

Capítol III: Impacte socioeconòmic de la recerca a Catalunya

Alícia Casals i Gelpí
Pere Puigdomènech
Jordi Suriñach

Resum executiu

La recerca afecta la societat des de múltiples vessants i molts col·lectius diferents. En aquest capítol s'efectua una breu anàlisi i reflexió sobre els retorns que la recerca té sobre aquesta. Cal tenir en compte que quan es parla de recerca, s'ha d'entendre en sentit ampli, és a dir, totes aquelles activitats d'R+D+I. L'objectiu és explicitar com la recerca bàsica, la més aplicada, el desenvolupament i la innovació ajuden la societat a assolir un millor benestar. Alguns dels retorns de la recerca són quantificables (monetàriament o en altres unitats de mesura, com ara reducció de defuncions, malalts) i d'altres són intangibles o psicològics (com els més adequats hàbits de vida), més difícils, per tant, de mesurar.

No és objectiu d'aquest capítol detallar la quantitat de recerca que es fa, ni els agents que les duen a terme. Altres capítols d'aquest informe ja ho analitzen. De la seva lectura es poden treure conclusions sobre la posició de Catalunya respecte al seu entorn més immediat (Estat espanyol) i internacional. El punt de partida, però, és que estem davant d'una activitat molt rellevant, d'elevat impacte, realitzada per diferents agents, tant de l'àmbit públic com privat (entre els quals cal destacar les universitats, centres de recerca i les empreses).

Encara que en ocasions és difícil separar els impactes de la recerca, ja que una mateixa activitat té conseqüències en molts àmbits, de cara a estructurar la presentació, successivament, es farà l'anàlisi en seccions separades, tot i que insistim que sovint se superposen. Una primera part fa referència als efectes socials en un sentit més ampli, mentre que la segona se centra en una mesura més quantitativa dels efectes econòmics, amb les seves lògiques implicacions socials.

Aquest capítol s'elabora quan encara estem immersos en la pandèmia covid-19 que ha impactat fortament en l'àmbit socioeconòmic mundial i sobre la vida de moltes persones. Potser, però, que una de les seves conseqüències més rellevants sigui la conscienciació de la societat en la importància de destinar fons a l'R+D+I, no només com un objectiu important per avançar en el coneixement en si mateix, sinó per aconseguir fites específiques com ara la millora del benestar, la salut, la prosperitat econòmica i la sostenibilitat ambiental. Tal com assenyala l'Informe Cotec (2020) "la ciència i la innovació són fonamentals per enfrontar-se a grans reptes socials i per trobar solucions als problemes complexos que porten associats, anant molt més enllà dels clàssics objectius d'avançar en la frontera del coneixement i impulsar la competitivitat de les economies".

1. Impacte social

La formació en estudis superiors i l'R+D+I tenen molts efectes que van més enllà de l'augment del coneixement i d'aquells que són estrictament econòmics. Són molts els autors que defensen la relació existent entre el nivell educatiu assolit i l'estat de salut dels ciutadans, el nivell de qualitat de vida, el seu nivell de participació social o, més recentment, el seu nivell de conscienciació mediambiental. Molts d'ells es centren més en els efectes associats al conjunt de l'activitat universitària (formació, recerca i transferència de coneixement), que no pas estrictament en els de l'R+D+I (feta també per altres agents com ara empreses o centres de recerca).⁷⁶ Per això, en primer lloc, s'exposen alguns dels àmbits de recerca que es consideren de més rellevància actualment com a base del progrés i, finalment, s'avalua la ciència com a impuls social, on cal mencionar l'efecte de la recerca en un món global, així com l'impacte propi de la recerca a Catalunya. En particular, cal destacar que caldria avaluar l'impacte que té la recerca que es du a terme a Catalunya, tant dins de l'àmbit del país com en relació amb els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS), que han estat aprovats per les Nacions Unides. No sempre aquella recerca, que té objectius considerats com a vàlids a l'entorn europeu, és coherent amb aquests objectius globals. Aquesta podria ser una reflexió necessària a la hora d'avaluar i prioritzar la recerca en el futur pròxim.

Tal com s'assenyala a l'informe de l'ACUP del 2017, hi ha molts efectes socials associats especialment a l'activitat universitària i a la formació superior. Entre ells cal esmentar els següents:⁷⁷

1. l'interès, compromís i participació en la política, així com l'augment de l'estabilitat política;
2. la major satisfacció dels graduats i l'ampliació del seu cercle social;
3. una major consciència i preocupació mediambiental;
4. un capital social més elevat (afecte, confiança, tolerància, interrelació social, cooperació) i les oportunitats que aquest genera;
5. una cohesió social més gran dels graduats universitaris, que es manifesta en una percepció més gran dels rols de gènere, unes actituds més tolerants envers els immigrants i les noves dinàmiques migratòries, o l'augment de la propensió al voluntariat;
6. la millora de la salut, l'esperança de vida, d'hàbits saludables, i la criança dels fills;
7. la reducció de la delinqüència;
8. la disminució dels costos de l'Estat en concepte de prestació de serveis d'assistència social.

Entre les línies que es prioritzen en recerca a Europa aquest capítol es centra en l'àmbit de la salut, l'alimentació i també en els objectius del nou programa d'R+D a nivell europeu, els quals posen especial èmfasi en la sostenibilitat, el Green Deal, i la transformació digital. En aquest capítol es tracta, en primer lloc, la necessitat de la recerca com a recurs bàsic, i es concreten alguns àmbits a Catalunya, per abordar, després, l'impuls social que comporta.

1.1. La ciència com a recurs bàsic. El coneixement científic com a fonament del progrés

Antigament el progrés es basava en la gestió i tractament dels recursos com ara l'aigua, l'energia i les matèries primeres. L'evolució ha portat a incorporar el coneixement també com a recurs bàsic que contribueix a generar avenços i oportunitats, mentre que la manca de coneixement genera marginació i dependència. El coneixement és el resultat del conreu de la ciència al llarg de la història.

⁷⁶ Veg. McMahan (2009), Brennan et al. (2013, 2015) i BIS (2013).

⁷⁷ Veg. Brennan et al. (2015), Savage i Norton (2012), DeClou (2014), Hout (2012), Glaeser et al. (2006), Curtis et al. (2008), Higher Education Quality Council of Ontario (2013), Dziechciarz-Duda i Król (2013), McMahan (2009), UUK (2015) i Cadence-Economics (2016).

Les ciències provenen de distints territoris com ara Mesopotàmia, Egipte, la Xina o l'Índia, però és a la Grècia Clàssica on s'origina la base del mètode científic que va facilitar que es produïssin importants avenços en múltiples camps del coneixement com ara la geometria i l'astronomia. En el renaixement, amb l'observació i el pensament humanista, comença la ciència moderna en medicina amb l'estudi del cos humà i la mecànica que, amb l'aparició de dispositius com ara la impremta, produeix avenços molt significatius. Durant el segle XVIII es desenvolupa la il·lustració que es quan s'acaba definint el que coneixem com a mètode científic. El progrés més ràpid en els darrers segles porta, al segle XIX, grans avenços en química, en matemàtiques i en física, entre d'altres (Puigdomènech, 2020).

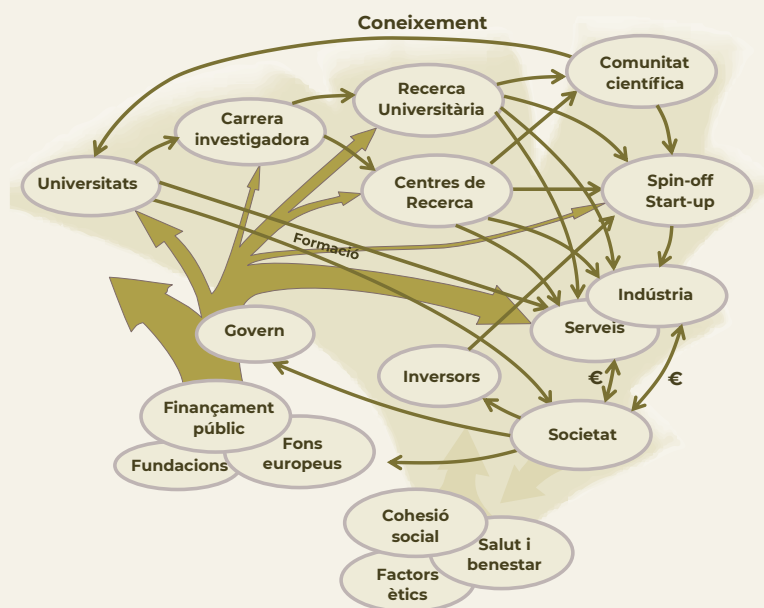
Al tombant del segle XX s'obre una nova dimensió amb la revolució científicotècnica, fruit de l'aliança entre la ciència i la tecnologia, la qual cosa comporta un avenç rellevant del progrés. Alhora, nous mètodes i conceptes van revolucionar la biologia. Això va produir un gran impacte sobre la ciència i la indústria, però també sobre la visió que es tenia del món i de l'ésser humà, gràcies a noves aportacions a la medicina i sobre la influència de l'espècie humana en el planeta. A la dècada del 1990 sorgeix el concepte de la triple hèlix, tot referint-se a les necessàries relacions entre universitat-indústria i govern en la societat del coneixement, per potenciar la transferència i aplicació del coneixement, i fer arribar el seu impacte a la societat. La societat avança veritablement quan és capaç de generar més recursos econòmics i quan incorpora cultura i coneixement. El concepte de triple hèlix ha evolucionat i ha anat incorporant noves dimensions i elements. Mentre la triple hèlix considera el coneixement com un dels motors de l'economia, la quarta hèlix incorpora la importància del coneixement per a la societat i la democràcia. L'informe Friedl-Volpe (Friedl i Volpe, 2016), recollit pel Comitè de les Regions de la UE, sense reflectir la visió oficial, fa un estudi i una comparativa de l'efecte accelerador de la quarta hèlix a les regions d'Europa. La preocupació creixent pel medi ambient ha portat a considerar també la transició socioecològica de la societat i l'economia com a cinquena hèlix (Carayannis et al., 2012).

Ara estem davant el que s'anomena transformació digital, que implica formació i coneixement. Per això es parla de ciència com a recurs. Una característica d'aquesta època és la velocitat dels avenços i canvis científics i tecnològics que obliguen a adaptar-se a les transformacions que caracteritzen els nous llocs de treball, així com a les oportunitats que apareixen d'endegar nous negocis i noves professions. Són oportunitats que facilita la tecnologia i l'adaptació necessària deguda tant a les limitacions dels recursos de la terra, com a la necessitat d'afrontar els reptes del canvi global.

El gràfic 24, que ja recull aquestes noves dimensions, mostra la gran interrelació entre els diferents agents de la cadena, que va des de la formació fins a la generació del coneixement i la seva aplicació en els diferents sectors econòmics. Aquest coneixement és possible amb el suport econòmic que es genera, principalment pel retorn de la indústria a la societat i també en aquelles circumstàncies en què les polítiques fiscals l'afavoreixen. A Catalunya, condicionats pel marc de l'Estat espanyol, la carrera científica està poc potenciada, tot i que tenint en compte els limitats recursos que s'hi esmercen, genera excel·lents resultats. En canvi, la innovació i la transferència del coneixement cap als diferents sectors econòmics, té uns resultats molt més discrets. Hi ha múltiples aspectes de la innovació que cal millorar, entre aquests, però, també voldríem esmentar que, en gran part, és una tasca que fins ara ha estat poc valorada en l'avaluació de l'investigador, tot i la seva repercussió social i econòmica. Aquest aspecte limita encara més la transferència i la creació de *spin-offs* i *start-ups*, i en conseqüència el seu pas cap a una indústria que generi riquesa al país. La recerca produeix major coneixement i desenvolupament social, el qual comporta una major cohesió social que propicia polítiques més favorables a una recerca més eficient i sostenible.

Tot i l'evidència que la recerca és universal i els resultats s'utilitzen arreu, en major o menor grau, el fet de tenir els coneixements que aporta la recerca pròpia permet tenir més independència científica i tecnològica i una millor capacitat de comprendre-la i d'explotar-la, tot aconseguint un impacte més gran. El camí és, doncs, potenciar la societat del coneixement. Catalunya ha apostat per la recerca de qualitat en diversos àmbits i, recentment, ha definit l'estratègia per un avenç que impliqui al màxim la societat amb l'elaboració del Pacte Nacional per a la Societat del Coneixement (PN@SC-2020) i l'avantprojecte de la llei de la ciència.

Gràfic 24. Visualització de la gran interacció entre els agents que componen la quintuple hèlix, coneixement, indústria, govern, societat, democràcia i socioecologia. Font: elaboració pròpia



1.2. La recerca en camps estratègics a Catalunya

A Catalunya s'han anat consolidant un conjunt de sectors estratègics, d'entre els quals escollim quatre com a exemples: la biotecnologia, les ciències agroalimentàries, la recerca mediambiental i la recerca tecnològica. Però, tot i això, cal notar que la recerca és molt dinàmica i s'associa a tots els àmbits. I aquesta dinàmica obliga a afrontar importants reptes per adaptar-se als canvis tecnològics i a l'activitat global. Prova d'això és que emergeixen noves línies de recerca i desenvolupament tecnològic que aporten noves oportunitats de progrés. En són un exemple els nanosatèl·lits que, tot i que com a país no podem aspirar a seguir la cursa espacial, permeten fer una petita incursió en la recerca aeroespacial i les seves aplicacions. Un altre repte actual molt concret és la transformació de tota la zona industrial del sector automobilístic, i aquesta decisió estratègica, segons es triï una activitat o una altra, serà important de cara al futur (bateries, motos i cotxes elèctrics...). Exemples com aquests són oportunitats que cal aprofitar.

1.2.1. Biotecnologia i les ciències de la salut

La nova etapa de l'impacte de les noves tecnologies biològiques, sobre un conjunt múltiple d'aplicacions que han acabat al mercat, s'ha de situar a la fi dels anys setanta. És en aquest període en què es confirma que les eines basades en les tecnologies de l'ADN tindran un ventall considerable d'aplicacions. Aquestes tecnologies van ser patentades per universitats californianes que en van treure royalties significatius, mentre que els investigadors van fundar empreses com ara Genentech o Biogen que en van ser les més emblemàtiques. Apareix, alhora, la necessitat de regular unes tecnologies amb efectes potencials sobre la salut i d'invertir en un dels sectors més prometedors per les seves aplicacions ben diverses. A Europa, una de les primeres iniciatives de prioritització de la recerca va ser el Biomolecular Engineering Programme (1982-1986) que va ser seguit en successius programes d'inversió en biotecnologia i que ha acabat incorporat als programes marcs de la Unió Europea. També a l'Estat espanyol la primera acció de política científica va ser el Programa Mobilitzador de Biotecnologia l'any 1985. A Catalunya s'endega l'any 1990 un pla estimulador de la biotecnologia, que promou accions per posar en contacte els investigadors de les universitats i centres públics de recerca amb empreses. L'any 1994 la Generalitat de Catalunya comença la creació dels centres de referència amb la finalitat de coordinar la recerca que fan diferents grups en un àmbit de la ciència i per estimular la seva relació amb els àmbits econòmics. El primer d'aquests centres de referència és el de biotecnologia. Cal destacar, també, que l'any 1998 es posa en marxa el primer grau en Biotecnologia de l'Estat espanyol com a títol propi, que queda reconegut com a llicenciatura en Biotecnologia l'any 2003. Actualment, la majoria de les universitats catalanes ofereixen aquest tipus de grau. L'acció pública d'estímul a la biotecnologia ve, per tant, de lluny i és probable que sigui una de les raons per les quals el sector econòmic relacionat amb ciències de la vida representi un percentatge significatiu de l'economia catalana.

Una de les organitzacions que són actives en l'àmbit de les indústries relacionades amb les ciències de la vida a Catalunya és Biocat, una fundació que existeix des de l'any 2005, la qual hereta algunes de les accions d'estimulació precedents. Una de les seves accions és l'elaboració d'un informe sobre la situació a Catalunya d'aquest sector. L'any 2020, l'informe ha estat elaborat de forma conjunta entre Biocat i l'Associació CataloniaBio & HealthTech, que agrupa més de 180 empreses del sector de la biomedicina i la salut a Catalunya i actua com a dinamitzador del sector, tot proposant accions estratègiques i duent a terme activitats que promouen solucions que ajudin a millorar la salut de les persones.

Segons l'informe de 2020⁷⁸ l'activitat relacionada amb les ciències de la vida i la salut a Catalunya representa un 7,3% del PIB i donaria ocupació a 230.000 treballadors, dels quals uns 55.000 estarien ocupats a la indústria. És un univers d'unes 1.200 empreses mitjanes i petites i amb algunes de les seus de multinacionals a Espanya dedicades als diferents aspectes de les ciències de la vida, incloent-hi la veterinària i, fins i tot, la cosmètica i el sector agroalimentari.⁷⁹ L'any 2020 les empreses de base tecnològica havien aconseguit superar els 200 milions d'euros inversió. L'informe fa èmfasi en l'existència de 89 institucions de recerca, la majoria del sector públic.

Una de les característiques de l'impacte del sistema de ciències de la vida i la salut a Catalunya és el que té en l'assistència mèdica. Catalunya compta amb 18 hospitals universitaris, la majoria dels quals han creat instituts de recerca on conviuen els professionals de la salut, professors universitaris i investigadors bàsics. El primer d'aquests instituts va ser l'IDIBAPS, fundat l'any 1996 a l'entorn de l'Hospital Clínic de Barcelona. Altres instituts de recerca es van crear als principals hospitals de Catalunya. Aquests hospitals atreuen anualment un gran nombre d'assaig clínics, havent-n'hi més de 700 d'actius l'any 2019. Aquest nombre d'assaigs permet als hospitals estar en contacte amb els desenvolupaments terapèutics més innovadors i la possibilitat de traslladar els seus resultats als pacients dels hospitals catalans de forma ràpida.

Fins a l'any 2020, Biocat tenia amb la Fundació "la Caixa" una activitat estimuladora de debats científics (B-Debate) que, durant més de 10 anys, va col·laborar a portar a Barcelona centenars d'investigadors d'arreu del món per debatre les idees innovadores dels àmbits de les ciències de la vida. Aquests debats han estat un element per a la disseminació científica que ha mantingut iniciatives de comunicació científica com són l'Observatori de la Comunicació Científica de la Universitat Pompeu Fabra (UPF).

Com a conseqüència de la importància de la recerca en els àmbits clínics, el Departament de Salut de la Generalitat de Catalunya va establir, dins del seu pla de salut, actualment en revisió, el Pla Estratègic de Salut i Innovació en Salut (PERIS) que ha posat en marxa convocatòries de projectes que inclouen la incorporació de tecnòlegs a grups de recerca o accions d'àmbit territorial. També cal destacar les activitats de l'Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries (AQUAS) dirigides a incrementar, no només la qualitat assistencial dels àmbits hospitalaris, sinó també la recerca que s'hi fa.

1.2.2. Recerca agroalimentària

Deixant de banda l'impacte en els àmbits assistencials, un dels sectors econòmics que genera més valor a Catalunya és el sector agroalimentari, que representa el 16% del PIB de Catalunya i ocupa més de 160.000 persones. Aquest sector treballa, òbviament, amb éssers vius, animals i plantes i ens proporciona un element vital, que és l'aliment i altres productes com ara fibres o bases per a la indústria. Aquest sector ha anat incorporant, de forma creixent, innovacions que provenen també de diferents àmbits de la recerca, incloent-hi el biotecnològic, a través de les empreses de llavors o de sanitat animal i vegetal. D'una manera semblant, les universitats van reaccionar i van crear estudis de tecnologia d'aliments que actualment s'imparteixen en la majoria d'universitats catalanes. Un dels campus de la Universitat de Barcelona, el de Torribera, a Santa Coloma de Gramenet, està dedicat íntegrament a la recerca i l'ensenyament dels diferents aspectes de l'alimentació, incloent-hi la gastronomia. També la Generalitat va crear un centre de referència de tecnologia d'aliments l'any 1997. L'organització de recerca més gran de la Generalitat de Catalunya en aquest àmbit és l'Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària (IRTA), que es va crear com a empresa pública a partir dels únics traspassos en la recerca que es van produir l'any 1982. L'any 2019 agrupava més de 800 persones que treballaven a 14 centres arreu de Catalunya. La recerca en els àmbits de l'agroalimentació representa un 19% de les publicacions científiques a Catalunya que lidera en qualitat la recerca dins de l'Estat espanyol (Compàs, 2020).

⁷⁸ <https://www.biocat.cat/ca/bioregio-catalunya/publicacions-biocat>

⁷⁹ Catalan Life Sciences Database: <http://www.catalanlifesciences.com/cat/portal/definicions.php>

L'impacte de la recerca en l'àmbit agroalimentari es pot mesurar per la importància de la seva participació en el PIB de Catalunya i en l'ocupació, però, també, perquè proporciona a la població una alimentació suficient i segura, condicions essencials per al benestar de la població. També facilita una alimentació saludable i adaptada a les demandes culturals de la població. La consciència que la producció d'aliments genera una proporció important (fins a un 30%) de les emissions de gasos amb efecte hivernacle, així com l'impacte dels canvis en el clima sobre la producció agrícola, implica canvis significatius en el sistema de producció i consum d'aliments. En aquest sector la transformació digital, que ja hi comença a ser evident, tindrà un gran impacte.

Els efectes de la recerca en l'àmbit agroalimentari es poden veure de forma indirecta sobre el sector de la producció agrícola, que és la que està en l'origen dels aliments. De forma creixent es reconeix la importància que aquesta té en grans parts del territori així com el seu impacte en el medi ambient, tal com expressa l'estratègia europea, tant en les anomenades accions *From Farm to Fork*, com en la mateixa política agrària comú. Aquesta recerca té també un gran impacte sobre la salut, que depèn de forma directa dels nivells nutricionals de la població. Es poden destacar, així mateix, els seus efectes sobre el desenvolupament de la gastronomia, que acaba tenint un efecte innegable sobre la imatge del país i, per tant, sobre el turisme, així com en els hàbits alimentaris.

1.2.3. Recerca mediambiental

Un altre camp on la recerca és molt rellevant i té implicacions, més enllà de l'àmbit econòmic, és el mediambiental. La preocupació pel medi ambient és un fet generalitzat arreu del món. Per això, disposar de dades sobre els efectes de l'activitat humana, i sobre com els canvis en el clima afectaran la nostra activitat i la nostra salut, és una exigència social. Les polítiques en molts diferents àmbits i les empreses dels diferents sectors necessiten informació sobre el medi ambient i els canvis que s'hi produeixen i que tenen un impacte sobre aquests.

L'impacte de la recerca va des de la conscienciació dels efectes associats a l'estil de vida, a les conseqüències de determinades polítiques (pesquera, de reciclatge, etc.). "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 dels humans): 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." (Aibar et al., 2007).

La recerca i docència ambiental afecten molts diferents aspectes de l'activitat científica i industrial a Catalunya, tant pel que fa als aspectes de gestió com de previsió de les dinàmiques de futur. En un moment en què moltes polítiques estan adreçades a la reducció de les activitats, que influeixen sobre el clima i en la mitigació dels seus efectes, disposar de bona informació, així com de personal preparat, és essencial per a un país com Catalunya. Tenir bones dades de medi ambient i de les prediccions sobre canvis en el clima és també important per a moltes de les polítiques d'ordenació del territori, mobilitat, agricultura, entre altres. La comunicació d'aquestes dades a la població és primordial per a l'acceptació d'aquestes polítiques.

L'any 2015 el Departament de Territori i Sostenibilitat va publicar un mapa de grups de recerca sobre aquestes temàtiques.⁶⁰ Segons aquest mapa, l'any 2013 hi havia 217 de recerca, 51 centres tecnològics i 27 centres de recerca, amb recerca sobre el medi ambient molts centres i departaments universitaris de les diferents àrees de la biologia, la química (dins de les ciències experimentals) o la geografia i l'economia (dins de les ciències socials) i diverses àrees tecnològiques. També institucions com ara l'Institut Cartogràfic de Catalunya o el Servei Meteorològic subministren dades a empreses, institucions o particulars que són necessàries per les seves activitats.

Entre els centres de recerca esmentats, n'hi ha que es troben dins de la institució CERCA com ara el Centre de Recerca Ecològica i d'Aplicacions Forestals (CREAF) o el Centre de Ciència i Tecnologia Forestal de Catalunya (CTFC) i altres que pertanyen a les universitats com ara l'Institut de Ciència i Tecnologia Ambientals (ICTA) al campus de la Universitat Autònoma de Catalunya (UAB). El CREAF ha aconseguit la distinció Severo Ochoa —com també l'Institut de Diagnòstic Ambiental i Estudis de l'Aigua (IDAEA-CSIC)— i l'ICTA, la distinció María de Maeztu. Altres instituts tenen una part important de la seva recerca dedicada a temes ambientals com ara l'Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA) o l'Institut de Ciències del Mar (ICM-CSIC). Entre els programes de recerca europeus, dins del programa europeu Horitzó 2020, una de les prioritats és l'anomenat clúster 5 dedicat a clima, energia i mobilitat, encara que els aspectes de medi ambient estan presents en el conjunt de programes.

Cal destacar que la majoria de les universitats catalanes ofereixen graus o màsters en Ciències Ambientals (Universitat de Barcelona, Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de Girona, Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya, Universitat Rovira i Virgili) o el grau en Enginyeria Ambiental a la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) així com a disciplines relacionades amb temes jurídics i tecnològics. Una recerca senzilla en la web sobre “consultoria ambiental” a Barcelona troba més de 600 resultats, la qual cosa fa palesa la importància d'aquesta activitat.

La recerca en l'àmbit del medi ambient té importància també en la salut de la població quan mesurem de forma detallada els efectes dels contaminants en l'aire i l'aigua, per exemple. Té efectes evidents en l'ordenació del territori, quan definim àrees d'especial conservació per raons de diversitat biològica o de paisatge.

La preocupació pel medi ambient, així com la creixent preocupació per l'esgotament de molts dels materials i recursos de la Terra, que són necessaris per generar tota la tecnologia que ens ha aportat l'estat del benestar, obliga a investigar noves formes d'energia, i també a conscienciar la societat sobre la necessitat de canvis d'hàbits. El centre Tecnio de la UPC, *Smart Sustainable Resources* (SSR), neix amb l'objectiu de buscar-hi solucions en un context multidisciplinari. I entre els recursos necessaris, l'energia ha portat a fer de la recerca un tema prioritari, pel que fa a la seva generació i la gestió del seu consum. El Centre Tecnològic en Biodiversitat, Ecologia, Tecnologia Ambiental i Alimentària (BETA-UVic-UCC) neix amb l'ànim de potenciar la competitivitat a les àrees rurals.

El consum energètic, que creix molt més ràpidament que la mateixa població mundial, la qual, al seu torn, ja creix de forma notable, suposa un problema d'abast mundial, tant per la limitació dels recursos naturals d'on provenen (fòssils), com per l'efecte contaminant sobre el medi ambient. Això obliga a plantejar-se un canvi de paradigma cap a la transició energètica, que comporta estudis de l'evolució en tots els àmbits relacionats (matèries primeres, la mateixa producció energètica, efectes sobre la contaminació i el clima, consum i mobilitat). La recerca i estudis a Catalunya són diversos. L'Institut de Recerca de l'Energia de Catalunya (IREC) n'és el més rellevant, amb els reptes d'afrontar un futur sostenible en els grans temes: energia i medi ambient, energia intel·ligent i la seva gestió i emmagatzematge. A banda de les entitats pròpiament científiques, hi ha altres col·lectius, com ara la plataforma MES (Col·lectiu per a un nou Model Energètic Social Sostenible)⁸⁰, orientada a generar coneixement sobre els models energètics i la sostenibilitat i a difondre'l socialment, o l'associació ESF⁸² (Enginyers Sense Fronteres), que dedica la seva activitat a fer estudis i a difondre els efectes de l'ús exagerat o malament gestionat de l'energia i d'algunes polítiques o interessos privats que plantegen la necessitat d'actuacions, tant a nivell polític com a nivell social. A Riba (2021), i en base a les dades de Catalunya (Idescat, 2020), es mostren els nivells d'energia grisa o incorporada, que és la suma de l'energia que ha estat necessària per obtenir un material, producte o servei de la qual en general no es parla, i que és en realitat molt superior a la que percebem.

La mobilitat és una font d'aquest consum excessiu d'energia, i la recerca sobre el transport també va lligada a aquesta transició energètica i, en gran part, està vinculada a aquests centres.

Cal esmentar la importància de la comunicació i el coneixement a nivell social de la importància de la salut ambiental, ja que, gràcies a la sensibilització de la població, tot el que és aplicable a la millora del medi ambient i les emissions comença a tenir mercat i, per tant, negoci. En conseqüència, crea interès a dedicar-hi esforços en recerca i en el desenvolupament de les corresponents tecnologies. La covid-19, particularment, ha ajudat a accelerar aquesta conscienciació de la població sobre els efectes de la seva actuació i de la importància de la recerca.

1.2.4. Recerca tecnològica. Transformació digital

La recerca i el desenvolupament tecnològic té una gran incidència en els àmbits anteriors, i ha estat clau en les grans transformacions socioeconòmiques (Amat et al., 2019).

La indústria 4.0, que comporta la conjunció de la robòtica, la internet de les coses; comunicacions (5G), big data i intel·ligència artificial (IA), incideix, no només en la producció industrial, sinó en els serveis (informació, màrqueting, seguretat...), salut, etc. La indústria 4.0, en el seu sentit més ampli i la seva incidència en el context català, s'ha analitzat àmpliament als grups de treball del Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya (EIC – GT4.0). Amb l'objectiu d'augmentar la transferència, dins el programa RIS3Cat (*Research Innovation Strategies for Smart Specialization de Catalunya*),

⁸⁰ http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/educacio_i_sostenibilitat/rdi_ambiental/catalunya/mapa-dactors-de-recerca-i-innovacio-ambiental-a-catalunya

⁸¹ <http://cmes.cat/>

s'han promogut xarxes com ara la XaFIR (*Xarxa Fourth Industrial Revolution*), la xarxa indústria 4.0 de Catalunya que agrupa 11 entitats del sistema universitari català, centres de recerca i centres tecnològics, amb un total de 35 grups de recerca, per augmentar el TRL (*Technology Readiness Level*), en les tecnologies de la indústria 4.0 en desenvolupament, i aconseguir així l'impacte en el pas de recerca a productes i serveis.

En l'àmbit de la salut, aquesta transformació digital contribueix a la millora dels equips de diagnòstic, els de monitorització (tot afavorint la teleassistència), els de tractament i assistència, i de l'equipament dels mateixos sistemes de recerca biomèdica. Així mateix, la capacitat de computació i la intel·ligència artificial ofereixen la possibilitat d'aprendre, a partir de les dades que proporcionen els sistemes de mesura i monitorització, la qual cosa suposa un suport molt valuós per al coneixement científic en aquest àmbit. Són elements clau la recerca en aquest camp i la disponibilitat de personal, amb els coneixements necessaris per avançar i aplicar-los. Cal dir que són especialment rellevants els centres CERCA, com ara l'Institut de Bioenginyeria de Catalunya (IBEC), l'Institut de Ciències Fotòniques (ICFO) i l'Institut de Nanociència i Nanotecnologia (ICN2), o els centres Tecnio, com per exemple el Centre de Recerca en Enginyeria Biomèdica (CREB). D'altra banda, el Col·legi d'Enginyers ha creat també la Comissió d'Enginyeria de la Salut (EIC-Salut), que té com a missió fer xarxa entre enginyers en aquest àmbit, *networking*, i fomentar el coneixement, així com desenvolupar serveis per als enginyers del sector salut, en un context on cada cop més els enginyers tenen un paper clau a hospitals i centres mèdics en general. L'AGAUR, en la mateixa línia d'augmentar la transferència i impactar la societat, dins el programa RIS3Cat, ha promogut altres xarxes que agrupen nombrosos centres i grups de recerca i centre tecnològics. En l'àmbit de la salut hi ha la xarxa XARTEC (Xarxa de Tecnologies de la Salut), per potenciar les tecnologies mèdiques al mercat català, que integra 47 grups de recerca de 17 institucions i de 5 comarques de Catalunya; i la I4Kids (*Pediatric Innovation Hub*), amb 31 entitats, que necessita un suport més gran, en ser un mercat poc atractiu, atès que la població pediàtrica representa només un 15% de la població.

La transformació digital en l'àmbit agroalimentari, i amb incidència en l'àmbit ambiental, tindrà un impacte en l'agricultura de precisió, que permet determinar la dosificació de rec, amb el conseqüent estalvi d'aigua, o la detecció selectiva de males herbes, per evitar l'ús massiu de pesticides que afecten el sòl, el medi ambient i les aigües. I més enllà de l'agricultura de precisió, cal esmentar l'agricultura 4.0, que genera i analitza gran quantitat de dades, gràcies a la miniaturització i abaratiment dels seus components. Aquesta informació permet millorar la precisió, els processos, la maquinària, etc. L'interès obvi ha portat a la Unió Europea a fomentar-ne la implantació, amb el projecte *Katana Accelerator*⁸³ d'ajut a pimes, i també l'adaptació de la maquinària amb l'associació CEMA (*European Agricultural Machinery Association*), per tal d'avançar cap a les granges sostenibles. A Catalunya la implantació encara és molt limitada, tal com recull el Status report dels Enginyers Industrials (EIC – GT4.0).

En l'àmbit mediambiental, la tecnologia hi té també un paper clau, tant pel que fa a una millor supervisió i previsió, com en la recerca de noves solucions, que permetin reduir la producció de productes contaminants per millorar els processos i aplicar noves solucions tecnològiques: fusió versus fissió per a generar energia nuclear, captura de CO₂, producció d'energia renovable (piles d'hidrogen, etc.), amb què s'aspira a poder mantenir al màxim l'estat del benestar sense incrementar el detriment de l'entorn. A Catalunya l'IREC i EURECAT són els referents en aquest tipus de recerca.

Les TIC han anat canviant la forma de comunicació i, arran de la pandèmia, han accelerat el teletreball, el qual incideix directament en la mobilitat, canvis d'hàbits, i indirectament en els serveis, l'ocupació d'espai urbà i la millora dels equilibris territorials. Les comunicacions i la tecnologia 5G són una altra pota de la transformació digital. A Catalunya comptem amb centres CERCA com ara el Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTT) i i2Cat (Internet i Innovació Digital de Catalunya).

La tecnologia té un efecte directe en els canvis d'hàbits, sobretot amb l'aparició de tecnologies trencadores. En l'àmbit dels serveis, per exemple, aquests canvis van des del transport, recollida de residus, neteja, manteniment, fins a les biblioteques. L'aplicació de la IA i el big data a les comunicacions massives permet avançar cap al concepte de ciutat intel·ligent (*smart city*), tot augmentant significativament l'eficiència i la qualitat del servei i generant nous i variats llocs de treball. Pel que fa referència a la IA, cal esmentar l'Institut d'Investigació en Intel·ligència Artificial

⁸² <https://esf-cat.org/>

⁸³ <https://katanaproject.eu/>

(IIIA). Segons l'informe de Philips, "*Understanding the Challenges and Opportunities of Smart Cities*", publicat a *SmartCitiesWorld*,⁸⁴ Barcelona figura entre les ciutats més intel·ligents del món. Alguns dels serveis que ofereixen aquestes ciutats, basats en la Internet de les coses, són l'enllumenament públic, l'eliminació de residus, el sistema de bicings, el trànsit d'autobusos, sensors de soroll, sistemes d'irrigació i laboratoris Fab (tallers de petita escala que ofereixen fabricació digital).⁸⁵ L'objectiu és la millora de serveis, disminució de costos i de consum energètic, millora mediambiental, etc.

D'altra banda, cal dir que aquest món digital s'enfronta amb els problemes derivats de la pirateria i els atacs digitals. Per a l'entorn català, amb molta petita empresa, establir les mesures de seguretat necessàries és un problema pel cost que comporta. A Catalunya, segons dades d'ACCIÓ (Agència per la Competitivitat de l'Empresa),⁸⁶ existeixen 361 empreses i 15 centres tecnològics i de recerca especialitzats en ciberseguretat. La Unitat d'Estratègia i Intel·ligència Competitiva d'ACCIÓ i l'Agència de Ciberseguretat de Catalunya, en el seu informe de desembre 2020, hi descriuen la importància de la ciberseguretat a la indústria, les tendències i impacte en els ODS (Objectius de Desenvolupament Sostenible) i la situació a Catalunya. Aquest informe (ACCIÓ, 2020),⁸⁷ es basa en informes previs de tecnologies disruptives en els àmbits digital, físic, biològic, transversal i d'hibridació de tecnologies.

Actualment, segons Foment del Treball (2020), el 35% de les empreses catalanes acceleren la transformació digital que comporta millores en la producció, ciberseguretat, coneixement (anàlisi de dades), comunicació i treball cooperatiu.⁸⁸

Finalment, en aquest context, cal esmentar també les grans infraestructures singulars que té Catalunya: el supercomputador MareNostrum, al BSC (Barcelona Supercomputing Center), que acull investigadors de tots els àmbits i d'arreu del món als seus departaments (ciències dels computadors, ciències de la vida, ciències de la Terra i enginyeria); i el Síncrotró Alba, com a infraestructura compromesa en l'excel·lència científica, la millora del benestar i el progrés de la societat, a través del coneixement que es pot adquirir amb els acceleradors d'electrons.

1.3. La ciència com a impuls al desenvolupament social

El coneixement que aporta la recerca a tots els àmbits de la ciència i les tecnologies repercuteixen en molts aspectes de la societat i també en els individus. En aquest capítol es fan unes consideracions generals sobre la situació a Catalunya i els efectes en l'equilibri social i territorial, la necessitat de talent per al desenvolupament, així com la importància del coneixement que aporta la ciència per a la presa de decisions.

1.3.1. La recerca i els equilibris socials i territorials

S'ha estudiat molt la incidència de l'entorn familiar per permetre els individus arribar a una millor posició social. Ara bé, també el nivell cultural i científic facilita el pas d'un nivell social a d'altre. Un estudi de l'OCDE (2018)⁸⁹ proposava que cal un nombre de generacions per assolir uns nivells mitjans en el cas de les persones que provenen de famílies amb nivells baixos. L'Estat espanyol, en particular, apareix entre aquells en què aquest anomenat "ascensor social" funciona en un nombre menor de generacions. La cultura científica afavoreix aquesta tendència que pot evitar el malbaratament del talent potencial, especialment el femení que està encara poc aprofitat en posicions de recerca d'alt nivell. Polítiques d'estímul de la cultura científica a l'abast de tothom poden servir per assolir aquest objectiu.

De la mateixa manera, l'acumulació de població i d'activitat econòmica a les grans ciutats és un procés d'una magnitud creixent que pot deixar grans zones dels nostres països buides de població. L'ordenació del territori ha de tenir en compte com s'equilibra l'activitat econòmica i el territori entre les zones més poblades i aquelles que deixem lliures de presència humana, tot afavorint la biodiversitat. És una decisió política amb una gran transcendència de futur. La forma com la política territorial i la política científica es coordinen pot no ser evident. Es pot argumentar que una política

⁸⁴ <https://smartcitiesworld.net>

⁸⁵ <https://www.e-zigurat.com/blog/es/smart-city-series-barcelona/>

⁸⁶ <http://www.accio.gencat.cat/ca/serveis/banc-coneixement/cercador/BancConeixement/infografies-accio>

⁸⁷ <https://www.accio.gencat.cat/ca/serveis/banc-coneixement/cercador/BancConeixement/la-ciberseguretat-a-catalunya>

⁸⁸ <https://www.foment.com/empreses-catalanes-accelera-transformacio-digital-en-plena-pandemia/>

⁸⁹ <https://doi.org/10.1787/9789264301085-en>

de centres de recerca (i d'universitats) distribuïts pel territori pot servir per atreure talent, lluny de les grans zones urbanes. Però es pot assenyalar, també, que és difícil atreure talent científic cap a zones amb pocs serveis i amb poca concentració de capital humà. Una concentració de centres de recerca, en un nombre limitat de campus, pot incrementar-ne l'eficiència, en particular quan es necessiten grans infraestructures i quan desitgem estimular la recerca multidisciplinària.

A Catalunya seria pertinent una reflexió sobre com ha estat feta la distribució dels centres de recerca pel territori, que sembla respondre més a criteris particulars o d'oportunitat que no pas a una visió d'equilibri del territori o d'eficiència de les inversions que comporten. Caldria reflexionar també sobre les dificultats que han tingut alguns dels parcs científics i tecnològics, que van ser creats al voltant de les universitats, o sobre la manca de centres de recerca a localitzacions properes a infraestructures importants com és el cas del Sincrotró Alba.

En aquesta línia, en els treballs dins el Pacte Nacional del Coneixement (PN@SC)⁹⁰ es plantegen polítiques regionals per a Catalunya per donar suport a estratègies territorials, regió de coneixement, impulsades des del mateix territori, amb l'objectiu de vincular els treballs dels PECTS (Projectes d'Especialització Competitivitat Territorials) amb perspectives de xarxa territorial amb objectius de desenvolupament sostenible. Aquesta estratègia ve motivada pel biaix del desenvolupament actual, atès que l'Àrea Metropolitana de Barcelona aglutina el 46% de les empreses, 350 centres i entitats d'R+D+I, un ecosistema de 1.500 empreses emergents i un 52% del PIB. Segons el PN@SC, aquestes regions, que haurien de ser ecosistemes d'innovació territorial, haurien de tenir una dimensió d'entre 400.000 i 6.000.000 habitants, incloent-hi almenys una universitat amb activitat de recerca, i preveure un PIB d'entre 10.000 i 15.000 M€.

Actualment no existeix un estudi que quantifiqui globalment com es distribueix la població en funció del nivell de coneixement pel territori, però, és evident que està, en gran manera, concentrat en l'Àrea Metropolitana de Barcelona i àrees més poblades i amb universitats, tot deixant les altres zones amb poca possibilitat de desenvolupament per manca de recursos humans.

En qualsevol cas, el debat és necessari atès que hi ha molts factors per a considerar, i no tots van en la mateixa direcció. D'una banda, és indiscutible l'impacte positiu que, sobretot, els centres universitaris tenen sobre el territori on s'ubiquen. Per exemple, poden citar-se els estudis que estimen l'impacte generat per la Universitat de Vic-Universitat Central de Catalunya (UVic-UCC, 2018)⁹¹ i de la Universitat Rovira i Virgili (URV, Segarra et al., 2011)⁹² sobre el territori. En l'estudi de la UVic-UCC s'obté que, a més dels efectes dinamitzadors, empenedoria i dinamisme social, es generen 1.331 llocs de treball (directament i indirectament) a la comarca, un 1,88% de l'ocupació, i 1.942 llocs de treball a tot Catalunya.

De l'altra, des del punt de vista dels resultats científics, no és tan clar que la distribució territorial de centres de recerca, allunyats dels clústers d'R+D+I, sigui igualment desitjable, excepte en casos molt particulars (per exemple, associats als recursos naturals preexistents). De la mateixa manera, la dispersió genera un sobrecost de mobilitat i energètic que cal tenir en compte. Probablement, la decisió de localització estarà condicionada a criteris no estrictament d'eficiència científica.

És necessari garantir la igualtat de condicions a tot el territori i assegurar una dotació d'infraestructures adient (a nivell de xarxa de comunicacions, tant viària com digital), i també reduir la bretxa digital actual. En referència a les comunicacions viàries, a Palau i Amat (2021), es fa un estudi sobre l'impacte econòmic, social i mediambiental d'un servei públic tan rellevant com ara el TMB (Transports Metropolitans de Barcelona) que, amb el concepte de "valor associat integrat", mostra les múltiples implicacions d'un servei com ara el transport públic. Respecte a les comunicacions digitals, l'informe del Ministeri d'Afers Econòmics i Transformació Digital (2020), *Datos particularizados de cobertura de banda ancha en Cataluña*,⁹³ mostra les llacunes o mancances a diverses àrees amb poca població en les diferents bandes de freqüència. Per a la implantació d'aquesta xarxa al territori, la llei de l'oferta i la demanda no és aplicable si es vol potenciar aquesta redistribució territorial.

1.3.2. La base de la ciència, el talent

La component bàsica per desenvolupar l'R+D+I és la disponibilitat de talent. Òbviament, es requereixen uns pilars que el complementin (infraestructures, economies d'aglomeració, clústers de coneixement, mobilitat i xarxes internacionals, centres i altres ens de recerca, parcs científics i tecnològics, connexió entre sector privat i públic, finançament...), però, si no hi ha coneixement i

⁹⁰ <https://empresa.gencat.cat/ca/intern/pnsc/>

⁹¹ <https://drive.google.com/file/d/1hmNQfHG1khDUQ4Mq3QqV0203oKavT3c6/view>

⁹² <http://digital.publicacionsurv.cat/index.php/purv/catalog/book/104>

⁹³ <https://avancedigital.mineco.gob.es/banda-ancha/cobertura/datos2019/Catalu%C3%B1a.pdf>

talent, hi manca el factor principal.

Aquesta necessitat de talent és necessària a tots els àmbits del coneixement, i no només en el més experimental i tecnològic, tot i que és imprescindible en aquest. Cal reflexionar i prendre accions per aconseguir un nombre més gran de titulats i investigadors en l'àmbit de les STEM (corresponent a l'anglès *Science, Technology, Engineering and Mathematics*), i també poder assegurar la carrera professional dels potencials investigadors. A Olivé-Canals (2021) s'ha fet un estudi sobre les perspectives laborals dels doctorats a Catalunya.

Per tant, cal ser actius per tal que s'ajudi a fer créixer el talent. Aquesta actuació, en un món globalitzat, no ha de limitar-se a desenvolupar el talent intern, sinó que cal facilitar que es generin les condicions perquè l'atracció de talent extern superi la sortida del talent intern. Concretament, cal més informació sobre aquest saldo (entrades-sortides de talent) en els diferents àmbits del coneixement, així com una anàlisi (quantitativa i qualitativa) de les pèrdues de talent que es produeixen (capital humà format a Catalunya que acaba marxant), i els retorns passat els anys.

En tot cas, s'ha de ser conscient que no es pot estar en el primer nivell de l'R+D+I (i ser el màxim de competitiu) en tots els camps del coneixement. L'evolució global de la ciència i la magnitud de Catalunya ens impedeix poder fer recerca capdavantera en tots els àmbits. Aquesta especialització és inherent a tots els territoris.⁹⁴ Cal prioritzar i especialitzar-se en allò que tenim avantatges competitiu. A Catalunya, com ja s'ha assenyalat, s'ha apostat, entre d'altres, per la biotecnologia i ciències de la vida i, en aquest àmbit, estem molt ben posicionats, ja que existeix tant iniciativa privada com una aposta de polítiques públiques. Però això no implica que s'hagin d'oblidar altres àmbits, pels quals, en tot cas, la disponibilitat de talent és imprescindible. A tall d'exemple, en primer lloc, es pot esmentar la necessitat d'estar present en la indústria 4.0 (i més en general, en la transició al món digital). Però la seva implantació no és simple a l'entorn català, caracteritzat per un teixit productiu basat majoritàriament en pimes. Per tant, es necessita talent i coneixement per adaptar-se als canvis tan ràpids que s'hi produeixen, i per poder afrontar els riscos de seguretat existents, a causa de la interconnectivitat que comporta (Col·legi Enginyers Industrials de Catalunya, 2017).⁹⁵

El sector aeroespacial és un segon exemple de la importància del talent com a motor de l'R+D+I i catalitzador d'interessants projectes en branques concretes de l'economia. És evident que no podem estar al nivell dels grans gegants mundials. No podem anar a Mart. Però la iniciativa i emprenedoria ha dut a trobar oportunitats en aquest àmbit que ja ha donat lloc al primer gran èxit amb l'aposta que ha fet la Generalitat de Catalunya per enviar l'Enxaneta a l'espai el passat 7 de juny de 2021. Així mateix, l'aposta per donar suport al coneixement i l'emprenedoria en aquest camp ha donat com a resultat que una empresa catalana vengui nanosatèl·lits a tot el món. Així doncs, l'estratègia NewSpace de Catalunya suposa una aposta de país per guanyar autonomia en l'àmbit de les comunicacions, amb cada cop més implicació socioeconòmica i la monitorització (cabal de rius, fauna salvatge, dades meteorològiques...), amb una gran projecció de futur.

En aquest món de transformació digital els canvis s'estan produint a una velocitat tan gran, i amb un major grau d'especialització, que cal poder adaptar-s'hi. Això comporta disposar de coneixement, esperit d'emprenedoria i d'un ecosistema adient. A Europa es considera un tema rellevant, i a Cohen (2021) es reflexiona sobre les estratègies cap a l'especialització intel·ligent que permeti adaptar-se i progressar individualment i socialment en aquest context. Des de l'*EU Science HUB Joint Research Centre* s'han fet diferents estudis. En concret, a Marinelli et al. (2021) es planteja l'estratègia d'especialització intel·ligent i s'analitzen tres regions europees: Catalunya, Bulgària i Grècia, amb l'esperit de potenciar una recerca RRI (*Responsible Research Innovation*).

1.3.3. La ciència i l'educació científica com a base per a la presa de decisions

La recerca científica té arreu del món un impacte a diferents nivells de la societat. L'educació científica i tecnològica és necessària per implicar a la societat en el seu propi creixement. En aquest apartat es plantegen alguns exemples que mostren la importància que la societat tingui una formació científica sòlida pel bé del seu conjunt. S'ajorna tractar en aquest apartat les

⁹⁴ En una altra escala, Europa també ha perdut posicions en certs àmbits de la ciència. A tall d'exemple, s'ha produït en el món de la microelectrònica, i concretament en el dels processadors base dels dispositius i equips informàtics (<https://www.bloomberg.com/news/newsletters/2021-04-27/europe-is-trying-to-reclaim-its-lost-chipmaking-glory>).

⁹⁵ https://www.eic.cat/promocio/e_marqueting/comissioi40/Dossier_PIME_Comissioi40_2017_V7.pdf

conseqüències positives que té el coneixement científic, com a base per a la creació d'empreses (*spin-off, start-up*) i la generació d'activitat econòmica de major valor afegit, que serà desenvolupat amb més extensió en un apartat específic dedicat a l'impacte econòmic de l'R+D+I.

Un primer exemple el tenim en la necessitat de prendre les decisions adequades per part de les institucions polítiques, per la qual cosa es requereix que els seus decisors tinguin accés al coneixement científic. Com assenyala l'OCDE (2015),⁹⁶ "A la comunitat científica se li demana, cada vegada més, que proporcioni evidències i assessorament als responsables polítics governamentals en diversos temes, des d'emergències de salut pública a curt termini fins a reptes a llarg termini, com ara l'envelliment de la població o el canvi climàtic. Aquests consells poden ser una aportació valuosa, o fins i tot essencial, per a la formulació de polítiques sòlides. La ciència es troba realment al centre de moltes qüestions polítiques importants i els científics són cada vegada més visibles i, en molts casos, cada vegada més vulnerables en els processos de formulació de polítiques". A molts països s'han constituït sistemes organitzats de consulta a les organitzacions acadèmiques i científiques, que proporcionen als responsables polítics opcions basades en la millor evidència científica disponible. Aquesta consulta no és possible sense l'existència d'una comunitat científica ben informada.

Relacionat amb l'anterior, també cal que la societat tingui una educació científica i tecnològica per implicar-la en el debat i actuació d'afers públics i per tenir una societat estructurada. La implicació ciutadana és una "garantia de legitimitat democràtica de les polítiques públiques" (Aibar et al., 2007) i evitar que "es produeixi una divisió entre els qui tenen accés al saber, i es beneficien del desenvolupament dels coneixements, i els qui no el tenen". És necessària una major educació per tenir un criteri sòlid en temes de debat com ara la relació entre tecnologia i ètica, el canvi climàtic, les conseqüències econòmiques de la immigració,⁹⁷ l'experimentació genètica, la prevenció de catàstrofes (sanitàries, alimentàries, ambientals), entre moltes d'altres.

Adicionalment, el coneixement científic implica un canvi d'hàbits en temes com, per exemple, la sostenibilitat mediambiental (recollida de residus, sensibilitat davant el canvi de fiscalitat mediambiental), i els hàbits esportius o alimentaris.

Per últim, la limitada comunicació en matèria de ciència cap al gran públic comporta menys conscienciació de la importància de la recerca, que acaba essent una mancança. Es constata que la percepció és diferent a d'altres àmbits. Mentre que la recerca biomèdica és, en general, ben valorada (amb reticències segons temes ètics), la recerca tecnològica no rep la mateixa consideració i, sovint, en molts aspectes, és qüestionada pels efectes també ètics (privacitat, ús de dades, tipus i usos de tecnologia, reducció d'ocupació, desequilibris...) que se'n poden derivar. Per tant, per exemple, es proposa augmentar la comunicació d'avenços no mèdics, o de difusió de premis científics.

En un altre àmbit d'actuació, a Catalunya, La Marató de TV3 ha aconseguit una gran implicació de la societat i una gran solidaritat per la recerca biomèdica. Caldria, però, exportar aquests tipus d'iniciatives a altres àmbits que també comporten un important efecte social, ja que altres àrees de la ciència i la tecnologia també afecten el benestar de les persones i el medi.

⁹⁶ https://www.oecd-ilibrary.org/science-and-technology/scientific-advice-for-policy-making_5js3311jcpwb-en

⁹⁷ Per exemple, el projecte europeu Horitzó 2020 SOLIDUS (<https://cps.ceu.edu/research/solidus>, <http://solidush2020.eu/es/>) demostrava com la informació científica sobre els efectes econòmics dels immigrants millorava l'opinió de la ciutadania sobre aquests.

2. Impacte econòmic

2.1. Plantejament i característiques generals

L'R+D+I, desenvolupada pel conjunt d'agents implicats (universitats, parcs i centres de recerca i/o tecnològics, hospitals, i les mateixes empreses), genera un coneixement i una activitat que té un impacte econòmic, i que acaba afectant la societat, estrictament en termes econòmics, des de diferents punts de vista, amb la creació de noves empreses i línies de negoci, la generació de llocs de treball; la producció de béns i serveis, que són d'utilitat a la societat; l'aportació de rendiments als treballadors i a empreses; i l'aflorament de recursos impositius, que reverteixen en inversions públiques, entre d'altres.

L'impacte de l'R+D+I a l'economia té dues aproximacions, complementàries entre si. D'una banda, a curt termini, l'R+D+I no és més que un sector econòmic —com pot ser el manufacturer, l'educatiu, el ramader, el turístic, etc.—, el qual, a partir de la despesa i inversions que efectua, genera un impacte econòmic que es pot mesurar en termes de producció/facturació, Producte Interior Brut (PIB), recaptació fiscal, remuneracions d'assalariats, o llocs de treball, entre els més habituals. Aquest impacte no es circumscriu al sector considerat (R+D+I), sinó que les relacions intersectorials (demanda a proveïdors i el seu efecte arrossegament) així com l'impacte induït (la despesa econòmica que fan els treballadors, que directament o indirecta, deuen el seu lloc de treball a l'activitat generada per l'R+D+I) generen un impacte econòmic total que ultrapassa l'impacte directe inicial sobre el sector d'R+D+I.⁹⁸ Aquest tipus d'impacte és el que més habitualment ha estat quantificat en estudis previs, sobretot en l'àmbit universitari.

Una segona perspectiva de l'impacte econòmic generat per l'R+D+I s'associa a l'increment de productivitat que genera. Aquesta R+D+I, com a factor productiu, amb l'increment del capital tecnològic i el capital humà, i també l'augment del capital empresarial, mitjançant la transferència de coneixement i la creació d'infraestructures de producció de coneixement, genera un increment de coneixement dels investigadors, de les empreses que apliquen les innovacions realitzades o de la recerca efectuada, s'utilitzen patents i es realitza una transferència de coneixement, entre d'altres, que reverteix en l'economia del territori. Aquest impacte, que es concreta més enllà del curt termini, perquè necessita un període de maduració, ha estat àmpliament analitzat en la literatura, encara que és complexa la seva quantificació. La quantificació conjunta d'aquest segon tipus d'aproximació, com es recull a ACUP (2017), no és senzilla, atès que cal salvar les dificultats que resulten de la identificació dels efectes nets, les mancances en les disponibilitats de dades representatives i les dificultats metodològiques per al seu dimensionament en termes monetaris.⁹⁹

⁹⁸ Hi ha diferents metodologies alternatives per a la quantificació d'aquest impacte econòmic de demanda. Veg. ACUP (2017) o Suriñach et al. (2020). També una revisió de la literatura es troba a Leslie i Slaughter (1992), on s'analitzen al voltant de 60 publicacions fins a 1992; Siegfried et al. (2007), on es revisen més de 125 estudis publicats des de 1992; Arbo i Benneworth (2007), per a universitats europees i nord-americanes; Drucker i Goldstein (2007) on es realitza una revisió de diferents metodologies; Goddard i Kempton (2011), com a guia de la Comissió Europea per aquestes anàlisis; i Pastor et al. (2016).

⁹⁹ Pérez et al. (2015) i altres estudis efectuats per l'IVIE són exemples de quantificació d'impacte de l'activitat de les universitats sobre el creixement econòmic, en base a anàlisis contrafactuals, que estimen l'impacte amb què han contribuït els seus factors productius (en formació i R+D) sobre el creixement. Així mateix, Development Poles et al. (2021) planteja aplicar una anàlisi economètrica, a universitats llatinoamericanes, basada l'estimació de funcions de producció Cobb-Douglas amb el mateix objectiu, a partir de les dotacions de capital humà i R+D+I generada a les universitats. Així mateix, BIGGAR-Economics (2016) analitza l'efecte sobre la productivitat empresarial de les pràctiques realitzades pels estudiants o la transferència de coneixement mitjançant activitats de formació continuada.

És important destacar la importància que té aquesta segona aproximació respecte la primera esmentada (de demanda), en el sector de l'R+D+I, atès que la producció que genera (nou coneixement, nous productes, innovacions) tenen un impacte econòmic molt més gran que el que s'associa a altres sectors. Per exemple, l'R+D+I pot donar com a fruit una patent, l'aplicació de la qual generarà un nou mercat, una nova activitat, un nou negoci... que va molt més enllà de l'activitat que estrictament genera la producció que se'n deriva. En aquesta segona aproximació, alguns dels principals impulsos econòmics impliquen una transferència de resultats de l'R+D+I, un increment de productivitat de les empreses i institucions, que es traslladen al territori, i es vehiculen a través de:¹⁰⁰

- ▶ La comercialització de llicències d'ús de patents, els programes de col·laboració amb empreses, l'impuls de contractes de consultoria, i de formació a mida.
- ▶ L'afavoriment en la creació d'empreses de base tecnològica amb un alt component d'innovació (*spin-offs*) i que, alhora, esdevenen vehicles per a la transferència regional de tecnologia finançada públicament.
- ▶ La creació d'infraestructures, com ara els parcs de recerca/tecnològics que, constitueixen un clúster d'empreses tecnològiques, amb la finalitat de poder establir sinergies entre les empreses allotjades i la base de coneixement de la universitat i centres de recerca.
- ▶ L'estimulació de l'activitat econòmica propera, a través de l'aparició d'efectes *spillover* (o desbordament) del coneixement, des de les universitats i centres de recerca als laboratoris de les empreses establertes al seu voltant. Aquesta interrelació es demostra amb l'existència d'una correlació positiva entre la proximitat geogràfica a les universitats i centres de recerca, i les taxes regionals de *start-ups* a les indústries d'alt nivell tecnològic.
- ▶ L'atracció d'activitat econòmica generada a les regions que compten amb nivells elevats de recursos del coneixement. Es demostra que aquestes tenen una major capacitat d'atracció d'empreses amb un component d'R+D+I que, alhora, aporten noves vies d'accés al coneixement per als actors regionals, i impacten positivament en el rendiment de la regió en el seu conjunt.
- ▶ Els sectors més relacionats amb la força innovadora de les universitats milloren més l'ocupació i els salaris a llarg termini. Així mateix, les empreses que estan tecnològicament més lligades a universitats gaudeixen d'uns majors efectes desbordament (*spillovers*), i les empreses més properes a les universitats tenen millors pràctiques de gestió.
- ▶ La millora en la imatge del territori. L'existència d'una potent R+D+I el fa més atractiu i facilita que els inversors locals i forans materialitzin els seus projectes.
- ▶ L'atracció de talent al territori, amb uns efectes que sobrepassen els estrictament econòmics, com ja s'ha esmentat anteriorment.

2.2. Resultats

Atesa la dificultat metodològica i de disposició d'informació estadística que cal per poder quantificar l'impacte econòmic de l'R+D+I, ens consta només un estudi que hagi fet, parcialment, aquest exercici en el passat, en el marc del conjunt del sistema català de ciència i tecnologia. En concret, a ACUP (2017) es va quantificar tant l'impacte del Sistema Públic d'Universitats Públiques Catalanes (SiCUP)¹⁰¹, com el del sistema públic d'R+D+I pel costat de la demanda de l'any 2015. En el cas del SiCUP, l'impacte englobava l'activitat docent, de recerca i de transferència de coneixement i, per tant, un entorn d'activitat superior a l'estrictament associat a l'R+D+I, ja que hi incloïa el vessant docent. De tota manera, considerava l'activitat generada per grups i instituts de recerca, part de l'R+D+I dels parcs científics i tecnològics de les universitats públiques, part de l'activitat generada per les *spin-off* i *start-ups* creades a l'empara del SiCUP, entre d'altres.

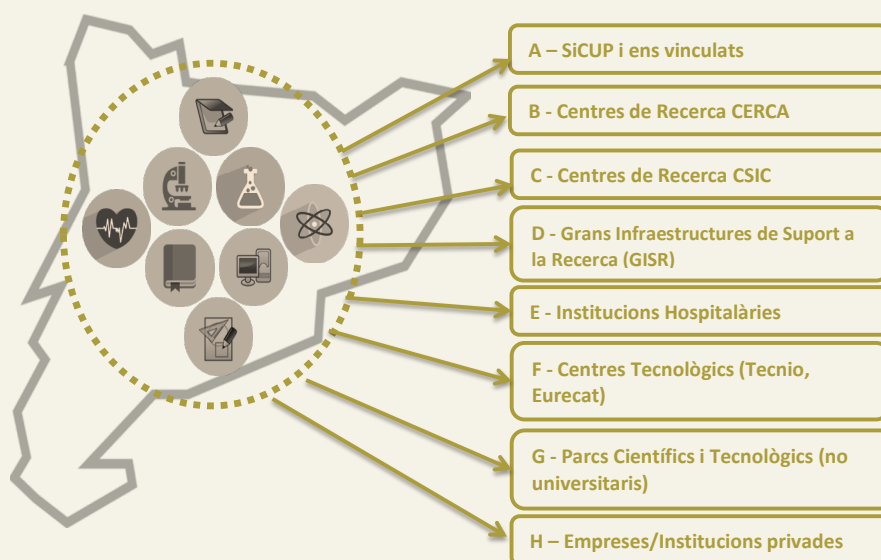
¹⁰⁰ Es resumeixen referències citades a ACUP (2017), a partir d'estudis previs: Aghion et al. (2006), Furman i MacGarvie (2007), Rothaermel i Ku (2008), Power i Malmberg (2008), Bramwell i Wolfe (2008), Ponds et al. (2010), OECD (2010), Link i Scott (2011), Hausman (2012), Hebllich i Slavtchev (2014), Kantor i Whalley (2014), Veugelers i del Rey (2014), Huggins i Prokop (2016), i Feng i Valero (2018), i Valero i Van Reenen (2019).

¹⁰¹ Hi inclou les universitats públiques (Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de Barcelona, Universitat de Girona, Universitat de Lleida, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat Pompeu Fabra i la Universitat Rovira i Virgili) més la Universitat Oberta de Catalunya.

Per tant, aquests estudis previs no permeten estimar totalment l'efecte de l'R+D+I a Catalunya, ja que no consideren ni l'R+D+I efectuada per empreses ni per universitats o centres privats, ni tampoc considera un impacte més a mitjà/llarg termini associat als increments de productivitat dels factors productius (i, per exemple, els efectes de creació d'empreses, impacte de patents, increment de coneixement que permet a les empreses millorar el seu negoci, l'activitat generada per l'atracció de nova activitat econòmica, abans esmentats amb més detall).¹⁰² Són estudis pendents de realitzar.

Al gràfic 25 es presenta el conjunt d'agents que fan R+D+I a Catalunya, i sobre els quals caldria estimar l'impacte econòmic.

Gràfic 25. Agents generadors d'R+D+I a Catalunya. Font: elaboració pròpia a partir d'ACUP (2017)



De tota manera i com a primera estimació de l'impacte econòmic de l'R+D+I a Catalunya, encara que parcial, a continuació es presenten algunes magnituds que n'ajuden al dimensionament. Aquestes estimacions avancen dues conclusions:

- a. la importància econòmica de l'activitat generada per l'R+D+I; i
- b. la necessitat de fer un estudi que permeti assolir aquests objectius de quantificació econòmica, via demanda i via oferta, del conjunt d'R+D+I pública i privada a Catalunya.

2.2.1 Impacte a curt termini via demanda

En primer lloc, tot considerant la demanda de béns i serveis procedents dels agents A a G del gràfic 25 (via demanda), per a l'any 2015, a la taula 29 es presenten els principals resultats de l'impacte sobre l'economia catalana.

¹⁰¹ Hi inclou les universitats públiques (Universitat Autònoma de Barcelona, Universitat de Barcelona, Universitat de Girona, Universitat de Lleida, Universitat Politècnica de Catalunya, Universitat Pompeu Fabra i la Universitat Rovira i Virgili) més la Universitat Oberta de Catalunya.

¹⁰² Més endavant es presenta una estimació d'aquests impactes, que cal considerar-la aproximada i parcial, a partir d'un multiplicador obtingut a *Biggar Economics* (2016).

Taula 29. Impacte econòmic a curt termini (via demanda). Any 2015. En milions d'euros i nombre de treballadors equivalents a temps complet. Font: ACUP (2017)

Macromagnitud	SiCUP(A)	Sistema R+D+I públic (BaG)	Total (A a G)	SiCUP(A)	Sistema R+D+I públic (BaG)	Total (A a G)
	Impacte directe			Impacte Total		
Facturació	2.468	645	3.113	4.545	1.168	5.713,0
Contribució al PIB	1.804	406	2.210	2.955	706	3.661,0
Llocs de Treball (ETC)	27.804	11.040	38.844	44.776	15.537	60.313,0
Rendes salarials	1.163	282	1.445	1.665	416	2.081,0
Rendes fiscals				1.119	267	1.386,0
% PIB a Catalunya				1,4	0,3	1,7

Sobre aquests resultats, cal fer les consideracions següents:

- ▶ Aquestes xifres no consideren l'R+D+I realitzada pel sector privat i, per contra, hi inclou, a les columnes (A), l'impacte de l'activitat docent del SiCUP.
- ▶ El sistema públic d'R+D+I de Catalunya (AGENTS B a G) va facturar, l'any 2015, 1.168 M€ (3,2 M€ diaris). Si es considera l'activitat del SiCUP, aquesta xifra puja a 5.713 M€ (15,65 M€ diaris).¹⁰³
- ▶ Alhora, tota aquesta activitat va suposar una contribució al PIB de 706 M€ (només agents B a G), és a dir, un 0,3% del PIB de Catalunya. Si es considera també l'activitat universitària, aleshores suposa l'1,7%.
- ▶ Addicionalment, va generar unes rendes salarials de 416 M€ (agents B a G) i va contribuir a crear/mantenir 15.537 llocs de treball (equivalents a temps complet). Globalment, si s'hi afegeix el SiCUP, les rendes salarials són de 2.081 M€ i 60.313 llocs de treball (ETC).
- ▶ En termes de rendes fiscals generades, l'activitat dels agents B a G va suposar una recaptació fiscal final mesurada en 267 M€, entre impostos nacionals i autonòmics: 148 M€ en termes d'Impost sobre Valor Afegit (IVA), 64 M€ en termes d'Impost sobre la Renta de les Persones Físiques (IRPF) i 55 M€ en termes d'Impost de Societats (IS). Globalment, generen 1.386 M€. Si es considera el SiCUP, ascendeix a 1.386 M€.¹⁰⁴
- ▶ Per cada 100 € facturats de manera directa, com a conseqüència de l'existència del sistema públic d'R+D+I de Catalunya, es van generar de manera indirecta i induïda 81 € de facturació addicional (multiplicador de la producció de 1,81). Tanmateix, per cada 100 euros de VAB (Valor Afegit Brut), que corresponen a l'efecte directe, es generen uns altres 74 euros addicionals de VAB, com a conseqüència dels efectes indirectes i induïts (multiplicador de l'1,74); per cada 100 euros de rendes salarials, generades de manera directa, es comptabilitzen uns altres 48 euros addicionals, en concepte de rendes salarials que resulten dels efectes indirectes i induïts (multiplicador de l'1,48); finalment, per cada 100 ocupats directes, es registren uns altres 41 ocupats addicionals que s'originen pels efectes indirectes i induïts (multiplicador de l'1,41). En el cas que es consideri també l'activitat universitària, els multiplicadors són: 1,84 (facturació), 1,66 (VAB), 1,44 (rendes salarials) i 1,55 (ocupació).

¹⁰³ Estrictament, per considerar la part pública d'R+D+I global, caldria afegir-hi només part de l'impacte SiCUP (agent A), ja que la columna (A) considera també una activitat docent que estrictament no és R+D+I.

- ▶ L'impacte econòmic no es limita al sector de l'R+D+I, sinó que l'impacte és global al conjunt de sectors de l'economia, ja que la resta de sectors també es beneficien de manera indirecta o induïda del sistema públic d'R+D+I. Així, el sector de Recerca i Desenvolupament concentraria el 58,3% de tota la facturació generada (43,7%, si s'hi inclou el SiCUP) i el 72,1% de la totalitat de llocs de treball generats (51,9%, si s'hi inclou el SiCUP). Però, a més, també destacarien altres sectors com ara el sector de comerç al detall (29 M€ de facturació i 474 llocs de treball); el sector de serveis de menjar i begudes (36 M€ de facturació i 373 llocs de treball); el sector d'activitats jurídiques, comptables i assessoria fiscal (20 M€ de facturació i 230 llocs de treball); el sector de comerç a l'engròs (24 M€ i 162 llocs de treball) o el sector d'altres activitats professionals i tècniques (18 M€ i 239 llocs de treball).¹⁰⁵
- ▶ Els centres CERCA i les seves empreses participades van generar dues terceres parts de tot l'impacte econòmic estimat del sistema públic d'R+D+I (agents B a G, sense incloure-hi ni universitats ni empreses privades).

2.2.2 Impacte a mitjà/llarg termini via oferta

Com a segona aproximació per a la quantificació de l'impacte econòmic del sistema d'R+D+I, ja s'ha comentat que caldria veure els efectes a mitjà/llarg termini associats a l'increment de productivitat i activitat econòmica que genera. A ACUP (2017) també es fa una aproximació parcial (ja que només es consideren alguns dels factors de transferència de coneixement generats per les universitats públiques catalanes) de l'impacte econòmic a mitjà termini generat. En concret, s'estima que l'impacte sobre el PIB de Catalunya —associat als recursos externs captats per les universitats per a R+D+I via no competitiva; als ingressos de les universitats per provisió de formació corporativa contínua externa; i als ingressos totals per concessió de llicències d'ús de patents (en els tres casos, referits a l'any 2015)— es troba entre 328,3 i 347,6 M€.

Aquest impacte, però, és incomplet, com s'ha esmentat, perquè no recull tots els efectes generats a llarg termini per l'R+D+I. Per a quantificar millor el seu impacte, caldria fer anàlisis amb altres metodologies (models econòmics, models d'equilibri). Un estudi recent (Valero i Van Reenen, 2019), referit a l'impacte universitari sobre el creixement regional —per tant, estrictament, no és de l'R+D+I— assenyala que “un augment del 10% en la regió del nombre d'universitats per càpita, s'associa amb un PIB futur per càpita d'un 0,4% més alt en aquesta regió”, i “un augment del 10% de l'estoc de patents s'associa amb un 0,5% superior del PIB per càpita”. D'altra banda, Griffith et al. (1998) estimen que un augment del 1% en l'estoc d'R+D suposa un increment permanent de la producció entre un 0,05% i un 0,15%. La mateixa autora (Griffith, 2000) destaca la importància superior del retorn social al estrictament privat: “Hi ha desbordaments d'R+D, la seva magnitud pot ser bastant gran i les taxes de rendibilitat social es mantenen significativament per sobre de les taxes privades”. Addicionalment, estima que l'elasticitat de la producció respecte a R+D és d'un 0,07, és a dir, que “per a un augment del 10% en la despesa en R+D hi haurà una mica menys d'un 1% de creixement en la producció (0,7%)”. Així mateix, Hall (1996) estima que les taxes privades de retorn estan al voltant del 10-15%, tot i que poden arribar a ser del 30% en alguns estudis. Per tant, la literatura confirma l'impacte positiu de l'R+D+I sobre el creixement regional, i el seu impacte social i privat, que és de diferent magnitud segons el sector considerat. En aquest darrer sentit, i tot citant estudis previs realitzats per a d'altres economies (Cameron, 2000 i 2004), es desprèn que l'elasticitat de l'R+D sobre el creixement varia entre els sectors industrials considerats, però globalment el retorn és del 0,24% (amb franges entre el 0,12% i 0,36%, segons branques d'activitat).

¹⁰⁴ És important assenyalar que si es compara aquest retorn fiscal aportat pel SiCUP (1.119 M€ de rendes fiscals entre impostos estatals i autonòmics) amb l'aportació pública feta per la Generalitat de Catalunya l'any 2015 (que és de 735 M€), el retorn fiscal és superior (dada proporcionada per l'informe “Indicadors de formació i docència de les universitats públiques catalanes” de l'Associació Catalana d'Universitats Públiques (2016), tot citant com a font original l'antiga Secretaria d'Universitats i Recerca de la Generalitat de Catalunya, citada a ACUP (2017). En concret, per cada 100 euros que la Generalitat va destinar al finançament de les universitats públiques, es va generar una recaptació fiscal de més de 152 euros.

¹⁰⁵ En el cas de considerar també el SiCUP —i per tant, els agents A a G— els sectors més beneficiats, a banda dels d'educació superior i R+D, són, a nivell de facturació: activitats immobiliàries (354 M€), comerç al detall (263 M€), serveis de menjar i begudes (226 M€) i serveis allotjament (213 M€). A nivell d'ocupació: comerç al detall (2.368 ocupats), serveis allotjament (2.186), activitats de les llars (1.432) i altres activitats professionals i tècniques (1.404).

3. Conclusions

L'impacte econòmic i social de l'R+D+I és de gran rellevància a l'entorn europeu en què ens trobem. Ho és pel coneixement del món material i social que proporciona a la ciutadania i, també, pels efectes sobre la productivitat i el valor afegit que proporciona a la indústria i als serveis i, en conseqüència, al tipus de treball i de salaris que són accessibles a la població. Ho és, així mateix, per la necessitat de tenir criteris ben informats a l'hora de prendre decisions polítiques a l'entorn social i econòmic actual, i amb importants reptes de caràcter global. Per tant, es valora positivament que hi hagi sectors sencers de l'economia catalana que estiguin recolzats per l'existència de centres, grups de recerca i universitats de nivell internacional, que col·laboren amb empreses, que les fan més competitives, i/o que en creen de noves.

Per assolir un bon nivell científic es necessita inversió pública en la formació del personal científic i tècnic i en la recerca bàsica i aplicada. La política científica ha de tenir continuïtat per permetre la formació adient de personal, el manteniment i progrés dels grups i centres de recerca potents i que tinguin visibilitat, tant cap a l'interior del país com cap a l'exterior. Aquesta inversió pública ha de complementar-se amb inversió privada, que pot fer-se tant a grans empreses com a petites i mitjanes empreses, que són especialment dinàmiques en alguns sectors a Catalunya.

L'increment de la despesa en R+D+I, apropant-se als estàndards dels països de l'entorn, és un requeriment bàsic per mantenir i augmentar els nivells de riquesa i benestar del nostre país. La inversió en R+D a Espanya i Catalunya segueix lluny dels estàndards desitjables. Per exemple, l'any 2018, Catalunya va destinar l'1,5%, i el conjunt de l'Estat espanyol, l'1,2% del seu PIB (mentre que la UE-28 hi va destinar el 2,1%).¹⁰⁶ En els darrers anys, després de la crisi econòmica del 2008, no ha donat tampoc un salt significatiu, sinó que s'ha engrandit la diferència respecte la inversió mitjana de l'R+D a la UE.¹⁰⁷ Cal, definitivament, canviar la tendència d'aquests indicadors, i la inversió pública és clau, ja que el seu nivell és menor que el de la inversió privada, i en els darrers anys ha minvat (un 9,8% a l'Estat espanyol, entre 2009 i 2018). Aquesta situació també es veu en el sector privat.¹⁰⁸ Sens dubte, l'estructura empresarial (molt focalitzada en pimes) justifica part de la manca de millors resultats. Cal, però, ser ambiciós, atès que a d'altres països europeus es duplica el percentatge d'inversió en R+D sobre el PIB (que a l'Estat espanyol és del 0,3%). Addicionalment, el percentatge d'inversió en R+D del conjunt del sector privat sobre el PIB (0,7%) és la meitat de la mitjana de la UE-28. Sembla, doncs, necessària una reflexió sobre canvis en el model de finançament de l'R+D a Catalunya.

Per ajudar a impulsar aquest increment del finançament públic a la recerca, és necessari que augmenti la conscienciació social sobre la seva bondat/utilitat. Els beneficis que apareixen en els àmbits sanitaris poden haver quedat clars, però, també és important que ho sigui en altres camps com el del medi ambient, la producció d'aliments o el de les tecnologies digitals que són imprescindibles en el futur proper. Fomentar una cultura científica en la població catalana hauria de ser prioritari. Així mateix, tenir en compte els resultats de la recerca científica és cada cop més important per a la presa de decisions polítiques. Aquestes han de basar-se en la millor informació científica possible que permeti als responsables polítics valorar l'impacte de noves tecnologies en els àmbits socials més diversos. Comptar amb sistemes robustos de consulta a la comunitat científica per part de les institucions polítiques, com el CAPCIT (Consell Assessor del Parlament sobre Ciència i Tecnologia), o la creació cap al final de la crisi d'un Comitè Científic sobre la COVID-19 apareix com una necessitat cada cop més imperiosa que cal reforçar

¹⁰⁶ Segons dades de la Fundació Catalana de Recerca i Innovació (Som Recerca (<https://som.fundaciorecerca.cat/dashboard>)), Catalunya està en la posició 104 de 260, incloent-hi regions i països d'Europa, EUA i Àsia. Algunes dades de regions són: Stuttgart (6,95%), East Anglia (4,92%), Karlsruhe (4,76%), Tübingen (4,67%), Viena (3,62%), entre molts d'altres.

¹⁰⁷ Per exemple, la UE-28, el 2018, ja invertia un 27% més que abans de la crisi econòmica del 2008, mentre que a Catalunya es situa al voltant del 6%; a Espanya ha crescut el 2,5% acumulat entre 2009 i 2018; a Alemanya, el 38%; al Regne Unit, el 21%; a Itàlia, el 17%; i França, el 12%, tal com es recull a Informe Cotec (2020).

¹⁰⁸ Tal com recull l'FCRI a Som Recerca, l'any 2018, l'1,5% del PIB és aportat en un 0,88% pel sector d'empreses; el 0,29%, pel sector de l'Administració; el 0,83% per les universitats; i un 0,01%, pel sector sense ànim de lucre. Addicionalment, entre 2014 i 2018, el creixement de l'R+D en el sector d'empreses ha estat del 28,3%, però només del 4,5% en el sector de l'Administració i del 10% en el de les universitats.

Per ajudar a conèixer millor el sistema d'R+D+I a Catalunya, i a augmentar la conscienciació global (de la societat, de l'Administració Pública i de les empreses) sobre la seva rellevància, hi podria ajudar disposar d'un estudi (actualment inexistent) de quantificació de l'impacte de l'R+D+I (públic i privat), pel costat de la demanda i de l'oferta, tot comparant els recursos que es destinen a R+D+I i els retorns que generen.

En tot cas, entre les prioritats que un sistema europeu de recerca com el de Catalunya pot proposar es troben aquelles que permeten desenvolupar la mateixa societat en tots els seus àmbits. Tanmateix, una reflexió d'aquest tipus ha de tenir en compte el seu impacte global i molt en particular els objectius globals indicats en els Objectius del Desenvolupament Sostenible definits per les Nacions Unides.

D'altra banda, l'economia i la recerca són cada cop més intersectorials i interdisciplinàries. L'R+D+I afecta el conjunt dels sectors econòmics i els beneficiats són tots els sectors, atesa la rellevància de les relacions intersectorials que hi ha en l'activitat econòmica. L'impacte de l'R+D+I, com s'ha vist, és transversal i afecta molts camps del coneixement. De la mateixa manera, l'R+D+I s'ha de potenciar en sentit ampli, i s'han de considerar diferents disciplines que, cadascuna des de la seva òptica, ajuden a assolir els objectius socials, econòmics i mediambientals desitjats. Per això, cal evitar focalitzar la recerca en un àmbit, i cal potenciar la recerca, tant en el camp tecnològic, com en el social, empresarial, sanitari, de comunicació, cultural, de gestió, logístic, etc. De tota manera, això no implica que no calgui una prioritització de sectors, segons l'especialització i les demandes socials. Aquesta prioritització ha de mantenir-se en el temps evitant canvis sobtats que poden malmetre esforços en formació i en la creació de centres i empreses de base tecnològica.

Un altre pilar en el desenvolupament de l'R+D+I és el capital humà i la seva formació. Concretament, la formació del personal és un factor essencial per a una societat del coneixement i és necessari disposar d'un sistema universitari dinàmic, competitiu i de la qualitat més alta. Cal reflexionar sobre l'actual oferta en graus i màsters (públics i privats) existent, que permeti encetar un debat sobre models alternatius al que existeix actualment. Així mateix, tot i el programa de doctorats industrials, hi ha un elevat nombre de doctors i doctores sense acollida en l'àmbit privat (indústria i serveis), per la qual cosa caldria repensar com aconseguir una major formació doctoral en l'àmbit industrial i de serveis. Ja en la fase de recerca, hi ha un malbaratament de recursos humans, per manca de tècnics de laboratori, i manca de continuïtat en la carrera investigadora. Així mateix, hi ha un perill a mitjà termini de falta de relleu generacional, en personal de recerca, sobre el qual caldria actuar.

Tot i l'existència d'activitats com ara el Saló de l'Ensenyament, on participen universitats o la iniciativa de la Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació (FCRI), Espai Ciència, que es du a terme en universitats i centres de recerca per motivar el jovent a fer estudis científics i donar a conèixer la recerca i innovació, manca encara una formació analítica i tecnològica més gran a etapes inicials de la formació. Cal garantir que els estudiants no només estiguin ben formats, sinó també ben informats per afrontar la fase universitària. Especialment, cal reforçar el valor de les STEM que sovint no estan prou visualitzades en l'oferta formativa, en el seu ampli ventall, i en les opcions de futur professional que ofereixen. També és cert pels nous conceptes de la biologia que donen lloc a aplicacions noves que poden tenir efectes importants sobre l'estil de vida de la gent. És necessari continuar aprofundint en accions que permetin disposar de professorat en àmbits científics i tecnològics ben format, amb vocació motivadora i que transmetin l'aplicabilitat de les respectives temàtiques en els àmbits professionals. En aquesta línia cal destacar accions com les que gestiona l'FCRI, en els programes de joves talents científics i petits talents científics o la plataforma STEMarium, de cara a proporcionar recursos al professorat en la formació i motivació científica.

També seria necessària una reflexió sobre l'impacte social i econòmic de la mobilitat del personal investigador, cap a fora de Catalunya i l'atractiu de Catalunya per al personal format de fora als llocs de treball amb càrrega científica, tecnològica o dels oficis culturals. En un món globalitzat és obvi que la mobilitat és inherent a l'avenç del coneixement. Però caldria fer un esforç perquè Catalunya, en el saldo resultant, no sigui deficitària.

Un darrer aspecte per a considerar, en relació al capital humà dedicat a la recerca, és que, per tenir excel·lència en R+D+I, cal una base àmplia d'investigadors. Si fem servir la figura geomètrica de la piràmide, cal tenir una base sòlida de talent per anar disposant de talent d'excel·lència als nivells més alts. És clar que cal prioritzar i apostar per l'excel·lència, però sense desentendre's (ni deixar de recolzar) de la necessària base de la piràmide (a nivell de dotació de recursos humans i materials). D'altra banda, el mateix concepte d'excel·lència, i sobretot la seva mesura, és objecte d'una discussió que caldria dur a terme també a Catalunya.

Finalment, cal tenir en compte que la tecnologia augmenta la productivitat i, per tant, la riquesa, i si això no es regula pot incrementar el desequilibri econòmic, social i engrandir la bretxa digital de la població. Es pot generar desequilibri territorial, tant en nombre d'habitants com d'opcions de futur dels qui hi viuen, si no s'aconsegueix una infraestructura mínima necessària a tot el territori.