritat de poder de compra recull el PIB per habitant, havent corregit les xifres segons els preus relatius dels diferents països. Si el PIB per càpita fos igual, però els preus del país A fossin majors que el país B, el PIB per càpita en Paritat poder de compra seria superior en el país B que en l'A.

<sup>13</sup> L'anàlisi es podria fer posant com a endogen l'indicador global, o cadascun dels indicadors sintètics parcials. Es disposaria d'un panel de dades quant a les variables endògenes, però no està clar pel que fa a les explicatives (una de les quals seria, per exemple, la despesa R+D/PIB).

<sup>14</sup> En vermell es presenten els indicadors clàssics per a valorar la recerca, i en blau els que explícitament es recullen en l'Acord estratègic per a la internacionalització, la qualitat de l'ocupació i la competitivitat de l'economia catalana.

Quan es fa referència a indicadors en l'àmbit de la recerca, cal diferenciar entre els que són *inputs de recerca* i els que són *outputs de recerca*. Els primers, estrictament, no són útils per a l'objectiu d'aquest treball, atès que no indiquen, per ells mateixos, un rendiment o retorn directe a la societat. És veritat, però, que l'elevada correlació entre aquests *inputs* i els *outputs* els fan indicadors *second best*, que cal tenir en compte. En la taula 2 es recullen alguns dels més clars i rellevants. En aquest sentit, el volum de finançament destinat a l'R+D és l'*input* amb més tradició (normalment apareix relativitzat en el PIB). A més, és fàcilment interpretable i homologable entre països. De tota manera, la quantitat de finançament, estrictament, no és un bon indicador dels retorns de la recerca.

## TAULA 2. Indicadors-inputs de recerca

\* Investigadors / 1.000 habitants

\* Investigadors a les empreses / 1.000 habitants

\* Despesa en R+D / PIB

\* Despesa en R+D+I / PIB

\* Indicadors qualitatius:

- Nombre de treballadors de l'empresa en sectors d'R+D+I

- Nombre de peticions de subvencions/ajuts d'R+D+I sol·licitats en convocatòries competitives

(Agaur, Ministeri Educació o altres de l'Estat, programes marc de la UE...)

La dificultat consisteix a trobar indicadors que siguin *outputs de recerca*, és a dir, resultats de la recerca que es desenvolupa en un territori. Dit d'una altra manera, que representin millores clares sobre el sistema productiu, previsiblement gràcies al fet de disposar d'un nivell de recerca determinat. És veritat que no hi ha necessàriament una relació causal i exclusiva entre les dues variables (*outputs* de recerca enfront d'R+D), per la qual cosa també aquests indicadors poden ser resultat no solament del nivell de recerca, sinó també d'altres factors com poden ser el nivell de desenvolupament econòmic, el nivell educatiu, les infraestructures en telecomunicacions, etc.<sup>15</sup> Per això es proposava en la secció anterior una metodologia per a aïllar l'efecte concret de l'R+D sobre elles.

A més, tal com s'assenyala al *United States General Accounting* (1997), no hi ha cap indicador individual que serveixi per a valorar el resultat de la recerca. En aquesta mateixa publicació s'assenyala que tant els indicadors qualitatius com els quantitius presenten limitacions a l'hora de mesurar els retorns de la recerca, i el mateix succeeix dins els quantitius, no sols amb els *inputs* sinó també amb els *outputs* de recerca. Entre aquests últims, els que se solen fer servir (rendiments en inversió, patents i indicadors bibliomètrics)<sup>16</sup> no estan dissenyats per a mesurar els resultats a llarg termini dels programes en R+D o no són fàcilment adaptables a aquest objectiu. Per contra, els indicadors qualitatius poden proporcionar una informació descriptiva, detallada, però depenen de judicis no tan objectius i poden ser molt costosos.

<sup>15</sup> Les mateixes empreses assenyalen la dificultat que tenen a discriminar quin és el retorn de l'R+D dins la mateixa empresa, tant per l'escletxa temporal que hi ha entre la recerca i la comercialització del producte, com pel fet que hi ha moltes altres unitats de la mateixa empresa que participa en el procés i resulta difícil aïllar l'efecte d'una àrea determinada.

<sup>16</sup> Per a una anàlisi més detallada de les limitacions d'aquests indicadors, vegeu *United States General Accounting* (1997).

En la taula 3 es proposen alguns indicadors que permetin valorar el retorn de l'R+D sobre el sistema productiu. Alguns d'ells volen valorar el nivell d'innovació, que és una de les maneres com s'han de manifestar els efectes de l'R+D sobre l'economia.<sup>17</sup>

\* Un primer bloc fa referència a variables sobre l'**entorn macroeconòmic**. És clar que el creixement del PIB, el PIB per càpita, la inversió directa estrangera rebuda o el nivell d'exportacions no depenen exclusivament del PIB. Probablement, estan més relacionats amb el moment del cicle econòmic internacional, el capital físic i humà disponible en el país, el nivell de demanda interna i de comerç mundial, el nivell de confiança que genera el país, el nivell de costos laborals, etc. Però no és menys cert que, a llarg termini, un retorn de l'R+D ha de comportar un creixement (millora) en l'evolució d'aquestes variables.

De la mateixa manera, molts factors expliquen el nivell de **productivitat** en un país (especialització sectorial, nivell de regulació en el mercat de treball i de productes, qualitat laboral, etc), però també sembla coherent esperar que amb nivells més grans d'R+D es desenvolupin en el país activitats de més valor afegit, més intensives en coneixement o amb nivells tecnològics elevats, que permetin assolir un nivell de productivitat més elevat.

Així mateix, un major nivell de recerca hauria de permetre disposar d'un major **nivell tecnològic** que possibilités un major percentatge d'exportacions d'elevat contingut tecnològic, que representés un major percentatge (en nombre d'empreses o de treballadors) en sectors d'alt coneixement o en TIC i que requerís un major ús d'internet de banda ampla. Respecte al primer dels indicadors (pes de les exportacions de productes industrials de nivell tecnològic alt sobre el total d'exportacions), cal assenyalar que és un dels indicadors clau del Pla de recerca i innovació, i fixa com a objectiu per a assolir el 2008 un pes del 18%.

Un altre indicador que hauria de recollir un retorn de l'R+D és el **dinamisme empresarial en sectors d'alt contingut tecnològic o intensius en coneixement**. Una possible mesura que es proposa és l'anàlisi del nombre (en nombre d'empreses o en nombre d'ocupats) d'empreses derivades (*spin-off*) creades. Disposar d'un nombre més gran d'investigadors i d'un millor nivell de recerca hauria de possibilitar la creació d'un major nombre d'iniciatives empresarials relacionades amb la recerca realitzada.

En l'àmbit de la innovació, es proposa conèixer el **percentatge d'empreses innovadores**. L'indicador vol mesurar quin és el percentatge, del total d'empreses, que porta a terme activitats innovadores d'R+D, compra de maquinària i equips, disseny i preparatius per a la distribució/producció o formació i adquisició de coneixements externs. Aquest indicador s'inspira en l'objectiu general de l'Acord per a incrementar l'esforç innovador, que a més és clau en el Pla de recerca i innovació, el qual estableix que el percentatge d'empreses innovadores arribi al 40% pel 2008.

També en l'àmbit de la innovació, el nombre de **patents** se sol considerar una mesura habitual d'*output* de la innovació realitzada. L'indicador és present en el Pla de recerca i

---

<sup>17</sup> Alguns d'ells es recullen, amb certes variants, en l'informe anual de la Comissió Europea sobre el nivell d'innovació a Europa, comparant-lo amb els valors dels EUA. Els indicadors disponibles de caràcter regional són: *Population with tertiary education, lifelong learning, employment in medium/high-tech manufacturing, employment in high-tech services, public R&D expenditures, business R&D expenditures, EPO high-tech patent applications, all EPO patent applications, and five indicators using CIS-2 data: the share of innovative enterprises in both manufacturing and services, innovation expenditures as a percentage of turnover in both manufacturing and services, and the share of sales of new-to-the-firm products in manufacturing.*

innovació (el qual fixa com a objectiu que cal assolir el 2008 arribar a una ràtio de 160 patents generades a l'Oficina Europea de Patents per milió d'habitants). Un segon indicador és el que recull estrictament les patents altament citades, encara que aquest és més difícil de calcular.

Un darrer indicador fa referència al **retorn directe que l'R+D fa al sistema productiu**, mitjançant els projectes o convenis de col·laboració signats entre les universitats i les entitats públiques i privades. En principi, cal suposar que el volum de facturació del món de la recerca que prové de l'empresa i l'Administració hauria de ser un indicador directe del rendiment de la recerca. Aquest indicador s'inspira en l'objectiu de l'Acord estratègic per a intensificar la transferència de tecnologia universitat-empresa (punt 1 de les propostes prioritàries de l'Acord). Altres indicadors, més difícils de quantificar, serien aquells patrocinis de treballs i conferències fetes per empreses o administracions.

Addicionalment als indicadors quantitius presentats, es proposa també pensar a definir **indicadors qualitius** d'opinions empresarials, adreçats a les empreses ubicades a Catalunya, sobre la valoració i la necessitat que tenen de fer activitats d'R+D+I en l'àmbit de la seva empresa. Aquestes preguntes (o altres) es podrien incorporar a les enquestes que elabora periòdicament l'Idescat o altres organismes de la Generalitat.

**TAULA 3. Indicadors-outputs de recerca****\* Entorn macroeconòmic**

- *Taxa de creixement interanual del PIB*
- *Inversió directa estrangera rebuda / PIB*
- *Exportacions / PIB*
- *PIB per càpita en paritat poder de compra*

**\* Productivitat del treball i capital humà**

- *Productivitat del treball (PIB per treballador)*

**\* Capacitat tecnològica**

- *Exportacions de productes industrials d'alt nivell tecnològic, respecte del total d'exportacions industrials*
- *Usuaris de banda ampla / 1.000 habitants*
- *Pes dels sectors d'alt coneixement (nombre d'empreses o afiliats en sectors d'alt coneixement, respecte al total d'empreses o afiliats)*
- *Pes dels sectors TIC (nombre d'empreses o afiliats en sectors TIC, respecte al total d'empreses (o afiliats))*
- *Valor afegit de la indústria d'alt nivell tecnològic respecte el total*

**\* Dinamisme empresarial en empreses derivades**

- *Taxa de creixement del nombre d'empreses derivades actives (alternativament es podria analitzar el nombre d'empreses de base tecnològica creades)*
- *Taxa de creixement del nombre d'ocupats en empreses derivades actives*

**\* Percentatge d'empreses innovadores**

- *Pes de les empreses innovadores (nombre d'empreses innovadores respecte al total)*

**\* Nombre de patents sol·licitades per milió d'habitants**

- *Nombre de patents sol·licitades per residents a Catalunya per cada milió d'habitants*
- *Patents altament citades*

**\* Participació de les empreses en la facturació en R+D de les universitats**

- *Volum de projectes i convenis signats entre universitats i empreses i l'Administració*
- *Conferències de presentacions de treballs patrocinades per empreses*
- *Presentacions de treballs davant empreses i administracions*

**\* Indicadors qualitius**

- *Valorar la importància de l'R+D+I per a la seva empresa*
- *Valorar la necessitat de disposar d'investigadors en la seva empresa*
- *Estimació del percentatge dels beneficis empresarials atribuïbles a l'R+D+I*

## Annex 1

### AUSTRALIAN AND UNITED KINGDOM VIEWS OF BENEFIT CHANNELS

#### An Australian View

The role of basic research is not directly to generate commercial products, but rather to provide essential support for, and raise the return on, more applied research. This is a much more diffuse role, but also a critically important one in successful innovation. It occurs through:

- training researchers, many of whom will work for industry or government;
- creating a store of 'background knowledge', which improves the effectiveness of technological search activities;
- enabling membership of 'networks', yielding access to the large body of knowledge generated worldwide; and
- developing new research techniques and instrumentation.

#### A UK View

Despite the methodological problems in estimating the economic returns to public investment in basic research, one can distinguish various types of contributions that publicly funded research makes to economic growth:

- 1) increasing the stock of useful knowledge;
- 2) training skilled graduates;
- 3) creating new scientific instrumentation and methodologies;
- 4) forming networks and stimulating social interaction;
- 5) increasing the capacity for scientific and technological problem solving; and
- 6) creating new firms.

Source: Industry Commission (1995). *Research and Development*, Report No. 44, Overview pg. 5; Salter, A. i Martin, B. (1999). *The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: A Critical Review*. Science Policy Research Unit. University of Sussex.  
Citat a Allen (2005).

## Annex 2

**Estimated annual rates of return to R&D expenditures in the United States,  
according to various economic studies**

Firm-level studies Industry-level studies

Author(s) and year of study Rate of return<sup>1</sup> Author(s) and year of study Rate of return<sup>1</sup>

Percent	Percent
Link (1983) . . . . .	3 Terleckyj (1980) . . . . . NS <sup>2</sup>
Bernstein-Nadiri (1989b) . . . . .	7 Griliches-Lichtenberg (1984a) . . . . . 4
Schankerman-Nadiri (1986) . . . . .	13 Patel-Soete (1988) <sup>3</sup> . . . . . 6
Lichtenberg-Siegel (1991) . . . . .	13 Mohnen-Nadiri-Prucha (1986) . . . . . 11
Bernstein-Nadiri (1989a) . . . . .	15 Terleckyj (1974) . . . . . 15
Clark-Griliches (1984) . . . . .	19 Wolff-Nadiri (1987) . . . . . 15
Griliches-Mairesse (1983) . . . . .	19 Sveikauskas (1981) . . . . . 16
Jaffe (1986) . . . . .	25 Bernstein-Nadiri (1988) . . . . . 19
Griliches (1980) . . . . .	27 Link (1978) . . . . . 19
Mansfield (1980) . . . . .	28 Griliches (1980) . . . . . 21
Griliches-Mairesse (1984) . . . . .	30 Bernstein-Nadiri (1991) . . . . . 22
Griliches-Mairesse (1986) . . . . .	33 Scherer (1982, 1984) . . . . . 36
Griliches (1986) . . . . .	36
Schankerman (1981) . . . . .	49
Minasian (1969) . . . . .	54

<sup>1</sup>For studies for which (Nadiri, 1993) reports a range of possible returns, the midpoint of that range is provided in this table.<sup>2</sup>Not significantly different from zero in a statistical sense. This result, however, may be a reflection of limitations in the quantity of data used in the study.<sup>3</sup>Economy-level study (all industries grouped together).

SOURCE: M.I. Nadiri, «Innovations and Technological Spillovers,» Working Paper No. 4423 (Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research, 1993).

Science &amp; Engineering indicators – 1996

## Annex 3

### Fonts estadístiques dels indicadors proposats

*Taxa de creixement interanual del PIB: comptabilitat regional de l'Estat espanyol i Idescat*

*Exportacions / PIB. Idescat*

*PIB per càpita en paritat poder de compra: Idescat*

*Taxa d'inflació dels preus al consum: Índice de Precios al Consumo (INE)*

*Salari per ocupat a la indústria. Idescat*

*Usuaris d'internet / 1.000 habitants: Encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares (INE)*

*Usuaris de banda ampla / 1.000 habitants: Encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares (INE) i Departament d'Innovació, Universitats i Empresa*

**Indicador d'atractivitat exterior** (resum d'entorn macroeconòmic, costos i preus, productivitat del treball i capital humà, capacitat tecnològica, mercat potencial, adequació per a fer negocis, condicions de vida i laborals). Artís, M., Suriñach, J., López-Tamayo, J., Ramos, R. (2007).

**Pes dels sectors d'alt coneixement** (nombre d'empreses o afiliats en sectors d'alt coneixement, respecte al total d'empreses o afiliats). DIRCE (INE), Departament de Treball.

**Pes dels sectors TIC** (nombre d'empreses o afiliats en sectors TIC, respecte al total d'empreses o afiliats) DIRCE (INE), Departament de Treball.

*Investigadors / 1.000 habitants: Indicadores del sistema español de ciencia y tecnología. Ministerio de Educación y Ciencia (2007). <http://www.mec.es/mecd/jsp/plantilla.jsp?id=212&area=estadisticas>*

*Investigadors a les empreses / 1.000 habitants: Indicadores del sistema español de ciencia y tecnología. Ministerio de Educación y Ciencia. <http://www.mec.es/mecd/jsp/plantilla.jsp?id=212&area=estadisticas>*

*Despesa en R+D / PIB: Encuesta sobre investigación y desarrollo (INE) i Contabilidad regional de España (INE)*

*Despesa en R+D+I / PIB: Encuesta sobre investigación y desarrollo (INE), Encuesta sobre innovación tecnológica de las empresas (INE) i Contabilidad Regional de España (INE)*

*Inversió directa estrangera rebuda / PIB. Ministerio de Industria, Comercio y Turismo (DATAINVEX) i Contabilidad regional de España (INE) i Idescat*

*Productivitat del treball (PIB per ocupat): Contabilidad Regional de España, Idescat*

*Exportacions de productes industrials d'alt nivell tecnològic, respecte del total d'exportacions industrials. Idescat*

*Taxa de creixement del nombre d'empreses derivades actives (alternativament es podria analitzar el nombre d'empreses de base tecnològica creades). Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas (INE)*

*Taxa de creixement del nombre d'ocupats en empreses derivades actives*

*Pes de les empreses innovadores (nombre d'empreses innovadores respecte al total): Encuesta sobre innovación tecnológica en las empresas (INE)*

*Nombre de patents sol·licitades per residents a Catalunya per cada milió d'habitants: Avance de estadísticas de propiedad industrial (Oficina Española de Patentes y Marcas) i Dades de població (INE)*



*Volum de projectes i convenis signats entre universitats i empreses i l'Administració. Departament d'Innovació, Universitats i Empresa*

*Renda per càpita. Idescat*

*Consum per càpita. Idescat*

## 5. EDUCACIÓ

### 5.1. Introducció

De la mateixa manera que fer recerca implica necessàriament aprendre, l'àmbit de l'educació i de la ciència són totalment interdependents. De fet, en la societat del coneixement aquesta interrelació és fonamental, ja que sense un sistema educatiu adequat i ben implantat es fa molt difícil pensar en una societat veritablement estructurada, tant pel que fa a l'economia, la política o la cultura i l'ordre social com per a la producció de coneixement i innovacions tecnocientífiques. L'educació és considerada essencial per dues raons bàsiques: la primera és que proveeix dels recursos humans necessaris per al desenvolupament científic i tecnològic, i la segona és que permet als ciutadans poder participar d'una societat en la qual la ciència i la tecnologia són cada vegada més presents en els assumptes públics i quotidians. Per tant, les institucions educatives han de fomentar les competències científiques i tecnològiques tant per a evitar desigualtats en la participació pública dels ciutadans com per a impulsar les activitats de recerca i innovació a les institucions i empreses.

### 5.2. Educació per a la formació d'investigadors

Per tant, en primer lloc és fonamental que, en una societat en la qual el creixement econòmic i la competitivitat de les empreses depèn tant de la producció i distribució de coneixement, les institucions educatives siguin capaces de formar investigadors i professionals qualificats que puguin portar a terme projectes de recerca i d'innovació tant a les institucions públiques com en el sector privat. I això és precisament un dels problemes actuals de la UE. Segons un informe de la UE, *Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe* elaborat pel *High Level Group on Human Resources for Science and Technology in Europe* (2004), malgrat el coneixement científic i tecnològic de la població ha augmentat a tot Europa, hi ha una manca significativa d'investigadors.

Segons els acords de Lisboa, l'objectiu establert per al 2010 és arribar a tenir una proporció mitjana a Europa de vuit investigadors per cada 1.000 treballadors. Segons aquest informe, aquesta seria una xifra assequible si no fos perquè una bona part dels països ha vist com el nombre de graduats en ciències i enginyeries ha baixat del 1998-2001, l'interès per les ciències clàssiques ha disminuït, i el creixement en el nombre d'estudiants de doctorat en ciència i tecnologia, per bé que ha augmentat durant aquest període, és cada vegada menys important.

Els factors que expliquen aquesta davallada són la baixa inversió pública per investigador, que fa que les condicions laborals en institucions públiques siguin normalment precàries i els futurs estudiants no es plantegin fer carrera professional com a investigador, i el desajust del sistema educatiu en relació amb la professionalització dels investigadors. En aquest sentit, tal com planteja aquest informe del *High Level Group on Human Resources for Science and Technology*, cal que l'educació, especialment la universitària, canviï la manera de formar investigadors: passar de formar investigadors per a una societat industrial (recursos humans) a una educació d'investigadors reflexius capaços de fer contribucions en la societat del coneixement. Un exemple d'aquest canvi volgut és que, en comptes d'estar orgullosos que els estudiants de ciència i tecnologia estiguin al capdavant de les carreres acadèmiques, les universitats haurien de fomentar i celebrar la gran varietat

de sortides professionals que tenen els investigadors, incloent-hi aquells llocs de treball que, si bé no tenen tant de prestigi en l'acadèmia, són el destí de la major part dels investigadors. En aquest sentit, els investigadors han d'esdevenir professionals i, per a fer-ho, els plans d'estudis universitaris haurien d'incloure competències que són útils en el mercat laboral més enllà de la universitat, sigui la de dissenyar projectes, parlar en públic o treballar de forma col·laborativa.

De la mateixa manera, la implicació dels estudiants de llicenciatura en recerques és molt escassa i segons els autors d'aquest informe hauria de ser molt més habitual, ja que és un mètode realista per a ensenyar quina és la feina d'un investigador i quines habilitats i competències són necessàries. Obrir els laboratoris i empreses de recerca als estudiants de grau en pràctiques seria una bona manera d'augmentar ràpidament el nombre d'investigadors a Europa. D'altra banda, malgrat que l'educació obligatòria no té un paper protagonista en la formació dels investigadors, els interessos, valors i actituds dels estudiants a l'hora d'escollir una carrera acadèmica són importants i estan molt determinats per l'ensenyament científic i tecnològic a les escoles (*Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies Policy Reports*, Global Science Forum OCDE). En aquest sentit, com subratlla l'informe del *High Level Group on Human Resources for Science and Technology*, el gran problema és que hi ha cada vegada menys professors a les escoles amb una formació especialitzada en ciències. Per aquesta raó, en un futur no gaire llunyà, potser el problema central no serà la manca d'investigadors i científics, sinó la manca de professors de ciència i tecnologia qualificats.

### 5.3. Educació científica i tecnològica per a la ciutadania

Ara bé, l'educació per a la ciència no és només un mecanisme essencial per a incrementar els recursos humans destinats a la recerca i la innovació R+D, també ho és per a la integració i cohesió social i la participació pública dels ciutadans. Alfabetitzar científicament en una societat organitzada al voltant de la generació contínua de coneixement cada vegada més especialitzat és una manera d'evitar que una bona part de la població quedi fora de les discussions i de la presa de decisions sobre assumptes públics, la majoria dels quals tenen un component tecnocientífic molt important. De fet, avui dia, la major part d'assumptes públics són difícilment comprensibles si no es tenen els coneixements científics i tècnics necessaris. Per exemple, el desenvolupament sostenible o la salut preventiva són assumptes estretament vinculats a la vida quotidiana dels ciutadans, ja que impliquen canvis en l'estil de vida: recollir els residus, pagar una ecotaxa, fer esport o menjar una dieta variada. Però també són objecte de la recerca i del debat científic i tècnic, de manera que les controvèrsies que tenen els experts incideixen en la vida quotidiana de les persones i a l'inrevés: les creences, valors i hàbits dels ciutadans també tenen un pes important en les controvèrsies tecnocientífiques. Alguns exemples destacats d'això últim poden ser els debats sobre l'experimentació amb cèl·lules mare o embrions, la gestió de l'aigua o el desenvolupament de determinats fàrmacs per a la sida. D'aquesta manera, tant l'actitud dels ciutadans davant l'escalfament global com la seva participació en la construcció de determinades polítiques públiques per a fer-hi front estan condicionades pel seu grau d'alfabetització científica i tècnica.

És per aquestes raons que l'alfabetització científica té actualment la mateixa importància que la que va tenir l'alfabetització lectoescriptora a les darreries del segle XIX i començament del segle XX (Fourez, 1997). De fet, des de fa ja un temps, conceptes com *alfabetització científica*, *cultura científica* o *educació CTS* (ciència, tecnologia i societat)

han començat a sonar amb força en les polítiques educatives internacionals (vegeu Unesco, 1994; International Council for Science, 1999; International Bureau of Education, 2000; i la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura - OEI, 1999) i també en l'àmbit europeu, el programa Science & Society de la Comissió Europea.

#### 5.4. Alfabetització científica i tecnològica per a tothom

Ara bé aquest interès renovat per l'alfabetització científica implica alhora un canvi en la definició mateixa del que és ensenyar ciència i tecnologia. L'educació científica des de mitjan segle XX, almenys a Europa i als Estats Units, ha estat entesa com la transmissió, per mitjà de diferents institucions, de determinats coneixements i destreses científiques. Per tant, era una empresa amb un doble objectiu: dotar la població de coneixements científics i formar investigadors que permetessin desenvolupar la recerca científica.

Ara bé, des dels anys noranta ha emergit un nou paradigma que planteja que l'alfabetització científica i tecnològica hauria de ser una part substancial i transversal de l'educació bàsica que rep tota persona i que, per tant, hauria d'anar més enllà de l'ensenyament de coneixements científics i tecnològics. L'alfabetització científica i tecnològica per a tothom, nom amb el qual es coneix aquest nou paradigma, ha d'ensenyar que la ciència forma part de la societat i que els ciutadans hi estan implicats i hi tenen un paper actiu. Per tant, no és quelcom únicament relacionat amb les assignatures o matèries reconegudes tradicionalment com a ciències, sinó que és un aprenentatge que implica tot el conjunt de matèries i sabers: ciències socials, humanístiques, naturals, enginyeries... Així, doncs, els tres components bàsics de l'alfabetització científica i tecnològica per a tothom són (Kemp, 2002):

- a) La comprensió i coneixement de la ciència, com també de la seva relació amb la societat.
- b) Processos, procediments, habilitats i capacitats en relació amb l'obtenció i ús de la informació científica, aplicació de la ciència en la vida quotidiana, utilització de la ciència per a finalitats socials i cíviques, i divulgació de la ciència al públic de manera comprensible.
- c) Emocions, actituds, valors i disposició davant l'alfabetització científica i tecnològica.

En aquest sentit, l'alfabetització científica i tecnològica està estretament arrelada en la perspectiva ciència, tecnologia i societat (Hodson, 1992), ja que hi trobem moltes de les seves propostes:

- La inclusió de la dimensió social en l'educació científica.
- La presència de la tecnologia com a element que facilita la connexió amb la vida quotidiana i una millor comprensió de la ciència contemporània (és a dir, la tecnociència).
- La rellevància per a la vida individual i social de les persones a l'hora de solucionar problemes pràctics i prendre decisions en la societat civil.

- Una visió dilemàtica, controvertida i, per tant, plural i democràtica de la ciència.
- Una familiarització amb els procediments de recerca i accés, utilització i comunicació de la informació científica.
- El paper humanístic i cultural de la tecnociència.
- El paper de la tecnociència en l'acció social; la importància de l'ètica i els valors en el desenvolupament de la tecnociència.
- La importància del pensament crític per a fer ciència i reflexionar sobre ciència (Acevedo, Vázquez, Manassero, 2003).

Ara bé, malgrat aquests esforços per plantejar una alfabetització científica i tecnològica més acurada a la ciència oberta, dinàmica i híbrida dels nostres temps, la seva implantació és molt lenta (es redueix en el cas espanyol a una matèria optativa de batxillerat: Ciència, Tecnologia i Societat). De fet, tal com queda reflectit en les avaluacions dels sistemes educatius i en els estudis sobre vocacions científiques, l'educació científica encara s'entén prioritàriament com la transmissió de destreses i coneixements científics i, en última instància, com el mecanisme per a formar els futurs investigadors. Així, el que es considera essencial a l'hora de valorar el nivell d'integració i participació dels ciutadans en la societat del coneixement i el nivell de competitivitat en relació als recursos humans en R+D és, d'una banda, el grau de coneixement i competències científiques de la població en general, entenent aquestes com aquelles que són pròpies de les ciències tradicionals (vegeu els informes PISA i NSF Standards) i, d'altra banda, el rendiment en matèries com matemàtiques, química, física o biologia i l'elecció d'aquestes disciplines en l'educació postobligatòria (de batxillerat fins els doctorats). En aquest sentit, creiem que els indicadors per a avaluar l'educació científica comparteixen aquest paradigma i haurien de canviar per tal de copsar no només el grau d'adquisició dels continguts i habilitats relacionades tradicionalment amb les disciplines científiques sinó la capacitat per tractar i discutir sobre temes científics, entenent quin és el rol de la recerca en la nostra societat.

## 5.5. Indicadors d'educació

Malgrat ciència i educació són àmbits interdependents, el retorn social de la ciència en l'àmbit de l'educació ha estat un fenomen molt poc estudiat. La majoria d'investigacions estudien la relació inversa. Segurament, perquè habitualment entenem que el nivell educatiu i formatiu d'una determinada societat és una condició indispensable de l'activitat científica (i no a l'inrevés), l'avaluació de l'educació científica d'una població és quelcom que ha estat molt estudiat perquè en depèn que hi hagi científics i recursos humans qualificats. Per això en moltes de les avaluacions tant de coneixements com de nivell d'estudis s'emfatitzen aquelles competències que han estat habitualment vinculades al desenvolupament de la ciència. Per una banda, els indicadors de l'escala PISA que es fan servir per a avaluar les competències dels estudiants de 15 anys, a més d'avaluar competències molt generals com la comprensió lectora i la resolució de problemes, se centren també en competències científiques i en matemàtiques (Informe PISA 2003; però especialment l'Informe PISA del 2006). Per altra banda, a l'hora d'avaluar el nivell d'estudis, a més del nivell obtingut, s'acostuma a tenir en compte el percentatge de graduats en matemàtiques, ciències i tecnologia sobre el total de graduats (sistema d'indicadors d'educació de Catalunya). En aquest sentit, val a dir que a Catalunya l'any

2003 era del 12% (a Espanya, 11,2%), una xifra molt bona en relació amb la UE (10,6%), però no tan bona si tenim en compte que s'ha produït un decreixement d'aquesta proporció, ja que el 2000 era del 13,6%.

Ara bé, el gran problema que té la recerca a Catalunya (com a la resta de l'Estat espanyol) no és directament el grau de competència en ciència i tecnologia dels estudiants, sinó el nivell d'estudis de la població general. Segons l'informe de l'OCDE (2007), Espanya és un dels països amb un percentatge de titulats universitaris o de formació professional superior més alt (un 28%), per sobre de la mitjana de l'OCDE (26%) i de la UE (24%), però alhora un dels països amb el nivell d'estudis més baix, ja que la major part de la població només ha completat la formació obligatòria primària (ESO). Específicament a Catalunya, l'any 2005, el percentatge de població d'edat compresa entre 18 i 24 anys amb educació obligatòria que no continua estudis posteriors era del 32,9% (Espanya 30,8%), a molta distància de la mitjana europea del 15,2%, mentre que el percentatge de persones d'edats compreses entre 20 i 24 anys, ambdós inclosos, que han completat amb èxit, com a mínim, l'educació secundària postobligatòria (batxillerat i cicles formatius de grau mitjà) era del 61,5% (Espanya, 61,3%), també lluny d'Europa, amb un 76,9%.

El nivell educatiu de la població catalana està relacionat amb molts factors: un d'ells és la baixa inversió pública en educació no universitària: 3,28% del PIB a Espanya i 2,14% a Catalunya, davant el 3,98% a Europa (Fundació Jaume Bofill, 2007). Però el que ens interessa aquí és veure quin és el retorn social de l'activitat científica en matèria educativa. És a dir, proposar indicadors per a avaluar quina és la contribució de la ciència en l'educació de la població general i, especialment, en la formació dels futurs investigadors. De fet, aquí ens preguntem quelcom poc habitual: quina incidència té l'activitat científica en l'educació de la població i, per tant, en els mecanismes per a formar tant ciutadans preparats per a participar d'una vida pública cada vegada més tecnològica, com futurs científics. És evident que l'educació està mediatitzada per la inversió educativa, l'estructura del sistema educatiu i les característiques sociodemogràfiques i econòmiques de la població, però què fa la ciència per a millorar l'educació de la població?

### 5.5.1. INDICADORS DE RESULTAT

En aquest sentit entenem que la contribució de la ciència a la millora de l'educació es pot visualitzar en indicadors de resultat que avaluin, per una banda, el coneixement i les competències dels estudiants i, per l'altra, el nivell d'estudis de la població en general.

Pel que fa al primer objectiu, es podria utilitzar l'escala PISA en avaluació de la comprensió lectora, la resolució de problemes i les competències científiques i matemàtiques. Es tracta d'un bon indicador perquè és l'escala que es fa servir per a avaluar el sistema educatiu català i permet fer comparacions amb altres comunitats autònomes i altres països. Però també té dues limitacions importants que cal tenir en compte. La primera és que l'assignació de competències a cada una de les quatre categories és especialment discutible quan intentem determinar quines són les que estan més relacionades amb la ciència o la recerca. L'escala assumeix el model de la ciències naturals i generalitza les competències vinculades tradicionalment amb les seves disciplines, deixant de banda la pluralitat de ciències i la diversitat de competències que hi estan associades. La segona limitació important és que les competències dels estudiants no ens diuen res de les motivacions i actituds davant la ciència. Per a obtenir més informació

sobre aquest aspecte hauríem d'afegir elements d'estudis com el *The Relevance of Science Project* (Projecte ROSE: <http://www.ils.uio.no/english/rose/>) a l'escala PISA.

Pel que fa al segon objectiu, s'haurien de fer servir els indicadors proposats pel Consell Superior d'Avaluació del Sistema Educatiu per a avaluar el rendiment dels estudiants del sistema educatiu:

- Avaluació del progrés i promoció de l'alumnat d'educació primària a Catalunya.
- Avaluació del progrés i promoció de l'alumnat de d'educació secundària obligatòria a Catalunya.
- Resultats acadèmics de l'alumnat de batxillerat a Catalunya.
- Resultats acadèmics de l'alumnat que ha cursat cicles formatius de formació professional específica a Catalunya.
- Resultats acadèmics dels estudiants de les universitats catalanes per estudis.

Però també hauríem de tenir en compte el percentatge de població que ha arribat a determinats nivells educatius:

- Percentatge de població d'edat compresa entre 18 i 24 anys amb educació obligatòria (ESO) que no continua estudis posteriors.
- Percentatge de persones d'edats compreses entre 20 i 24 anys, ambdós inclosos, que han completat amb èxit, com a mínim, l'educació secundària postobligatòria (batxillerat i cicles formatius de grau mitjà).
- Percentatge de graduats en matemàtiques, ciències i tecnologia, entenent *ciència* en un sentit ampli. Des de les ciències naturals fins a les ciències de la salut, passant per les ciències socials i de la salut.

D'altra banda, en consonància amb les polítiques europees en matèria científica, seria necessari veure com la ciència incideix en el fet que els graduats decideixen emprendre una carrera professional com a investigadors. En aquest sentit, si bé els estudis mostren un augment de l'interès per la ciència i la tecnologia, especialment en el nivell educatiu terciari (*Organisation for Economic Co-operation and Development Global Science Forum Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies Policy Report*), cal augmentar el nombre d'investigadors fins arribar a un 3% de dedicació EDP (Equivalent de Dedicació Plena) de mitjana a tot Europa pel 2010. El 2000 el nombre d'investigadors EDP i tant per mil sobre l'ocupació total era de 5,5 (OCDE). Però són dades molt canviants, ja que el creixement anual del nombre d'investigadors per habitant el 2000 va ser del 14,66% i el 2001 va ser del 3,70%. En aquest sentit, és important avaluar els *outcomes* següents en la formació de personal investigador<sup>18</sup>

- Percentatge de beques lliurades en relació a demanades per sexe (predoctorals)
- Percentatge de matriculats en màster en relació a sol·licituds, per sexe
- Percentatge de titulats amb suficiència investigadora en relació total, per sexe
- Percentatge de sol·licituds d'admissió a doctorat en relació amb titulats amb suficiència investigadora, per sexe
- Percentatge de d'admissions a doctorat en relació a sol·licituds, per sexe
- Nombre de doctorands que es doctoren (tesis llegendes), per sexe
- Beques postdoctorals, per sexe
- Reincorporació de doctors, per sexe

<sup>18</sup> La font de dades per aquests indicadors hauria de ser el Departament d'Innovació, Universitats i Empresa.

Font: DURSI

### 5.5.2. INDICADORS *OUTPUT*

Els indicadors *output* de l'activitat científica ens parlen en aquest cas de la seva contribució en matèria educativa. Ens interessa avaluar, doncs, quina és la producció científica per a l'educació adreçada tant a la població en general com a la formació de futurs investigadors. En aquest sentit, dividim els indicadors en dos grups.

Per una banda, els indicadors que mesuren el grau d'interacció entre l'activitat científica i l'educació. Aquest és un aspecte important, ja que segons el Global Science Forum, alguns dels factors que més incideixen en la decisió d'un estudiant d'iniciar una carrera com a investigador és, al marge del reconeixement social dels investigadors, el contingut en ciències i tecnologia dels currículums i la qualitat de l'ensenyament. I justament el gran problema que hi ha és que els professors no disposen d'una informació actualitzada sobre la recerca que es fa avui dia i en què consisteix la feina d'un investigador. De fet, en alguns països hi ha una certa preocupació perquè es fa difícil trobar professors de ciències i tecnologia (*Evolution of Student Interest in Science and Technology Studies Policy Report*, OCDE).

- Percentatge de dedicació dels investigadors a la docència
- Percentatge d'investigadors que participen en cursos de capacitació per a la docència
- Percentatge d'investigadors que participen en projectes d'innovació docent
- Percentatge de materials docents sobre el total de publicacions científiques
- Percentatge de doctors en docència no universitària
- Continguts CTS en els estudis de magisteri
- Docents no universitaris que participen en cursos de formació contínua en C&T

D'altra banda, trobem els indicadors que valoren la recerca orientada a la millora de l'educació. És a dir, la recerca científica en matèria educativa.

- Projectes d'R+D en l'àmbit de la docència, en relació amb el total
- MQD basats en estudis científics previs



## 6. CIUTADANIA

### 6.1. Introducció

Es fa difícil pensar en una societat contemporània ben estructurada, educada i pròspera sense una recerca de qualitat. De la mateixa manera, es fa difícil pensar en una ciència robusta i de qualitat sense el respecte, la confiança, el suport i la participació del conjunt de la societat. En les societats contemporànies, ciència i democràcia es pressuposen i es necessiten mútuament. Una bona prova d'això és que cada cop és més important, a l'hora de valorar la creació de riquesa i el benestar social d'una determinada societat, incentivar i promoure aquesta estreta vinculació entre recerca i societat. Per això, probablement, també creix cada cop més l'interès per a avaluar l'estudi d'aquest vincle. La recepció, el coneixement i la percepció pública de la recerca per part de la ciutadania és, en aquest sentit, un camp cada cop més present en l'avaluació del retorn social de la recerca. L'existència d'una ciutadania atenta a les innovacions, informada, científicament capacitada, confiada i fortament implicada en el desenvolupament de la recerca és una prioritat política de primer ordre, un indicador de prosperitat, qualitat democràtica i cada cop més, també, una condició indispensable per a avaluar la qualitat de la recerca.

### 6.2. Consideracions inicials: l'interès creixent pel retorn social de la recerca a la ciutadania

És evident que la importància del canvi científic i tecnològic en l'economia i en tots els àmbits de la vida pública, i l'evolució política de les nostres societats, en la qual es manifesta una sensibilització ciutadana creixent sobre la necessitat d'ajustar les polítiques públiques a les realitats de la demanda social, fan del desenvolupament d'una nova generació d'indicadors de ciència i tecnologia un repte de gran rellevància política i social. En aquest sentit diverses investigacions han posat de manifest la necessitat de desenvolupar un nou conjunt d'indicadors que facin possible, més enllà de mesurar inversió, oferta científicotecnològica o apropiació per part de les empreses, una avaluació específica de la manera com la despesa pública en I+D produeix una millora social notable per al conjunt de la societat. Entre aquests nous indicadors destaca la reivindicació del desenvolupament d'un dispositiu capaç de mesurar un dels àmbits tradicionalment més oblidats: el coneixement i la valoració social de la recerca per part de la ciutadania.

En efecte, en els darrers anys s'ha fet un esforç per incloure entre els indicadors de retorn social un conjunt de dades capaces de retre compte del coneixement i la capacitació científica de la ciutadania en general. El grau de suport, la percepció i la valoració social de la ciutadania envers els beneficis i els productes de la recerca esdevé un argument imprescindible a l'hora d'elaborar polítiques públiques de finançament de la recerca i també un notable indicador de desenvolupament i progrés social i democràtic.

Per a entendre millor aquest canvi d'orientació en l'avaluació del retorn social de la recerca, aprofitarem les pàgines que vindran per a plantejar una sèrie de discussions que relacionen aquesta nova tendència amb alguns dels canvis socials i científics més importants que s'han produït en els darrers anys. Sense tenir en compte aquest nou context històric, tant pel que fa a l'orientació de l'activitat científica com pel que fa a la mateixa estructuració social, difícilment podríem copsar el sentit d'aquest trànsit en l'avaluació del retorn social de la recerca.

### 6.2.1. LA IMATGE DE LA CIÈNCIA: LA PRODUCCIÓ DE CONEIXEMENT DE LA CIÈNCIA REGULATIVA

En el desenvolupament d'indicadors en matèria de ciència i tecnologia, en especial en l'àmbit que ens ocupa, s'hauria de tenir en compte el caràcter que avui dia adopta una gran part de la producció i distribució de coneixement especialitzat (López i Luján, 2002). La implicació creixent de la ciència en les polítiques públiques ha conduït durant el segle XX a l'aparició d'una activitat científica amb característiques particulars. Com veurem en el capítol següent, hi ha diversos termes que han estat utilitzats per a definir aquesta activitat: transciència, ciència regulativa, ciència *postnormal*. Més enllà del nom, l'important a assenyalar és que bona part de la ciència contemporània s'emmarca en un tipus d'activitat que està regulada per objectius i criteris pràctics, diferents dels que tradicionalment han orientat l'activitat científica.

Una de les autores que més ha reflexionat sobre aquesta forma de ciència és Sheila Jasanoff (1990; 1995). Segons aquesta, la ciència regulativa –nom que defineix aquest vessant de la ciència contemporània– és diferent de la ciència acadèmica. La segona, que respon més a la imatge d'una ciència tradicional ubicada en universitats i centres de recerca aïllats de la societat, es produeix en ambients de consens, estructurats per paradigmes ben establerts que proporcionen estàndards de control metodològic i de qualitat. La meta d'aquesta és trobar «veritats» originals i significatives i el seu producte són els articles i les publicacions científiques. El mecanisme de control bàsic és la revisió per parells i el seu incentiu principal és el reconeixement professional.

La ciència regulativa, en canvi, té normes d'avaluació més difoses i controvertides. És una ciència més subjecta a consideracions polítiques. És la ciència de les agències governamentals i de la indústria, la ciència que cada cop practiquen més les universitats en el seu afany per aconseguir fons públics regulats per criteris d'incentivació i promoció de la innovació. La meta d'aquesta ciència regulativa és proporcionar «veritats» rellevants, útils per a la formulació de polítiques o per la presa de decisions, sobretot en contextos empresarials. Els seus productes, igualment, són informes que no sempre es publiquen o que van dirigits a públics i audiències no estrictament acadèmics. En aquest model de ciència, la discrepància entre experts és habitual i sovint es produeixen controvèrsies científiques que acaben tenint un abast i una visibilitat públiques. És una ciència subjecta a la pressió de grups d'interès, oberta a negociar o discutir amb interpretacions diferents, amb percepcions i lectures de resultats molts diferents, fet que la porta a estar involucrada sovint en amplis debats socials.<sup>19</sup>

La ciència regulativa, en aquest sentit, defineix una nova manera d'entendre l'activitat científica. És un concepte que delimita la particular forma històrica de produir coneixement científic que té lloc en cada societat. Segons aquesta perspectiva ens trobaríem immersos en una mutació de les característiques de l'activitat científica. En unes noves condicions per a la producció, la circulació i la caracterització del valor social del coneixement científic. Articulada de manera cada cop més profunda amb la societat, la indústria i la política, la ciència esdevindria cada cop més una activitat fortament vascularitzada i relacionada amb multitud d'interessos, difosa i diversificada socialment i productivament, i atrapada entre la necessitat de produir coneixement estable i la necessitat d'actuar, tenint en compte tant els interessos i les prioritats socials i polítiques de la societat, com les mateixes restriccions i limitacions del coneixement.

<sup>19</sup> En un sentit similar funciona l'esquema que proposen Funtowicz i Ravetz (1990a, 1990b) i que distingeix entre *ciència normal*, *ciència aplicada*, *assessorament professional* i *ciència postnormal*.

Tenir en compte aquest canvi històric és molt important per a entendre les característiques particulars que pren l'activitat científica avui dia, un canvi que afecta molt especialment la dinàmica de producció i distribució del coneixement i que explica la controvertida legitimitat del coneixement científic actual i el rol que aquest pren en la vida quotidiana dels ciutadans i dels governs contemporanis. Cal tenir present tot això a l'hora de discutir la naturalesa i el rumb que han de prendre els indicadors actuals que mesuren el retorn social de la recerca.

### 6.2.2. LA SOCIETAT CONTEMPORÀNIA COM A SOCIETAT DEL RISC

És igualment important, a l'hora d'elaborar aquests indicadors, explicitar, en la mesura que sigui possible, el concepte de *societat* que es farà servir per a elaborar-los. Fer referència a les condicions definitòries de la contemporaneïtat és quelcom que ens pot ajudar molt com a pas previ per a pensar formes de mesurar aquest retorn social. En aquest sentit, voldríem recollir l'interès que pot tenir per a aquesta discussió la reflexió del sociòleg alemany Ulrich Beck (1986, 1994a, 1994b).

Segons aquest, ens encaminen cap a una nova modernitat en la qual l'eix que estructura la nostra societat ja no és la distribució social dels béns produïts, sinó més aviat dels seus mals. Per a Beck, no és la distribució social de la riquesa el que determina els conflictes contemporanis, el que mobilitza molts col·lectius socials, sinó més aviat la distribució del risc.<sup>20</sup> Un bon exemple d'això el trobem en la proliferació de lluites com les que es produeixen entorn de l'energia nuclear, els residus tòxics, les grans obres públiques o els aliments transgènics. El risc, com demostren aquestes lluites, ocupa cada cop més una part central dels debats socials i de les agendes polítiques dels governs i col·lectius socials.

El que és interessant de destacar, però, és que en la proposta de Beck aquest «risc» no té tant a veure amb un càlcul tècnic, amb una perillositat manifesta i actual, sinó més aviat amb una percepció social i potencial dels mals associats a un sistema enormement potent i pròsper, però paradoxalment catastròfic i potencialment destructiu. Les amenaces actuals, tal com són percebudes, tenen una naturalesa inèdita, global i catastròfica. Són amenaces que, a diferència dels mals del passat, no respecten les fronteres tradicionals ni les distincions entre classes socials, països o generacions. La por de catàstrofes d'aquest tipus –dels efectes d'un desastre nuclear, del canvi climàtic, o dels prions de les vaques boges– ocupa cada cop més espai en els debats públics i en la consciència dels ciutadans.

El paper del coneixement tecnocientífic en aquest context és molt important i, a la vegada, paradoxal. D'una banda, la diversitat de cursos d'acció i de possibilitats que obre el desenvolupament científic i tecnològic actual actua com a font de seguretat davant d'aquests riscos, augmentant d'una banda les fonts de legitimitat i de seguretat que el

---

<sup>20</sup> Segons sosté Beck, el gran desenvolupament científic i tècnic de les nostres societats en les darreres dècades i la seva profunda articulació amb el sistema industrial i polític hauria ajudat a crear unes condicions històriques particulars que haurien permès l'emergència del que ell anomena la «societat del risc». Aquesta societat estaria determinada per una profunda dependència de l'eix que articula ciència-indústria-política i pels nous conflictes que estaria generant aquest canvi en relació amb les forces estructurants de la societat industrial. L'alternança en favor d'un sistema científic-tècnic-industrial-polític estaria obrint una sèrie de conflictes que girarien entorn de la noció de risc i que ens portarien a debatre constantment entre els beneficis i perjudicis associats a aquests avenços i progressos científics-tècnics-industrials. La distribució desigual d'aquests riscos, d'aquestes amenaces seria el nou motor estructurant de la societat (Beck, 1994a; 1994b; Giddens, 1990).

públic percep i multiplicant, d'altra banda, els mecanismes públics per a avaluar i actuar enfront d'aquests riscos. Alhora, però, actua com un potent multiplicador de les fonts de controvèrsia i d'incertesa. Com a conseqüència d'això, l'individu actual es veu empès cada cop més a avaluar i a decidir, a qüestionar quotidianament, tant de manera individual com col·lectiva, les seves accions sobre la base de coneixements múltiples, sobretot de caire tecnocientífic que, tot i ser una font de confiança, no són mai font de seguretat definitiva.

Paradoxalment, doncs, en una societat cada cop més informada i articulada al voltant de coneixement expert, no paren de multiplicar-se les controvèrsies i les fonts d'incertesa. La sensació de risc es multiplica i esdevé quotidiana i els debats tecnocientífics ocupen així el centre del debat públic. Escollir entre un producte o un altre al supermercat, exposar-nos a una nova tècnica mèdica o, simplement, encendre una cigarreta es converteixen avui dia en motiu de controvèrsia, de deliberació, d'elecció, de decisió i, per tant, en un procés que implica confrontació de coneixements i d'arguments, de percepcions i d'avaluacions de riscos, sobretot de caire científic i tècnic.

Vivim, per tant, en una societat en la qual una bona part dels conflictes centrals giren entorn de la distribució social d'aquest coneixement expert, de la distribució social d'aquests riscos. En aquest context, la ciutadania es percep cada cop més com un actor polític important. Els riscos ja no són inevitables: cada cop més depenen de les decisions, de les omissions, de les informacions a què hom pot tenir accés. Cadascú és, d'alguna manera, responsable del control i la gestió dels seus riscos, individualment però també socialment. Les atribucions de responsabilitat, les distribucions de responsabilitat, per tant, són constants en la societat del risc i en elles, el coneixement i la distribució social del saber tecnocientífic hi té un paper clau. Per aquest motiu l'accés generalitzat al coneixement expert esdevé una prioritat política i una reivindicació de molts col·lectius. Disposar d'informació, saber les garanties d'una determinada innovació, d'un determinat coneixement, saber els beneficis però també els riscos d'un determinat producte tecnocientífic és quelcom cada cop més important en una societat en la qual és inevitable avaluar i decidir entorn de riscos. No ens hem d'estranyar, doncs, que en aquest context cada cop sigui més important parar atenció als indicadors que ens permeten recollir els conflictes i la complexitat vinculada a aquesta transformació històrica de la societat, tan vinculada d'altra banda a la distribució social i generalitzada d'informació i coneixement tecnocientífic (Cerezo i Luján, 2000).

### 6.2.3. LA INTERACCIÓ CIÈNCIA-SOCIETAT: LA SOCIETAT COM A AGENT ACTIU

Una altra línia de reflexió que és interessant plantejar té a veure precisament amb aquesta modernització política de la presa de decisions en matèria de ciència i tecnologia. En el món actual, especialment en els països desenvolupats, la societat civil ha arribat a un protagonisme que no fins fa poc no tenia, sigui per mitjà d'un activisme més espontani o per mitjà de grups d'interès o moviments socials ben organitzats. La participació ciutadana, també en qüestions de ciència i tecnologia, s'ha convertit en una garantia de viabilitat pràctica i de legitimitat democràtica de les polítiques públiques. Per aquest motiu, els indicadors que recullen aquesta participació creixent són cada cop més importants.

Com també veurem en el capítol següent, la introducció de mecanismes democràtics en l'àmbit de la recerca i de les polítiques públiques sobre ciència i tecnologia és un valor en una societat del coneixement com la nostra i un indicador cada cop més important –molt útil per a triangular amb altres indicadors d'impacte social– de la qualitat del vincle que hi

ha entre recerca i societat. La consciència de la importància d'aquestes qüestions, relatives a la sensibilitat i les opinions dels ciutadans, a la percepció i valoració social de la recerca, ha augmentat també en els darrers anys i demostra aquest interès per reorientar, en un marc de normalitat, les polítiques públiques cap a les necessitats de la població i cap a les demandes socials.

### 6.3. El retorn social de la recerca en la ciutadania

En una societat del coneixement i del risc, caracteritzada per la generació i la circulació constants de coneixements especialitzats, molts dels quals no estan exempts de polèmiques i controvèrsies, tothom coincideix a considerar que és d'una importància vital la promoció del coneixement científic com un bé públic, com un bé comú. Es tracta d'impedir que es produeixi una divisió entre els qui tenen accés al saber, i es beneficien del desenvolupament dels coneixements, i els qui no l'hi tenen. En aquest context, és molt important disposar d'informació sobre la igualtat d'oportunitats potencial en relació a la distribució i comprensió social d'un recurs tan preuat com el coneixement especialitzat. I també sobre el diàleg permanent que s'estableix entre la ciència i la societat civil, no solament a l'hora d'avaluar el retorn social de la recerca, sinó també a l'hora d'avaluar el grau de desenvolupament social, de benestar de la ciutadania i de maduresa democràtica de les societats contemporànies.<sup>21</sup>

En aquest sentit és important fer notar que els darrers anys han augmentat els estudis en aquest àmbit (Martínez i Albornoz, 1998). La consciència que és important millorar i promoure un bon diàleg entre ciència i societat ha fet créixer un camp que, amb el nom de *Public Understanding of Science*, PUS (Wynne, 1995) ha procurat, des de diferents disciplines, aportar una mica de llum al voltant de les complexes i sovint desconegudes interaccions, relacions, interessos i percepcions mútues que determinen el vincle creixent que hi ha entre ciència i societat a les societats contemporànies (Miller, 1998). Els darrers anys, en aquest sentit, han estat anys de creixement i consolidació per a aquest camp d'estudi, fins al punt que s'ha convertit en un àmbit independent i cada cop més central en la valoració del retorn social de la recerca (vegeu, per exemple, el directori que dedica l'OCDE a aquestes qüestions)<sup>22</sup>. Aquest context de creixement contrasta, d'altra banda, amb el desinterès i el menysteniment que s'ha concedit clàssicament a aquest àmbit de retorn. La imatge clàssica de la ciència, juntament amb una concepció tradicionalment acientífica i passiva de la societat, havia conduït l'estudi de l'enteniment i la percepció públiques de la ciència a un territori marginal i secundari. La divulgació i la popularització de la ciència eren considerades activitats menors i de segona categoria en una carrera científica. La societat, igualment, era percebuda com una societat naturalment anticientífica o desinteressada per aquestes qüestions. Conseqüentment, l'estudi de l'impacte en l'imaginari públic de la ciència i la tecnologia era considerat també un àmbit perifèric, secundari de l'estudi de l'impacte social de la ciència.

Únicament es mostrava un cert interès per l'estudi del grau de coneixement de la ciutadania envers determinades teories i coneixements bàsics de la ciència. Predominava

<sup>21</sup> Una bona prova d'aquesta sensibilitat social i política que relaciona el desenvolupament econòmic i el progrés social amb els avenços en la recerca és l'acord del Consell Europeu de Lisboa del 2000, refrendat posteriorment pels acords de Niça i Barcelona, sobre l'ambició europea d'aconseguir per al 2010 «l'economia del coneixement més competitiva i més dinàmica del món, capaç d'un creixement econòmic sostenible acompanyat de la millora quantitativa i qualitativa de l'ocupació laboral i de més cohesió social».

<sup>22</sup> [www.ocde.org](http://www.ocde.org) (Directorate for Science, Technology and Industry/S&T Policy/Public Understanding of Science and Technology).

un model lineal i basat en la transmissió unilateral d'informació. El PUS, tanmateix, ha aconseguit transformar en els darrers anys aquest menysteniment. Arrelat en la perspectiva de ciència, tecnologia i societat, aquest tipus d'estudis han aconseguit variar tant la idea clàssica de ciència com la idea de societat subjacent a aquest model lineal de comunicació científica i d'avaluació de l'impacte social de la recerca. Conseqüentment, des d'un model més reticular i complex, han aconseguit posar de manifest la imprescindible i variable relació que manté la ciència amb el públic, i a l'inrevés.<sup>23</sup>

En les societats actuals, argumenten aquests estudis, els ciutadans es mostren cada cop més interessats en la informació científica i perceben cada cop amb més claredat els efectes positius i la importància de la ciència i la tecnologia sobre el desenvolupament econòmic i la millora de les seves condicions de vida i de treball. Però també ens diuen que els preocupa cada cop més l'impacte negatiu que de vegades produeixen determinades innovacions o la utilització inapropiada dels resultats de la recerca. Aquest equilibri entre beneficis i perjudicis els porta sovint a haver-se d'enfrontar a dilemes de difícil solució i de mala comprensió per a ells. El cas dels organismes modificats genèticament i les qüestions de salut alimentària, els desenvolupaments en les tecnologies de la informació i la comunicació i les qüestions referents a la privadesa, o l'avenç en els mitjans de transport i les qüestions relatives a la demanda energètica i la conservació del medi ambient en són una bona prova.

Per tot això, la societat civil reclama cada cop més als poders públics una participació real i efectiva en els processos d'elaboració i de decisió dels plans i actuacions en investigació científica i desenvolupament tecnològic. Aquest fet obliga aquestes institucions a establir procediments per al foment del diàleg entre ciència i societat. Un diàleg que estigui basat en la confiança mútua i en la participació de tots els seus agents: científics, tecnòlegs, financers, administradors públics, organitzacions i ciutadans. Cadascun d'ells assumint la seva part de responsabilitat en la governança de la recerca, apropant-la al ciutadà, assegurant-li la utilització dels avenços científics i assegurant a la ciutadania una recerca compromesa amb el desenvolupament social i amb la satisfacció de les demandes socials, en especial tot el que té a veure amb la ponderació de riscos no desitjats.

Per a fer possible aquest diàleg, per a fer més eficaç aquesta participació, assenyalen aquests estudis, és imprescindible emprendre accions decidides per tal que la ciutadania, el públic, pugui formar més bé la seva opinió científica. En aquest sentit, apunten, cal crear els mecanismes que permetin fomentar l'adquisició d'una cultura científica i tecnològica bàsica i constant. En aquest entorn, els mitjans de comunicació i les noves tecnologies de la informació i la comunicació hi tenen un paper crucial, tant en la comunicació com en la divulgació de la recerca, ja que esdevenen agents de transmissió i de socialització no formals molt importants.

---

<sup>23</sup> És important destacar, en aquest sentit, el paper que les ciències socials han tingut en la revalorització d'aquest àmbit d'estudi, en especial dels anomenats *estudis socials de la ciència i la tecnologia* (Mulkay, 1979; Latour i Woolgar, 1979; Shapin i Schaffer, 1985; Collins i Yearley, 1992; Latour, 1987, 1992; Wynne, 1995). Aquests, gràcies a l'aprofundiment en l'explicació de la complexa relació entre ciència i societat, han contribuït a posar de manifest que no té sentit plantejar la ciència com una activitat deslligada de la societat, com tampoc plantejar una societat al marge de la ciència. Ciència i societat s'entrelliguen i es vinculen de formes intenses i complexes en les societats contemporànies, formant un teixit sense costures difícil de discernir i impossible de deslligar si volem explicar tant l'avenç de l'activitat científica com el desenvolupament de la societat.

## 6.4. Indicadors

### 6.4.1. INDICADORS *OUTCOME*

Quan hom repassa la bibliografia disponible en aquest camp, s'adona que hi ha bàsicament dues grans formes de plantejar els indicadors en aquest àmbit: la forma nord-americana i la forma europea. La primera inclou tres grans blocs: interès per la ciència (*attentiveness*), cultura científica (*scientific literacy*) i percepció social de la ciència. Des del punt de vista europeu, es mantenen una bona part dels mateixos indicadors, però s'exclou el bloc que fa referència a la cultura científica. Generalment aquests són tractats com a indicadors d'educació. En el nostre cas, plantejem prendre com a base els indicadors desenvolupats en l'àmbit europeu, però també recollir índexs estàndard de cultura científica (com els que fa servir la National Science Foundation, [www.nsf.org](http://www.nsf.org))<sup>24</sup> per a complementar aquesta informació.

En relació amb el bloc d'indicadors que ens permet avaluar l'interès i el seguiment que es fa normalment de la informació i les innovacions científiques i tecnològiques (en el món anglosaxó, això s'anomena *attentiveness*), cal comentar que l'objectiu d'aquest tipus d'indicadors és identificar la proporció de la població interessada en temes científics. Es tracta de conèixer el grau d'interès que té la població general per diferents temes científics i valorar fins a quin punt hi ha un interès «actiu» per temes de recerca. La majoria d'estudis en aquesta línia plantegen com a problemàtic el tema de la desitjabilitat social dels enquestats. El enquestats contesten habitualment el que consideren que és més desitjable socialment, és a dir, el que creuen que se n'espera. Aquest és un factor que emmascara sovint els resultats obtinguts en aquest camp. També se sap que s'acostuma a trobar un altre factor emmascarador: els enquestats declaren que es consideren menys informats en allò que més els interessa. En aquest sentit, la font més fiable per a determinar aquest interès actiu acostuma a ser el consum d'informació sobre aquest temes (televisió, diaris, ràdios, llibres, revistes i, més recentment, internet).

En relació amb el bloc d'indicadors que ens permet avaluar la cultura científica (el que, en el món anglosaxó, s'anomena *scientific literacy*) fóra bo assenyalar que és un conjunt d'indicadors que vol analitzar el grau de coneixements de la població en general en matèria científica. Alfabetitzar científicament –en una societat organitzada al voltant de la generació contínua de coneixement cada vegada més especialitzat– és una manera d'evitar que una bona part de la població quedi fora de la discussió i de la presa de decisions sobre assumptes públics, la majoria dels quals tenen un component tecnocientífic molt important. És per aquesta raó que la capacitació científica és considerada cada cop més una prioritat educativa, política i social.

De fet, des de fa ja un temps, conceptes com *alfabetització científica*, *cultura científica* o *educació CTS* (ciència, tecnologia i societat) han començat a sonar amb força en diferents institucions públiques rellevants (Unesco, 1994; International Council for Science, 1999; International Bureau of Education, 2000; Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura - OEI, 1999; programa *Science & Society* de la Comissió Europea). Habitualment s'inclouen en l'àmbit d'educació, ja que es pressuposa que una gran part d'aquesta capacitació es produeix per mitjà dels currículums que

<sup>24</sup> Vegeu l'informe de la National Science Foundation (2006). *Science and Engineering Indicators 2006*. Chapter 7: «Science and Technology: Public Attitudes and Understanding». <http://www.nsf.gov/statistics/seind06/pdf/c07.pdf>

ofereixen els diferents estaments educatius formals. No obstant això, també considerem necessari analitzar aquest grau de cultura científica, prenent els indicadors desenvolupats per la National Science Foundation dels EUA (l'anomenat *index of scientific literacy*) des d'un punt de vista més general. És evident que la institució educativa és clau per a la formació d'una societat científicament capacitada i per a la formació de vocacions científiques; tanmateix, no és l'únic agent capacitador i socialitzador de coneixement científic. En aquest sentit, i en una societat mediàtica com la nostra, creiem convenient ampliar aquesta mesura per al conjunt de la població general i incloure-la també com un indicador de retorn social de la recerca en el conjunt de la ciutadania.

Convé destacar també que, dins d'aquest camp, s'ha produït una discussió interessant sobre com s'ha d'avaluar aquesta cultura científica. Tradicionalment aquesta ha estat mesurada com a grau de coneixement factual, com a quantitat d'informació científica, de fets i teories, que hom és capaç de recordar, identificar o conèixer. Darrerament, però, s'ha fet un esforç per a posar de manifest la necessitat de valorar la cultura científica des d'un punt de vista més relacional i significatiu. Ja no és tan important conèixer quanta informació científica té la població en general com conèixer els aprenentatges significatius de la ciutadania en relació amb la ciència i la tecnologia i la capacitat d'aquesta per a accedir a coneixement rellevant (Wynne, 1995).

D'aquesta discussió es deriva que la cultura científica no s'ha d'entendre només com una mesura del coneixement enciclopèdic de coneixements científics, sinó també com una mesura de les competències i la capacitació científica –metodològica i procedimental– de la ciutadania. Igualment, aquesta cultura científica fa referència no únicament als aprenentatges formals que proveeixen les institucions educatives formals –coneixement general i nivell d'estudis de la població– sinó sobretot als aprenentatges no formals que provenen d'altres agents socialitzadors, en especial dels mitjans de comunicació. Aquests són considerats agents molt importants a l'hora de valorar la distribució social del coneixement especialitzat.

Finalment el tercer bloc d'indicadors recull i mesura el recolzament, la sensibilitat, el valor social que la ciutadania atorga a la recerca, els beneficis i perjudicis que veu en el desenvolupament científic i tecnològic i, per tant, la confiança o suport que li atorga a l'hora de prendre decisions, tant individualment com col·lectivament. Aquest és un bloc força treballat i estandarditzat internacionalment. Recull per mitjà d'ítems d'actitud i de percepció social la sensibilitat, les opinions, la confiança i el valor social que dona la ciutadania a l'activitat i a les produccions de la recerca.

La recollida d'informació en aquest camp es produeix habitualment a partir d'estudis d'opinió pública quantitativa en els quals, per mitjà d'una macroenquesta, s'estableixen les principals percepcions de la ciutadania. Des de fa anys, la Comissió Europea fa estudis sobre l'opinió i les actituds dels ciutadans mitjançant els eurobaròmetres. Els eurobaròmetres 38.1 (1992) i 55.2 (2001) van estar dedicats a la percepció social de la ciència i la tecnologia en els països membres de la UE.<sup>25</sup> No obstant això, des de fa temps també la Comissió Europea recomana als diferents països que aprofundeixin en l'anàlisi de

<sup>25</sup> European Commission (2001). *Europeans, Science and Technology*. Eurobarometer. 55.2.

[http://europa.eu.int/comm/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_154\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/public_opinion/archives/ebs/ebs_154_en.pdf)

European Commission (2005a). *Europeans, Science and Technology*. Eurobarometer. 224/Wave. 63.1.

[http://europa.eu.int/comm/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_224\\_report\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/public_opinion/archives/ebs/ebs_224_report_en.pdf)

European Commission (2005b). *Social Values, Science and Technology*. Eurobarometer. 225/Wave. 63.1.

[http://europa.eu.int/comm/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_225\\_report\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/public_opinion/archives/ebs/ebs_225_report_en.pdf)



les seves respectives opinions públiques. En el cas espanyol, des del 2001 és la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) qui porta a terme aquests estudis de percepció social de la ciència i la tecnologia. L'enquesta que dissenyà el FECYT prenia com a base la de l'eurobaròmetre («Europeans, Science and Technology», 2001) i incorporava, a més, l'estudi 2213 del Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS), publicat el 1996, que tenia una primera part dedicada a la percepció social de la ciència i la tecnologia a l'Estat espanyol. L'enquesta mantenia, però, l'estructura temàtica de l'eurobaròmetre del 2001, en el qual es distingien set apartats: 1) Informació, interès i coneixement; 2) Valors, ciència i tecnologia; 3) Responsabilitat dels científics; 4) Organismes modificats genèticament; 5) Nivells de confiança; 6) Els joves i la crisi de les vocacions científiques; 7) La investigació científica europea. L'aspecte més innovador de l'enquesta del FECYT, que pot ser d'interès per al context d'aquesta investigació, fou incloure la comparació entre comunitats autònomes precisament per a veure les diferències que s'hi produïen en matèria de percepció social de la ciència i la tecnologia. En aquest sentit, s'hi poden trobar dades interessants sobre Catalunya.

Els resultats de l'eurobaròmetre, en aquest sentit, havien mostrat un grau considerable d'homogeneïtat en l'opinió pública europea sobre ciència i tecnologia. Els resultats d'àmbit espanyol situaven la població espanyola en una zona mitjana de les taules estadístiques, confirmant que la societat espanyola s'homologava al conjunt de l'opinió pública europea en les seves percepcions i actituds davant la ciència i la tecnologia. L'estudi encarregat per la FECYT i Demoscopia buscava, en aquest sentit, ampliar aquests resultats a partir de la comparació entre comunitats autònomes. El grup d'experts de la FECYT va proposar un estudi general de la percepció, actitud i valoració de la ciència i la tecnologia de la societat espanyola, sense entrar en qüestions específiques. L'apartat 4 de l'eurobaròmetre va ser eliminat, per exemple. També es va modificar l'apartat 7 i es preferí centrar les qüestions en el nivell de la investigació científica a l'Estat espanyol. D'altra banda, no es va voler valorar el nivell de coneixements científics que tenien els enquestats, a diferència del que fan altres enquestes similars com és el cas dels EUA (*National Science Foundation*). Amb aquesta proposta, la FECYT volia fer un primer pas en aquest tipus d'estudis i recomanava estudis posteriors més detallats per part de les mateixes comunitats autònomes. No tenim constància que aquest estudi més minuciós s'hagi fet en l'àmbit català<sup>26</sup>. No obstant això, creiem que aquesta base és suficient per a plantejar una sèrie d'indicadors interessants per a avaluar la percepció i la valoració social de l'opinió pública catalana en relació amb la ciència i la tecnologia.

Per això mateix, creiem que des d'un punt de vista metodològic pot ser interessant fer ús d'aquests instruments que ja existeixen. Sobretot a l'hora de valorar de manera genèrica la percepció, l'actitud i la valoració social de l'opinió pública catalana en relació amb la recerca (vegeu FECYT, 2006)<sup>27</sup>. Per a completar aquestes dades, tanmateix, creiem important incorporar també altres indicadors utilitzats en enquestes semblants, sobretot l'enquesta de la *National Science Foundation* dels EUA, relatius al grau de coneixement i cultura científics de la població en general.

Els indicadors que proposem fer servir són els següents:

- Interès en temes científics i tecnològics

<sup>26</sup> Aquest es l'únic treball que hem trobat al respecte: (Ribas, C.; i Cáceres, J. 1997). «Perceptions of Science in Catalan Society». *Public Understanding of Science*, vol. 6, pàg. 143-166.

<sup>27</sup> FECYT (2006). *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2006*. <http://www.fecyt.es/fecyt/docs/tmp/345032001.pdf>

- Grau d'interès en temes científics (per temes).
  - Freqüència amb la qual es consumeix informació i mitjans científics (en diaris, revistes, llibres, ràdios, televisió, i més recentment, internet).
  - Tipus de notícia o d'informació que es consumeix (per temes).
- Cultura científica (fent servir els indicadors que planteja la National Science Foundation, *Science and Engineering Indicators*, 2006).
    - Qüestionari estàndard de preguntes sobre coneixements científics.
    - Grau de comprensió del procés científic (inclouen preguntes que permetin copsar també el grau de comprensió del procediments científics: per exemple, com funciona un experiment, etc.).
- Percepció social de la ciència
    - Valoració social de la recerca.
    - Beneficis socials percebuts.
    - Perjudicis socials percebuts.
    - Valoració de les professions científiques
    - Valoració de la confiança en termes de ciència i tecnologia per professions.
    - Valoració social de la informació científica.
    - Nivell de consciència de l'impacte de la ciència.
- Actituds en relació amb la ciència i la tecnologia
    - Balanç entre aspectes positius i negatius de la ciència.
    - Percentatge de valoració positiva.
    - Percentatge de valoració negativa.
    - Nivell de confiança en la informació i el coneixement científic.
    - Nivell de confiança en els científics i la seva responsabilitat.
- Suport a la recerca:
    - Actituds envers la promoció de la recerca (cal especificar per àrees i temes).
    - Importància política de l'impuls de la ciència.

Aquesta informació es podria complementar amb altres indicadors importants, com ara:

- Índex de Confiança Científica/Índex de Reserves Científiques<sup>28</sup>.
- Valoració social de la ciència (per ciències).
- Valoració social dels científics.
- Valoració social de la informació científica (hi ha un estudi que la relaciona amb altres tipus de coneixements).

Finalment, cal destacar que el fet d'atendre i avaluar aquestes relacions entre ciència i societat ens permet, també, disposar d'informació reflexiva per tal d'avaluar la qualitat social de la mateixa recerca, entenent aquesta qualitat com el grau de compromís percebut en l'àmbit ciutadà del compromís de la recerca amb les principals demandes socials, i la satisfacció amb aquesta.

<sup>28</sup> Índex inspirats en els index que utilitza la National Science Foundation ([www.nsf.gov](http://www.nsf.gov)) per mesurar les actituds públiques en relació a la ciència (Index of Scientific Promise i Index of Scientific Reservations). En les dades de la National Science Foundation hi ha dades també específicament d'Europa.

#### 6.4.2. INDICADORS *OUTPUT*

Com dèiem, capacitar científicament la ciutadania és important en una societat organitzada al voltant de la generació constant de coneixement especialitzat. En una societat en la qual la majoria d'assumptes públics tenen un clar component tecnocientífic, la divulgació i popularització de la cultura científica esdevé un element clau i un recurs central per a fomentar i permetre la participació de la ciutadania en les discussions i els debats públics. Alhora és una mesura crucial per a evitar la creació d'esclerxes o diferències en funció de la distribució desigual d'aquest coneixement i dels recursos per a discutir-lo o apropiar-lo. Per això, l'avaluació dels riscos i la presa de decisions, tant col·lectivament com individualment, actualment està estretament relacionada amb aquesta distribució socialment justa i equitativa del coneixement especialitzat.

En aquest sentit és fonamental, en primer lloc, parar atenció als recursos i esforços, com a *output* del sistema ciència-tecnologia, i als indicadors que ens permetin mesurar la distribució social d'aquest coneixement. En aquest context, creiem que és important analitzar tant les accions encaminades a promoure el coneixement, a divulgar-lo, a fomentar la participació crítica, la comprensió i l'interès per la recerca entre la ciutadania en general, com les accions encaminades a millorar el grau de comprensió, interès i valoració social que desvetlla aquesta circulació del coneixement especialitzat que prové de la recerca. Ambdós aspectes són crucials, estratègics, per tal de promoure el desenvolupament social, per a augmentar el benestar social de les persones i per a estructurar unes societats robustes, participatives, ben informades i democràtiques.

Hem dividit la proposta d'indicadors en el apartats següents:

##### I) Activitats de divulgació de la comunitat científica:

- Finançament d'activitats de difusió: Percentatge del pressupost públic destinat a activitats de difusió i divulgació científica.

##### II) Publicacions de divulgació científica

- Nombre de publicacions de divulgació científica editades a Catalunya.
- Articles de divulgació:
  - Nombre brut d'articles de divulgació científica.
  - Percentatge sobre el volum total de la publicació.

##### III) Participació dels investigadors en la divulgació científica.

- Percentatge d'investigadors que participen en activitats de divulgació científica.
- Percentatge d'investigadors que participen en publicacions de divulgació.

En aquest punt voldríem destacar que seria important completar aquestes dades, i triangular-les, amb les que emergissin d'una enquesta entre els investigadors catalans que avalués la percepció social, l'opinió i valor (en termes de beneficis socials i contribució al desenvolupament i a la inclusió social) que donen a les accions de divulgació científica (la FECYT té indicadors en aquest sentit, sobre la percepció de la divulgació científica pels investigadors).

## IV) Implicació dels centres de recerca en la divulgació científica:

- Percentatge de centres de recerca finançats amb pressupost públic que esmenten en la seva missió (en els estatuts) el concepte *divulgació científica*, o similar.
- Percentatge d'instituts de recerca que tenen unitats de comunicació pública.
- Percentatge de centres de recerca que fan activitats de divulgació.
- Percentatge de grups de recerca reconeguts que tenen una pàgina web.
- Percentatge de centres de recerca que tenen un espai de divulgació dins del web.

## V) Comunicació social de la ciència:

## 1) Mitjans de comunicació:

- Presència als mitjans:
  - Revistes de divulgació científica (*mass media*) - percentatge de revistes en relació amb el total
  - Nombre de lectors
  - Programes dedicats a la ciència (ràdio i televisió):
    - Percentatge d'hores que tenen els programes de ciència sobre la programació setmanal.
  - Suplements diaris:
    - Percentatge de diaris que tenen seccions específiques dedicades a informar i comunicar sobre innovació i ciència.
    - Nombre de diaris que tenen seccions permanents dedicades a ciència (tant per cent respecte del total).

## 2) Museus i exposicions:

- Nombre d'exposicions de ciència i tecnologia.
- Pressupost públic que es destina a finançar centres, museus, exposicions i centres d'exhibició de ciència i tecnologia.

## 3) Formació d'experts en comunicació social de la ciència:

- Nombre de màsters, programes de formació especialitzada en la divulgació i comunicació pública de la ciència.

Voldríem assenyalar també la pertinença d'elaborar més clarament un seguit d'*outputs* que de manera més clara i específica avaluessin el paper de les tecnologies de la informació i la comunicació en la popularització i divulgació de la recerca. Tot i ser evident el grau d'incidència i la transformació que aquestes tecnologies tenen en la forma de produir i distribuir coneixement expert, encara no hi ha prou estudis sistemàtics que permetin mesurar-ne la incidència real a l'hora de socialitzar i convertir en un bé públic el coneixement especialitzat. Per ara, les dificultats metodològiques que planteja adaptar-se a un context informacional comunicacional tan heterogeni, global i canviant semblen imposar-se a les necessitats d'estudiar el paper d'uns agents socialitzadors tan importants com aquests.

## 7. GOVERNANÇA

### 7.1. Cultura tecnològica

Un aspecte sovint oblidat del retorn social de la ciència resideix en l'àmbit de la política: els impactes de la recerca en les institucions polítiques i, en general, en tots aquells actors que intervenen en els processos de governança o en la dinàmica de les *relacions de poder*. Un dels fenòmens més importants de la societat contemporània és, de fet, la presència creixent de qüestions amb un fort component científic o tecnològic en l'agenda política. Vivim, sens dubte, en una *cultura tecnològica*.

Un cop d'ull a la premsa diària ens permet copsar la gran proliferació de *controvèrsies* entorn de qüestions científiques o tecnològiques que, ultrapassant els límits de les comunitats d'experts —científics i tecnòlegs—, esdevenen públiques i arriben, cada cop amb més insistència i soroll, als parlaments, als mitjans de comunicació i a les agendes polítiques dels governs. Molts dels protagonistes dels conflictes actuals no pertanyen a l'entrellat clàssic de les discussions socials o polítiques: aliments transgènics, antenes de microones, virus modificats genèticament, canvi climàtic, reactors nuclears, etc.

Els parlaments i els governs han de prendre sovint decisions crucials que comporten coneixement científic: des de la continuïtat dels programes de prevenció d'una malaltia fins a l'autorització d'experiments amb cèl·lules mare o la comercialització d'un nou producte alimentari. Moltes d'aquestes qüestions afecten enormement la vida individual i col·lectiva dels ciutadans i esdevenen, sovint, fronts de discussió pública de primera línia. De fet, els governs de la gran majoria de països no només inverteixen un percentatge creixent dels seus pressupostos a la promoció de les activitats d'R+D+I, sinó que destinen directament molts recursos a projectes de recerca contractada en forma de dictàmens, informes o estudis sobre qüestions específiques que afecten les seves funcions o que requereixen algun tipus d'actuació pública.

Això ha fet que la presència d'experts científics, com a assessors, testimonis, perits o consellers sigui també una de les característiques més remarcables de la vida política contemporània. El coneixement científic és utilitzat sovint, implícitament o explícitament, com a base per a prendre decisions polítiques, dissenyar polítiques públiques o elaborar legislació. Aquest fet ha propiciat que alguns especialistes hagin considerat aquesta nombrosa i creixent cohort d'experts i assessors científics involucrats en l'activitat política com una veritable «cinquena branca» del poder. Tot plegat fa pensar que assistim a un fenomen global que es pot caracteritzar com un autèntic *gir cap a la ciència* de la política: la tendència dels governs i administracions públiques a recórrer al coneixement científic i tècnic per a obtenir més legitimitat i fonament a les seves polítiques i decisions (Jasanoff, 1990).

Aquest nou espai d'impacte de la recerca, malgrat la importància que té en termes d'influència en la vida quotidiana de la població, no ha estat gaire tingut en compte en els estudis previs sobre el retorn social de la recerca. En el cas d'Allen (2005), per exemple, només se'n recullen alguns aspectes relacionats, però com a elements secundaris i inserits en la dimensió social —més ampla i difusa.

Hi ha, en canvi, una certa tradició d'avaluació de la influència de la recerca en el disseny de polítiques públiques (Webber, 1991). Aquesta tradició, però, s'ha limitat

majoritàriament a copsar la influència de les *ciències socials* i ha deixat de banda altres àmbits de la recerca –en certa mesura, al contrari del que passa en la resta de dimensions que hem tractat en aquest estudi. Si bé és obvi que les ciències socials (principalment l'economia, la sociologia i la ciència política) tenen un impacte important en l'àmbit polític, atès el caràcter social de la major part de polítiques públiques, no s'ha de cometre l'error de rellevar a un segon pla el paper d'altres àmbits de la recerca. Tant les telecomunicacions i les infraestructures, com la salut o el medi ambient, constitueixen àrees de regulació política en les quals el recurs a la recerca i al coneixement científic és cada cop més habitual.

## 7.2. L'esclatxa entre ciència i política

En l'àmbit de l'Administració pública el retorn social de la recerca es pot concretar en la mesura com l'ús de coneixement científic produeix beneficis en la millora de les polítiques públiques: en el disseny, en la implantació o en l'avaluació d'aquestes polítiques. Això pot implicar l'ús de coneixement científic o tecnològic prèviament disponible o bé un coneixement fruit d'activitats de recerca desenvolupades amb l'objectiu específic de millorar els processos de decisió política. Aquest darrer cas és el que desvetlla més atenció entre els diferents estudis realitzats en els darrers anys –en part perquè és quantitativament i qualitativa més important– i ha estat conceptualitzat com a *recerca políticament rellevant* (Bartzokas, 2002).

Aquests estudis mostren, en general, que l'ús de la recerca en contextos polítics constitueix un fenomen problemàtic per diferents motius. En primer lloc, l'evidència mostra que els polítics o, més en abstracte, els processos de decisió política, fan *poc ús* del coneixement produït en l'àmbit de la recerca. En un famós treball, Caplan (1979) va formular, fins i tot, una hipòtesi per a explicar aquesta manca de rellevància política de la recerca, postulant l'existència de *dues comunitats*, o cultures, amb valors i maneres de veure el món força allunyades.

Aquesta mena d'explicacions primigènies, en forma d'*esclatxa cultural*, es basen en una dicotomia massa simplista entre «usuaris» i «productors» del coneixement i en el supòsit que l'ús de la recerca alimenta els processos polítics de manera directa i lineal. Tot i que la hipòtesi de les dues cultures simplifica excessivament el problema, és obvi, tanmateix, que la relació entre l'àmbit de la recerca i el de la política presenta dificultats importants.

D'una banda, els investigadors consideren sovint que no hi ha una audiència política per a la seva feina, malgrat la importància social de les seves observacions o la rellevància política de les explicacions que desenvolupen en els seus treballs. Per la seva banda, els polítics sovint consideren que les contribucions dels investigadors no són rellevants o les veuen com a massa esotèriques; sota el seu punt de vista, la recerca se centra massa en qüestions teòriques molt allunyades de les preocupacions de caire pràctic dels polítics (Stone, 2002). De fet, es pot parlar també de diferents concepcions de «coneixement» des d'un costat i l'altre.

Tanmateix, no es tracta únicament que els polítics (o l'entorn polític) tingui poca predisposició a fer servir el coneixement científic, sinó que per a guanyar rellevància política la recerca mateixa ha de fer una certa transició per a presentar-se en formes adequades als seus usuaris potencials. En aquest sentit, cal esmentar que pocs estudis intenten relacionar la qualitat de la recerca amb el seu potencial d'influència en qüestions

polítiques: s'obvia d'aquesta manera el fet que moltes investigacions no exploren les seves recomanacions potencials, per sistema o per principi.

### 7.3. El model tecnocràtic

La idea convencional sobre la manera com el coneixement científic intervé en la presa de decisions polítiques es pot resumir en la seqüència següent: els experts científics es reuneixen, convocats per una institució pública o governamental, discuteixen l'evidència disponible a la claror dels coneixements disponibles, sense estar influïts per valoracions polítiques, morals o per interessos extracientífics previs, i resolen finalment la qüestió. El seu dictamen és llavors utilitzat per agents socials o polítics per a prendre les mesures pràctiques apropiades, en forma de regulacions, normatives, prohibicions o recomanacions. La ciència es limita a posar sobre la taula els fets establerts perquè les instàncies socials i polítiques debatin, posteriorment, sobre els cursos d'acció més convenients. Els fets científics, d'aquesta manera, marquen els límits o el marc en què s'han de situar les discussions sobre valors, inclinacions ètiques o morals, i les decisions polítiques.

Aquest model, que es pot anomenar *tecnocràtic*, no encaixa, però, amb la situació que descriuen els nombrosos estudis de cas fets en les darreres dècades. El problema fonamental és que les dificultats en el vincle entre recerca i política no es poden explicar únicament per l'existència de dues cultures molt diferenciades: en la majoria de controvèrsies públiques entorn de temàtiques relacionades amb la ciència i la tecnologia és possible trobar científics en cadascun dels bàndols enfrontats:

*All of us, and not just the analysts of technological politics, are now accustomed to seeing experts disagreeing (almost nightly on television) over just about everything technological –from lavatory rim-blocks to fast-breeder reactors, from aerosol sprays to genetic engineering, from the health effects of fertilizer residues to the codisposal of toxic and domestic waste in landfill sites. What is more, we are used to them going on and on disagreeing (Schwarz i Thompson, 1990, 25).*

L'expertesa científica, per comptes de constituir l'element neutral que defineix el marc o els límits dels problemes, és utilitzada com a recurs propi pels diferents actors socials implicats: per grups d'afectats, associacions de consumidors, sindicats, grups ecologistes, etc. No solament són, doncs, els organismes governamentals o les empreses els qui recorren a experts científics –propis o contractats– per a fonamentar les seves posicions. Els experts han deixat de ser mers consultors o assessors «neutrals» i han esdevingut participants actius en les controvèrsies (Aibar i Quintanilla, 2002).

### 7.4. Ciència regulativa enfront de ciència normal

Hi ha dues maneres possibles d'explicar aquest fenomen. La primera, majoritària, consisteix a suposar que els científics també poden patir pressions ideològiques, econòmiques o de qualsevol tipus que, en alguns casos, poden conduir a un cert biaix en la seva conducta i en les seves apreciacions. Aquesta perspectiva ens aboca a solucions gairebé psicològiques o, en tot cas, a enfortir la responsabilitat social dels investigadors.

Una segona opció –que pot ser complementària de l'anterior– consisteix a identificar raons estructurals en el problema. En aquest sentit diversos estudis han analitzat en els darrers

anys les particularitats de la recerca políticament rellevant. S'han proposat diverses conceptualitzacions força properes entre si.

En un dels treballs primerencs en aquest camp, Salter (1988) proposava el concepte de *ciència per encàrrec*. Segons Salter, a diferència del que succeeix en la recerca ordinària, en la ciència per encàrrec els científics reben encàrrecs explícits, per part de l'Estat o d'altres institucions, per a avaluar una situació o fenomen problemàtic, de manera que el seu dictamen es pugui fer servir per a desenvolupar mesures polítiques o regulatives. Sheila Jasanoff (1990) proposa, per la seva part, el concepte de *ciència regulativa*. Aquests estudis mostren la dificultat de separar el component científic del polític en el context de la ciència regulativa: els comitès d'experts o els assessors científics no acostumen a restringir les deliberacions als elements purament tècnics o científics de la qüestió. Per acabar, Funtowicz i Ravetz (1993) fan servir el concepte de *ciència postnormal* per a referir-se a aquest àmbit de la recerca i posen l'èmfasi en el fet que les ciències implicades han de conèixer en un entorn d'interessos socials molt importants i de gran incertesa en els coneixements científics disponibles.

Un primer tret important de la ciència regulativa és l'absència d'alguns dels mecanismes de control de qualitat que operen habitualment en la ciència normal. Alguns d'aquests mecanismes (*peer review*, publicitat dels resultats i escrutini obert, etc.) són els que, precisament, asseguren un nivell òptim en la construcció de l'objectivitat dels coneixements científics.

En segon lloc, mentre que la ciència normal s'acostuma a portar a terme amb una certa independència del seu ús futur, els resultats de la ciència regulativa han estat en principi produïts amb l'objectiu de conduir a accions regulatives o polítiques, i els científics que hi participen són conscients que les seves conclusions afavoriran certs grups socials o institucions, mentre que en perjudicaran d'altres.

Un altre element característic de la ciència regulativa procedeix del fet que el ritme temporal de la política és més ràpid que el de la formació del consens científic (Collins i Evans, 2002). Això implica que moltes de les decisions públiques sobre temes relacionats amb la ciència i la tecnologia s'han de prendre abans que els científics es posin d'acord. Parlem de problemàtiques en les quals no es demana als investigadors que exposin coneixements sòlids o acceptats, sinó que se'ls consulta sobre qüestions de gran incertesa en les quals encara no hi ha un consens ampli entre els experts, bé perquè no tota la informació rellevant és disponible, bé perquè els procediments per a analitzar les dades i avaluar l'evidència empírica encara no s'han pogut establir. El problema és que la ciència regulativa s'acostuma a produir en un entorn polític –i sovint legislatiu o jurídic– en el qual precisament la incertesa és menys suportable i admissible que en la ciència normal, en el qual els investigadors estan acostumats a conèixer pràcticament diàriament amb un cert grau d'incertesa i indeterminació sobre els seus resultats i hipòtesis. Aquest entorn exerceix conseqüentment una gran pressió tàcita perquè els científics minimitzin les parts dels seus informes subjectes a una indeterminació més gran.

A aquest fenomen cal sumar-hi el fet que el paper essencial que els organismes governamentals i les institucions confereixen a la ciència com a recurs legitimador en la presa de decisions provoca que els informes o dictàmens invocats amb aquesta finalitat siguin automàticament posats en dubte per altres agents socials. El resultat és que, en alguns casos, els mateixos científics i enginyers reaccionen enfront d'aquestes crítiques externes exagerant la seguretat que tenen sobre les seves pròpies conclusions o reformulant



el que sovint són resultats provisionals i no conclouents. En certa mesura, els científics se senten obligats a satisfer la imatge social de total seguretat i previsibilitat que s'espera dels seus productes (Wynne, 1995).

## 7.5. Participació del públic

La interacció entre la recerca i l'àmbit general de la governança, però, no es pot limitar únicament al terreny de l'Administració pública, ni tan sols al de les institucions polítiques convencionals. De fet, tant en l'àmbit dels estudis sobre aquestes qüestions com en la pràctica política dels moviments socials contemporanis ha pres molta força la idea que la participació del públic en les decisions científicotecnològiques que els poden afectar no és només legítima, sinó desitjable. En les darreres tres dècades s'han dissenyat, posat a prova i implantat diferents mecanismes de *participació del públic* en temes de ciència i, principalment, de tecnologia que previsiblement podien tenir grans efectes en la vida pública i, en general, afectar parts importants de la població (Rowe i Frewer, 2000). Algunes d'aquestes formes, que han estat assajades principalment en països anglosaxons, a Escandinàvia i als Països Baixos –no a l'Estat espanyol–, són:

- les conferències de consens (*consensus conferences*)
- les audiències públiques (*public hearings*)
- els comitès de ciutadans (*citizens' panels*)
- els grups temàtics (*focus groups*)
- la gestió negociada (*negotiated rule making*)
- l'avaluació constructiva de tecnologies (*constructive technology assessment*)

Implícita en moltes d'aquestes experiències hi ha la creença que també les qüestions públiques vinculades amb la ciència i la tecnologia són susceptibles de sotmetre's a principis democràtics i no solament a l'opinió dels experts. Fins i tot s'ha arribat a formular la coneguda proclama de *no innovation without representation* (Goldman, 1992). Tot i que l'impacte d'aquestes iniciatives en els aparells institucionals estatals ha estat molt reduït, alguns governs han modificat les seves legislacions per a incloure l'obligatorietat de fer consultes de diversa mena en la població, abans de prendre decisions en àrees amb un risc especial.

La qüestió de la participació del públic en les decisions científicotecnològiques no constitueix, però, un problema fàcil d'abordar. Hi ha, de fet, dos problemes que cal diferenciar. D'una banda, el problema de la *legitimitat*: la qüestió de fins a quin punt és legítim que en assumptes públics d'aquesta mena puguin intervenir persones més enllà dels experts i polítics –una qüestió que ha rebut una resposta majoritàriament positiva (Mitcam, 1997). L'altre és el problema de l'*extensió*:

*Should the political legitimacy of technical decisions in the public domain be maximized by referring them to the widest democratic processes, or should such decisions be based on the best expert advice?* (Collins i Evans, 2002, 235).

Sens dubte aquesta tensió entre *democràcia i expertesa* –entre la representació entre éssers humans i la representació de la realitat– no està encara ben resolta en les nostres societats. I no és el nostre objectiu avançar per a resoldre-la en aquest estudi. Però en qualsevol cas, la qüestió general de la relació entre recerca i governança no es pot plantejar actualment sense tenir-la ben present.

Tots aquests fenòmens, consegüentment, condicionen enormement la mesura i l'avaluació del retorn social de la recerca en l'àmbit de la governança. Bàsicament perquè la nostra comprensió analítica d'aquests terrenys encara és incipient, especialment si tenim en compte la seva complexitat i la quantitat de variables en joc, i perquè no hi ha formes mínimament consensuades en la bibliografia per a avaluar els resultats de la utilització de la recerca en l'àmbit polític.

## 7.6. Indicadors

Els indicadors que proposem en aquesta dimensió tenen una naturalesa bàsicament comparativa i, per tant, la seva utilitat i significativitat dependrà de la possibilitat d'obtenir dades diacròniques en diferents moments i d'obtenir dades d'altres entorns geogràfics. Destaquem en vermell aquells indicadors que considerem més importants.

### 7.6.1. INDICADORS *OUTCOMES*

- Encàrrecs de recerca:
  - Despesa d'organismes públics en recerca contractada.
  - Nombre de projectes de recerca/dictàmens/informes encarregats a institucions de recerca o a investigadors per organismes públics.
  - Despesa d'associacions civils (sindicats, fundacions, associacions d'usuaris, de malalts, ONG, etc.) en recerca contractada.
  - Nombre de projectes de recerca/dictàmens/informes encarregats a institucions de recerca o a investigadors per part d'aquesta mena d'entitats.
- Presència de la recerca en l'àmbit de definició de polítiques públiques:
  - Nombre d'organismes governamentals que disposen de consells consultius o assessors de caràcter científic institucionalitzats.
  - Nombre de comitès d'experts científics creats *ad hoc* per a dictaminar o tractar problemes sobrevinguts en situacions de crisi o controvèrsia pública.
  - Nivell d'incorporació de les recomanacions científiques a les polítiques públiques o a les decisions polítiques (en casos específics). (indicador qualitatiu)
  - Percentatge de lleis aprovades pel parlament en què es fa un esment explícit del recolzament en estudis o dictàmens de caràcter científic.
  - Percentatge de plans d'acció o d'intervenció governamentals recolzats ens estudis o projectes de recerca previs.
  - Percentatge de les publicacions d'organismes públics en què han intervingut investigadors o instituts de recerca.
  - Percepció dels polítics sobre la rellevància de la recerca en la definició de polítiques públiques (indicador qualitatiu).
  - Percepció dels científics participants en recerca contractada sobre el grau de seguiment i utilització de les seves recomanacions (indicador qualitatiu).
  - Nombre de processos de participació ciutadana en qüestions públiques amb un

component científic clar.

- Presència de científics en òrgans de decisió:
- Percentatge de científics –amb títol de doctor– en la categoria superior de la funció pública.
- Percentatge de científics en els càrrecs polítics de l'Administració.
- Percentatge de científics entre els parlamentaris.
- Percentatge de científics en els consells executius o nacionals dels partits polítics.
- Percentatge de científics en les sectorials dels partits polítics.
- **Percentatge de línies dedicades explícitament a qüestions relatives a l'àmbit de la recerca en els programes electorals dels partits.**
- Nombre d'associacions civils els estatuts de les quals incorporen la voluntat de fomentar la recerca o d'utilitzar resultats de recerca en algun àmbit específic de la seva activitat central.

#### 7.6.2. INDICADORS *OUTPUTS*

- Percentatge d'estudis o informes de recerca resultats de convocatòries competitives que inclouen explícitament recomanacions polítiques o línies d'acció amb implicacions polítiques.
- Nombre de tallers, seminaris o jornades amb presència mixta –no testimonial– d'investigadors, polítics o membres de l'Administració.
- **Nombre de projectes de recerca en què participen com a socis institucions de recerca i organismes públics.**
- **Nombre de convenis amb continguts de recerca signats entre institucions de recerca i organismes públics.**
- **Nombre de projectes de recerca en els quals participen com a socis institucions de recerca i associacions civils (no empreses).**
- **Nombre de convenis amb continguts de recerca signats entre institucions de recerca i associacions civils (no empreses).**
- Percentatge de projectes de recerca que tematitzen polítiques públiques (en qualsevol àmbit).
- Percentatge de publicacions científiques que tematitzen polítiques públiques (en qualsevol àmbit).
- Percentatge de publicacions científiques que analitzen la rellevància política de la recerca.
- Percentatge de publicacions científiques que analitzen la participació del públic en les decisions científicotecnològiques públiques.

## 8. SALUT

### 8.1. Introducció

La recerca biomèdica és, sens dubte, la que té un impacte més directe sobre l'àmbit de la salut. Ara bé, no és fàcil mesurar l'impacte de la recerca biomèdica en l'entorn social en el qual es produeix la recerca. Atès el marc global en el qual es tendeix a desenvolupar avui dia la investigació científica, amb equips cada cop més grans, multidisciplinaris i internacionals, i la immediatesa amb la qual es difonen els coneixements —accentuada molt recentment amb la generalització de la utilització dels mitjans electrònics de comunicació—, l'impacte de la recerca en biomedicina, com passa també en altres àmbits científics, transcendeix els límits locals i regionals. Dit d'una manera gràfica: és més fàcil per a un ciutadà de classe mitjana de Barcelona rebre un tractament contra el càncer desenvolupat al Memorial Sloan-Kettering Cancer Center a Nova York que segurament no ho és per a un ciutadà d'un barri marginal del Bronx, a tocar de l'Sloan-Kettering.

Tot i amb això, és clar que la recerca en biomedicina també té un impacte directe en l'entorn en què es produeix. Utilitzant un altre exemple molt gràfic: també és més fàcil per a un ciutadà mitjanament informat dels Estats Units participar en un *assaig clínic* que no ho és per a un ciutadà, informat o no, de Catalunya. La possibilitat de participació en aquests assaigs clínics pot comportar, sobretot en el cas de determinades formes de càncer, la diferència entre la vida i la mort.

De fet, deixant de banda les connotacions nacionals, és difícil, fins i tot, mesurar l'impacte directe de la recerca en el benestar global, en el terreny de la salut, de les societats. Tot i que hom assumeix gairebé de manera axiomàtica que les innovacions en ciència i tecnologia han produït un increment dels estàndards de vida en els països desenvolupats en les darreres dècades i que, en conseqüència, la inversió en recerca té un impacte positiu en la salut, el cert és que pràcticament no hi ha estudis que demostrin aquesta connexió, i molt menys que intentin quantificar-la (Garfinkel *et al.*, 2006).

En el cas, per exemple, dels Estats Units, els guanys més importants en l'esperança de vida mitjana i en la salut global dels ciutadans americans durant els darrers seixanta anys es poden atribuir sobretot a canvis en sistemes, tecnologies i procediments, els quals tenen poc a veure amb el gran esforç d'inversió en investigació científica dut a terme en aquest país després de la Segona Guerra Mundial (CDC, 1999). Els pocs estudis que intenten quantificar l'impacte de la recerca bàsica en la millora de la salut dels ciutadans arriben sovint a conclusions contradictòries. Així, per exemple, Comroe i Dripps (1976) conclouen que el 60% de tota la investigació que hom jutja essencial per la millora del tractament clínic de les malalties cardiovasculars pot ser considerada investigació bàsica. Tanmateix, Grant *et al.* (2003) consideren que la contribució de la investigació bàsica als avenços en la cura neonatal té només un pes relatiu d'entre el 2% i el 20%.

Ha estat només des de l'àmbit de l'economia que hom ha intentat desenvolupar procediments per a avaluar l'impacte de la recerca científica en el terreny de la salut. D'acord amb Buxton *et al.* (2004) l'impacte beneficiós de la recerca en l'economia es produeix en quatre àmbits globals:

1. L'estalvi directe en el sistema nacional de salut.
2. Els beneficis per a l'economia que es deriven de una població treballadora amb més bona salut i que, en conseqüència, pot participar de manera més eficaç en els processos productius.
3. Els beneficis per a l'economia que es deriven dels desenvolupaments comercials associats a la recerca. Per exemple, les noves empreses en el sector emergent de biotecnologia s'instal·len preferentment en entorns acadèmics potents.
4. Els beneficis més amplis a la societat dels guanys en salut que es deriven dels progressos en medicina. Per exemple, aquells guanys que es tradueixen en un increment de l'esperança de vida dels ciutadans.

Aquí, però, no proposarem mesurar aquest impacte indirecte, per mitjà de l'economia (el qual és tractat separatament i de manera genèrica en altres àmbits de la recerca en un altre capítol d'aquest estudi), sinó l'impacte directe que la recerca en general, i la recerca biomèdica en particular, té en l'entorn immediat (nacional en aquest cas) de la salut en el qual la recerca es produeix. Atesa la manca d'antecedents en la bibliografia científica per a avaluar aquest impacte local (vegeu, però, The UK Evaluation Forum, 2006; The Allen, 2005; Council for Medical Sciences, 2002, entre d'altres), pensem que la nostra proposta ha de ser considerada, més aviat, com un punt de partida per tal d'iniciar una investigació més aprofundida sobre aquest problema.

Com ja hem comentat més amunt, tradicionalment, en l'avaluació de l'impacte de la investigació científica hom distingeix entre *outputs* i *outcomes*. Els *outputs* es refereixen als resultats tangibles d'una determinada activitat de recerca (per exemple, el nombre de publicacions científiques), mentre que els *outcomes* inclouen els efectes finals o a llarg termini (per exemple, l'impacte en la salut). El focus prioritari o exclusiu en els *outputs* pot distreure l'investigador d'objectius a més llarg termini; tanmateix els *outcomes* són molt més difícils d'identificar i de mesurar. Aquí proposem indicadors que intenten mesurar tant *outputs* com *outcomes*.

## 8.2. Tipus d'impacte

Pel que fa a l'impacte de la recerca (en especial, la biomèdica) en salut en el nostre entorn nacional, nosaltres distingim entre *impacte genèric* o *global* i *impacte específic* o *local*.

- **Impacte genèric o global.** L'impacte de la recerca duta a terme a Catalunya no és sentit de manera específica a Catalunya, sinó que es tracta d'un impacte global, el qual, en conseqüència, també és sentit a Catalunya. Un exemple d'aquesta mena d'impacte el constituïria un nou fàrmac contra el càncer de pròstata, que havent estat desenvolupat a Catalunya, és utilitzat arreu del món. Els ciutadans de Catalunya es beneficien d'aquest fàrmac, però no necessàriament més que els ciutadans d'altres països.
- **Impacte específic o local.** En aquest cas l'impacte de la recerca (o, del fet que es faci recerca) a Catalunya és sentit, de manera més accentuada, pels ciutadans de Catalunya. Es tractaria, per exemple, del cas d'un nou assaig clínic iniciat per algun dels nostres hospitals. Tot i que aquesta mena d'assaigs no han d'estar forçosament restringits a individus d'una determinada nacionalitat, per raons simplement logístiques és molt més fàcil per als ciutadans que resideixen a Catalunya participar en assaigs duts a terme a Catalunya.

Dins d'aquest impacte específic podem distingir entre **impacte directe** en la salut dels ciutadans de Catalunya (com en el cas de l'exemple que acabem de descriure), i un **impacte més difús** en el benestar «psicològic» de la comunitat nacional catalana i que, en aquest estudi, intentem recollir en aspectes de la resta d'àmbits socials. Per exemple, les notícies en què investigadors del nostre país han participat en algun descobriment científic important tenen un ressò periodístic especial. Sembla que, d'alguna manera, els ciutadans se senten orgullosos de pertànyer a una comunitat nacional que participa, de manera activa, en el progrés científicotecnològic. També dins l'impacte difús inclouríem les conseqüències que té per a la salut dels ciutadans el fet que una societat en la qual la recerca tingui un paper important és també una societat més formada i informada, com assenyalen en altres seccions de l'estudi.

### 8.3. Indicadors d'impacte global

En aquest cas es tractaria de mesurar específicament la contribució de la recerca biomèdica portada a terme a Catalunya en el context mundial. Hi ha força bibliografia sobre l'avaluació de l'activitat científica i una sèrie d'indicadors àmpliament acceptats (nombre de publicacions, nombre de citacions, nombre de publicacions amb més citacions, etc.). Hi ha, a més, força estudis comparatius dins l'Estat espanyol (vegeu, per exemple, Camí *et al*, en premsa), els quals, per cert, indiquen que els hospitals catalans són els capdavanters dins l'Estat en recerca en biomedicina. També hi ha alguns estudis que analitzen globalment la contribució espanyola en el context internacional de la recerca. Manquen, tanmateix, estudis que analitzin el pes de la recerca duta específicament a Catalunya en el context internacional.

En aquest sentit, a més dels indicadors habituals per a mesurar els *outputs* de la recerca científica, en general, seria interessant mesurar altres resultats de la recerca i el desenvolupament en biomedicina que tenen un impacte més directe en la salut dels ciutadans. Alguns exemples d'aquests indicadors serien:

- Nombre de fàrmacs desenvolupats al nostre país
- Nombre d'assaigs clínics en les diverses fases (I, II, III)
- Percentatge d'èxit dels assaigs clínics
- Nombre de noves pràctiques quirúrgiques desenvolupades (per exemple, nous tipus de trasplantaments, o pràctiques menys invasives)
- Nombre de dispositius biomecànics inventats (per exemple, òrgans o extremitats artificials)
- Nombre d'aparells clínics inventats (per exemple, cànules per al subministrament de medicaments)
- Nombre de patents relacionades amb la biomedicina

En tots aquests casos, es tractaria de dur a terme una anàlisi comparativa amb els mateixos indicadors mesurats a la resta de l'Estat i a tot el món.

### 8.4. Indicadors d'impacte local directe

Aquests indicadors intentarien mesurar l'impacte directe de la recerca que es fa a Catalunya, i del fet que es faci recerca a Catalunya, sobre la salut dels ciutadans de

Catalunya. És a dir, intentarien copsar en quina mesura els ciutadans de Catalunya tenen més (o menys) possibilitats de rebre tractaments mèdics més sofisticats (i/o apropiats) que els ciutadans d'altres països i comunitats en les quals la recerca en biologia i medicina és menys (o més) desenvolupada.

Un **primer grup d'indicadors** farien referència als procediments generals que hi ha (i no són) a disposició de la població catalana, atès el nivell de la recerca científica a Catalunya. En aquest cas, seria interessant establir comparacions amb altres comunitats autònomes, com també amb alguns altres països del món amb una població similar a la de Catalunya, però amb diferents nivells de desenvolupament científicotecnològic. Entre els països amb una població similar a la de Catalunya, però amb una inversió en investigació científica clarament superior trobaríem, per exemple, Suïssa, Israel i Dinamarca. A l'altra banda, països amb població similar, però amb una inversió en recerca inferior trobaríem, per exemple, Líbia, Hondures i El Salvador. Entre els indicadors que cal mesurar, hom podria incloure:

- Nombre d'assaigs clínics
- Nombre d'intervencions quirúrgiques «novedoses». Amb això ens referim per exemple a trasplantaments d'òrgans. És possible que en els entorns en els quals la recerca biomèdica estigui més desenvolupada sigui també més probable rebre trasplantaments d'òrgans més sofisticats.
- Utilització de tècniques invasives enfront de no invasives.

Un **segon grup d'indicadors** podrien mesurar fins a quin punt hi ha diferències en la qualitat del tractament que reben els pacients, segons que siguin tractats per metges que duen a terme activitat investigadora o metges que no en fan. Per exemple, l'esperança de vida en el cas de diagnòstic de càncer de mama és diferent en aquells pacients que són tractats per metges investigadors? Es pot fins i tot mesurar la correlació entre qualitat d'investigació i qualitat del tractament? Proposem mesurar l'activitat investigadora dels metges mitjançant un índex que tingui en compte el nombre de publicacions (ponderat per tal d'incloure-hi les publicacions internacionals i el nombre de citacions que aquestes reben) i de patents. Proposem, aleshores, correlacionar aquest índex –que pot ser fàcilment calculat a partir de dades públiques, per exemple, contingudes en les bases de dades *Medline* i el *Science Citation Index*– amb indicadors de la qualitat assistencial dels metges. Alguns d'aquests indicadors podrien incloure:

- Esperança de vida dels malalts (en cas de malalties greus)
- *Burden of disease*
- El grau de satisfacció pel tractament rebut
- Nombre de malalts que sol·liciten canvi de metge

Molts d'aquests indicadors es poden avaluar a partir de dades públiques (per exemple, la sol·licitud d'un metge en concret pels usuaris del sistema públic de salut); altres haurien de ser estimats a partir d'enquestes (per exemple, el grau de satisfacció rebut).

## 9. MEDI AMBIENT

### 9.1. Introducció

Des de la cimera de les Nacions Unides de Rio de Janeiro l'any 1992, la recerca científica sobre l'estat del medi ambient i les conseqüències ambientals del desenvolupament de les societats no solament ha esdevingut una de les línies de recerca més rellevants i prolífiques mundialment, sinó que també, probablement, és un dels camps de la recerca en els quals la política i la societat civil estan més implicades. En aquest sentit els moviments ecologistes han estat pioners, ja que els mitjans utilitzats per a fer que la major part dels ciutadans prenguessim consciència de les repercussions del nostre estil de vida en l'entorn en què vivim no només eren polítics, sinó també científics. Per exemple, els efectes nocius de la indústria pesquera i de mètodes com la pesca de ròssec en l'ecosistema marí formen part de l'agenda política no solament per la capacitat de mobilització de la ciutadania, i especialment en aquells sectors que depenen d'una manera o una altra d'aquesta indústria, sinó fonamentalment perquè aquesta mobilització està estretament vinculada amb la recerca que s'impulsa des d'institucions públiques, fundacions i associacions ecologistes. És a dir, les decisions entorn de la reestructuració de la indústria pesquera, la globalització del mercat alimentari i la transformació dels hàbits alimentaris no solament impliquen els agents socials, sinó també els científics. De fet, la mateixa cimera de les Nacions Unides de Rio de Janeiro l'any 1992, considerada com l'esdeveniment a partir del qual les polítiques mediambientals es consoliden com a prioritats estratègiques, es va desencadenar gràcies a un projecte de recerca europeu del 1991, que mostrava com la capa d'ozó estava desapareixent paulatinament a l'hemisferi nord. Això va comportar controvèrsies científiques sobre les seves causes i sobre el grau d'implicació que tenia el desenvolupament humà en aquest procés, raó per la qual es van finançar grans projectes de recerca com l'Archeo Evaluation Project (1996), que va demostrar el creixement exponencial de la pol·lució urbana a Europa. Però també va fomentar un gran debat social i polític sobre la pol·lució urbana i la contaminació produïda per una societat molt consumista però amb una manca molt clara de recursos i infraestructures per a reciclar i evitar la contaminació atmosfèrica. Aquest fet va posar de relleu que les controvèrsies científiques mediambientals anaven molt lligades a controvèrsies polítiques i socials. I, a la vegada, les decisions polítiques i els moviments ciutadans estaven cada vegada més preocupats pel medi ambient i, per tant, més interessats per la recerca científica en aquest camp.

Ara bé, malgrat la relació que hi ha entre societat, política i ciència ha estat molt estreta en aquells assumptes que tenen a veure amb el medi ambient, el paper de la recerca ha canviat substancialment des dels anys setanta fins ara. En un principi, el coneixement científic servia per a ajudar a preservar i restaurar el medi ambient de l'acció de l'home. De fet, una de les fites de la recerca mediambiental a Europa va ser justament l'establiment de diferents lleis, l'any 1975 i 1978, que limitaven la quantitat de substàncies tòxiques que les indústries podien llençar al sòl, a l'aire i a l'aigua, gràcies a l'estudi de les substàncies contaminants i la parametrització dels nivells de contaminació i el seu grau de perillositat. Però avui dia la funció de la recerca no es redueix a estudiar el medi ambient per a preservar-lo o restaurar-lo (estudiar les espècies protegides per a conèixer com viuen, quin és el seu hàbitat i així evitar la seva extinció a les mans de l'home): estudia les relacions entre natura i societat per tal de monitoritzar-ne les interaccions i així desenvolupar polítiques informades que promoguin un desenvolupament més sostenible. Per tant, s'estudia el medi ambient i quins són els efectes que té el desenvolupament social i



econòmic, però no només amb una voluntat conservacionista –ja que la natura no és quelcom exterior a la societat– sinó amb voluntat de trobar un equilibri. Per tant, la recerca del medi ambient està orientada, per una banda, a protegir-lo i restaurar-lo, i per l'altra, a fomentar una gestió més sostenible dels recursos econòmics, culturals, polítics, ambientals i humans. En aquest sentit, la ciència contribueix al desenvolupament sostenible per mitjà de l'estudi del nostre entorn social i de l'impacte de l'activitat humana sobre aquest entorn, i amb el desenvolupament d'accions, sigui per mitjà d'innovacions tecnològiques o de campanyes de conscienciació, que permetin reduir aquest impacte i millorar la qualitat ambiental del nostre entorn.

A Europa aquests dos vessants de la recerca mediambiental s'han materialitzat per mitjà dels diferents programes marc. En el cas de l'FP5 (1998-2002) la línia prioritària era la relació entre medi ambient i energia, però el punt de vista de la sostenibilitat encara era incipient. No va ser fins a l'FP6, després de la cimera de Johannesburg sobre desenvolupament sostenible l'any 2002, que la sostenibilitat va començar a ser un objectiu prioritari i la major part dels projectes es començaren a adreçar a desenvolupar polítiques públiques en aquest sentit. De fet, l'àmbit prioritari del projecte marc FP6 va passar de ser el medi ambient i prou a ser el «desenvolupament sostenible, el canvi global i els ecosistemes» ([http://ec.europa.eu/research/environment/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/research/environment/index_en.htm)).

Pel que fa a l'Estat espanyol, l'àmbit d'actuació principal de les convocatòries del programa d'R+D+I del 2002 al 2004 encara no és la sostenibilitat, sinó l'estudi del medi ambient per a fomentar-ne la conservació i la restauració. Concretament, la prevenció de la contaminació, l'ús i gestió dels recursos naturals i conservació dels hàbitat i ecosistemes, i subvencions R+D+I de l'Organisme Autònom de Parcs Nacionals ([http://www.mma.es/portal/secciones/ayudas\\_subvenciones/index.htm](http://www.mma.es/portal/secciones/ayudas_subvenciones/index.htm)).

Una de les tasques més importants que s'ha fet en aquest camp ha estat el desenvolupament d'indicadors per a avaluar l'estat del medi ambient i l'impacte del desenvolupament. Però quina és la contribució de la ciència? A continuació, proposarem una sèrie d'indicadors per a valorar l'efecte de la recerca científica en el medi ambient i en el desenvolupament sostenible.

## 9.2. Indicadors *outcomes* de qualitat ambiental i desenvolupament sostenible

El desenvolupament d'indicadors per a avaluar la qualitat ambiental d'un determinat territori té ja una certa història. Des dels anys vuitanta fins ara no solament han proliferat les agències mundials, estatals, regionals i locals, tant governamentals com privades, dedicades al desenvolupament d'indicadors, sinó que també han canviat els models d'indicadors. De la mateixa manera que la recerca sobre el medi ambient ara es focalitza en la sostenibilitat, hem passat de models centrats en l'impacte mediambiental del desenvolupament humà a indicadors que n'avaluen la sostenibilitat. Els primers es fan servir per a monitoritzar els canvis ambientals produïts per l'acció humana; els segons també tenen en compte factors demogràfics, econòmics, institucionals del desenvolupament.

Així, doncs, el desenvolupament d'indicadors per a avaluar l'impacte ambiental i el desenvolupament econòmic és una eina essencial per a desenvolupar polítiques públiques que ens portin cap a un desenvolupament més sostenible i perquè la ciutadania prengui consciència de les conseqüències que tenen determinades formes de vida i emprengui

accions sobre la qüestió. Hi ha molts tipus d'indicadors, amb metodologies diferents i la majoria d'ells encara ara s'estan desenvolupant. Per exemple, l'Eurostat des de 1996 ha anat desenvolupant indicadors de desenvolupament sostenible (IDS) a partir dels va proposar l'ONU i tenint en compte les dades estadístiques disponibles pels estats membres. Però el que és possiblement el millor recull d'indicadors ambientals i de desenvolupament sostenible és el de l'Agència Ambiental Europea (EEA). Aquesta agència ha desenvolupat indicadors específics per àmbits, dissenyats per a ser útils en la presa de decisions sobre polítiques públiques, i presenta dades periòdiques sobre l'estat de cada un dels àmbits.

Pel que fa al desenvolupament d'indicadors ambientals a l'Estat espanyol (Ministerio de Medio Ambiente, 2001), ha predominat una aproximació pràctica, ja que s'ha procurat rendibilitzar al màxim el nivell de coneixement teòric i metodològic que hi havia, com també l'ús de la informació disponible per a aplicar-la als problemes ambientals propis de l'Estat espanyol. Aquesta estratègia s'ha recolzat en:

- L'experiència internacional com un element vàlid de la propietat de certs indicadors i del que significa un sistema d'indicadors.
- Una definició dels camps més importants de la política ambiental a l'Estat espanyol.
- Les dades estadístiques disponibles.
- Un procés de debat amb la finalitat de validar les propostes inicials.

Des d'aquest punt de vista, la proposta d'indicadors ambientals espanyols s'ha de veure com un primer pas, en cap cas com una proposta definitiva. Tanmateix, i per una raó també pragmàtica, respectarem aquest sistema d'indicadors, ja que ens permet de manera flexible reflectir les preocupacions (canviants) de la societat espanyola en matèria de sostenibilitat i desenvolupament. El sistema té una estructura organitzada per àrees de política (sòl, costes...), i inclou també temes que reflecteixen les «preocupacions socials respecte de la sostenibilitat» (ozó, escalfament global...) i altres indicadors corresponents a àrees i temes. En general segueix el model de l'Agència Ambiental Europea, ja que els àmbits són pràcticament idèntics i molts dels indicadors, també. Per tant, en els àmbits en els quals els indicadors del banc d'indicadors ambientals del Ministeri de Medi Ambient no estiguin desenvolupats, farem servir directament els que proposen a l'EEA.

### **Agricultura**

*En preparació els indicadors del Ministeri de Medi Ambient. Farem servir els de l'EEA*

- Àrea de cultiu ecològic (CSI 026) (dades de novembre de 2005, de l'EEA)
- Balanç brut de nutrients, *Gross Nutrient Balance* (CSI 025) (dades de novembre de 2005, de l'EEA)

### **Aigua**

- Qualitat de les aigües de bany marines
- Qualitat de les aigües dels rius: contaminació orgànica per amoni
- Consum d'aigua: ús urbà i agrícola
- Depuració d'aigües residuals urbanes

### **Aire**

- Qualitat de l'aire de fons regional a l'Estat espanyol per a protegir la vegetació:

contaminació per SO<sub>2</sub>, NOX i ozó

- Qualitat de l'aire de fons regional a l'Estat espanyol per a protegir la salut: contaminació per ozó (O<sub>3</sub>) i partícules (PM10)
- Emissions de gasos acidificants i eutroficants
- Emissions de gasos d'efecte hivernacle
- Emissions de gasos precursors d'ozó troposfèric

## Energia

- Consum d'energia primària
- Ecoeficiència del sector energètic
- Intensitat de CO<sub>2</sub> d'origen energètic
- Intensitat d'energia primària
- Consum d'energies renovables

## Llars

- Consum d'aigua per llar
- Consum d'energia per llar
- Ecoeficiència en el sector domèstic
- Emissions de CO<sub>2</sub> del sector residencial
- Nombre de turismes per llar
- Producció de residus urbans per llar
- Renta disponible bruta per llar

## Indústria

*En preparació els indicadors del Ministeri de Medi Ambient. Farem servir els de l'EEA*

- Progrés en la gestió de les àrees contaminades (dades d'agost del 2007 de l'EEA)
- Emissions d'aigua amb substàncies perilloses des d'àrees urbanes (dades de juliol del 2007 de l'EEA)
- Emissions de matèries orgàniques (dades de juliol del 2004 de l'EEA)
- Emissions d'aigua amb substàncies perilloses des d'àrees industrials (dades de juliol del 2004 de l'EEA)
- Utilització d'aigua per sector industrial (dades de juliol del 2004 de l'EEA)
- Índex d'explotació d'aigua (dades de juny del 2004 de l'EEA)

## Medi urbà

- Qualitat de l'aire en medi urbà: concentració de CO, NO<sub>2</sub>, ozó, SO<sub>2</sub>, partícules
- Desenvolupament local sostenible: municipis adherits a la xarxa de xarxes
- Patrimoni monumental de ciutats
- Pressió urbana en el territori

## Natura i biodiversitat

*En preparació els indicadors del Ministeri de Medi Ambient. Farem servir els de l'EEA*

- Àrees protegides (dades de novembre del 2005 de l'EEA)
- Diversitat d'espècies (dades de novembre del 2005 de l'EEA)
- Espècies protegides i amenaçades d'extinció (dades de novembre del 2005 de l'EEA)

**Pesca**

- Agricultura marina
- Captures de la flota pesquera
- Ecoeficiència en el sector pesquer i en l'agricultura marina
- Nombre de bucs i capacitat de la flota pesquera

**Residus**

- Generació de residus urbans
- Gestió de residus urbans
- Ecoeficiència en el sector pesquer i en l'agricultura marina
- Reciclatge i valor dels residus d'envasos
- Taxa de reciclatge de residus d'envasos de vidre
- Taxes d'utilització, recollida i reciclatge de paper i cartró

**Riscos naturals i tecnològics**

- Accidents per carretera i ferrocarril amb emissió de substàncies perilloses
- Accidents industrials amb emissió de substàncies químiques perilloses
- Accidents marítims amb vessament d'hidrocarburs
- Incendis forestals
- Períodes de sèquia
- Víctimes mortals com a conseqüència de riscos naturals

**Sòl**

- Canvis en l'ocupació del sòl
- Superfície amb risc de desertificació
- Superfície del sòl afectada per erosió
- Superfície urbanitzada en el primer kilòmetre de costa
- Superfície urbanitzada en els deu primers kilòmetres de costa

**Transport**

- Consum d'energia del sector del transport
- Ecoeficiència en el transport
- Emissions de contaminants precedents del transport
- Volum total del transport

**Turisme**

*En preparació els indicadors del Ministeri de Medi Ambient. Farem servir els de l'EEA*

- Percentatge de superfícies artificials
- Intensitat del turisme
- Mobilitat del turisme per tipus de transport
- Despesa familiar per turisme i lleure
- Turisme ecològic

### 9.3. Indicadors *output* de la recerca científica

Com que els indicadors de qualitat ambiental i desenvolupament sostenibles s'apliquen a àmbits molt diferents, és difícil trobar *outputs* de la recerca directament relacionats amb cada un dels *outcomes*. Si bé es pot establir una relació entre la recerca en el camp de l'enginyeria i l'ecoeficència dels mitjans de transport, es fa més difícil, en canvi, relacionar la recerca en enginyeria amb la pressió urbana en el territori, malgrat que les innovacions en el camp dels transports podrien tenir-hi algun paper. Alhora hi ha *outcomes* genèrics, com els períodes de sequera o el territori erosionable i *outcomes* específics, com les emissions de gasos acidificants i eutroficants a l'aire que no es poden relacionar de la mateixa manera amb la recerca científica. Sembla més plausible pensar que un retorn de la recerca científica podria ser la reducció de gasos a l'aire –per la millora dels combustibles per exemple– que no pas la reducció del territori erosionable, ja que seria un efecte molt indirecte i a llarg termini.

Així, doncs, a causa de la dificultat per trobar *outputs* específics (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) que es puguin relacionar fàcilment i de manera directa amb els *outcomes* proposats pel Banc Espanyol d'Indicadors Ambientals i la EEA, hem optat per proposar *outputs* de la recerca científica genèrics i no per àmbit.

#### **Estudi del medi ambient i innovacions tecnocientífiques per al desenvolupament sostenible**

En primer lloc, tenim els indicadors *output* de la recerca relacionats amb l'estudi del medi ambient i les innovacions tecnocientífiques que tenen com a objectiu reduir l'impacte del desenvolupament en el medi ambient:

- Projectes competitius finançats per a l'estudi del medi ambient i la sostenibilitat.
- Projectes no competitius finançats per a l'estudi del medi ambient i la sostenibilitat.
- Grups consolidats per la Generalitat de Catalunya en l'àmbit del medi ambient i el desenvolupament sostenible.
- Publicacions en recerca ambiental i desenvolupament sostenible: publicacions en ISI, informes científics.
- Patents en l'àmbit del desenvolupament sostenible.

#### **Formació de científics per a la recerca ambiental**

En segon lloc, tenim els indicadors *output* relacionats amb la formació de científics especialitzats en medi ambient i desenvolupament sostenible:

- Llicenciats en ciències ambientals.
- Programes de formació de postgrau sobre medi ambient i desenvolupament sostenible.
- Nombre d'estudiants matriculats en programes de postgrau sobre medi ambient i desenvolupament sostenible.
- Nombre de tesis llegides sobre medi ambient i desenvolupament sostenible.

### **Participació de la ciència en la gestió pública del medi ambient**

En tercer lloc, tenim indicadors *output* relacionats amb el paper de la recerca en la gestió pública del medi ambient i el desenvolupament de polítiques públiques de promoció del desenvolupament sostenible:

- Auditories ambientals encarregades per l'Administració pública i per organismes privats.
- Participació de fundacions i associacions per al desenvolupament sostenible en projectes de recerca.
- Científics implicats en el desenvolupament de lleis relacionades amb el medi ambient.
- Nombre d'estudis d'impacte ambiental i desenvolupament sostenible utilitzats en el desenvolupament de lleis.
- Científics o grups de recerca implicats en campanyes de conscienciació social relacionades amb el medi ambient i el desenvolupament sostenible (*Public Awareness Strategies*).

## 10. AUTORIA

Els autors d'aquest estudi són:

**Eduard Aibar Puentes (coordinador)**

Vicerector de Recerca

Director de l'Internet Interdisciplinary Institute (IN3)

Professor dels Estudis d'Humanitats

Universitat Oberta de Catalunya

**Roderic Guigó Serra**

Coordinador del Programa de Bioinformàtica i Genòmica (CRG)

Investigador del Grup de Recerca en Informàtica Biomèdica (IMIM)

Catedràtic del Departament de Ciències Experimentals i de la Salut

Universitat Pompeu Fabra

**Daniel López Gómez**

Grup de Recerca ATIC. IN3

Professor dels Estudis de Psicologia i Ciències de l'Educació

Universitat Oberta de Catalunya

**Israel Rodríguez Giralt**

Grup de Recerca ATIC. IN3.

Professor dels Estudis de Psicologia i Ciències de l'Educació.

Universitat Oberta de Catalunya

**Jordi Suriñach Caralt**

Grup de Recerca Anàlisi Quantitativa Regional (AQR-IREA)

Catedràtic d'Economia Aplicada

Universitat de Barcelona

## 11. BIBLIOGRAFIA

**Acevedo, J. A.; Vázquez, A.; Manassero, M. A.** (2003). «Papel de la educación CTS en una alfabetización científica y tecnológica para todas las personas». *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 2 (2).

**Adams, J. D.** (1990). «Fundamental Stocks of Knowledge and Productivity Growth». *Journal of Political Economy*, 98(4), pàg. 673–702.

**Aibar, E.; Quintanilla, M. A.** (2002). *Cultura tecnológica. Estudios de ciencia, tecnología y sociedad*. Barcelona: Horsori.

**Aghion, P.; Howitt, P.** (1998). «Endogeneous Growth Theory». Cambridge: MIT Press.

**Allen Consultancy Group** (2005). *Measuring the impact of publicly funded research*. Australian Government. Department of Education, Science and Training. Disponible a: <http://www.dest.gov.au/NR/rdonlyres/6FB9F35B-FADD-44C2-A15FB145FF9416F6/1392/report.pdf>

**Artis, M.; Suriñach, J.; López-Tamayo, J.; Ramos, R.** (2007). «Indicador d'atractivitat dels mercats exteriors». *AQR-IREA. Resum metodològic. Maig de 2007*. Barcelona: Universitat de Barcelona i COPCA.

**Artis, M.; Suriñach, J.; López-Tamayo, J.; Vayà, E.** (2007). «Indicadors estratègics de seguiment de l'Acord estratègic per a la internacionalització, la qualitat de l'ocupació i la competitivitat de l'economia catalana». *AQR-IREA*. Barcelona: Universitat de Barcelona. Departament d'Economia i Finances de la Generalitat.

**Bartzokas, A.** (2002). *Innovation Policy Instruments: a Review of EU Trends and Relevant Literature*. Final report of the STRATA Consolidating Workshop. DG for Research. Brussel-les.

**Beck, U.** (1986). *La sociedad del riesgo*. Barcelona: Paidós.

**Beck, U.** (1994a). *Modernización reflexiva*. Madrid: Alianza Editorial.

**Beck, U.** (1994b). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.

**Bijker, W. E.; Hugues, T. P.; Pinch, T. (ed.)** (1987). *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge (MA): MIT Press.

**Buxton, M.; Hanney, S.; Jones, T.** (2004). «Estimating the Economic Value to Societies of the Impact of Health Research: a Critical Review». *Bulletin of the World Health Organization*, 82, pàg. 733-739.

**Cameron, G.** (1998). *Innovation and Growth: a Survey of the Empirical Evidence*. Discussion Paper. Nuffield College. Oxford.



**Caplan, N.** (1979). «The Two-Communities Theory and Knowledge Utilization». *American Behavioural Scientist*, 22 (3), pàg. 459-470.

**Castells, M.** (1997-2001). *La era de la informació (trilogía)*. Madrid: Alianza.

**CDC - Centers for Disease Control and Prevention** (1999). «Ten Great Public Health Achievements in the 20th Century». *Morbidity and Mortality Weekly Report*, 48, pàg. 241-248.

**Cerezo, J. A.; Luján, J. L.** (2002). «Observaciones sobre los indicadores de impacto social». *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*, 3, maig-agost.

**Chartrand, H. H.** (1980). *Social Sciences and Humanities Research Impact Indicators*, Report to the Social Sciences & Humanities Research Council of Canada.

**Comroe, J. H.; Dripps, R. D.** (1976). «Scientific basis for the support of biomedical science». *Science*, 192, pàg. 105-111.

**Collins, H.; Evans, R.** (2002). «The Third Wave of Science Studies: Studies of Expertise and Experience». *Social Studies of Science*, vol. 32, núm. 2, pàg. 235-296.

**Collins, H. M.; Yearley, S.** (1992). «Epistemological Chicken». A: A. Pickering (ed.). *Science as Practice and Culture*, pàg. 301-26. Chicago: University of Chicago Press.

**Consell Superior d'Avaluació del Sistema Educatiu** (2006). *Sistema d'indicadors d'Educació de Catalunya*. Departament d'Educació, Generalitat de Catalunya.

**Council for Medical Sciences** (2002). *The Societal Impact of Applied Health Research*  
Disponible a: <http://www.know.nl/publicaties/pdf/20021098.pdf>

**Dowrick, S.** (2002). «The Contribution of Innovation and Education to Economic Growth»  
*Economic and Social Outlook Conference 2002*.

**EEA** (2003). *Environmental European Agency Indicators*. Disponible a:  
[http://themes.eea.eu.int/all\\_indicators\\_box](http://themes.eea.eu.int/all_indicators_box).

**EEA** (2002). *Environmental Protection Agency. Environmental Indicators Initiative*.  
Disponible a: <http://www.epa.gov/indicators>.

**EEA** (2003). *Environmental Protection Agency. About Bioindicators*. Disponible a:  
<http://www.epa.gov/bioindicators/html/about.html>.

**European Commission** (2003). «2003 European Innovation Scoreboard». *Commission Staff Working Paper*.

**European Comission Science & Society Program**. Disponible a:  
<http://ec.europa.eu/research/sciencesociety/index.cfm?fuseaction=public.topic&id=781&CFID=10642691&CFTOKEN=adaabc7d8759497a-C3DC98DB-DFF1-90EBF10E29C52368F6B8>

**European Commission** (2001). «Europeans, Science and Technology». *Eurobarometer*. 55.2. Disponible a: [http://europa.eu.int/comm/public\\_opinion/archives/eb/ebs\\_154\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/public_opinion/archives/eb/ebs_154_en.pdf)

**European Commission**. (2005a). «Europeans, Science and Technology». *Eurobarometer*. 224/Wave. 63.1. Disponible a: [http://europa.eu.int/comm/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_224\\_report\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/public_opinion/archives/ebs/ebs_224_report_en.pdf)

**European Commission**. (2005b). «Social Values, Science and Technology». *Eurobarometer*. 225/Wave. 63.1. [http://europa.eu.int/comm/public\\_opinion/archives/ebs/ebs\\_225\\_report\\_en.pdf](http://europa.eu.int/comm/public_opinion/archives/ebs/ebs_225_report_en.pdf).

**FECYT** (2006). *Percepción social de la ciencia y la tecnología en España 2006*. Disponible a: <http://www.fecyt.es/fecyt/docs/tmp/345032001.pdf>

**Fourez, G.** (1997). *Alfabetización científica y tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias*. Buenos Aires: Colihue.

**Freeman, C.** (1982). *The Economics of Industrial Innovation*. Londres: Frances Pinter.

**Fundació Jaume Bofill** (2007). *L'estat de l'educació a Catalunya 2006-2007*.

**Funtowicz, S. O.; Ravetz, J. R.** (1993). «Sciences in the Post-Normal Age». *Futures*, vol. 25, núm. 7, pàg. 739-755.

**Funtowicz, S. O.; Ravetz, J. R.** (1990a). «Post-normal Science: a New Science for New Times». *Scientific European*, 169, pàg. 20-22.

**Funtowicz, S. O.; Ravetz, J. R.** (1990b). *Uncertainty and Quality in Science for Policy*. Dordrecht: Reidel.

**Garfinkel, M.; Sarewitz, D.; Porter, A. L.** (2006). «A Societal Outcomes Map for Health Research Policy». *American Journal of Public Health*, 96.3, pàg. 441-446.

**Gibbons, M.** (1999). «Science's New Social Contract with Society». *Nature*, 402 (supl.), pàg. 82-84.

**Giddens, A.** (1990). *Consecuencias de las modernidad*. Madrid: Alianza Editorial.

**Global Social Forum** (2007). «Evolution of Student Interest in Science and Technology». *Studies Policy Reports*. OCDE.

**Godin, B.** (2002). «Outline for a History of Science Measurement». *Science, Technology, and Human Values*, 27/1, pàg. 3-27.

**Goldman, SL** (1992). «No Innovation without Representation: Technological Action in a Democratic Society». A: S. H. Cutcliffe *et al.* (ed.). *New Worlds, New Technologies, New Issues*, pàg. 148-160. Bethelam, PA: Lehigh University Press.

**Grant, J.; Green, L.; Manson, B.** (2003). Basic Research and Health: a Reassessment of the Scientific Basis for the Support of Biomedical Science. *Research Evaluation*, 12, pàg. 217-224.

**Gregory, J.; Miller, S.** (1998). *Science in Public. Communication, Culture and Credibility*. Cambridge: Perseus Publishing.

**Griffith, R.; Redding, S.; Van Reenen, J.** (1998). *Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries*. Institute for Fiscal Studies, Working Paper 02/00.

**Griliches, Z.** (1992). «The Search for R&D Spillovers». *Scandinavian Journal of Economics*, 94, pàg. 29-47.

**Griliches, Z.** (1995). «R&D and Productivity: Econometric Results and Measurement Issues». A: Stoneman, P. (ed.). *The Handbook of Economics of Innovation and Technological Change*. Oxford: Basil Blackwell.

**Grossman, G. M.; Helpman, E.** (1991). «Innovation and Growth in the Global Economy». Cambridge: MIT Press.

**High Level Group on Human Resources for Science and Technology in Europe** (2004). *Increasing Human Resources for Science and Technology in Europe*.

**Hodson** (1992). «In Search of a Meaningful Relationship: an Exploration of Some Issues Relating to Integration in Science and Science Education». *International Journal of Science Education*, 14, 5, pàg. 541-562.

**Hughes, T. P.** (1986). «The Seamless Web: Technology, Science, Etcetera, Etcetera». *Social Studies of Science*, vol. 16, núm. 2, pàg. 281-292.

**Industry Commission** (1995). *Research and Development*, Report 44, Appendix QB.41.

**International Council for Science** (1999). Disponible a: <http://www.icsu.org/index.php>

**International Bureau of Education** (2000). Disponible a: <http://www.ibe.unesco.org/>

**Jasanoff, S.; Markle, G.; Petersen, J.; Pinch, T.** (ed.) (1995). *Handbook of Science and Technology Studies*. Londres: Sage.

**Jasanoff, S.** (1990). *The Fifth Branch. Science Advisers as Policymakers*. Cambridge: Harvard University Press.

**Jasanoff, S.** (1995). «Procedural choices in regulatory science». *Technology in Society*, 17, pàg. 279-293.

**Kafouros, I. M.** (2005). «R&D and Productivity Growth: Evidence from the UK», *Economics of Innovation and New Technology*, 14, pàg. 479-497.

**Kemp, A. C.** (2002). «Implications of Diverse Meanings for «Scientific Literacy»». Paper presented at the Annual International Conference of the Association for

the Education of Teachers in Science. Charlotte, NC. A: P. A. Rubba; J. A. Rye, *Revista electrónica de enseñanza de las ciencias*, vol. 2, núm. 2 (2003).

**Kline, S.** (1991). «Models of Innovation and their Policy Consequences». A: Kingery, David (ed.) (1991). *Japanese/American Technological Innovation*. Nova York: Elsevier.

**Latour, B.; Woolgar, S.** (1979). *Laboratory Life: the Social Construction of Scientific Facts*. Los Angeles: Sage.

**Latour, B.** (1987). *Science In Action: How to Follow Scientists and Engineers Through Society*. Cambridge: Harvard University Press.

**Latour, B.** (1992). «Where are the Missing Masses? The Sociology of a Few Mundane Artifacts». A: W. E. Bijker & J. Law (1992). *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*, pàg. 225-258. MIT Press.

**Cerezo, J. A.; Luján, J. L.** (2000). *Ciencia y política del riesgo*. Madrid: Alianza.

**Mansfield** (1995). «Academic Research Underlying Industrial Innovations: Sources, Characteristics, and Financing». *Review of Economics and Statistics*, 77(1), pàg. 55–65.

**Martínez, E.; Albornoz, M.** (ed.) (1998). *Indicadores de ciencia y tecnología: estado del arte y perspectivas*. Caracas: Nueva Sociedad.

**Ministerio de Educación y Ciencia** (2007). *Panorama de la Educación. Indicadores de la OCDE 2007*.

**Ministerio de Medio Ambiente. Dirección general de Calidad y Evaluación Ambiental** (2001). «Indicadores ambientales: una propuesta para España». Madrid. A: Colnodo-Red de Desarrollo Sostenible PNUD-Ministerio del Medio Ambiente (2001). *Informe Final del Proyecto Indicadores de Calidad Ambiental Urbana y de los Observatorios Ambientales Urbanos*. Madrid.

**Ministerio del Medio Ambiente** (2001). «Sistema español de indicadores ambientales: sub-áreas de biodiversidad y bosque». Madrid. A: Colnodo-Red de Desarrollo Sostenible PNUD. Ministerio del Medio Ambiente, (2001). *Informe final del proyecto indicadores de calidad ambiental urbana y de los observatorios ambientales urbanos*. Madrid.

**Ministerio de Medio Ambiente de España. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental** (2001). «Indicadores ambientales: una propuesta para España». TAU Consultores. A: Ministerio de Medio Ambiente de España, (2002). *Sistema de Indicadores de Sostenibilidad Ambiental en el Ámbito Nacional – Avances y Perspectivas*, pàg. 16. Colombia. Disponible a:  
[http://www.minambiente.gov.co/sisa/capitulos\\_1\\_4/cap\\_2/cap2a.htm](http://www.minambiente.gov.co/sisa/capitulos_1_4/cap_2/cap2a.htm)

**Mitcham, C.** (1997). «Justifying Public Participation in Technical Decision Making». *IEEE Technology and Society Magazine*, núm. primavera, pàg. 40-46.

**Mulkay, M.** (1979). *Science and the Sociology of Knowledge*. Londres: Allen and Unwin.

National Science Foundation (2006). «Science and Engineering Indicators 2006. Chapter 7: *Science and Technology: Public Attitudes and Understanding*». Disponible a: <http://www.nsf.gov/statistics/seind06/pdf/c07.pdf>

OCDE (1982). *Frascati Manual: Measurement of Scientific & Technical Activities - Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development* OECD, Paris.

OCDE (1993). «Core Set of Indicators for Environmental Performance Reviews». *Environmental Monographs*, núm. 83.

OCDE (1997). *The Measurement of Scientific and Technical Activities: Proposed Guidelines for Collecting and Interpreting Technological Innovation Data (Oslo Manual)*. 2a. edició, DSTI, OECD, París.

OCDE (2003-2006). *Informe PISA 2006 - Conocimientos y habilidades en Ciencias, Matemáticas y Lectura*. Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos.

OEI (1999). *Programa Ciencia, Tecnología, Sociedad e Innovación*. Disponible a: <http://www.oei.es/ctsi.htm>

Power, M. K. (1999). *The Audit Society: Rituals of Verification*. Oxford: Oxford University Press.

Power, M. K. (2003). «Auditing and the Production of Legitimacy». *Accounting, Organizations and Society*, 28(4), pàg. 379.

Ribas, C.; Cáceres, J. (1997). «Perceptions of Science in Catalan Society». *Public Understanding of Science*, vol. 6, pàg. 143-166.

Romer, P. M. (1990). «Endogeneous Technological Change». *Journal of Political Economy* 98, pàg. 71-102.

Rosenberg, N.; Nelson, R. (1994). «American Universities and Technical Advance in Industry». *Research Policy*, 23, pàg. 323-48.

Rowe, G.; Frewer, L. (2000). *Public Participation Methods: a Framework for Evaluation*. *Science, Technology and Human Values*, 25/1, pàg. 3-29.

Salter, L. (1988). *Mandated Science: Science and Scientist in the Making of Standards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Salter, A.; Martin, B. (1999). *The Economic Benefits of Publicly Funded Basic Research: A Critical Review*. Science Policy Research Unit, University of Sussex.

Science & Engineering Indicators (1996). *Economic and Social Significance of Scientific and Engineering Research*, capítol 8.

Schwarz, M.; Thompson, M. (1990). *Divided we Stand: Redefining Politics, Technology and Social Change*. Londres: Harvester Wheatsheaf.

**Shapin, S.; Schaffer, S.** (1985). *Leviathan and the Air-Pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life*. Princeton: Princeton University Press.

**Spaapen, J.; Dijkstra, H.; Wamelink, F.** (2007). «Evaluating Research in Context». The Hague: Consultative Committee of Sector Councils for Research and Development.

**Stone, D.** (2002). «Using Knowledge: the Dilemmas of Bridging Research and Policy». *Compare*, vol. 32, núm. 3, pàg. 285-296.

**Steinmuller, E.** (1994). «Basic Research and Industrial Innovation». A: Dodgson, M.; Rothwell, R. (ed.) (1994). *The Handbook of Industrial Innovation*. Edward Edgar Publishing: Brookfield, Vermont.

**The UK Evaluation Forum** (2006). *Medical Research: Assessing the Benefits to Society*. Academy of Medical Sciences, the Medical Research Council and the Wellcome Trust. Disponible a: [http://www.wellcome.ac.uk/doc\\_WTX031876.html](http://www.wellcome.ac.uk/doc_WTX031876.html).

**The Relevance of Science Project (ROSE)**. Disponible a: <http://www.ils.uio.no/english/rose/>

**Unesco** (1994). *Science and Technology 2000+ Education for all*. The Project 2000+ Declaration. París: Unesco.

**United Nations System** (1998). *Wide Earthwatch, Current Status of Indicator Work*. Disponible a: <http://earthwatch.unep.net/about/docs/indstat.htm>.

**United States General Accounting Office** (1997). *Measuring Performance. Strengths and Limitations of Research Indicators*. Report to Congressional Requesters.

**Webber, D. J.** (1991). «The Distribution and Use of Policy Knowledge in the Policy Process». *Knowledge & Policy*, 4 (4), pàg. 6-36.

**Wynne, B.** (1995). «Public Understanding of Science». A: Jasanoff, S.; Markle, G. E.; Petersen, J. C.; Pinch, T. (ed.). *Handbook of Science and Technology Studies*. Londres: Sage, pàg. 361-388.