

INFORME 2023

L'Estat de la ciència a Catalunya

Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació

CAPÍTOL 5.

Internacionalització de la recerca

Montse Daban

Resum executiu

Les forces que determinen les prioritats de la ciència i la tecnologia i el seu desenvolupament provenen tant de les dinàmiques internes i mètodes de l'R+D+I, com dels contextos sociopolítics i la cursa per resoldre problemes globals. La necessitat d'una resposta coordinada enfront dels principals reptes contemporanis requereix un fort compromís de la comunitat científica per col·laborar i compartir. Prenent com a referència els Objectius per al Desenvolupament Sostenible incorporats a l'Agenda 2030 de les Nacions Unides,¹⁸⁰ els problemes globals solen estar estretament relacionats i són profundament complexos. S'espera de la ciència que permeti avançar en la comprensió d'aquests i que faci contribucions decisives per resoldre'ls.

Més d'una definició d'internacionalització de la recerca és possible, des de visions més tradicionals on el focus es posa en les relacions entre experiències personals amb zones i cultures que no són les pròpies, a una visió més holística, per la qual la internacionalització és en si mateixa un instrument per millorar la qualitat i els resultats de l'activitat realitzada, incrementar la contribució de valor i l'impacte social de la recerca, i adreçar els grans reptes globals a partir del coneixement. I també és possible una visió més operativa, que analitza l'activitat internacional en contraposició a la domèstica, elaborant rànquings i comparatives on internacionalització s'equipara a acompliment.

En aquest capítol observarem la internacionalització de la recerca com el procés d'integrar perspectives globals, fomentar col·laboracions i expandir les activitats de recerca més enllà de les fronteres nacionals. Un procés que inclou la incorporació d'elements internacionals al camp de la recerca, facilitant l'intercanvi intercultural, el compartiment de coneixement i la cooperació entre investigadors, institucions i països, i que es pot manifestar de diverses maneres.

És més fàcil ara convèncer de la necessitat de col·laborar internacionalment en ciència i tecnologia, havent viscut l'enorme impacte del treball en xarxa vers un objectiu comú com ha estat l'assoliment de solucions enfront de la COVID-19. Però, per bé que la pandèmia hagi posat dramàticament de relleu els ja coneguts beneficis de la col·laboració científica, es mantenen barreres econòmiques, socials i polítiques que obstaculitzen l'esforç internacional coordinat i efectiu per als béns comuns. No tan sols el fenomen és fonamental en tant que manifestació d'aquests esforços coordinats, és també una fórmula —amb biaixos— per augmentar l'impacte de la recerca a les nostres comunitats i fer que transcendeixi, per elevar carreres investigadores, infraestructures i sistemes tecnològics a estàndards internacionals, per accedir a recursos a nivells superiors als nacionals, avançar en el coneixement amb credibilitat global i actuar dins d'unes normes i acords justos, ètics i subjectes a la vigilància internacional.

En aquest capítol tractem les diferents maneres en què pot manifestar-se la internacionalització en la recerca: col·laboració, mobilitat, creació de xarxes i plataformes internacionals per compartir els resultats de la recerca, finançament i accés obert. Comentem les forces facilitadores i les barreres que limiten la internacionalització del coneixement, així com les mètriques per quantificar les capacitats d'internacionalització de les institucions i països i les estratègies per impulsar-la. Recollim i discutim les mètriques d'internacionalització del sistema de coneixement de Catalunya i les seves institucions, i destaquem algunes polítiques que la promouen a escala de tot el país.

¹⁸⁰ <https://sdgs.un.org/goals>

1. L'imperatiu de la col·laboració internacional

La complexitat dels processos de generació de nou coneixement i l'amplitud de la visió que requereixen fan que els científics hagin de col·laborar per assolir l'abast necessari i per obtenir resultats significatius. És l'anomenat "imperatiu de la col·laboració":¹⁸¹ els projectes en col·laboració internacional proporcionen conclusions més enllà de les que un equip podria aconseguir aïlladament. Ningú no dubta ja que la col·laboració internacional millora la qualitat de la recerca, impulsa avenços de frontera en un temps més curt i incrementa l'impacte de la producció científica. El progrés de les tecnologies de la informació i d'Internet —objectes també de recerca incremental— han reduït el cost de la comunicació internacional i han potenciat l'intercanvi en ciència. Amb les noves maneres de recollir i compartir informació han sorgit innovadors models de transferència de coneixement internacional. L'agenda de recerca dels països està marcada, cada cop més, per temes de dimensió global.

Però malgrat que el coneixement científic avança més ràpidament i amb major impacte en col·laboració internacional, hi ha forces que la dificulten. La resistència de la dimensió local, el pes del finançament públic en la política científica i tecnològica, l'alteració de la mobilitat davant la crisi climàtica, les barreres culturals i lingüístiques, la inèrcia de les xarxes personals i institucionals i les tensions creixents entre les superpotències són factors que contraresten les forces que incentiven la internacionalització. És cert que la COVID-19 ha impulsat la col·laboració amb pràctiques sense precedents, però també ha distanciat durant mesos els grups de recerca. Recuperar les dinàmiques no es fa d'un dia per l'altre. Els conflictes geopolítics fan difícil col·laborar amb estudiosos d'algunes de les nacions que han experimentat un major creixement en la producció científica en les darreres dècades.

Per dissenyar polítiques que millorin la competitivitat dels països i organitzacions és necessari entendre l'impacte de la recerca internacional i gestionar els factors i mecanismes que hi influeixen. En aquest apartat analitzem amb cert detall les forces, incentius, barreres i dificultats que incideixen en el fenomen de la col·laboració internacional.

1.1. Forces i incentius a la col·laboració internacional

Les forces que mouen a col·laborar internacionalment són potents. L'abast i complexitat de l'activitat científica impulsa la necessitat de treballar amb grups d'altres països, esdevenint un patró comú i creixent en la ciència global des de mitjan del segle XIX.¹⁸²

Excellència davant la complexitat: en les col·laboracions internacionals a escala individual i institucional, l'excellència cerca l'excellència. Adams va analitzar articles de tres dècades i va comentar a *Nature* que la millor ciència es produeix en col·laboració internacional.¹⁸³ Entre 2009 i 2018, la majoria d'articles internacionals publicats en coautoria internacional per les universitats britàniques d'Oxford i Cambridge —1a i 3a mundial segons *Times Higher Education* (THE)—¹⁸⁴ es van signar amb el Centre Nacional per a la Recerca Científica (CNRS) francès, la Universitat de Harvard (2a a THE i 2a a *Nature Institutions Index*)¹⁸⁵ i la Universitat Paris-Saclay. L'Institut Federat de Tecnologia (ETH) de Zúric va ser coautor de la majoria dels articles internacionals amb el CNRS, la Universitat Paris-Saclay i l'Institut Tecnològic de Califòrnia. I la Universitat Ludwig Maximilian (LMU) de Múnic va ser coautora de la majoria dels articles internacionals amb el CNRS, la Universitat de Harvard i la University College London (UCL). Totes elles són entitats que

¹⁸¹ Bozeman and Boardman, 2014.

¹⁸² Beaver and Rosen, 1978.

¹⁸³ Adams, 2013.

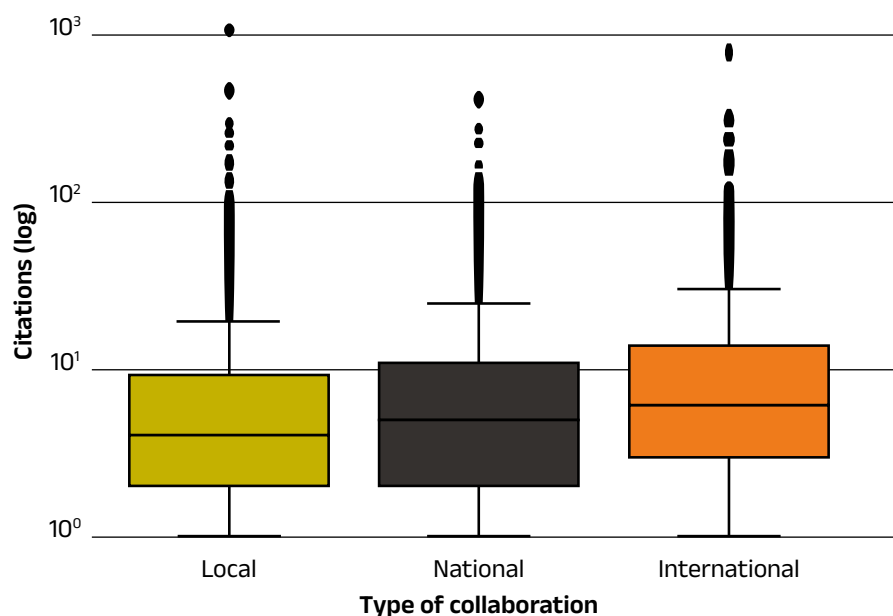
¹⁸⁴ Vegeu el rànquing mundial de *Times Higher Education* 2023.

¹⁸⁵ Vegeu el *Nature Index* 2023.

lideren rànquings acadèmics i institucionals. Les institucions d'alt rendiment atrauen talent internacional i col·laboracions amb altres entitats excel·lents, donant lloc a articles conjunts molt citats.¹⁸⁶ Com més es mogui una científica o científic entre aquesta elit, més probable és que sigui membre actiu del que Wagner va anomenar "l'acadèmia global invisible".¹⁸⁷

Reconeixement, impacte, progrés acadèmic: més enllà del desig d'incrementar el coneixement o l'intercanvi de capacitats i dades, hi ha forces que es relacionen amb el major impacte que assolix el coneixement generat en col·laboració internacional respecte al local o nacional. La literatura prova que, a mesura que augmenta el nivell de col·laboració, augmenten les citacions i l'impacte de la publicació. La figura 1¹⁸⁸ representa de manera estandarditzada el nombre de citacions en la col·laboració local, nacional i internacional. Aquesta figura forma part d'un estudi que examinava entrades de la *Library and Information Science* (LIS)¹⁸⁹ del període 2015-2019 i que conclouia que el nombre màxim de citacions sense valors atípics, així com en la mediana de citacions (escala logarítmica a l'eix y), són més altes com més avança el tipus de col·laboració (local < nacional < internacional). El nombre inclòs al 25% de treballs més citats augmenta quan la col·laboració acadèmica internacional és més alta.

Figura 1. Patró en les distribucions de cites segons els tipus de col·laboració. Font: Vélez-Estévez et al. (2022)



Però no només els articles més internacionalitzats solen ser citats més sovint. Vinculat a l'impacte bibliomètric arriba el reconeixement acadèmic,¹⁹⁰ un millor accés a finançament i un increment de reputació que permet als científiques i científiques progressar en els seus camps. En els anys 80 del segle passat es va impulsar la idea del "cicle de credibilitat",¹⁹¹ que traduïa articles de prestigi en reconeixement, el qual conduïa a finançament, generava nous resultats, nou coneixement i més articles, cicle que s'accelera amb la col·laboració internacional. Tot i que aquest model reflecteix com la internacionalització ha aportat credibilitat als investigadors i investigadores, i a les institucions i els països, no resisteix la revisió dins d'un marc actual d'impacte social del coneixement. Considerem oportú destacar que, en aquest cicle, tots els actors (personal de recerca, agències finançadores, editorials...) no necessàriament alineen els seus interessos amb els objectius col·lectius de la ciència. Convidem a reflexionar sobre com el sistema d'incentius i recompenses a la recerca pot provocar que el treball que més beneficia la societat no sigui prioritzat per

186 Kwiek, 2020.

187 Wagner, 2008 i 2018.

188 Vélez-Estévez et al., 2022.

189 Corpus que forma part de la base de dades de la Web of Science (WoS).

190 Jeong et al., 2014.

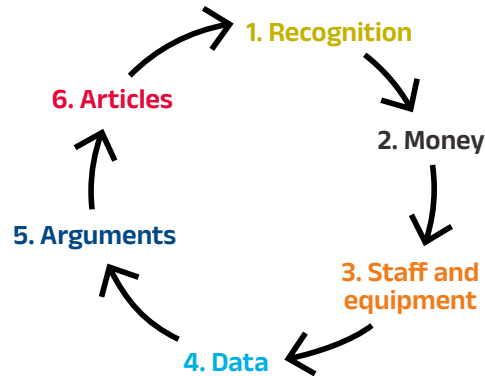
191 Concepte introduït per Latour i Woolgar l'any 1986 i revisat pels mateixos autors l'any 1979.

damunt del que dona més crèdit acadèmic i ofereix més oportunitats a l'evolució professional d'agents relacionats (ho comenta Miedema [2018], del qual en reproduïm la reflexió a la figura 2).

Figura 2. El "cicle de reconeixement" de Latour & Woolgar (1986), revisat i anotat per Miedema (2018)

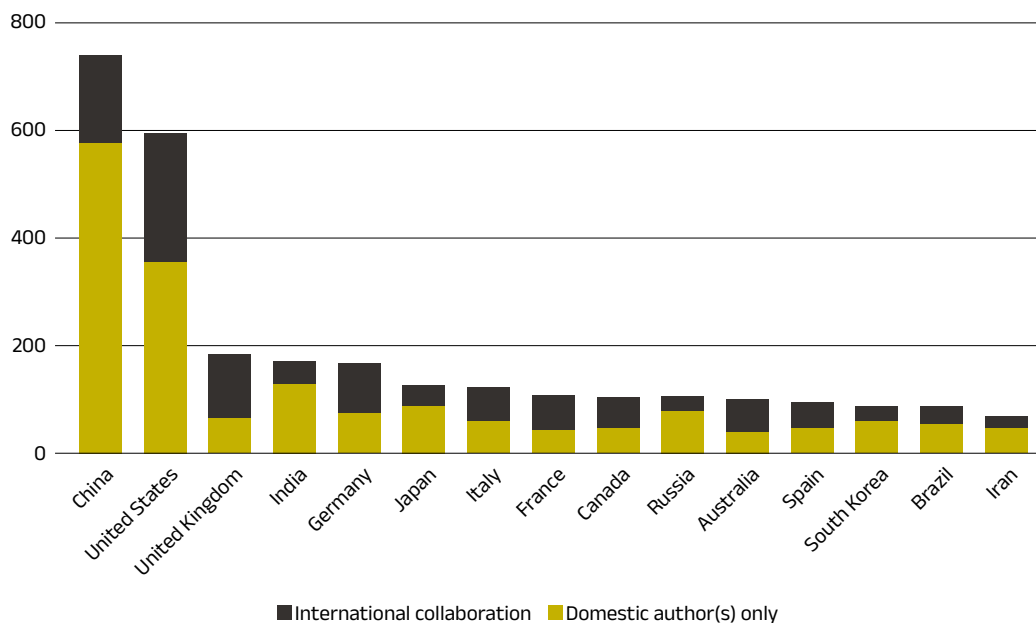
How reserchers get credit

Society is largely absent
Quality is dominantly defined in bibliometric terms and funding obtained
Open Science and data sharing not rewarded



La globalització front a la geopolítica: la difusió del coneixement i la tecnologia a través de les fronteres s'ha intensificat a causa de la globalització, fenomen antic però terme d'ús comú des de 1980. A inicis dels anys 2000, la globalització ja es veia com una "megatendència"¹⁹² i l'any 2012 Adams¹⁹³ publicava a *Nature* una projecció sobre un canvi fonamental en la geografia de la ciència i l'expansió de les xarxes de col·laboració a totes les regions del món, vaticinant que l'eix Estats Units-Europa, dominant des de 1945, deixaria de ser-ne el principal cap al 2020. Efectivament, l'any 2016 la Xina va superar en producció científica els Estats Units. Segons la NSF¹⁹⁴ l'any 2020 es va assolir la xifra global de 2,9 milions d'articles (dades Scopus), i els països amb major contribució van ser la Xina (23% de la producció global) i els EUA (amb 16%). Al gràfic 1 es poden observar els principals productors i el pes de la col·laboració internacional en la seva producció. En aquest cas es consideren publicacions d'una selecció d'actes de conferències i revistes avaluades per experts en els camps de la ciència i l'enginyeria de Scopus, classificats segons any de publicació i assignats a una regió, país o economia segons recompte complet.

Gràfic 1. Coautoria internacional d'articles de ciència i enginyeria dels 15 principals països productors. Any 2020. Font: National Science Foundation



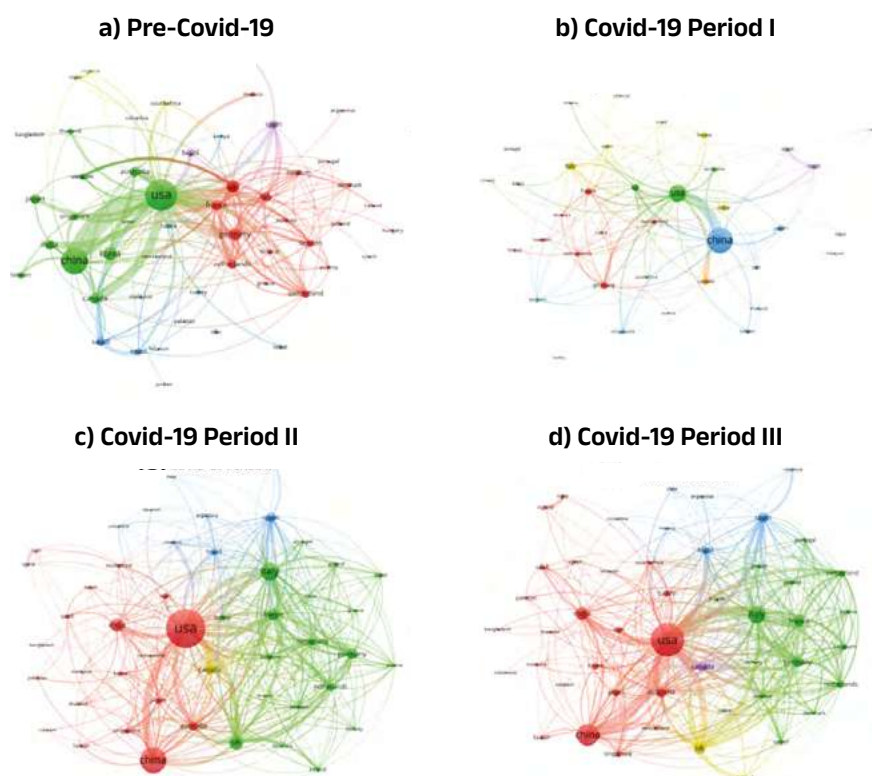
192 CREST Working Group, 2007.

193 Adams, J., 2012.

194 NSF, 2022.

La COVID-19 es va encarregar de fer del tot bona la predicció sobre els canvis que s'havien de donar cap al 2020 en els eixos dominants en producció científica i en la col·laboració entre aquests. La figura 3 mostra les xarxes internacionals basades en articles publicats formalment sobre la COVID-19, en un període pre-pandèmia i en els períodes I, II i III de la pandèmia (abans de 2020, i inici, meitat i finals de 2020, a països amb almenys un 0,3% de les publicacions sobre el tema). La figura 3¹⁹⁵ reflecteix el xoc de la pandèmia i la forta disminució dels llaços entre països en el període inicial de confinament, agreujada per la dificultat de recollir dades els primers dies. A mesura que la pandèmia s'estenia, més nacions s'uneixen a la xarxa de col·laboració global. La xarxa del període III té un aspecte molt similar en estructura i densitat a la pre-pandèmia, cosa que suggereix que el món de la recerca havia sobreviscut i recuperat l'estructura anterior a la COVID-19. Abans de la COVID-19, els EUA eren al centre de les col·laboracions, i la Xina era el 3r més central. Amb la COVID-19, les col·laboracions s'han ampliat i les agrupacions més freqüents (indicades per codi de colors) s'han mogut, i nous països s'han revelat com a nodes forts.

Figura 3. Xarxa de col·laboracions entre països abans i durant la COVID-19 segons dades WoS, Scopus i CORD-19. Font: Cai et al. (2021)

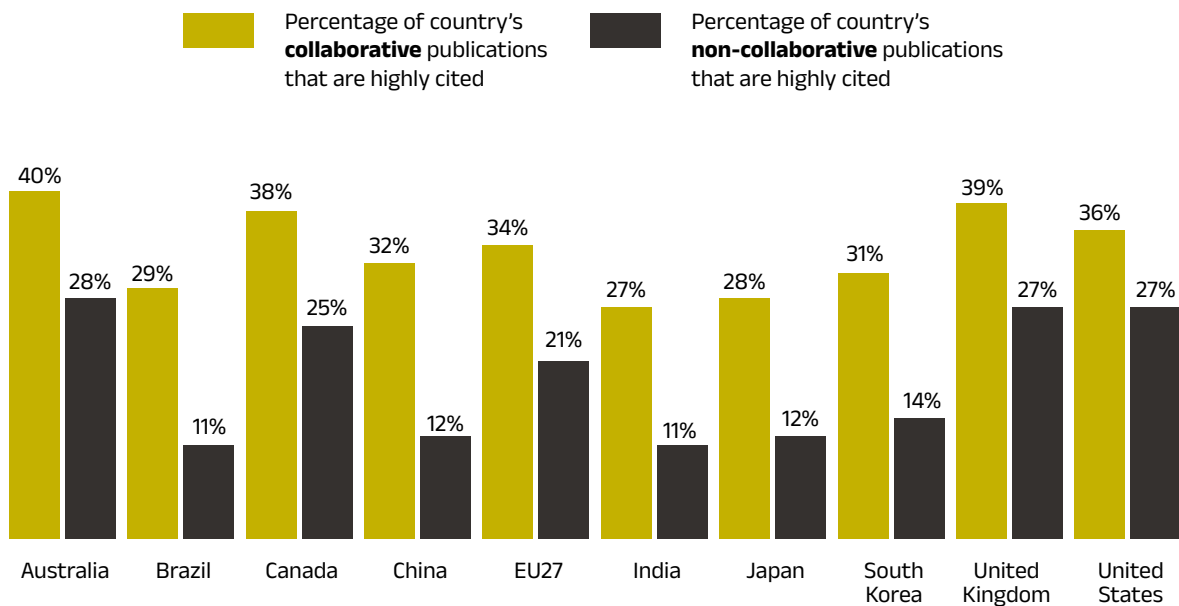


L'incentiu de col·laborar internacionalment per incrementar l'impacte de les publicacions dels sistemes de coneixement és gran. El gràfic 2¹⁹⁶ mostra que a Austràlia, els EUA, Canadà i la EU27, el percentatge de publicacions més citades no realitzades en col·laboració internacional entre 2010 i 2019 supera en tots els casos el 20%, i les realitzades en col·laboració internacional supera el 34%. A països com la Xina, el Japó, Corea del Sud, Brasil o l'Índia, el percentatge de publicacions més citades realitzades en col·laboració domèstica entre 2010 i 2019 no arriba al 15%, mentre que el percentatge de les més citades realitzades en col·laboració internacional s'aproxima a valors del primer grup.

195 Cai i col., 2021.

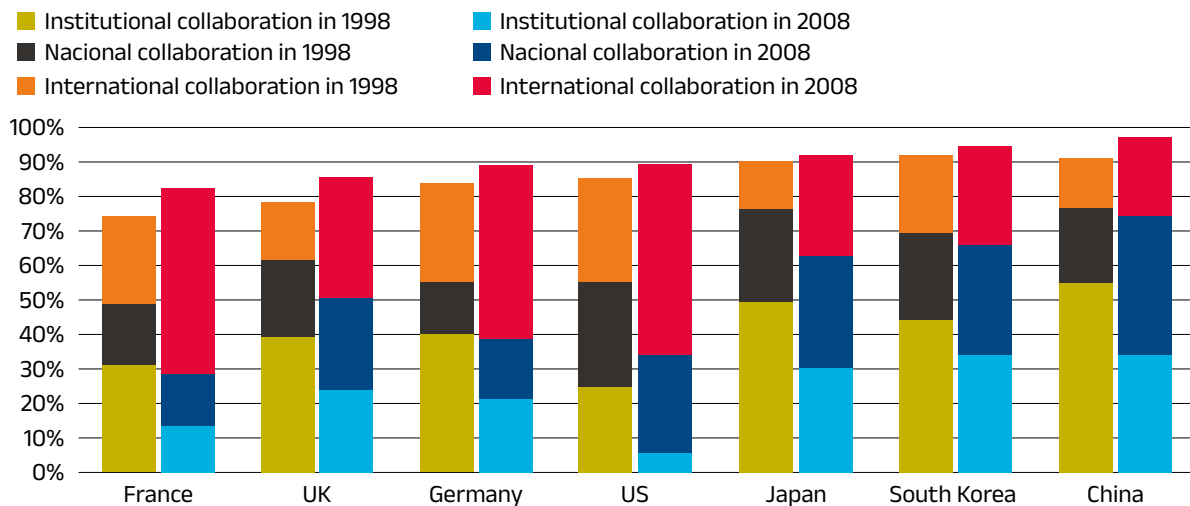
196 Toney i Flagg, 2021.

Gràfic 2. Percentatge de les publicacions més citades, per països i tipus de col·laboració (2010–2019). Font: Toney, & Flagg (2021)



En el cas de la Xina és especialment manifest aquest efecte, on a més la col·laboració que més creix en percentatge és la nacional, enfront de la internacional (comparativa 1998 - 2018), com mostra el gràfic 3.

Gràfic 3. Percentatge de col·laboració per tipus, any i país. Font: Oxford Economics i Merck KGaA (2021)



Però, què succeeix quan els conflictes geopolítics frenen la col·laboració internacional? L'efecte no és el mateix per a tots els països. Si les col·laboracions amb la Xina es restringeixen, la producció a aquest país reduiria significativament les seves publicacions molt citades. El Center for Security and Emerging Technology (CSET), una organització de recerca política dins de la Walsh School of Foreign Service de la Universitat de Georgetown, aconsella els països analitzar les relacions de les seves col·laboracions internacionals per entendre com aquestes influiran en els indicadors d'impacte de la seva recerca a escala global.

Elevació d'estàndards i alineament de polítiques: els governs promouen la internacionalització de la ciència i la tecnologia per incrementar l'impacte de la seva contribució a la ciència global, però també per

interioritzar la internacionalització.¹⁹⁷ En l'aposta per elevar o alinear els sistemes de coneixement nacionals als estàndards científics internacionals hi ha compensacions i dilemes que caldrà afrontar.¹⁹⁸ Els programes per incentivar la col·laboració s'han d'harmonitzar amb els objectius polítics propis dels estats, un *trade-off* especialment visible en països on justament la producció científica ha augmentat més en les darreres dècades.

Increment de finançament i aprofitament de recursos: la cursa per la ciència i la tecnologia i la competició entre nacions ha impulsat canvis en les polítiques de recerca i ha incentivat l'esforç dels països per incrementar el finançament de l'R+D. Però amb uns recursos limitats, l'accés a finançament i a infraestructures més competitives pot ser un motor dominant per a la internacionalització de la ciència, la tecnologia i la innovació. Un cas clar és Europa, amb polítiques de competitivitat i impacte que vinculen internacionalització i accés a recursos. La UE, amb l'objectiu d'incrementar l'impacte del coneixement generat a les seves fronteres i impulsar el progrés global, estableix com a requisit associar-se amb institucions d'almenys tres països per poder accedir al finançament per a R+I. Són criteris que han afavorit sense ambigüitats grans xarxes internacionals de col·laboració i una àmplia mobilitat del talent. Per a una llista àmplia de les raons i propòsits de la col·laboració internacional, i l'impacte d'aquesta en l'acompliment d'Europa en ciència i tecnologia, consulteu l'informe de Fraunhofer ISI, Idea Consult i SPRU (2009), pàgines 21 i 22.

1.2. Limitacions i barreres a la col·laboració internacional

Per a projectes internacionals complexos, el treball en equip és un repte que requereix temps, recursos, processos administratius, coordinació i intercanvi continu entre equips, i acords interculturals i interpersonals sobre objectius. Exigeix estils de comunicació clars per crear comprensió, confiança i sensibilitat, i suports tecnològics avançats. Les col·laboracions científiques disperses espacialment exigeixen una coordinació substancial per reunir eficaçment idees i coneixements. I es troben sovint amb barreres que s'afegeixen a aquestes dificultats.

De recursos financers: quan cal prendre decisions amb recursos limitats, tant des d'una institució de recerca com des d'un govern d'una regió o estat, pot veure's reduït el suport a les activitats d'internacionalització.¹⁹⁹ Alguns dels obstacles que pot trobar el personal de recerca són la manca de programes de finançament per a la col·laboració internacional, els pocs recursos per a viatges associats a col·laboracions o la limitació de les subvencions a un sol país, entre d'altres. Les col·laboracions transfrontereres requereixen costos més elevats que treballs de naturalesa similar implementats entre socis que es troben a distàncies més curtes.

Per efectes negatius de la mobilitat: la internacionalització té implicacions divergents per al canvi climàtic, d'una banda, comportant emissions de gasos d'efecte hivernacle a través de la mobilitat, però també contribuint a la recerca internacional sobre la crisi climàtica. Cada cop més, les interaccions es fan virtualment.²⁰⁰ Una bona anàlisi de l'equilibri entre les comunicacions personals i la petjada de carboni es pot trobar en aquest *Nature* de Tao i col·laboradors, on s'afirma que una transició més completa de conferències presencials a virtuals podria reduir la petjada de carboni d'aquestes activitats en un 94% i el consum d'energia en un 90%.

Per conflicte amb les pròpies polítiques: algunes regions globals segueixen considerant la recerca i la innovació dins d'un marc nacional, atès que l'imperatiu de la internacionalització pot generar conflictes envers les polítiques públiques. Encara avui, molt del finançament de la recerca es fa en termes de defensa. I per bé que la ciència floreix millor en un món sense fronteres, hi ha països que troben o creen barreres a la internacionalització, tant en recerca com en producció de patents, fet que influeix en el seu progrés social.²⁰¹

¹⁹⁷ Cunha-Melo, 2015.

¹⁹⁸ Nascimento, 2017.

¹⁹⁹ Morillo, 2019.

²⁰⁰ Tao et al., 2021.

²⁰¹ Alonso-Martínez, 2018.

Davant les crisis i els conflictes, seguretat o obertura? En els darrers anys, les tensions comercials entre els EUA i la Xina (afectant la col·laboració en camps com ara la microelectrònica o la informàtica quàntica), la COVID-19 o la guerra a Ucraïna, per esmentar les últimes crisis més significatives, han contribuït a dificultar les col·laboracions científiques. Ha cessat gairebé totalment a gran part del món la col·laboració amb Rússia arran de la invasió d'Ucraïna, mostra de com la ciència pot ser víctima de la política internacional i pot ser utilitzada com a eina de pressió. Recordem que la Comissió Europea va interrompre la col·laboració amb Rússia el març de 2022,²⁰² i va suspendre el finançament d'Erasmus+ i Horitzó Europa (HEU) per a algunes institucions hongareses el desembre de 2022.²⁰³ Equilibrar l'obertura i la seguretat és complex en l'escenari actual. L'incentiu a compartir dades, que per exemple promou la UE, topa amb una retirada del multilateralisme que va començar abans de la pandèmia. Mantenir l'equilibri entre l'accés obert a dades i resultats, coordinar el suport a infraestructures compartides, i restar alerta davant possibles riscos de seguretat nacional pot resultar una constant preocupació per a les potències de recerca. Si la COVID-19 va mostrar on podem arribar quan aconseguim col·laborar, les barreres econòmiques, socials i polítiques posen traves a una col·laboració científica internacional efectiva davant d'uns reptes globals que, en molts casos, no deixen de créixer.

Com a exemple de les barreres que imposa la geopolítica ens podem referir al Brexit, fet efectiu el 31 de gener de 2020 a conseqüència del referèndum del 23 de juny de 2016. Segons la plataforma RIS3MCAT²⁰⁴ el Regne Unit és a data de maig de 2023 el cinquè país en projectes de col·laboració amb Catalunya (comptant en quarta posició la resta d'Espanya). Es mantenia en primera posició el 2014 i 2015. Va baixar a la segona posició el 2016 i va caure fins a la quarta el 2017, on s'ha mantingut des de llavors. Les negociacions entre el Regne Unit i la Comissió Europea per establir un marc de confiança i col·laboració a Horitzó Europa tenen una enorme rellevància per a la ciència global.²⁰⁵

1.3. Models i dinàmiques de recerca

Les xarxes de recerca, basades en interessos comuns i sovint iniciades informalment en trobades científiques, sorgeixen en resposta a nova informació i s'estenen geogràficament sense fronteres. No responen a un disseny predefinit ni tampoc són aleatòries, i operen amb normes i dinàmiques diferents a les que han governat la ciència en les dècades precedents. Cal entendre aquestes dinàmiques per dissenyar polítiques de col·laboració internacional.

La internacionalització modula les disciplines científiques i les estratègies en recerca

El desenvolupament de nous mètodes i l'intercanvi de coneixements, equips, laboratoris o infraestructures, i grans conjunts de dades, animen els investigadors i investigadores a col·laborar-hi, nodrint el procés d'ampliació de les xarxes internacionals i modulant les disciplines que s'hi tracten. Wagner et al. (2019) analitzen registres de publicacions des de 1991 i mostren que les coautories internacionals s'han multiplicat per 10 als països tradicionalment líders en recerca, mentre que en el grup Brasil, Rússia, Índia i Xina s'han multiplicat per 20. Aquest aspecte és rellevant, perquè la internacionalització genera coneixement —sovint com a resposta a reptes global— brindant accés i integrant resultats generats en regions fora de l'eix tradicional que modulava les disciplines i en definia l'excel·lència durant el segle passat.

Del paradigma tradicional als reptes globals

El paradigma actual de la cooperació internacional en ciència se centra en augmentar la qualitat dels sistemes públics nacionals de recerca, compartir recursos mitjançant la col·laboració científica en recerca bàsica, promoure la mobilitat internacional del personal de recerca en benefici mutu, i internacionalitzar la

202 https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/STATEMENT_22_1528

203 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32022D2506>

204 <https://ris3mcat.gencat.cat/>

205 Com també s'ha comentat en d'altres capítols d'aquest informe, a partir de l'1 de gener de 2024 el Regne Unit esdevé país associat a Horitzó Europa, i els seus investigadors i investigadores podran participar en aquest programa en els mateixos termes que altres països associats.

investigació pública. Aquest paradigma, fruit d'increment de l'activitat científica en les darreres dècades, ha permès avançar el coneixement a (i entre) els països que participen d'aquesta col·laboració. Els estats comparteixen els costos de la recerca i creen sovint "fons comuns", com per exemple els programes marc de la Unió Europea, alineant interessos dins d'aquest paradigma. Quan el focus passa a béns comuns i reptes compartits globalment, calen mecanismes de finançament i governança que aglutinin molts actors diversos, públics i privats (agents empresarials, bancs de desenvolupament multilaterals, finançadors nacionals...). El nou paradigma requereix diferents nivells institucionals capaços de negociar, orquestrar i finançar programes globals davant de grans reptes, ja siguin enormes disruptions de la vida i l'economia dels països com ara la COVID-19 o crisi de "combustió lenta" com el canvi climàtic i la pèrdua de biodiversitat. Tots ells només es poden abordar mitjançant la col·laboració internacional amb institucions i programes multilaterals eficaços i mecanismes transparents i oberts (pràctiques com la ciència oberta juguen un paper crucial en aquest nou paradigma).

Dimensió europea

No només Europa i els seus Estats membres, sinó també estats associats i països tercers es beneficien dels incentius a la col·laboració internacional que ofereix el Programa Marc Europeu d'R+D.²⁰⁶ L'aposta ve de lluny. Paral·lelament a la cooperació econòmica, política i monetària europea, els científics d'Europa de la postguerra van reclamar la reactivació dels intercanvis universitaris entre països i l'establiment de programes de recerca sovint massa sofisticats i massa costosos per als laboratoris nacionals. L'objectiu era, llavors, aconseguir nivells d'avenç tecnològic i nuclear comparables als Estats Units i la Unió Soviètica. N'és un fruit la Fundació Europea de la Ciència (ESF),²⁰⁷ fundada l'any 1974, entitat independent, no governamental, els membres del qual són 72 agències nacionals de finançament, agències de recerca i acadèmies de 30 països. La signatura de la convenció per a l'establiment del CERN²⁰⁸ a París l'1 de juliol de 1953, per treballar exclusivament en la investigació fonamental sobre la matèria nuclear i la física de partícules, va ser una altra fita important en la col·laboració europea. A partir de l'any 2000 es van desenvolupar polítiques com ara els programes marc, l'estratègia de Lisboa i la creació de l'Espai Europeu de Recerca (ERA), on la lliure circulació d'investigadors i investigadores i coneixements permeten una millor cooperació transfronterera, l'augment de la massa crítica i l'increment de competitivitat de la UE.²⁰⁹

La UE té acords bilaterals amb 20 països d'arreu del món amb l'objectiu d'augmentar la cooperació en recerca i innovació. Per a informació detallada dels països i els estatus d'associació, consulteu el document *EU Grants: List of participating countries*,²¹⁰ o el portal de la Comissió Europea.²¹¹

La bretxa de gènere en la col·laboració internacional

Una anàlisi bibliomètrica de 2019²¹² es fixa en les diferències de gènere en la col·laboració internacional mesurades per coautoría a partir d'una mostra de publicacions d'investigadors i investigadores de Noruega durant 3 anys. Hem cregut interessant destacar els resultats d'aquesta anàlisi atès que, com hem vist, la internacionalització pot contribuir positivament al desenvolupament de la carrera del personal investigador, i prestar atenció a aquest aspecte pot influir en adreçar les desigualtats de gènere en ciència. Segons aquest treball, el 56% de les dones investigadores i el 66% d'homes publiquen en col·laboració internacional, amb considerables diferències entre camps (gràfic 4). La bretxa és més gran a les ciències socials. Si els investigadors masculins tendeixen a tenir més coautors en general que les dones, poden tenir accés a una xarxa més gran i, per tant, major probabilitat de tenir també més coautors internacionals i major impacte.

206 CREST Working Group, 2007.

207 <https://www.esf.org/>

208 <https://timeline.web.cern.ch/signing-cern-convention>

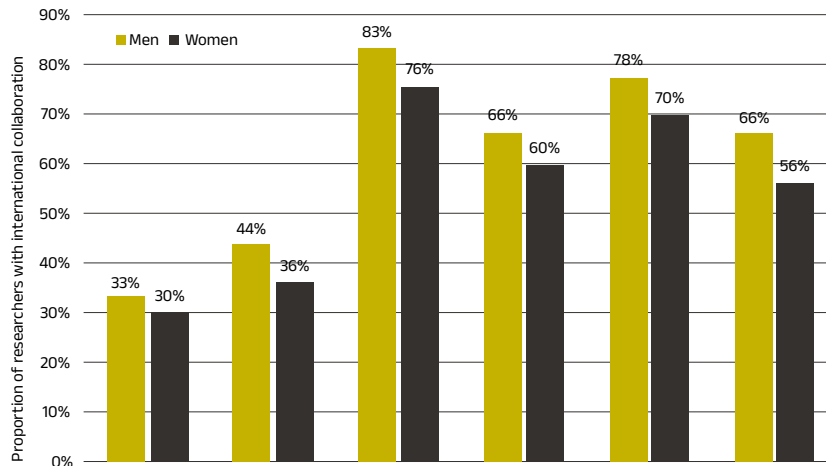
209 https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/our-digital-future/european-research-area_en

210 https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/common/guidance/list-3rd-country-participation_horizon-euratom_en.pdf

211 https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/europe-world/international-cooperation_en

212 Aksnes et al., 2019.

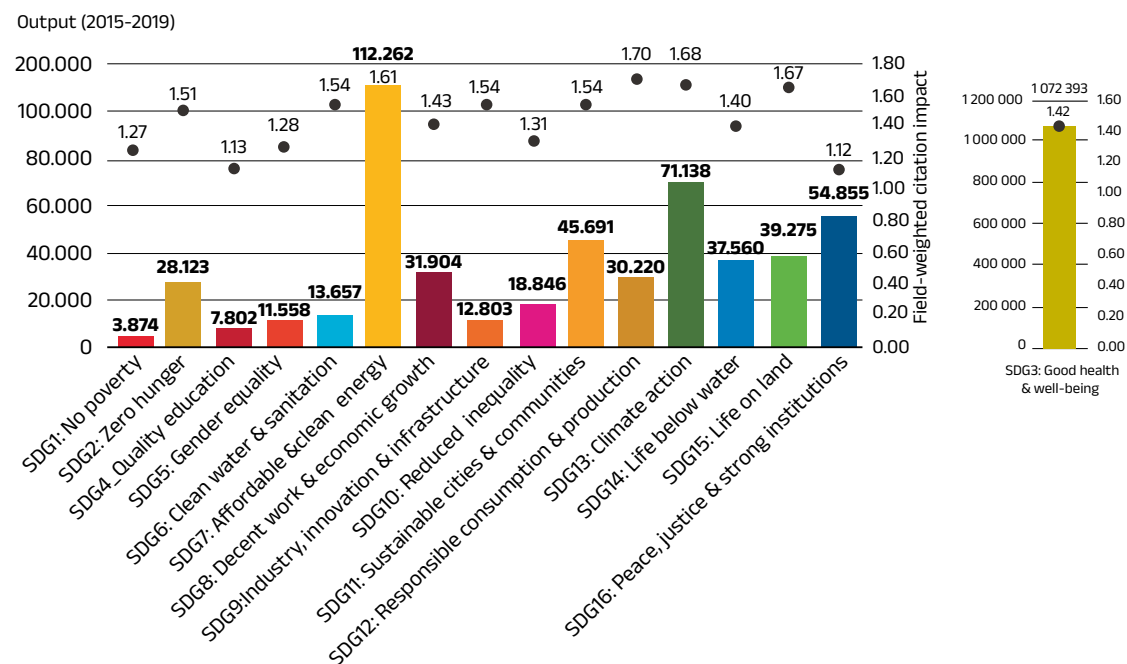
Gràfic 4. Proporció de personal investigador que participa en col·laboracions internacionals, per àmbit i gènere. Font: Aksnes et al., 2019



1.4. Resposta a reptes globals i crisis

Els reptes globals són heterogenis. Alguns afecten béns públics a escala mundial, mentre que d'altres incideixen a escala nacional o bilateral/regional. El repte és equilibrar les prioritats i objectius nacionals de ciència (competitivitat, excel·lència) amb una acció col·lectiva internacional per abordar els reptes globals. L'agenda 2030 de l'Organització de les Nacions Unides (ONU) és un bon referent per analitzar la col·laboració en recerca per assolir els Objectius de Desenvolupament Sostenible (ODS). La Comissió Europea (CE) va encarregar un estudi a SciVal i Elsevier el 2020 per determinar la producció científica al voltant dels ODS. El gràfic 5, extret de l'Informe UNESCO 2021 de l'Estat de la Ciència, representa els resultats d'aquest estudi de la CE, segons el qual la salut (ODS3), l'energia neta i assequible (ODS7) i la recerca sobre el clima (ODS 13) van ser els més investigats entre 2015 i 2019, període cobert per l'estudi. Europa ha formulat la seva pròpia aposta amb el Pacte Verd Europeu, la nova estratègia de creixement per a la Unió.²¹³

Gràfic 5. Volum de recerca sobre 16 Objectius de Desenvolupament Sostenible (exclòs el 17) dins la Unió Europea (2015-2019). Font: UNESCO Science Report (2021)



213 https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en

1.5. Alineament amb polítiques europees (i globals)²¹⁴

Ciència interconnectada – ciència oberta

Els quatre components inicials de la ciència oberta (accés obert, dades obertes, programari lliure, reproductibilitat) s'han anat ampliant fins als vuit que constitueixen el model proposat per les recomanacions de l'Open Science Policy Platform (OSPP),²¹⁵ que s'estan adoptant de manera àmplia (sistema de recompenses i incentius, desenvolupament d'indicadors de recerca i mètriques de nova generació, comunicació acadèmica de futur, impuls del Núvol Europeu de Ciència Oberta (EOSC),²¹⁶ dades FAIR,²¹⁷ integritat de la recerca, competències i educació, i ciència ciutadana).²¹⁸

Igualment, parlar de ciència oberta ens porta també a referir-nos de nou a la UNESCO, que el 2021 feia una crida a la urgència d'abordar els complexos i interconnectats reptes del medi ambient, socials i econòmics i de respondre-hi amb la ciència, la tecnologia i la innovació. Reconeixia les oportunitats que per adreçar els reptes ofereixen les noves tecnologies de la informació i destacava el potencial transformador de la ciència oberta per reduir desigualtats i accelerar el progrés cap als ODS de l'Agenda 2030.

I parlar de ciència oberta és també referir-nos a l'EOSC, la resposta de la CE per promoure l'accés i la reutilització de les dades de la recerca finançada amb fons públics europeus que, com hem vist anteriorment, és eminentment internacional. Els beneficiaris han de facilitar que les seves publicacions estiguin disponibles en accés obert i que les seves dades siguin "tan obertes com sigui possible i tancades com sigui necessari".

L'any 2023 ha estat l'any de la ciència oberta, amb nombroses iniciatives internacionals per impulsar-la.²¹⁹ L'estratègia catalana de ciència oberta²²⁰ inclou les recomanacions de l'OSPP i es recull a la Llei 9/2022, del 21 de desembre, de la ciència.²²¹

Transició verda i sostenible

El Pacte Verd Europeu, al qual ja ens hem referit, i el paquet *Fit for 55* (conjunt de propostes per revisar i actualitzar la legislació europea de cara a reduir les emissions de CO2 almenys un 55% pel al 2030),²²² s'adrecen a l'objectiu de convertir Europa en el primer continent climàticament neutre l'any 2050. L'HEU destina més del 35% del seu pressupost a mitigar la crisi climàtica.²²³

Nova Agenda Europea d'Innovació (NEIA)

La NEIA²²⁴ va ser adoptada el 5 de juliol de 2022 amb l'objectiu d'impulsar la innovació tecnològica basada en el que es coneix com a deep tech. La proposta vol situar Europa a l'avantguarda de la innovació, desenvolupant noves tecnologies per abordar els reptes socials més urgents i introduir-los al mercat. Volem destacar en aquest marc de polítiques europees un exemple de col·laboració internacional recent, generat de baix a dalt: la "Coalició dels Voluntaris",²²⁵ grup independent d'ecosistemes innovadors, empreses, autoritats locals, entitats de recerca i universitats europees que volen coimplementar la NEIA amb

214 <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0252>

215 <https://data.europa.eu/doi/10.2777/958647>

216 <https://eosc-portal.eu/>

217 Acrònim en anglès per trobables, accessibles, interoperables i reutilitzables.

218 Per a una revisió, consulteu Abadal & Anglada, 2020.

219 <https://council.science/current/blog/open-science-january-2023/>

220 https://recercauniversitats.gencat.cat/web/.content/23_PNSC/document/annex_f_ciencia_oberta.pdf

221 <https://portaljuridic.gencat.cat/eli/es-ct/l/2022/12/21/9>

222 <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/>

223 https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/strategy-2020-2024/environment-and-climate/european-green-deal_en

224 https://research-and-innovation.ec.europa.eu/strategy/support-policy-making/shaping-eu-research-and-innovation-policy/new-european-innovation-agenda_en

225 <https://www.coalitionofthewilling.eu/>

propostes de col·laboració. El maig de 2023 ja s'hi comptaven més de 125 iniciatives destinades a impulsar, de baix a dalt, la innovació a Europa.

Autonomia estratègica

Hem vist que al voltant del món s'aixequen barreres geopolítiques per raons diverses, com les guerres, la pandèmia, la interrupció de la cadena d'aprovisionament, l'escassetat de recursos, i fins i tot per l'augment de la xenofòbia. La ciència i la tecnologia s'han vist afectades, pel trencament de llaços acadèmics, per raons molt diferents, amb Rússia, la Xina, Regne Unit o Suïssa. Europa està desenvolupant el terme "autonomia estratègica", un dels més rellevants en aquests moments per a la Unió. També coneguda com a "sobirania estratègica", i en concret enfocada a l'àmbit tecnològic, proposa que Europa actuï de manera autònoma a escala internacional en lloc de dependre de proveïdors estrangers i estar subjecta a pressions, coercions o manca d'accés. La UE està intentant trobar un equilibri entre mantenir el comerç obert i protegir la seva llibertat d'acció per marcar camí propi d'acord amb els seus interessos i valors en diversos sectors.

Diplomàcia científica

En parlar de la dimensió internacional de la col·laboració científica cal referir-nos a la diplomàcia científica, que segons una definició encara vigent de l'AAAS i la Royal Society, de 2010, té 3 components:

1. La ciència a la diplomàcia: assessorament científic per a la presa de decisions de política exterior.
2. La diplomàcia per a la ciència: iniciatives, projectes i infraestructures a gran escala requereixen la col·laboració entre diversos països.
3. La ciència per a la diplomàcia: promoció d'un món més pacífic i més just mitjançant la cooperació científica.

La ciència, la tecnologia i la innovació poden donar suport als esforços diplomàtics de moltes maneres. La diplomàcia científica es recolza sobre el desenvolupament i la gestió de la col·laboració internacional, les negociacions i preses de decisions entre nacions i regions, i la transmissió d'informació en el context i el propòsit de les relacions entre nacions. L'Acord de París sobre el Clima²²⁶ és un dels exemples que sovint es cita de com la ciència possibilita un acord internacional. Grans projectes de col·laboració internacional com ara el Consorci Internacional per a la Seqüenciació del Genoma Humà (amb 20 institucions de 6 països de 3 continents i un cost calculat de 3.000 M\$ durant 13 anys)²²⁷ és citat com un bon exemple diplomàcia científica. La ciència sempre ha estat un pilar del multilateralisme gràcies a la cooperació mundial dels investigadors. La ciència pot ajudar a guanyar terreny de negociació amb països que no comparteixen els mateixos punts de vista i assolir resultats tangibles, adaptant les institucions multilaterals als reptes del segle XXI. Com la COVID-19, que va impulsar formats d'intercanvi digital per a la discussió immediata de resultats i anàlisi de dades no publicades, l'intercanvi de mostres i la recerca coordinada entre més de 50 grups de 18 països simultàniament.²²⁸ Com observem a la figura 4, el consorci Science for Diplomacy for Science (S4D4S)²²⁹ reflexiona sobre quines són les forces que impulsen, frenen o endarrereixen l'assoliment del canvi de model per adreçar els reptes globals, i com hi incideixen la ciència, la diplomàcia i la diplomàcia científica.

226 https://canviclimatic.gencat.cat/ca/oficina/actuacio_internacional/acord_paris

227 <https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Sequencing-Human-Genome-cost>

228 Duchardt-Ferner et al., 2023.

229 <https://www.s4d4c.eu/topic/2-3-6-science-diplomacy-for-addressing-global-challenges-stoppers-warnings-and-drivers/>

Figura 4. Semàfor de barreres, alertes i facilitadors al sistema de ciència, diplomàcia i diplomàcia científica.
Font: Melchor et al., (2021)



2. Mesurant la col·laboració internacional

Per a la presa de decisions informades cal disposar d'indicadors que responguin preguntes específiques. L'ESF proposa diferents indicadors per avaluar la internacionalització d'agències de finançament, organitzacions de recerca, personal investigador i entitats governamentals. Alguns d'aquests són els d'ús majoritari com a mètriques d'internacionalització i ens inspiren l'anàlisi que fem del sistema d'R+D de Catalunya a l'apartat 3 d'aquest capítol. Sintetitzem a la taula 1 els que l'ESF proposa per a agències de finançament i entitats de recerca. En les pàgines següents farem esment de les mètriques per a investigadors/investigadores i països.

Taula 1. Indicadors d'avaluació de la col·laboració internacional. Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'European Science Foundation (Van den Besselaar et al., 2012)

Agències de finançament	Entitats
Pressupost per a programes en col·laboració	Fons procedents d'altres països
Coautories internacionals	Coautories internacionals
Patents en coautoría internacional	Contractació personal investigador d'altres països

Agències de finançament	Entitats
Programes de mobilitat internacional	Mobilitat internacional dels investigadors i investigadores
Pressupost per atraure investigadors forans	Pressupost per a projectes en col·laboració
Cofinançament de la recerca amb altres països	Ús de les pròpies infraestructures per grups internacionals
Processos d'avaluació internacionals	Criteris internacionals a rúbriques d'avaluació
Programes d'obertura	Processos de selecció internacionals

2.1. La mètrica de la publicació científica modula la ciència global

En les últimes dècades l'avaluació s'ha vist dominada per la utilització de mètriques més tradicionals o més alternatives (nombre d'articles, citacions, factors d'impacte de les revistes, factor H, presència a les xarxes socials...), mètriques que es consideren indicadors més o menys pobres en qualitat i que formen part d'un fenomen ja comentat a la secció anterior: les forces que impulsen la col·laboració internacional afavoreixen uns criteris sobre altres i modulen la ciència global. Com a exemple de reacció front als biaixos que s'hi generen, el Consell de Salut dels Països Baixos apuntava el 2007²³⁰ que l'ús dominant de mètriques acadèmiques havia modelat l'agenda de recerca de vuit centres mèdics universitaris d'una manera no desitjable en termes d'impacte social. Certs camps rebien menys estima acadèmica que d'altres que podrien tenir més impacte sobre la societat, a causa d'un desplaçament d'objectius induït per un sistema d'incentius i recompenses, tal com va recollir i ampliar Miedema.²³¹

2.2. Coautoría en publicacions

Tradicionalment, la col·laboració en recerca s'ha mesurat a través de publicacions en coautoría, recollides a les tres principals bases de dades mundials de referències bibliogràfiques, publicacions i citacions: Google Scholar (GS), Web of Science (WoS) i Scopus.²³² La primera GS,²³³ llançada el 2004, va proporcionar per primer cop als investigadors i investigadores una opció de cerca automatitzada que rastrejava el web i indexava tots els documents amb una estructura mínimament acadèmica. Aquesta exhaustivitat contrasta amb els criteris de cerca de les altres dues grans bases de dades multidisciplinàries, amb polítiques més restrictives per a la inclusió de publicacions, WoS²³⁴ i Scopus.²³⁵ Actualment, es mantenen aquestes dues darreres com les dues principals i majoritàries fonts de metadades de publicacions i indicadors d'impacte bibliomètric, sense un veredict final sobre quina de les dues bases de dades és la millor. Per proporcionar algun element de decisió, Pranckuté²³⁶ conclou que Scopus ofereix una cobertura més àmplia i inclusiva i més pràctica en el seu ús, té indicadors d'impacte que funcionen millor que les mètriques de WoS per a totes les fonts i disciplines i és més obert (cert accés gratuït). De la WoS l'autora citada en destaca com a avantatge que pot ser més adequada per cercar i analitzar recursos d'accés obert. Amb l'aparició de Scopus augmenta la possibilitat de comparació, característica crucial en l'avaluació científica, i permet realitzar estudis

²³⁰ <https://www.healthcouncil.nl/binaries/healthcouncil/documenten/advisory-reports/2007/12/19/responsiveness-of-university-medical-centers-to-issues-in-population-health-care/summary-research-that-matters-responsiveness-of-university-medical-centers-to-issues-in-population-health-and-health-care.pdf>

²³¹ Miedema, 2018.

²³² Martin-Martín et al., 2018.

²³³ <https://scholar.google.com/>

²³⁴ <https://clarivate.com/products/scientific-and-academic-research/research-discovery-and-workflow-solutions/webofscience-platform/>

²³⁵ <https://www.scopus.com/home.uri>

²³⁶ Pranckuté, 2021.

complementaris que fins ara només s'havien dut a terme amb les dades de WoS. És habitual recollir les dades de coautoría a partir del *Science Citation Index* (SCI).²³⁷

Actualment no hi ha indicadors indiscutibles per avaluar l'efectivitat de la col·laboració nacional o internacional, més enllà de nombres o percentatges de publicacions. Alguns autors han proposat un índex de col·laboració (índex C), que avalua la capacitat de col·laboració d'un investigador, un departament o una institució, o qualsevol clúster amb altres investigadors de nivell igual repartits pels diferents continents.²³⁸

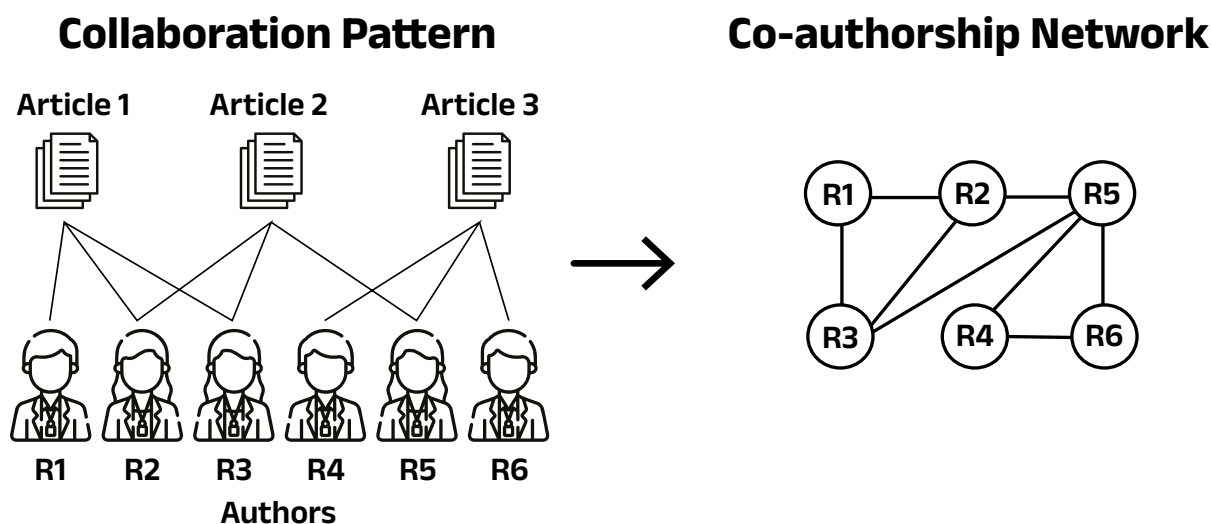
Comptatge fraccionat vs sencer

Els mètodes de recompte fraccionat i sencer s'utilitzen per gestionar les dades de copublicació. El recompte fraccionat assumeix igualtat de contribució entre els autors, i assigna fraccions a cada país segons el nombre d'adreces, tot i que la igual contribució resta per demostrar. El recompte sencer o íntegre assigna completament una publicació a cada país participant. Els resultats i interpretacions varien segons el mètode utilitzat, de manera que a la literatura s'argumenta que el recompte sencer acaba afavorint els països que col·laboren més i el fraccionat acaba desplaçant articles de països establerts a països en desenvolupament. És rellevant, per tant, indicar quin mètode s'usa per tal de facilitar una valoració informada de les dades.²³⁹

Les xarxes de coautoría

La mineria de dades i la intel·ligència artificial han provocat un canvi profund en l'anàlisi de dades. Amb les xarxes complexes, es poden investigar relacions entre entitats de dades, formant estructures de xarxa amb nodes i vores formats per les xarxes d'amistat, de citació, de col·laboració, de coautoría...). Per exemple, en una xarxa de coautoría, dos o més autors es consideren connectats si han estat coautors d'un article. La figura 5 mostra un exemple de com es genera una xarxa de coautoría.²⁴⁰ Amb 6 autors (R1 a R6) i 3 articles (article 1, article 2 i article 3), es genera una xarxa de 6 nodes que inclou vores que es generen a partir de la coautoría en articles.

Figura 5. Un exemple de com es genera una xarxa de coautoría. Font: Mahmood et al. (2021)



Publicacions hot, més citades i l'aparició de l'ESI

L'eina analítica Essential Science Indicators (ESI), desenvolupada com a alternativa al factor d'impacte, permet identificar tendències de producció i impacte a més llarg termini. L'ESI ajuda a identificar la recerca d'alt acompliment dins la col·lecció principal de la WoS.²⁴¹ Cobreix revistes d'arreu (més d'11.000) i en classifica

²³⁷ Fraunhofer, ISI, Idea Consult i SPRU, 2009.

²³⁸ Chattopadhyaya et al., 2022.

²³⁹ Aksnes et al., 2012.

²⁴⁰ Mahmood et al., 2021.

²⁴¹ Delgado, 2020.

autors, institucions, països i revistes en funció de les cites que obtenen. L'ESI estableix certs llindars d'accés. Normalitza els rànquings per camp de recerca i any de publicació, i considera investigadors/investigadores, institucions i països en la definició d'aquests llindars. Només els més citats estan inclosos a ESI. Els articles "calents" (*hot*) són els que, havent estat publicats en els darrers dos anys, han rebut citacions ràpidament després de la publicació.

De les citacions tradicionals a les mètriques alternatives i responsables

L'activitat de recerca passa ja la major part del seu temps comunicatiu en el núvol. Els investigadors i investigadores²⁴² utilitzen constantment les xarxes socials (un dels "ingredients" de la ciència oberta) per obtenir informació i adquirir nou coneixement, per incrementar l'impacte i la visibilitat de la seva producció científica, per connectar amb col·legues i establir noves col·laboracions, i per millorar la seva identitat digital. Si la bibliometria tradicional es basa en publicacions citant altres publicacions, les mètriques alternatives o *altmetrics* en l'actual univers digital mesuren l'impacte de la investigació quantificant la seva presència a les xarxes socials. Poden ser mètriques complementàries i mentre que la bibliometria no fa un seguiment fins que es publiquen i indexin les obres que citen un treball, l'altmètrica pot proporcionar dades més immediates. Tot i que, segons Dorta-González & Dorta-González,²⁴³ ambdues mètriques no es correlacionen entre elles, en tots dos casos com més gran és el nombre de coautors, més probabilitat tenen els articles de ser citats i esmentats a les xarxes socials.

Cada cop més es reconeix la necessitat de fer un ús responsable de les mètriques²⁴⁴ atès que, com reflexionava ja fa uns anys Arguimbau,²⁴⁵ és difícil quantificar certes qualitats de la recerca que reflecteixen la seva riquesa i pluralitat. Crides a utilitzar les mètriques de manera curada es troben a la *San Francisco Declaration on Research Assessment (DORA)*²⁴⁶ o el *Leiden Manifesto for Research Metrics*,²⁴⁷ tractats per P. Adam al capítol 4 d'aquest informe. Arguimbau es referia en la seva entrada al *Blok de bid* de 2015 a l'informe *The Metric Tide*²⁴⁸ que proposava un ús responsable de les mètriques, i feia recomanacions específiques per garantir una valoració de la qualitat i l'impacte de la recerca més alineada amb la realitat.

2.3. Coautoria en patents

Les copublicacions i les copatents són *proxys* rellevants per reflectir la col·laboració internacional, tot i que les publicacions s'utilitzen més freqüentment, també per la facilitat d'accés a les dades. Com a factor addicional en la complexitat de la mesura de col·laboracions en innovació, la recerca és que la col·laboració privada en recerca pot generar resultats més enllà de les patents.

La propietat intel·lectual transfronterera succeeix quan, com a mínim, un inventor i el sol·licitant resideixen a països diferents. Hi ha dos indicadors a tenir en compte: percentatge de les patents d'un país que tenen un inventor forà i un sol·licitant domèstic; i percentatge de sol·licitants domèstics en el nombre total de sol·licituds d'un país. El seguiment de la col·laboració en les sol·licituds de patents entre inventors i sol·licitants de diferents països té com a limitació que les dades només poden oferir informació sobre els països de residència dels inventors i no les nacionalitats. Per obtenir dades de col·laboració internacional en patents, la primera decisió que cal prendre és quina oficina de patents es consultarà. Per convencions internacionals, és recomanable analitzar les patents transnacionals, és a dir, famílies de patents amb almenys una entrada a l'Oficina Europea de Patents (EPO)²⁴⁹ o una entrada al Tractat de Cooperació en Patents (PTC),²⁵⁰ és a dir, el sistema internacional de patents gestionat per la l'Organització Mundial de la

242 Lasauca, 2022.

243 Dorta-González & Dorta-González, 2022.

244 <https://responsiblemetrics.org/>

245 Arguimbau, 2015.

246 <http://www.ascb.org/dora>

247 <http://www.leidenmanifesto.org>

248 Wilsdon, J., et al., 2015.

249 <https://www.epo.org/>

250 <https://www.wipo.int/pct/en/>

Propietat Intel·lectual (WIPO), agència finançada per les Nacions Unides que constitueix un fòrum mundial de serveis, polítiques, informació i cooperació de propietat intel·lectual de 193 estats membres. Totes dues fonts permeten una gran fiabilitat de les dades i la comparabilitat internacional dels resultats. També xifres actualitzades, sempre considerant que cal tenir en compte els períodes de la consulta a realitzar, atès que tant a l'EPO com al PCT es publiquen les dades amb un endarreriment de 18 mesos.

L'Oficina Europea de Patents proporciona accés a les seves estadístiques mitjançant l'eina PATSTAT.²⁵¹ L'OCDE proporciona accés obert a estadístiques de patents²⁵² internacionals per països, no per regions dins dels estats. Com a tendència d'aquesta mètrica, la propietat domèstica de les invencions internacionals és particularment elevada en economies obertes, segons l'OCDE.

2.4. Mobilitat del talent

La globalització de l'acadèmia porta una acceleració dels fluxos d'intercanvi de coneixements i persones entre països²⁵³ i un mercat laboral de personal investigador cada cop més internacionalitzat, amb normes i valors més o menys compartits globalment. A Europa, la mobilitat geogràfica és una línia d'acció bàsica de l'Espai Europeu d'Educació Superior (EHEA, en les seves sigles angleses), l'Espai Europeu de Recerca (ERA, en les seves sigles angleses), i de la seva interacció, d'acord amb l'anomenat "Comunicat de París", on els ministres dels estats de la UE van actualitzar la proposta d'interacció entre aquests dos espais durant la presidència finesa de la UE, el maig de 2018.²⁵⁴

Per fer el seguiment de la mobilitat internacional del personal d'R+D, el Manual de Frascati²⁵⁵ suggereix utilitzar com a criteris la nacionalitat, ciutadania o país de naixement, o bé el país de residència anterior, l'ocupació anterior o el país anterior d'estudis al més alt nivell. Atesos els avantatges i inconvenients de les diferents opcions, aquest manual recomana la combinació de dos o més criteris per obtenir una informació més analítica. En general, atracció de talent, publicacions d'impacte i col·laboracions internacionals són mètriques que es combinen per donar una aproximació a l'obertura d'un país.

2.5. Obertura d'un país en termes de coneixement

Una aproximació a l'obertura la proposaven Wagner & Jonkers²⁵⁶ analitzant publicacions, citacions, esforç en ciència i internacionalització en 36 països. Observaven que, tot i que l'esforç en R+D es correlaciona amb el nombre de publicacions, no ho fa amb l'impacte científic. En canvi, sí que ho fa l'obertura d'un país, mesurada combinant coautoría internacional i mobilitat del personal investigador. El gràfic 6 mostra com els països altament oberts produeixen investigacions d'alt impacte i col·laboren més internacionalment. La correlació entre l'obertura i l'impacte era $r^2 = 0,7$, segons l'anàlisi de regressió feta pels autors, i no depenia de la despesa en R+D o del nombre d'articles publicats per un país, però sí de la major participació en col·laboracions internacionals.

251 <https://www.epo.org/searching-for-patents.html>

252 OECD. Stat: https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=PATS_COOP#

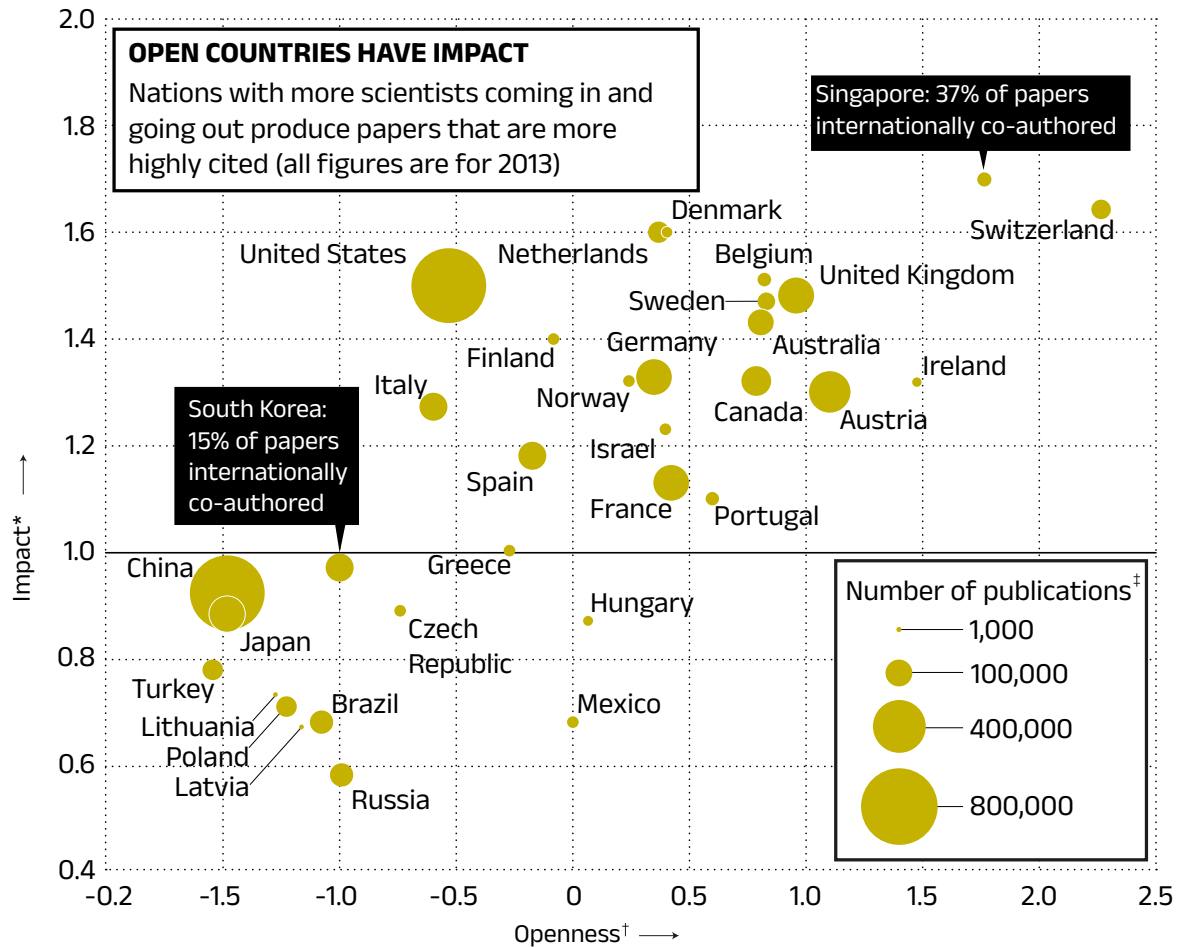
253 Reale et al., 2019.

254 https://www.ehea.info/Upload/BFUG_FI_TK_67_6_Next_Steps_EHEA_ERA.pdf

255 OECD, 2015.

256 Wagner & Jonkers, 2017.

Gràfic 6. Els països oberts tenen una ciència forta. Font: Wagner & Jonkers (2017)



*Based on field-weighted citations; Determined by numbers of scientists emigrating from, immigrating to and returning to a country, plus international co-authorships; Publications are assigned to a country according to the proportion of co-authors based there.

2.6. Col·laboració en projectes i xarxes internacionals

Analitzar les fonts de finançament dels projectes pot proporcionar informació valuosa: si un projecte rep finançament de diversos països o agències de finançament internacionals, indica esforços de col·laboració. Més enllà de les anàlisis de coautoría i de les citacions i el seu impacte, es poden analitzar les xarxes de col·laboració entre investigadors o institucions. Això implica mapar les connexions i les relacions entre les persones i institucions involucrades en projectes de recerca internacionals. Participar en una xarxa formal permet col·laborar amb altres països, disciplines diverses i sectors diferents.

Alguns indicadors d'acompliment en activitats d'internacionalització per part d'investigadors i investigadores i institucions les proposa el grup de recerca del CSIC MIST (Metrics and Innovation in Science and Technology).²⁵⁷ Alguns d'ells, que ens seran útils en l'anàlisi de l'acompliment de Catalunya que fem en l'apartat següent, són: I) lideratge i participació en projectes nacionals, europeus i internacionals; II) internacionalització i capacitat de treball en xarxa global dels membres del grup; III) presència en fòrums i activitats científiques internacionals; i IV) premis, reconeixements i segells internacionals. Per a l'anàlisi de la participació de Catalunya en projectes i xarxes (apartat 3) ens fixarem especialment en els punts I) i II).

257 <https://ipp.csic.es/en/org-structure/metrics-innovation-science-technology-mist>

3. Indicadors d'internacionalització de la ciència i la tecnologia a Catalunya

En els dos apartats anteriors ens ha interessat, d'una banda, definir el context en el que es dona la col·laboració internacional en ciència i tecnologia a escala global i quines forces hi incideixen, i de l'altra, revisar les principals mètriques que ens ajuden a fer-ne seguiment i avaluació. En aquest apartat apliquem aquests conceptes i comentem els indicadors de què disposem en el cas de Catalunya. Val a dir que l'accés a dades completes i sistemàtiques és un dels reptes amb els que ens hem trobat a l'hora d'elaborar aquest document. A la nota metodològica del capítol expliquem com aquestes dades han estat obtingudes i tractades.

3.1. Coautoria en publicacions

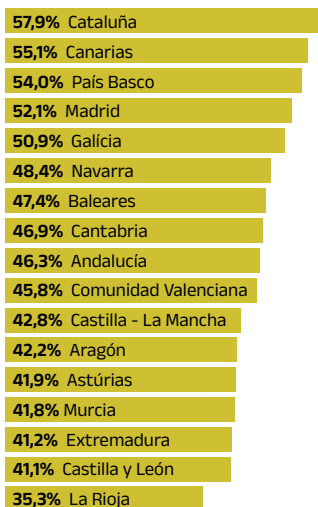
Comencem per la posició de Catalunya en el conjunt de l'Estat, amb dades de la plataforma interactiva d'indicadors de la FECYT,²⁵⁸ que fa seguiment de la col·laboració internacional en recerca en àmbit estatal i per comunitats autònomes, amb dades Scopus i WoS.²⁵⁹ Amb dades de Scopus, Catalunya ha estat liderant el rànquing de comunitats autònomes de l'Estat espanyol des de 2012 (les més antigues disponibles a la plataforma), mentre que amb les dades WoS va cedir el primer lloc a Canàries els anys 2014, 2016 i 2017, per recuperar el lideratge a partir de 2018. Per tant Catalunya és líder a l'Estat espanyol en percentatge de publicacions en col·laboració internacional, almenys fins les darreres dades FECYT (2022). Es mostra a la figura 6 només el rànquing segons Scopus i del darrer any que recull aquesta plataforma, atès que l'anàlisi bibliomètrica ampliada que fem en aquest capítol també es basa en dades Scopus.

Figura 6. Posició de Catalunya en % de publicacions en col·laboració internacional sobre el total de producció científica.
Font: FECYT

Publicaciones en colaboración internacional por comunidades autónomas

Por comunidades autónomas, Cataluña lideró el ranking en 2022 con un valor de 57,9%, y La Rioja lo cerró con un valor de 35,5%.

Ranking en 2022



Distribución por comunidades en 2022

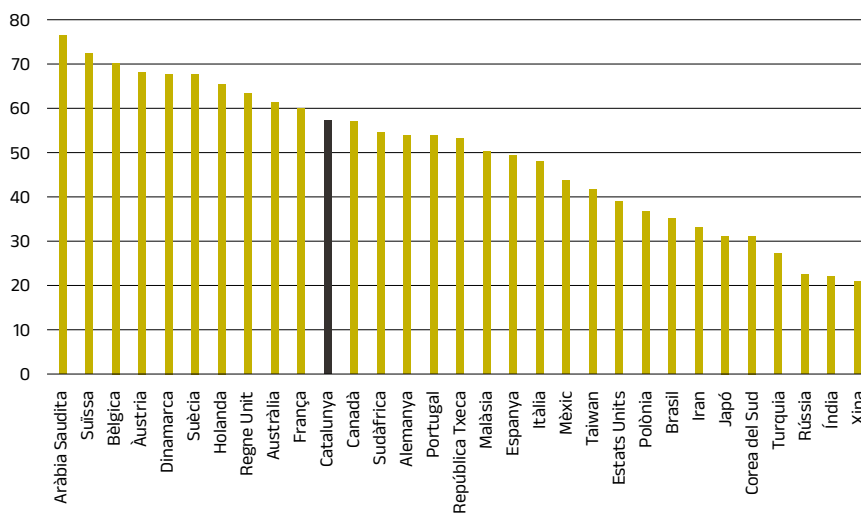


258 <https://indicadores.fecyt.es/#/colaboracion>

259 Vegeu secció 5.2 per breu comparativa d'aquestes dues bases de dades.

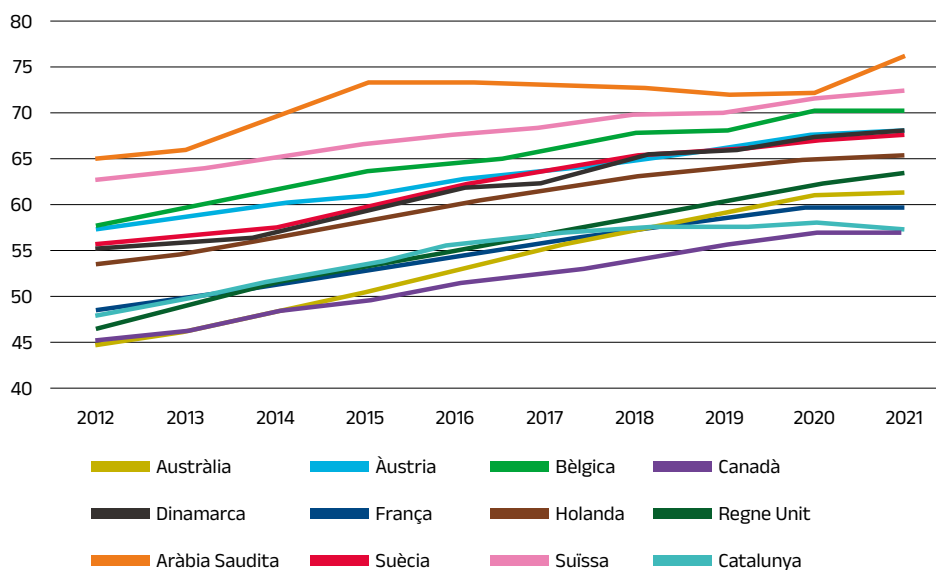
Altres dades que reforcen aquesta posició de lideratge de Catalunya en el conjunt de l'Estat espanyol les dona *Nature Index*:²⁶⁰ entre l'1 d'agost del 2022 i el 31 de juliol de 2023, dues de les 3 principals institucions en nombre de col·laboracions internacionals són catalanes: el Barcelona Institute of Science and Technology (BIST), amb 7 centres d'excel·lència de Catalunya, i la Universitat de Barcelona (UB). A la primera posició del CSIC hi contribueixen els seus 18 centres de recerca de Catalunya. Si traslladem la mirada a l'àmbit internacional, amb indicadors elaborats pel Departament de Recerca i Universitats (DREU, 2023) comparant²⁶¹ les dades bibliomètriques de Catalunya entre els anys 2012 i 2021 amb dades FECYT a partir de Scival²⁶² i Elsevier, l'any 2021 Catalunya ocuparia amb un 57,5%, l'11a posició en percentatge de documents en col·laboració internacional dins del grup de 31 països analitzats per la FECYT (gràfic 7), posició que ja ocupava l'any 2020 amb un 58,2%.

Gràfic 7. Percentatge de documents en col·laboració internacional. Any 2021. Font: DREU a partir de dades FECYT



La comparativa elaborada pel Departament de Recerca i Universitats també hi inclou l'evolució del percentatge de documents en col·laboració internacional, que ha estat a l'alça a Catalunya i molt similar entre tots els països estudiats, com mostra el gràfic 8.

Gràfic 8. Evolució del percentatge de documents en col·laboració internacional. Font: DREU a partir de dades FECYT



260 <https://www.nature.com/nature-index/institution-outputs/generate/all/countries-Spain/all>

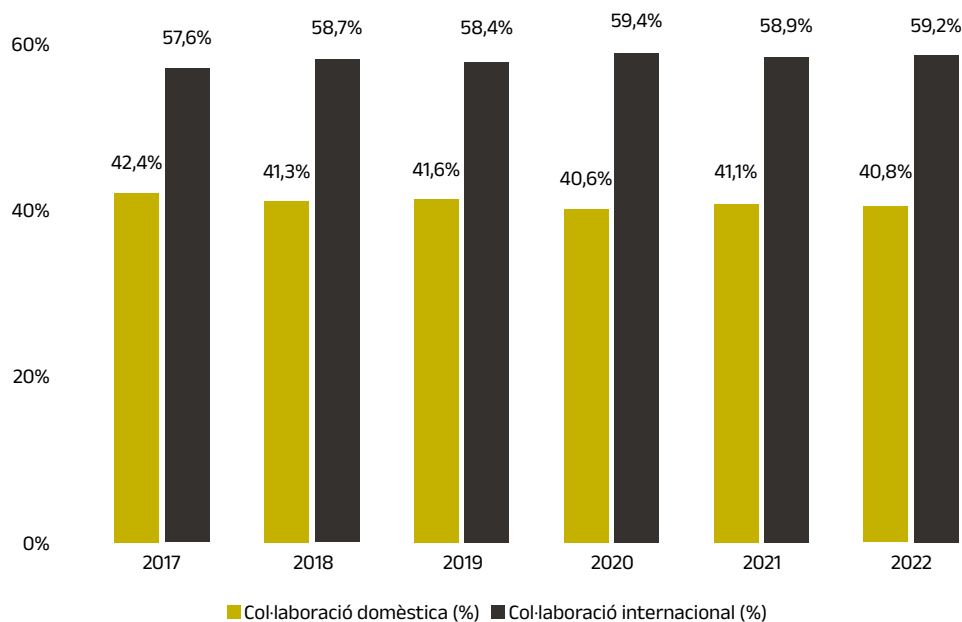
261 Lasauca, 2022.

262 <https://www.scival.com/>

Anàlisi en detall de les publicacions internacionals de Catalunya. Evolució de la col·laboració internacional front a la domèstica

La nostra anàlisi es basa en una extracció de dades²⁶³ de Scopus per als anys 2017-2022, tenint en compte els articles, les revisions i les actes de congressos, la qual ens proporciona una imatge més en detall de les publicacions en col·laboració internacional de Catalunya i el seu percentatge respecte al total de la producció científica del país (gràfic 9).

Gràfic 9. Publicacions científiques de Catalunya: col·laboració domèstica front a col·laboració internacional (2017-2022).
Font: elaboració pròpia a partir de dades Scopus



L'acumulat 2017-2022 sobre el que fem l'anàlisi és de 153.095 documents, 89.935 dels quals han estat cosignats amb investigadors d'altres països (un 58,74% del total). La tendència a la internacionalització de les copublicacions és creixent, com ja vèiem en l'anàlisi del DREU amb dades de la FECYT, mentre que el pes de les publicacions domèstiques en el total de la producció científica s'ha reduït.

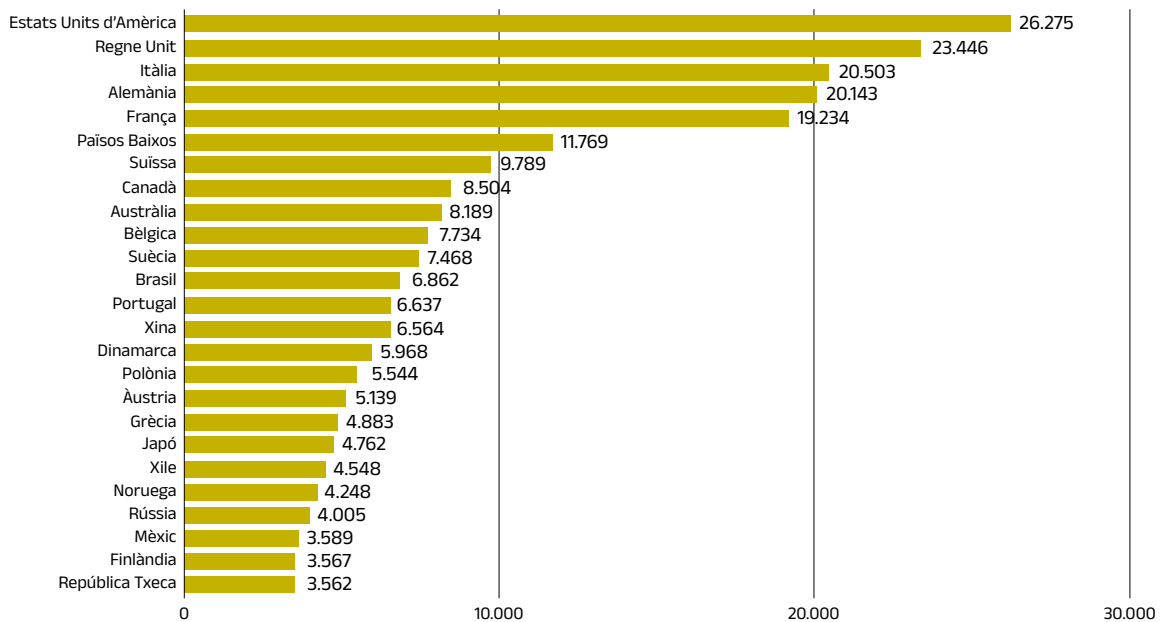
Copublicacions internacionals de Catalunya, segmentades per països

El país amb qui més col·laboren els investigadors i investigadores de les institucions de Catalunya és els EUA, amb 26.275 documents acumulats 2017-2022.²⁶⁴ De la UE, lidera el rànquing Itàlia, superat encara per Regne Unit, malgrat l'impacte negatiu del Brexit al qual ja ens hem referit en l'apartat 1.2, i que hem exemplificat amb els projectes finançats per la UE, on sí que baixa considerablement la col·laboració Catalunya-Regne Unit arran de la seva sortida de la UE. En la creació de consorcis per a projectes l'impacte, el canvi d'estatus del Regne Unit al Programa Marc ha resultat significatiu. Afortunadament el mes de setembre de 2023 es va arribar a un acord per a la participació del Regne Unit a Horitzó Europa, i com ja s'ha comentat, a partir de l'1 de gener de 2024 el Regne Unit esdevé país associat a Horitzó Europa.

²⁶³ Consulta base de dades Scopus, maig 2023 (Llorenç Arguimbau, per a aquest informe).

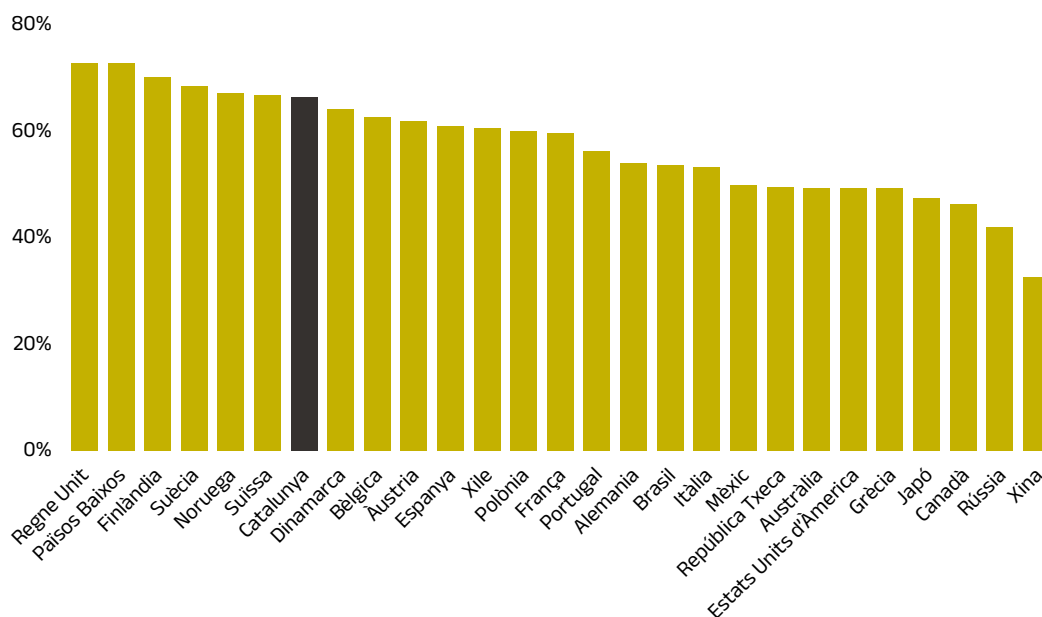
²⁶⁴ La suma de publicacions amb els 25 països amb què Catalunya té una major col·laboració és superior al total de publicacions internacionals de Catalunya atesa la possibilitat de coautoría amb més d'un país.

Gràfic 10. Documents acumulats en els darrers 5 anys de copublicacions de Catalunya amb els 25 països amb qui més col·labora (2017-2022). Font: elaboració pròpia a partir de dades Scopus



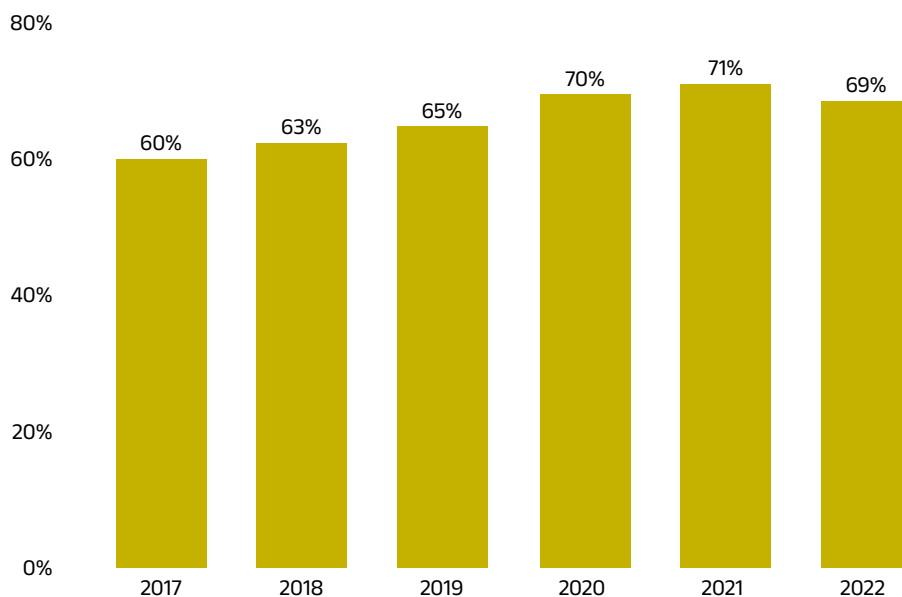
Hem analitzat també les publicacions científiques en accés obert a Catalunya i a cadascun d'aquests 25 països que lideren el rànquing de col·laboracions amb els investigadors i investigadores d'entitats de Catalunya, a qui correspondria una setena posició en l'acumulat 2017-2022. Seria la quarta posició de la UE en publicacions en obert, amb un 67%, mentre que els EUA, que ocupen la primera posició en les col·laboracions internacionals de Catalunya, baixen fins a la posició 22 en publicacions en accés obert. La política d'accés obert que impulsa la UE es veu recompensada amb el fet que de les 10 primeres posicions (11 comptant la de Catalunya en aquest grup), 8 són països actualment a la UE27. Els dos líders globals en publicacions (EUA i la Xina) ocupen les darreres posicions d'aquest gràfic.

Gràfic 11. Publicacions científiques en accés obert per països. Valor total pel període 2017-2022. Font: elaboració pròpia a partir de dades Scopus



En el cas de Catalunya, l'evolució de les publicacions científiques en accés obert entre els anys 2017 i 2022, ha mostrat una tendència a l'alça, tal com mostra el gràfic 12.

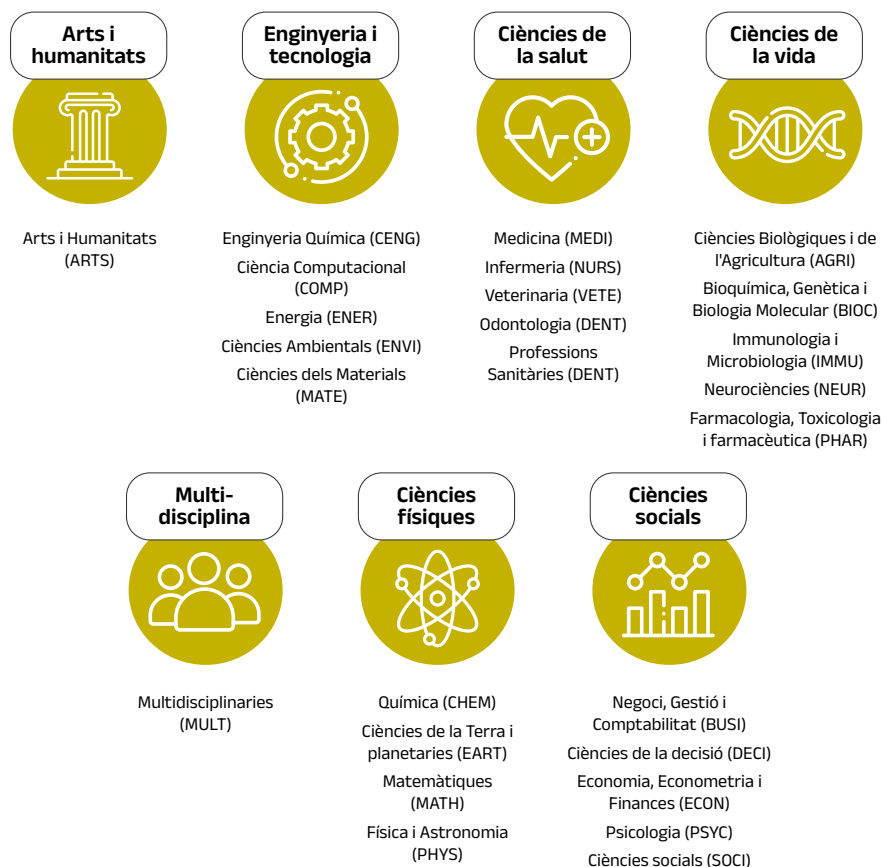
Gràfic 12. Evolució de Catalunya en les seves publicacions en accés obert (2017-2022). Percentatge respecte el total de publicacions. Font: elaboració pròpia



Copublicacions internacionals de Catalunya, segmentades per disciplines

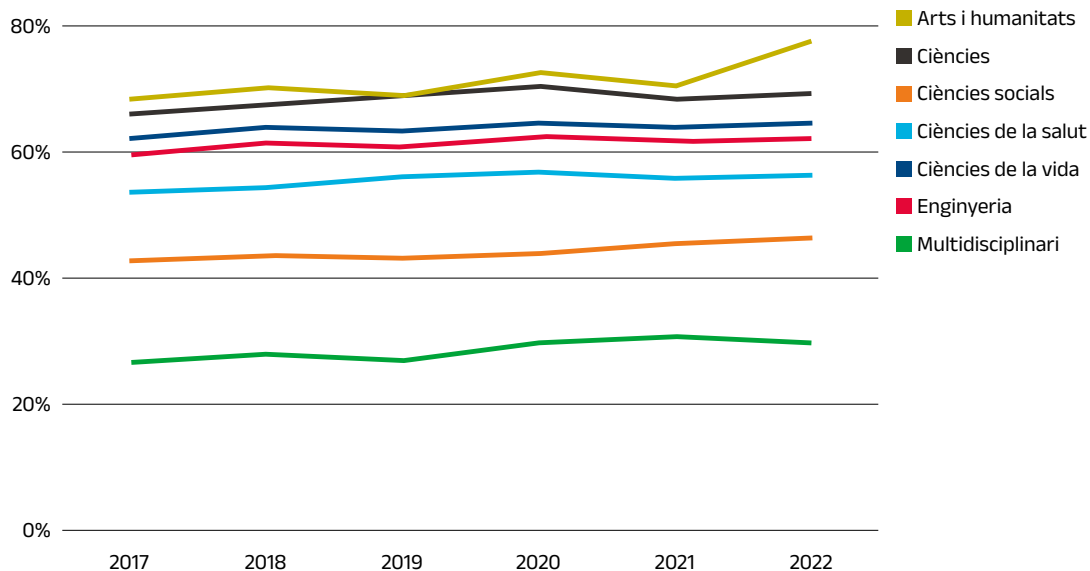
Hem analitzat per àrees les publicacions científiques de Catalunya en col·laboració internacional durant el període 2017-2022, segmentat les publicacions d'acord amb les mateixes àrees temàtiques que utilitza Scopus (figura 7).

Figura 7. Àrees Scopus utilitzades com a referència per segmentar les publicacions en col·laboració internacional de Catalunya 2017-2022. Font: elaboració pròpia.



L'àrea de les Ciències físiques (química, ciències de la Terra i planetàries, matemàtiques, física i astronomia) és on les institucions de Catalunya col·laboren internacionalment en major percentatge (69,3%), amb l'excepció del "calaix" multidisciplinari. El percentatge menor de col·laboració internacional es dona en Arts i humanitats, segons les dades extretes en aquest treball.

Gràfic 13. Publicacions científiques de Catalunya: percentatge de col·laboració internacional per àrees (2017-2022).
Font: elaboració pròpia a partir de dades Scopus



Thelwall i Sud²⁶⁵ argumenten que l'impacte de la col·laboració varia segons el camp, i que en humanitats és més freqüent trobar recerques individuals en forma de monogràfics, de manera que la col·laboració no genera necessàriament més citacions. Amb tot, després de la pandèmia s'ha reivindicat el paper de les arts i les humanitats com a resposta als reptes socials i polítics, les desigualtats i l'impacte de la crisi climàtica i les greus conseqüències socials d'aquesta com és la migració forçada i les crisis de refugiats. És possible que en una sèrie temporal es detectin increments en la col·laboració internacional en aquests camps en els propers anys.

3.2. Coautoria en patents

Ja hem vist que per mesurar la col·laboració internacional, la mètrica més emprada és la copublicació. La coautoria en patents és menys referida, atès que es precisen dades de col·laboracions entre inventors que impliquen empreses internacionals i informació més difícil d'obtenir i més complexa de sistematitzar a nivell de seguiment, i que a més no reflecteix els fluxos informals de coneixement. No obstant això, recordem que l'ERA es va crear amb el propòsit de superar tres debilitats identificades a Europa i les seves regions: finançament per a recerca insuficient, un context poc estimulant per a la recerca i la seva explotació, i una elevada fragmentació d'activitats i recursos. Hem vist a l'apartat 2 que les mètriques recomanades per valorar la coautoria en patents, com a mesura de la col·laboració internacional en R+I són les entrades a l'EPO.

Hem efectuat una consulta de les sol·licituds de patent europea directes i sol·licituds internacionals que van entrar a la fase europea durant el període 2018-2022, ambdós inclosos. L'anàlisi es basa en patents publicades concedides per l'EPO. Els resultats ens indiquen que el nombre de sol·licituds de Catalunya entre 2018 i 2022 es manté força constant, en unes 600 ($\pm 8\%$ aproximadament). En aquest període Catalunya representa entre el 31% i el 34% de les patents de l'Estat espanyol sol·licitades a l'EPO. La taula 2 en mostra els resultats.

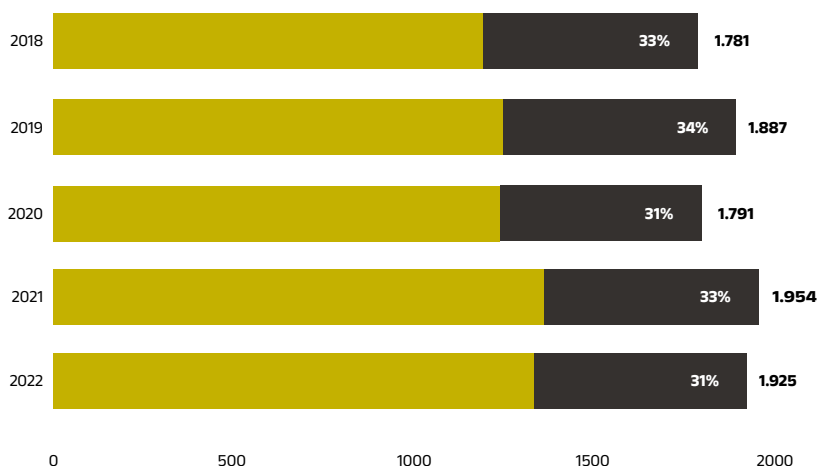
²⁶⁵ Thelwall i Sud, 2016.

Taula 2. Evolució de les patents de Catalunya, Estat espanyol i països de l'EPO i resta de països del món, entre 2018 i 2022.
Font: EPO

	2018	2019	2020	2021	2022
Estat espanyol	1.781	1.887	1.791	1.954	1.925
Catalunya	595	645	559	653	604
Altres estats de l'EPO ²⁶⁶	81.594	82.493	81.443	83.775	83.955
Tots els països	174.481	181.406	180.250	188.600	193.460

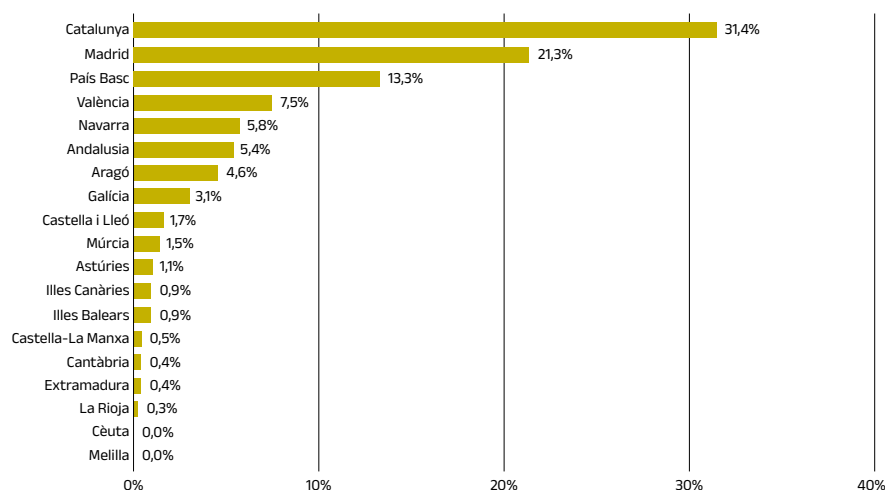
Per determinar l'origen geogràfic es pren de referència el país de residència del primer sol·licitant que figura al formulari de sol·licitud. En els casos en què s'esmenten diversos sol·licitants al formulari de sol·licitud, s'aplica el país de residència del primer sol·licitant indicat (gràfic 14).

Gràfic 14. Nombre total de patents registrades a l'EPO per l'Estat espanyol i percentatge que representen les sol·licitades des de Catalunya. Font: elaboració pròpia a partir de dades EPO



Aquest percentatge és el més alt de l'Estat espanyol, com es reflecteix al gràfic 15. Del total de 1.925 patents comptabilitzades de l'Estat espanyol el 2022, les 604 de Catalunya representen gairebé una de cada 3 patents presentades, per damunt de la segona comunitat autònoma, amb 1 de cada 5 de les presentades a l'EPO per entitats de l'Estat espanyol.

Gràfic 15. Percentatge de patents registrades a l'EPO per les diferents comunitats autònomes de l'Estat espanyol. Any 2022. Font: elaboració pròpia a partir de dades EPO



²⁶⁶ Els 38 estats membres de l'EPO inclouen els 27 estats de la UE.

No hem pogut obtenir dades desagregades relatives als països amb qui més es copatenta des de Catalunya. No obstant això, ens podem referir a unes dades que proporciona l'OECD per al conjunt de l'Estat espanyol. Les bases de dades de cooperació en patents que proporciona aquesta entitat,²⁶⁷ amb data de sol·licitud 2018 i per a Espanya (extretes el maig de 2023) ens donen uns resultats de referència que poden resultar interessants de comentar, atès el pes de Catalunya en el total de patents espanyoles.

Taula 3. Patents en col·laboració internacional de l'Estat espanyol. Any 2019. Font: OECD.Stat

		Propietat forana d'invencions domèstiques	% de patents propietat d'inventors forans	Propietat domèstica d'invencions foranes	% de patents inventades fora	Patents amb coinventors forans	% de patents amb coinventors forans
		Nombre	Percentatge	Nombre	Percentatge	Nombre	Percentatge
SOL·LICITUDS A L'EPO	TOTAL PATENTS	2.044	..	1.469	..	2.044	..
	Total col·laboració amb exterior	700	34,25	170	11,57	466	22,8
	Japó	10	0,49	2	0,14	7	0,34
	EUA	205	10,03	32	2,18	127	6,21
	UE27	376	19,99	95	6,87	285	15,15
SOL·LICITUDS AL PCT	TOTAL PATENTS	2.066	..	1.391	..	2.066	..
	Total col·laboració amb exterior	806	39,01	172	12,37	499	24,15
	Japó	10	0,48	3	0,22	8	0,39
	EUA	330	15,97	33	2,37	154	7,45
	UE27	375	18,18	93	6,68	260	12,6
SOL·LICITUDS A LA USPTO	TOTAL PATENTS	1.883	..	927	..	1.883	..
	Total col·laboració amb exterior	1.070	56,82	146	15,75	716	38,02
	Japó	13	0,69	2	0,22	8	0,42
	EUA	634	33,67	51	5,5	355	18,85
	UE27	261	17,4	71	9,04	274	18,27

En les sol·licituds a l'EPO de tot l'Estat espanyol, un 22% de les invencions són presentades en col·laboració de coinventors forans, la majoria dels quals de la UE27, seguides d'inventors dels EUA. En el cas de les patents presentades a l'oficina dels EUA, les invencions amb aquest país augmenten fins igualar les realitzades amb els països de la UE27.

No disposem de dades relatives a Catalunya però, com hem vist, 1 de cada 3 patents presentades per l'Estat espanyol a l'EPO és catalana. A continuació fem una anàlisi comparativa de les patents presentades per Catalunya envers altres països que han registrat sol·licituds de patents a l'EPO. A tal efecte consultem el nombre de patents sol·licitades pels 25 països amb més entrades a l'EPO l'any 2022. Els EUA ocupen la primera posició, amb 48.088 i Polònia la darrera, amb 615. Espanya ocupa la 17a posició, amb 1.925 sol·licituds. Catalunya en va presentar 604 l'any 2022, similar als països que ocupen les posicions 24 o 25.

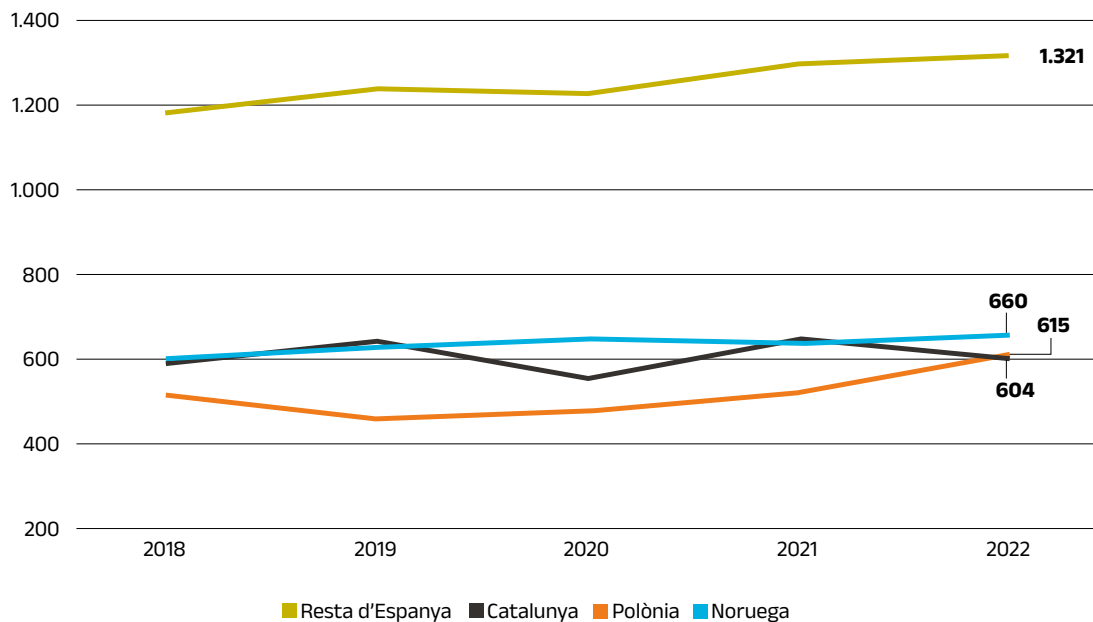
267 OECD.Stat: <https://stats.oecd.org/>

Taula 4. Països sol·licitants de patents a l'EPO. Any 2022. Font: EPO

Posició	País	Sol·licituds de patents
1	Estats Units	48.088
2	Alemanya	24.684
3	Japó	21.576
4	Xina	19.041
5	França	10.900
6	Corea del Sud	10.367
7	Suïssa	9.008
8	Països Baixos	6.806
9	Regne Unit	5.697
10	Suècia	5.036
11	Itàlia	4.864
12	Dinamarca	2.662
13	Bèlgica	2.604
14	Àustria	2.388
15	Finlàndia	2.140
16	Canadà	2.001
17	Espanya	1.925
18	Israel	1.741
19	Taiwan	1.474
20	Irlanda	1.140
21	Austràlia	1.003
22	Singapur	835
23	Índia	817
24	Noruega	660
25	Polònia	615

Podríem dir que Catalunya ocuparia una posició similar a tot Polònia o tot Noruega (gràfic 16). Són dos dels països amb un nombre de sol·licituds similars a les catalanes.

Gràfic 16. Comparativa de les patents registrades a l'EPO per Catalunya, la resta de l'Estat espanyol i dos països amb uns volums de sol·licituds anuals de patents similars a Catalunya. Font: elaboració pròpia a partir de dades EPO



De l'anàlisi anterior es desprèn que Catalunya ocupa una posició superior a la que li correspondria per pes sobre el PIB de l'Estat espanyol (aproximadament 17,3%) i població (16,3%). També és superior al que li correspondria per població si es compara amb un país europeu emergent en termes de l'*European Innovation Scoreboard* (EIS)²⁶⁸ (Polònia) i una població que quintuplica la de Catalunya (37,7 milions d'habitants). En el cas de Noruega, la població d'aquest país nòrdic és inferior a la de Catalunya (5,4 milions) i, malgrat que no disposem del seu índex d'Innovació segons l'EIS (per no pertànyer a la UE), el rànquing *The Global Economy*²⁶⁹ el situa en posició 14, per damunt del lloc 19 d'Espanya.

3.3. Talent internacional

Personal d'R+D a universitats i centres CERCA

En aquest apartat analitzarem les dades proporcionades per la base de dades UNEIX²⁷⁰ sobre el personal estranger a les universitats als centres de recerca CERCA i dades del CSIC i de les grans infraestructures utilitzant com a fonts les mateixes institucions.

L'any 2021 hi havia 17.418 persones dedicades a R+D a les universitats públiques catalanes (42,3% dones) i 16.888 als centres CERCA (52,3% dones). Aquesta població inclou totes les categories professionals tant a universitats com a centres (vegeu capítol 1 i capítol 2 d'aquest informe per a més detall sobre les diferents categories professionals i acadèmiques corresponents respectivament a les universitats i als centres recerca).

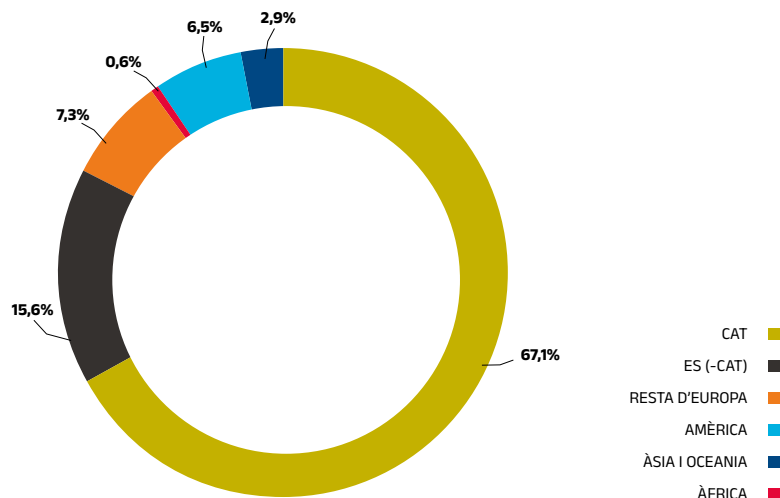
L'any 2021, del total de les 17.418 persones a les universitats públiques, 3.041 eren internacionals (no catalanes [67%] ni de la resta de l'Estat espanyol [16%]). La majoria del personal estranger provenia de la resta d'Europa (7%) i d'Amèrica (6%).

268 <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard/eis>

269 https://www.theglobaleconomy.com/rankings/gii_index/Europe/

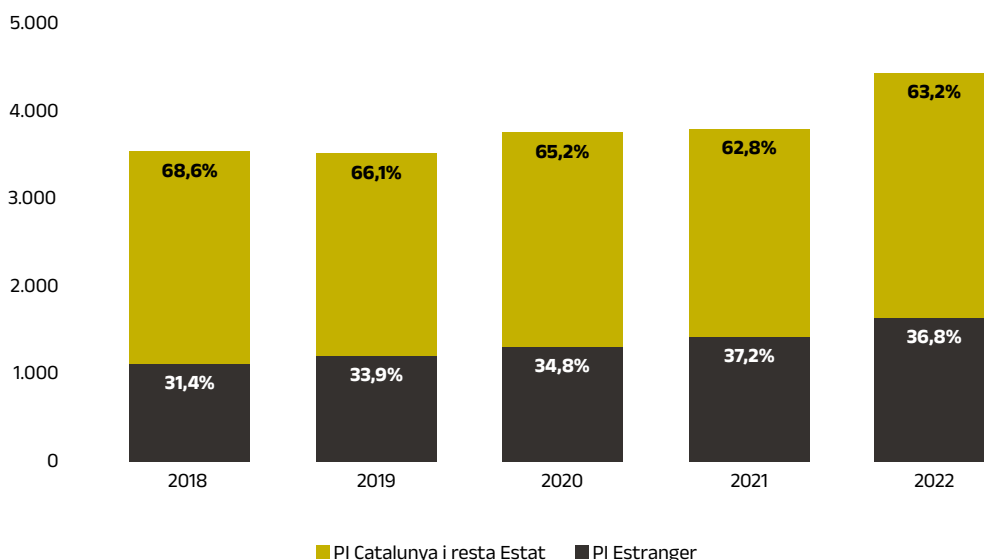
270 Sistema cooperatiu d'informació d'universitats i de recerca de Catalunya, UNEIX, conjuntament amb les universitats i centres de recerca i d'acord amb l'estadística oficial d'aquests àmbits establerta amb l'Idescat (Institut d'Estadística de Catalunya).

Gràfic 17. Percentatge de personal local i estranger a les universitats catalanes. Any 2021. Font: UNEIX



En el cas del personal investigador (PI) l'activitat del qual, derivada de la seva modalitat contractual, és únicament la recerca, l'evolució 2018-2022 és d'increment del personal estranger. Aquesta dada, extreta del portal "Recerca i Universitats en Xifres"²⁷¹ del Departament de Recerca i Universitats, hi inclou el personal investigador en formació, el personal investigador amb contracte mitjançant convocatòries públiques competitives, el personal investigador per convenis de col·laboració i el personal investigador amb càrrec a projectes de recerca d'alta a 31 de desembre. El portal no facilita dades de totes les universitats.²⁷²

Gràfic 18. Evolució del Personal Investigador local i internacional a les universitats catalanes. Període 2017-2021. Font: DREU

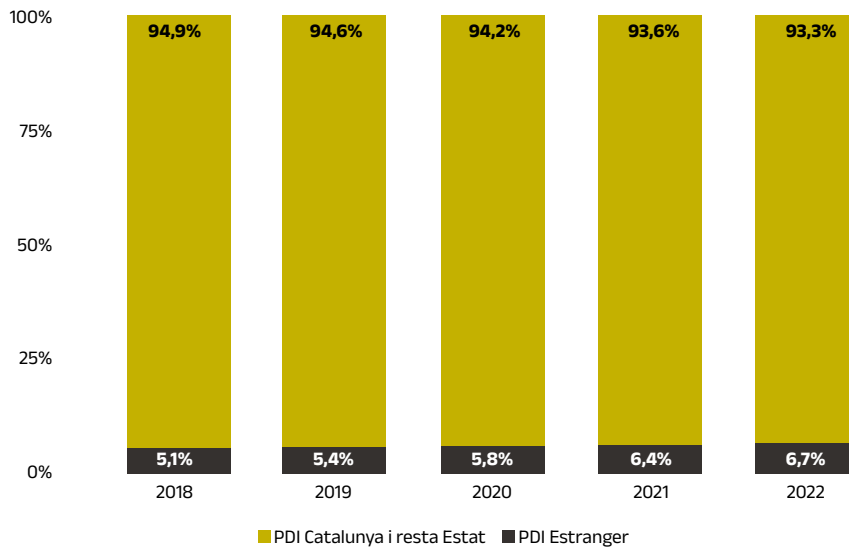


De la mateixa font obtenim l'increment del personal docent investigador (PDI) a les universitats catalanes respecte al personal nacional.

²⁷¹ https://recercaiuniversitats.gencat.cat/ca/03_ambits_dactuacio/sur-en-xifres/Personal/PDI-i-Investigadors/detalle/

²⁷² Hi manquen dades de la Universitat Internacional de Catalunya i de la Universitat Abat Oliba.

Gràfic 19. Evolució del Personal Docent i Investigador local i internacional a les universitats catalanes. Període 2017-2021. Font: DREU

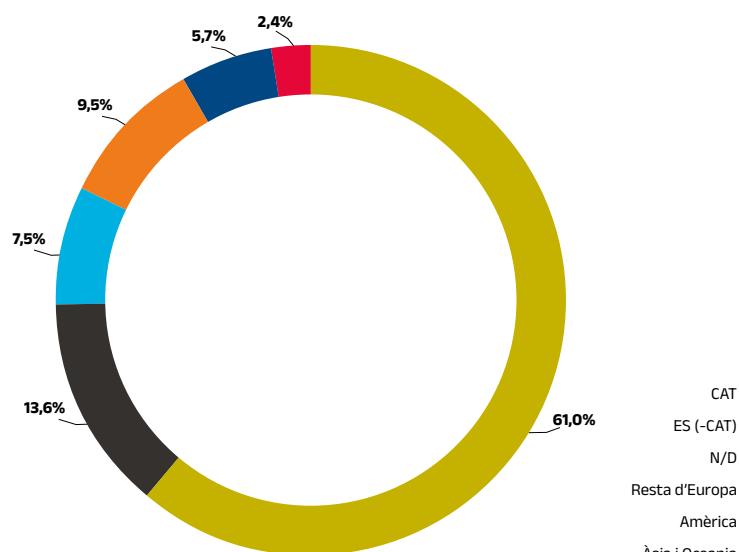


En tots dos casos es dona un increment del personal estranger a les universitats, reflectint en especial el PI l'obertura de Catalunya al talent internacional.

Centres de recerca

L'any 2005 la DGR va crear el programa CERCA per impulsar l'acció de centres de recerca existents.²⁷³ Aquests centres d'excel·lència, amb vocació internacional, han desenvolupat polítiques que han propiciat la contractació de personal d'altres països, afavorides per un règim d'autonomia especial legalment establert, que els defineix com a entitats amb personalitat jurídica pròpia, sense ànim de lucre i amb seu a Catalunya que tenen com a objecte principal la recerca d'excel·lència i el seu impacte en la societat.²⁷⁴ Els centres CERCA han estat reconeguts internacionalment com a model de recerca capdavantera i de frontera. Els mateixos estatuts de la Institució CERCA, que els empara i els coordina, té entre les seves funcions contribuir a la presència internacional dels centres i a potenciar la col·laboració internacional i la mobilitat dels investigadors i investigadores i l'atracció i retenció de talent a nivell internacional.

Gràfic 20. Percentatge de personal local i estranger als centres CERCA. Any 2021. Font: UNEIX



273 Sobre els centres CERCA vegeu capítol 2 d'aquest informe.

274 Sobre l'impacte dels centres CERCA vegeu capítol 4 d'aquest informe.

Grans infraestructures

El Barcelona Supercomputing Center (BSC), a la seva memòria de l'any 2022,²⁷⁵ recull la dada de personal i el percentatge d'estrangers: 798 persones, un 32% de les quals són estrangers procedents de 54 països. El Síncrotró ALBA, l'any 2022 disposava d'una plantilla de 233 persones²⁷⁶ de diferents nacionalitats. Aquesta infraestructura refereix per a l'any anterior en la seva darrera memòria anual publicada²⁷⁷ una plantilla de 213 persones de 18 nacionalitats diferents.

La Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA) és el programa que ha contribuït en major mesura a Catalunya a la captació de personal investigador d'origen no català ni de la resta de l'Estat espanyol. El 40% dels 276 professors ICREA²⁷⁸ són internacionals. D'aquests, 113 es troben a les universitats, 116 als centres CERCA, 16 als centres CSIC i la resta es reparteixen per altres institucions com ara les grans infraestructures. Des de la seva creació, ICREA ha tingut un paper²⁷⁹ clau en l'èxit de Catalunya captant ajuts de l'ERC (vegeu apartat 3.4). Segons dades AGAUR de febrer de 2023, 183 ajuts (el 38% dels captats per Catalunya) han estat atorgats a investigadors que eren ICREA en el moment de la concessió.

3.4. Projectes competitius amb finançament europeu

Si bé el programa ITER, gestionat per l'agència europea *Fusion for Energy* (F4E) amb seu a Barcelona concentra el 74% dels recursos europeus obtinguts a Catalunya,²⁸⁰ no es considerarien fons competitius. Les principals fonts de finançament competitiu per a recerca, innovació i educació superior a Catalunya són els programes marc (actualment, H2020 i Horitzó Europa²⁸¹ en execució) i el programa Erasmus+²⁸² per a l'educació superior i la joventut, centrat en la inclusió social i la participació democràtica. En menor mesura, captem fons via el programa LIFE per a l'acció climàtica²⁸³ i els programes Interreg Europe,²⁸⁴ que aborda reptes regionals.

A efectes d'aquesta anàlisi ens centrem en l'acompliment de les entitats i investigadors i investigadores de Catalunya als dos darrers programes marc d'R+I de la UE, anàlisi que ens permet veure l'impacte de la col·laboració internacional traduïda en captació de finançament competitiu. Per al període 2021-2027 el programa HEU incideix especialment, com hem vist en la secció 5.1, en l'impuls de la col·laboració internacional per fer front als reptes globals i per a la consecució de les prioritats polítiques de la UE. El pressupost total del programa marc 2021-2027 és de 95.500 M€. Per a aquest període, la Comissió Europea ha inclòs els fons HEU dins del global de l'estratègia Next Generation, dirigida impulsar una Europa més preparada i resiliència.²⁸⁵

Acompliment de Catalunya als Programes Marc

L'Horitzó Europa s'estructura al voltant de 3 pilars enfocats respectivament a un objectiu del programa:

- **PILAR 1:** la recerca d'excel·lència, amb les convocatòries per a personal de recerca (ajuts ERC de Recerca i contractes Marie Skłodowska-Curie -MSC), i per a infraestructures de recerca (amb convocatòries com les INFRADEV).
- **PILAR 2:** programes de finançament de l'R+D organitzats en "clústers" o agrupacions temàtiques i que responen a reptes pels quals la Comissió Europea vol incentivar la recerca en col·laboració

²⁷⁵ BSC, 2022.

²⁷⁶ Vegeu capítol 2 per a més detall.

²⁷⁷ CELLS, 2022.

²⁷⁸ ICREA, 2023.

²⁷⁹ Per a més detall vegeu l'apartat 8 del capítol 2.

²⁸⁰ Dades del Departament d'Acció Exterior i Unió Europea.

²⁸¹ Horitzó 2020 correspon al període 2014-2020 i Horitzó Europa al període 2021-2027.

²⁸² <https://erasmus-plus.ec.europa.eu/>

²⁸³ https://cinea.ec.europa.eu/programmes/life_en

²⁸⁴ <https://www.interregeurope.eu/>

²⁸⁵ https://commission.europa.eu/business-economy-euro/economic-recovery/recovery-and-resilience-facility_en

internacional i la transferència de coneixement. Clima, energia i mobilitat; món digital, indústria i espai; i salut, per aquest ordre fan el gruix de la captació de projectes de recerca de Catalunya.

- **PILAR 3:** el pilar de la innovació, amb els programes d'acceleració de negocis del Consell Europeu d'Innovació (EIC), l'Institut Europeu d'Innovació i Tecnologia (EIT) i el més recent, Ecosistemes Europeus d'Innovació (EIE) amb els que Europa ha fet l'aposta pilot per impulsar la seva nova agenda europea d'innovació.

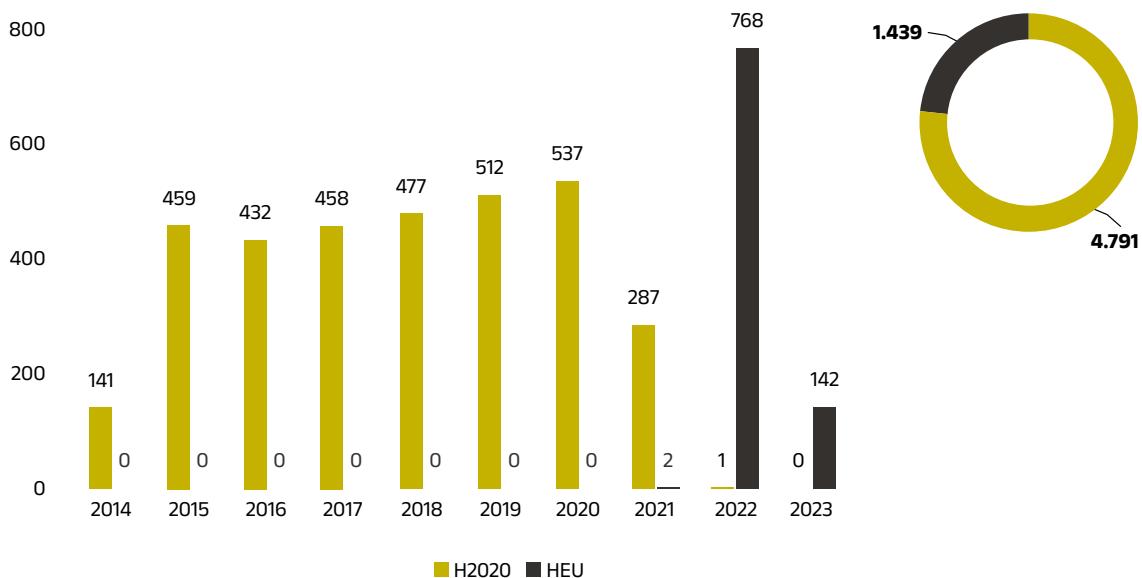
A més d'aquests pilars verticals hi ha instruments complementaris i transversals com el Joint Research Centre (JRC), del qual sorgeix molta de la reflexió i la proposta estratègica d'Europa, i els instruments transversals per ampliar la participació, sobre tot als països de la UE13²⁸⁶ i el programa de reforç del sistema europeu de recerca i innovació.

Hem volgut fer aquesta explicació prèvia per tal de poder discutir a continuació els àmbits, clústers i instruments en què Catalunya té més èxit en la captació de fons. En concret, on Catalunya atrau la major part dels fons és el dels reptes globals i la competitivitat industrial europea, amb un 65,8% del total de fons que arriben a Catalunya. Les entitats tipus que accedeixen a aquests fons són els centres de recerca, grans infraestructures, grups d'investigació de les universitats i hospitals treballant per generar coneixement i afavorir l'adopció de solucions innovadores per part de la indústria i la societat. Amb un 24,8%, els ajuts que capta Catalunya de l'ERC, MSC i Infraestructures proporcionen fons competitiu per al talent i la recerca de frontera. Finalment, la innovació finançada amb el pilar 3 representa un 8,2% dels fons que capta Catalunya i és on les empreses i clústers industrials obtenen fons competitiu per als seus projectes col·laboratius internacionals.

Dades generals

Catalunya ha captat de l'Horitzó 2020 i de l'Horitzó Europa un total de 2.507,37 M€. Aquesta xifra representa el 2,86% de l'atorgat als dos programes fins a juny de 2023. En l'anterior *Informe sobre l'Estat de la Ciència* (FCRI, 2022) es recollien dades corresponents als fons captats a l'Horitzó 2020 entre 2014 i 2020, desagregades per tipologia d'entitat. Per comparativa utilitzarem la dada AGAUR publicada el març de 2023, que recull la participació a l'Horitzó 2020, i la compararem amb dades actualitzades al moment de l'elaboració d'aquest informe, de la captació de fons a l'Horitzó Europa. Com es veu al gràfic 21, el segon any de l'Horitzó Europa (2022) es capten un 38% més de fons que en el segon any de l'Horitzó 2020 (432 enfront de 768 M€).²⁸⁷

Gràfic 21. Fons captats en M€ (esquerra) i participació (dreta) de Catalunya en els programes Horitzó 2020 i Horitzó Europa. Juny 2023. Font: elaboració pròpia a partir de dades Horizon Dashboard



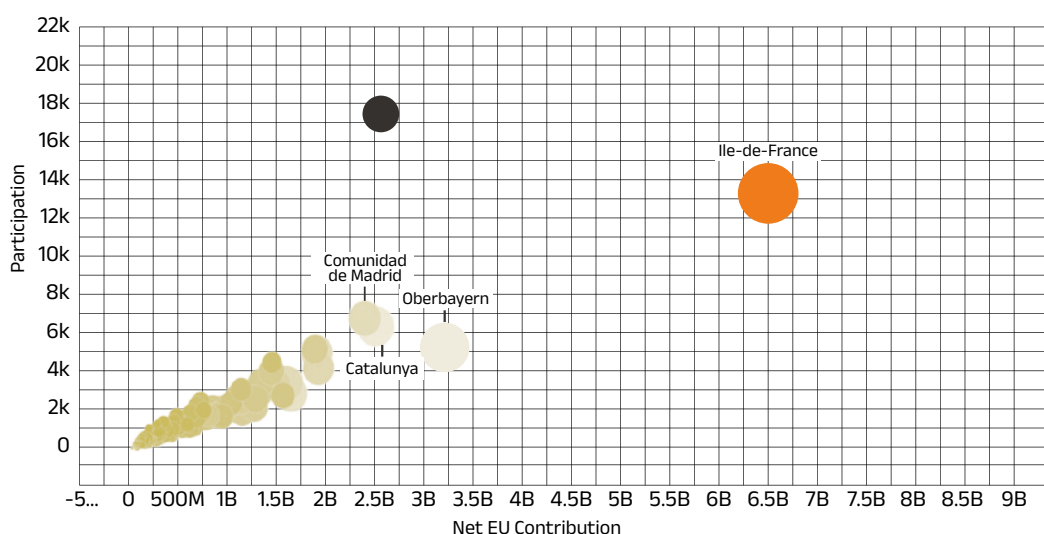
286 <https://ec.europa.eu/newsroom/jrcseville/items/56531/en>

287 Utilitzem la referència dels segons anys atès que és quan es consolida el programa i no es rep una influència tan substancial dels projectes que finalitzen del programa anterior com succeeix en el primer any de programa (dades CORDIS 2023).

Les entitats de Catalunya han participat en 4.287 projectes, sumant fins a 6.455 participacions (diferència que s'explica perquè més d'una entitat de Catalunya pot estar participant en un mateix projecte). Un 9,68% dels contractes signats amb la Comissió Europea en forma de projecte competitiu finançat amb fons europeus se signen a Catalunya. L'evolució en el temps de la captació de fons de l'Horitzó 2020 i l'Horitzó Europa es mostra al gràfic 21. En el període de l'Horitzó 2020 (2014-2020) van incrementar els fons captats any rere any. Si ens fixem en la posició que ocupa Catalunya entre la resta de regions (nivell NUTS2) europees, veiem que es troba en una posició molt destacada pel que fa a fons captats i participació en projectes Horitzó 2020 i Horitzó Europa.

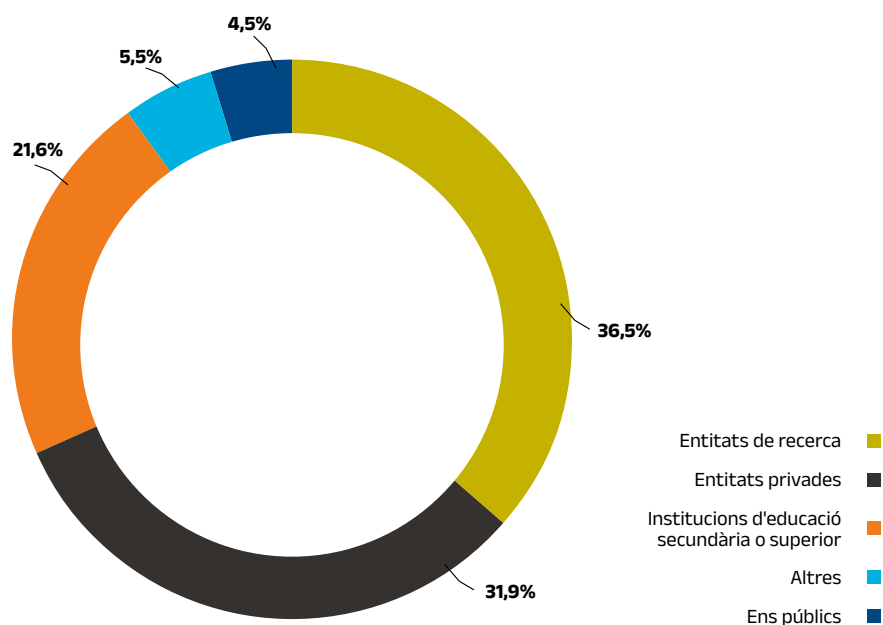
Gràfic 22. Posició de les 4 primeres regions (NUTS2) d'acord amb la seva participació i captació de fons als programes Horitzó 2020 i Horitzó Europa. Juny 2023. Font: Horizon Dashboard

Overview by country-region



Per entitats, els centres i instituts de recerca públics i les entitats privades amb ànim de lucre lideren la captació de fons, seguides per entitats d'ensenyament superior i secundària.

Gràfic 23. Percentatge de fons captats d'H2020 i HEU segons tipologia d'entitats. Juny 2023. Font: elaboració pròpia a partir de dades Horizon Dashboard



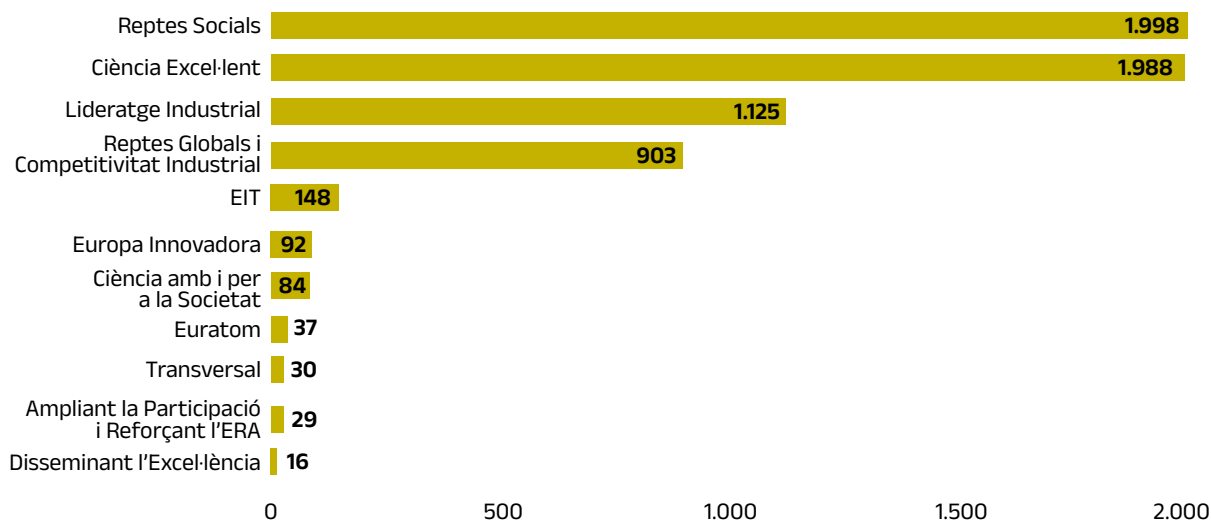
Cada projecte d'Horitzó 2020 i Horitzó Europa en què participa Catalunya ha atret de mitjana uns 595.000 €. Però hi ha projectes amb què Catalunya ha obtingut una contribució més elevada de la Comissió Europea. La taula 4 recull els 20 beneficiaris amb major finançament d'Horitzó 2020 i del que portem d'Horitzó Europa.

Taula 5. Principals beneficiaris als programes Horitzó 2020 i Horitzó Europa, per àmbits. Font: Horizon Dashboard

PROGRAMA	ÀMBIT	ENTITAT	CONTRIBUCIÓ EU (EUR)
HEU	Innovative Europe	EIT KIC URBAN MOBILITY SL	134.512.187
H2020	Excellent Science	INSTITUT DE CIÈNCIES FOTÒNIQUES	68.960.522
H2020	Excellent Science	UNIVERSITAT DE BARCELONA	60.881.558
H2020	Excellent Science	UNIVERSITAT POMPEU FABRA	59.204.951
H2020	Excellent Science	UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA	57.635.926
HEU	Excellent Science	UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA	51.638.501
H2020	Excellent Science	CENTRE DE REGULACIÓ GENÒMICA	51.449.193
H2020	Excellent Science	BARCELONA SUPERCOMPUTING CENTER	51.212.632
HEU	Global Challenges and European Industrial Competitiveness	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	42.908.623
HEU	Global Challenges and European Industrial Competitiveness	BARCELONA SUPERCOMPUTING CENTER	42.728.675
H2020	Excellent Science	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	40.082.679
H2020	Industrial Leadership	BARCELONA SUPERCOMPUTING CENTER	36.300.874
H2020	Societal Challenges	EURECAT	33.876.090
HEU	Excellent Science	UNIVERSITAT POMPEU FABRA	29.077.188
H2020	Societal Challenges	UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA	28.987.402
H2020	Industrial Leadership	EURECAT	28.482.071
HEU	Excellent Science	UNIVERSITAT DE BARCELONA	26.683.061
H2020	Excellent Science	INSTITUT CATALÀ D'INVESTIGACIÓ QUÍMICA	25.592.464
H2020	Societal Challenges	LEITAT	24.195.594
H2020	Excellent Science	INSTITUT DE BIOENGINYERIA DE CATALUNYA	24.167.486

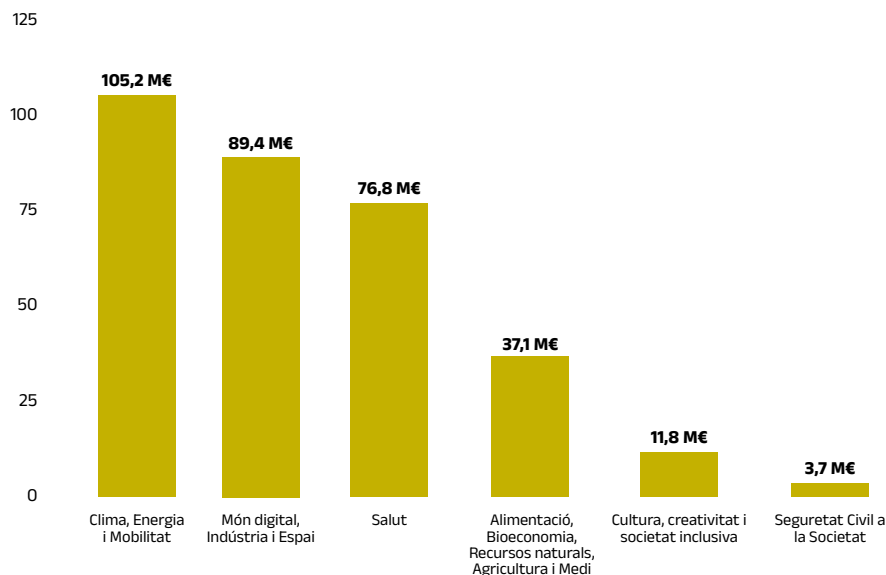
Com ens mostra el gràfic 24, Catalunya és especialment reeixida en la seva participació a l'Horitzó 2020 i Horitzó Europa en reptes socials, ciència excel·lent i lideratge industrial.

Gràfic 24. Participació de Catalunya en nombre de projectes, en els diferents àmbits dels programes Horitzó 2020 i Horitzó Europa. Juny 2023. Font: AGAUR



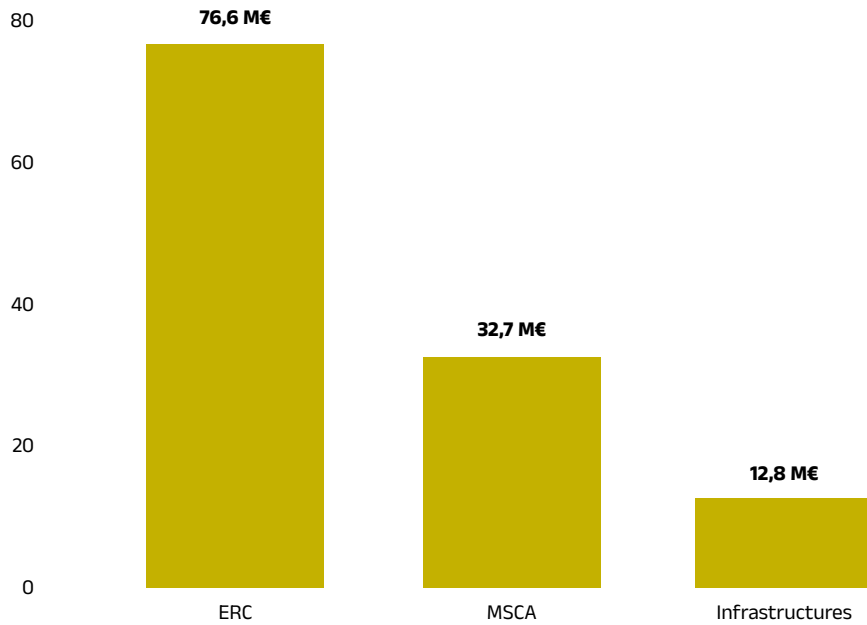
Davant dels reptes, hem vist que Europa finança l'R+I en sis clústers. Si observem la participació i la captació de fons de les entitats de Catalunya en aquests sis apartats, a partir de l'anàlisi de les dades d'Horitzó Europa 2021-2023, destaquen clima, energia i mobilitat (105,2 M€, un 2,9% sobre tots els fons Horitzó Europa), món digital, indústria i espai (89,4 M€, un 3,1% de tots els fons Horitzó Europa) i salut (76,8 M€, un 4,9% sobre tots els fons Horitzó Europa), per damunt dels altres tres clústers.

Gràfic 25. Captació de fons per les entitats de Catalunya en els diferents clústers temàtics del pilar 2 (reptes) 2021-2023. Març 2023. Font: AGAUR



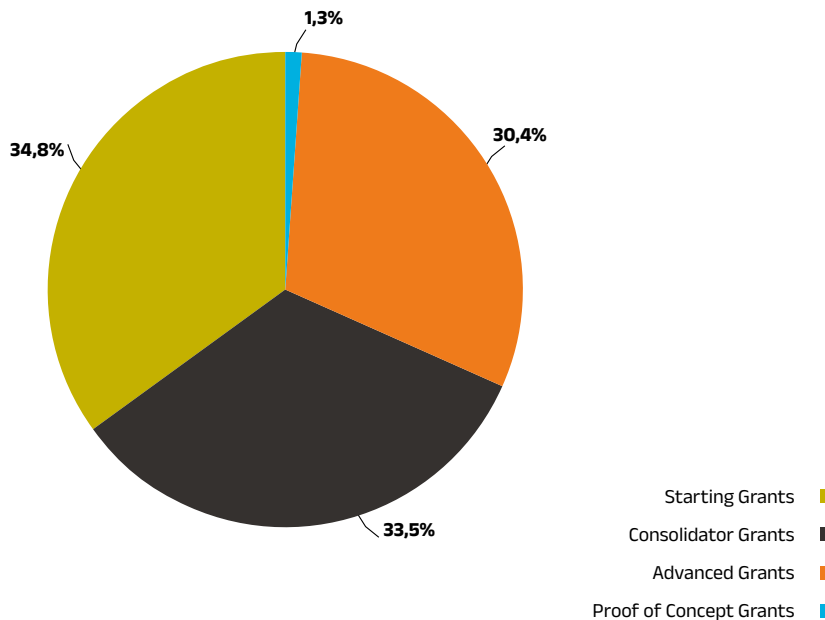
Val a destacar en aquesta anàlisi l'èxit de Catalunya en ciència excel·lent (pilar 1). L'ERC finança projectes de recerca a la frontera del coneixement, recolza el desenvolupament professional i la formació del personal investigador (MSC) i inverteix en la millora i optimització de l'accés internacional a infraestructures de recerca.

Gràfic 26. Fons captats del pilar de ciència excel·lent (programes ERC, MSC i infraestructures de recerca) a Horitzó 2020 i Horitzó Europa (2021-2023). Març 2023. Font: AGAUR



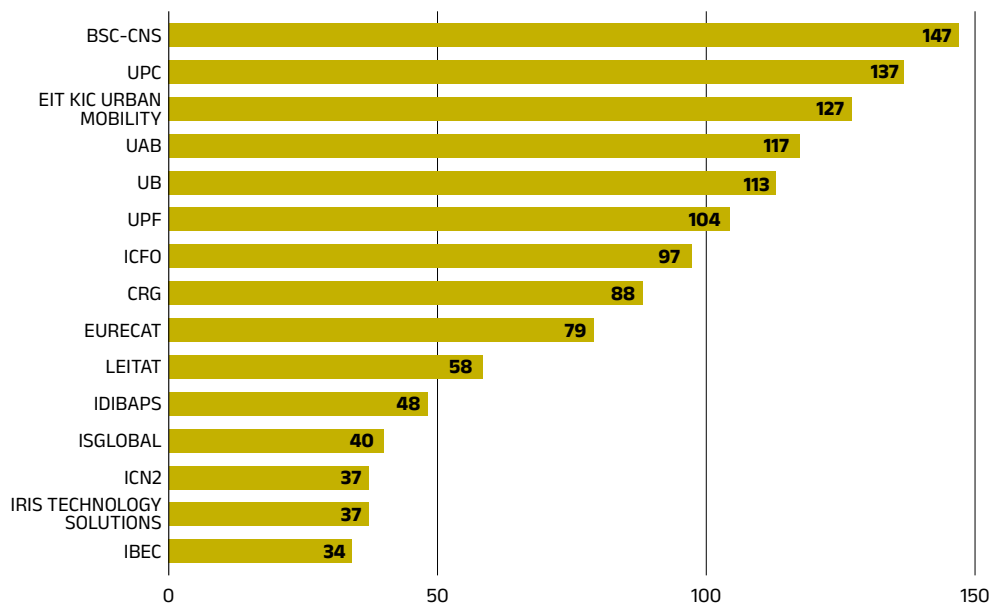
Pel que fa als ajuts de l'ERC, Catalunya ha atret 76,6 M€ (un 3,8% sobre tots els fons d'Horitzó Europa) amb una distribució de gairebé un terç de cadascuna de les modalitats: Starting Grants (doctors amb una antiguitat d'entre 2 i 7 anys), Consolidator Grants (doctors amb una antiguitat d'entre 7 i 12 anys) i Advanced Grants (doctors amb un historial d'èxits de recerca destacats en els darrers 10 anys).

Gràfic 27. Percentatge de les diferents tipologies d'ajuts de l'ERC rebuts a Catalunya dels programes Horitzó 2020 i Horitzó Europa (2021-2023). Març 2023. Font: AGAUR



Algunes entitats lideren el nombre la participació i la captació de fons als programes marc. El gràfic 28 recull les principals entitats de Catalunya en captació de finançament a Horitzó 2020 i Horitzó Europa.

Gràfic 28. Principals institucions de Catalunya en captació de fons als programes marc de la UE Horitzó 2020 i Horitzó Europa (valors en M€). Juny 2023. Font: elaboració pròpia a partir de dades Horizon Dashboard



Per a una informació més àmplia sobre els fons captats per Catalunya del programa marc Horitzó Europa, es poden consultar els informes elaborats periòdicament per AGAUR²⁸⁸ amb dades oficials de la Comissió Europea disponibles també al *Dashboard* d'Horitzó Europa.

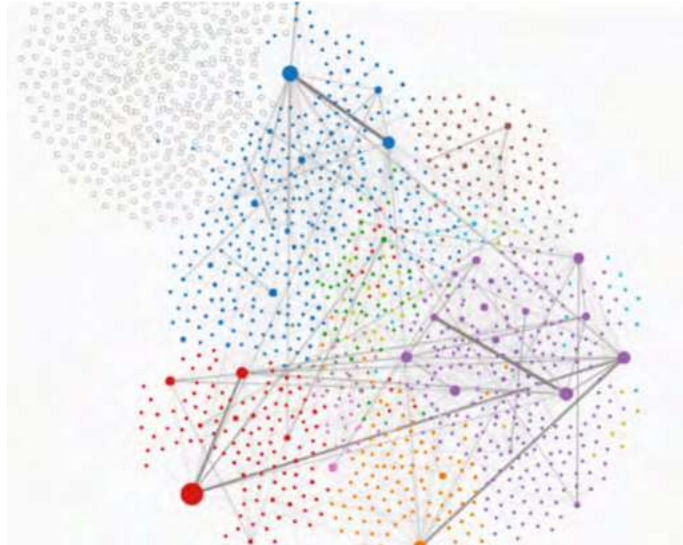
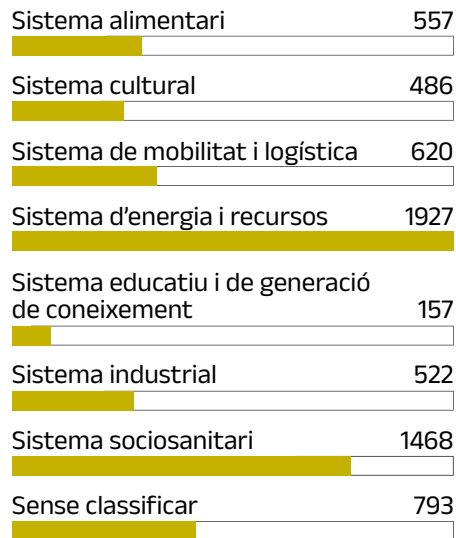
Participació en projectes competitiu, per sistemes (RIS3MCAT)

La plataforma RIS3MCAT és una eina interactiva que permet mapar i caracteritzar l'activitat de les entitats catalanes en projectes dels instruments de la RIS3CAT (especialització intel·ligent) i dels programes europeus Horitzó 2020 i Horitzó Europa. Permet visualitzar l'evolució de l'especialització sectorial i tecnològica de la recerca i innovació de Catalunya finançada amb fons europeus, els diferents àmbits d'actuació o sistemes, i la xarxa de connexions i col·laboracions de les entitats de Catalunya. A la figura 8 cada punt representa una entitat i les línies són connexions col·laboratives.

²⁸⁸ <https://agaur.gencat.cat/ca/internacional/projectes-estrategics-i-resultats/>

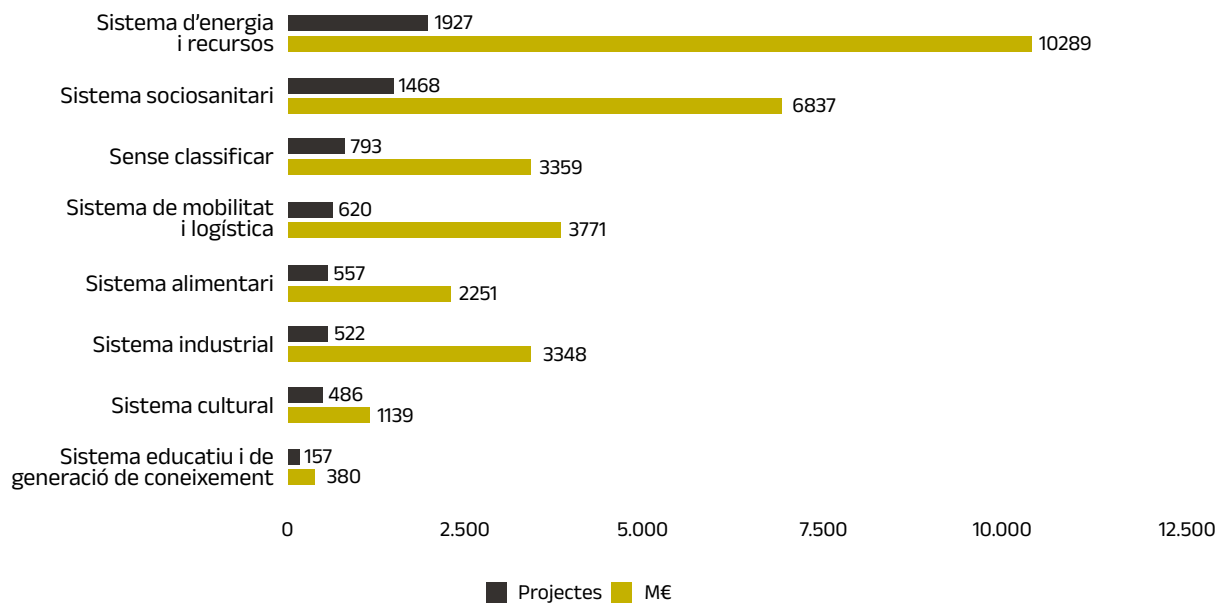
Figura 8. Xarxa de connexions i col·laboracions de les entitats de Catalunya per àmbits d'actuació. Maig 2023. Font: RIS3MCAT

Àmbits d'actuació

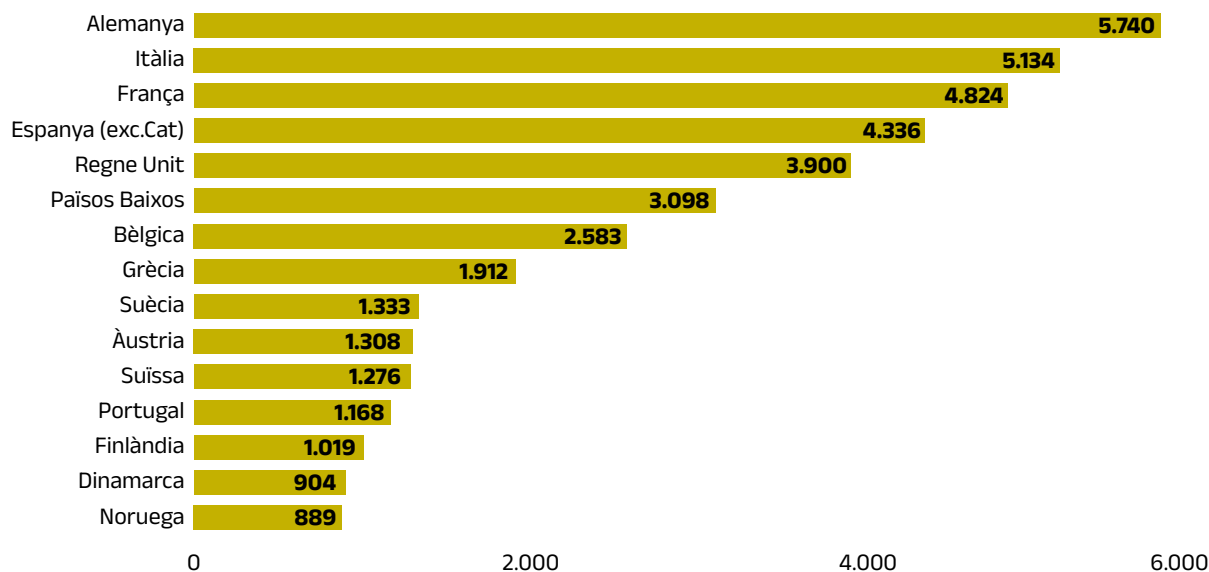


Ens interessa destacar i recomanar l'ús d'aquesta eina per la possibilitat d'analitzar l'acompliment de Catalunya en els diferents sistemes d'especialització sectorial.

Gràfic 29. Rànquing d'àmbits d'actuació per nombre de projectes i finançament captat (en M€). Maig 2023. Font: RIS3MCAT



Gràfic 30. Rànquing de països de procedència dels socis segons nombre de projectes de col·laboració amb Catalunya, a Horitzó 2020 i Horitzó Europa. Maig 2023. Font: RIS3MCAT



3.5. Xarxes i aliances

Com a mesura de l'obertura del país en termes de coneixement, esmentem la participació de les entitats del sistema en les principals xarxes i aliances europees i internacionals. En destaquem algunes a continuació, sense ànim de fer-ne un recull complet.

Aliança Europea d'Universitats²⁸⁹

- Universitat de Barcelona (UB): CHARM EU²⁹⁰
- Universitat Autònoma de Barcelona (UAB): European Consortium of Innovative Universities (ECIU)²⁹¹
- Universitat Pompeu Fabra (UPF): EUTOPIA²⁹²
- Universitat Politècnica de Catalunya (UPC): UNITE²⁹³
- Universitat Rovira i Virgili (URV): Aurora²⁹⁴
- Universitat Ramon Llull (URL): Engage EU²⁹⁵
- ESMUC: IN.TUNE²⁹⁶

Grans infraestructures i centres de recerca

- Barcelona és la seu de l'oficina europea de Fusió per a l'Energia.
- Catalunya participa en el gran col·lisionador d'hadrons o la xarxa de telescopis Cherenkov.

289 Vegeu també capítol 1.

290 <https://www.charm-eu.eu/>

291 <https://www.eciu.org/>

292 <https://www.upf.edu/web/eutopia>

293 <https://www.unite-university.eu/>

294 <https://aurora-network.global/>

295 <https://www.url.edu/en/url/alliances-and-networks/engageeu>

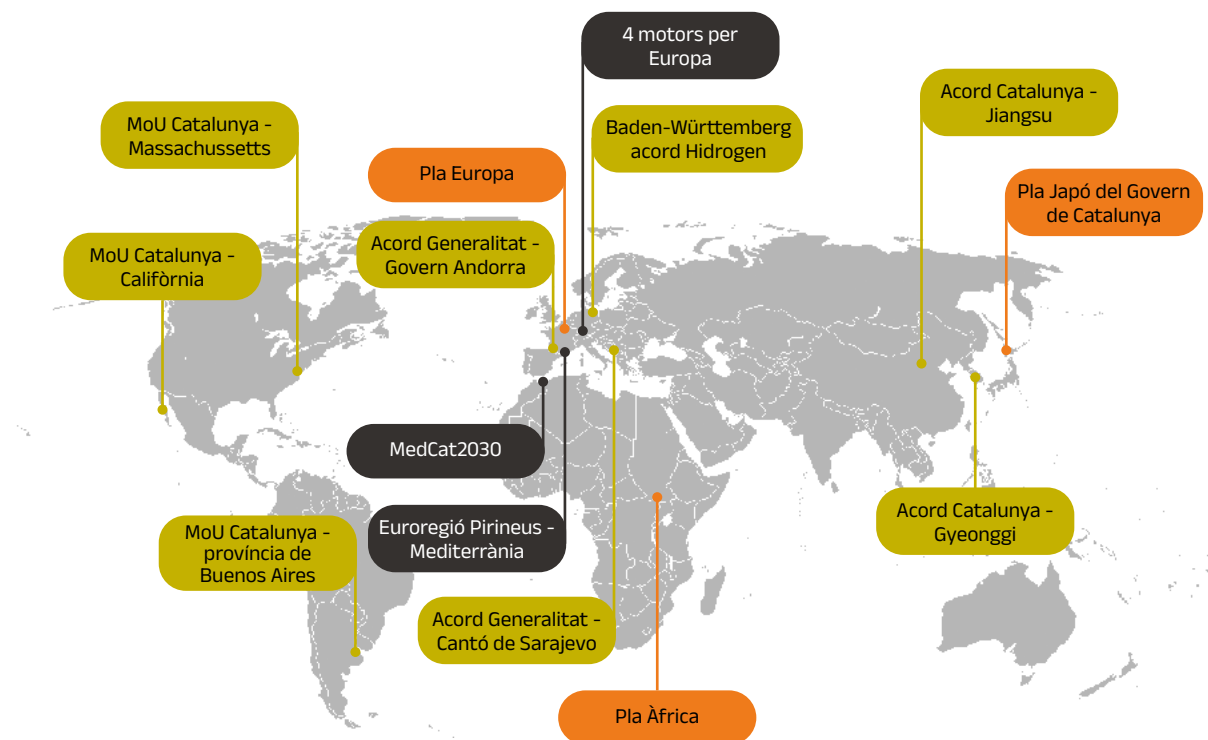
296 https://www.esmuc.cat/wp-content/uploads/2023/07/230707_NP_IN.TUNE-primera-alianca-duniversitats-europea.pdf

- El Centre de Regulació Genòmica (CRG) allotja una de les 6 oficines de l'Institut Europeu de Biologia Molecular (EMBL), format per 17 estats membres.
- Barcelona té 5 nodes del projecte europeu Elixir de gestió de dades de recerca.
- Catalunya té diversos nodes de l'Institut Europeu de Tecnologia: EIT Innoenergy, EIT Health, EIT Culture and Creativity.
- El Síncrotró Alba participa a la Lliga Europea de Fotons basades en acceleradors (LEAPS).
- El Barcelona Supercomputing Centre, amb el MareNostrum 5, forma part de l'Empresa Comú d'Informàtica d'Alt Rendiment Europea (EC EuroHPC).
- El Laboratori Europeu per a l'Aprenentatge i Sistemes Intel·ligents (ELLIS), amb personal investigador de la UAB, la UPC, la UB, la UPF, la UOC, el CVC, el CSIC i el BSC.
- Analytical Research Infrastructures in Europe (ARIE), xarxa de la que és membre el Síncrotró Alba.
- e-DREAM (European Distributed Research Infrastructure for Advanced Electron Microscopy), on participa el Síncrotró Alba.
- Lliga Europea de Fotons basades en acceleradors (LEAPS), consorci estratègic en què participa el Síncrotró Alba.

Col·laboracions de Catalunya a escala estatal, europea i global

Recollim a continuació alguns dels acords bilaterals i els plans de cooperació del Govern de la Generalitat que tenen un efecte o que es recolzen en el sistema de coneixement de Catalunya (figura 9). Les xarxes es presenten en negre, els convenis en verd i els acords bilaterals en vermell.

Figura 9. Xarxes, convenis i acords bilaterals del Govern de la Generalitat que proporcionen un marc a la col·laboració internacional de les entitats de recerca de Catalunya. Font: DREU



3.6. Polítiques que fomenten la internacionalització del coneixement

El Pacte Nacional per a la Societat del Coneixement (PN@SC) va ser presentat l'any 2020 i va ser un acord²⁹⁷ de país que va impulsar una estratègia compartida entre l'àmbit de l'educació superior, la recerca i la innovació, i l'economia productiva per construir la Catalunya del futur. La dimensió internacional era un eix transversal del Pacte, que aspirava a posicionar Catalunya el 2030 en el mapa de referència mundial en el camp d'educació superior, la recerca i la innovació. El Pacte va ser clau durant la pandèmia per definir les polítiques públiques que havien de preparar Catalunya per fer front a situacions com les derivades per la COVID-19, i va constituir una sòlida base per a l'elaboració posterior de la Llei de la ciència. Va ser aprovat per unanimitat pels 78 representants de les universitats, centres de recerca, estudiantat, sindicats, el món empresarial, l'àmbit territorial i tots els grups polítics amb representació al Parlament de Catalunya.

La Llei de la ciència: L'estratègia d'internacionalització del coneixement de Catalunya es troba englobada a la Llei de la ciència. A la Llei 9/2022, del 21 de desembre, de la ciència, hi trobem força inspiració de quina és l'aposta del país per la internacionalització de la recerca.

- Al preàmbul la Llei manifesta l'ambició de consolidar Catalunya com a pol internacional de referència, situat entre els millors d'Europa. També "té la finalitat de proveir-lo de les eines jurídiques i econòmiques necessàries per a fer front als nous reptes globals, i la de contribuir al fet que els agents del sistema de recerca, desenvolupament i innovació puguin configurar un espai destacat dins de la comunitat científica internacional". Pel que portem reflexionant en aquest capítol, a les pàgines precedents, això té molt a veure amb la internacionalització.
- Ha de promoure la mobilitat i la col·laboració entre els grups de recerca dels agents del sistema de recerca, desenvolupament i innovació, públics i privats, i també internacionals.
- Ha d'afavorir la formació i el perfeccionament acadèmic, científic i tècnic al llarg de la carrera professional, també en institucions i agents de recerca, desenvolupament i innovació internacionals.
- Ha de competir en talent i creativitat en un entorn global i posar en valor les seves aportacions a l'avenç del coneixement, per a poder assolir els pròxims anys una integració sòlida del seu sistema de recerca, desenvolupament i innovació com a factor tractor en el context internacional.
- El títol vuitè està dedicat a la internacionalització i a l'acció exterior en recerca, desenvolupament i innovació. El sistema de recerca, desenvolupament i innovació s'insereix en l'àmbit comunitari europeu i es vincula amb altres organismes i institucions internacionals de recerca, desenvolupament i innovació, en l'àmbit de competència de la Generalitat. Correspon al Govern la promoció científica a l'exterior i l'impuls de programes estratègics de captació de talent investigador internacional.

L'Administració de la Generalitat ha de promoure la cooperació i la coordinació entre les infraestructures incorporades al mapa d'infraestructures científicotècniques singulars i, en general, entre totes les infraestructures de recerca situades a Catalunya, sens perjudici de llur titularitat, i ha de fomentar la col·laboració amb infraestructures de recerca internacionals i la participació en xarxes d'infraestructures i en els organismes internacionals vinculats, per tal d'optimitzar-ne el funcionament i posar a l'abast dels investigadors de Catalunya, de l'àmbit públic i privat, els recursos necessaris per a garantir la màxima competitivitat a escala internacional. I també amb els agents internacionals, impulsant la recerca interdisciplinària, la participació en xarxes i plataformes europees i internacionals i l'atracció de centres de referència internacionals en recerca, desenvolupament i innovació que aportin competitivitat al sistema de recerca, desenvolupament i innovació de Catalunya, mitjançant l'establiment d'aliances estratègiques i altres formes de partenariat i col·laboració.

²⁹⁷ https://recercauniversitats.gencat.cat/web/.content/23_PNSC/pacte-nacional-societat-coneixement/documents/document_final_multiidioma/Pacte-Nacional-per-a-la-Societat-del-Coneixement.pdf

Estratègia catalana de ciència oberta

Com ja hem vist en d'altres capítols d'aquest informe, la Llei de la ciència de Catalunya desplega les propostes que es van recollir l'any 2020 en el PN@SC. La Llei de la ciència, així, pretén consolidar el sistema de coneixement amb la implicació de tots els agents perquè la recerca i la transferència del coneixement d'àmbit català siguin cada vegada de més qualitat, perquè es facin de manera més cooperativa, perquè siguin més transparents i perquè llurs resultats i les dades en què s'han sustentat siguin més accessibles i comprovables i estiguin a l'abast de més ciutadans. Com a resultat, el prestigi i el coneixement de la ciència catalana augmentarà també a nivell internacional.

Avaluació CERCA amb impacte

L'avaluació dels centres CERCA, ja esmentada a d'altres capítols d'aquest informe,²⁹⁸ elabora una metodologia reconeguda internacionalment i única a l'entorn de Catalunya i del sud d'Europa basada en panells d'experts internacionals independents, que continua sent un dels eixos fonamentals tant del sistema CERCA com del sistema d'R+D de Catalunya.

ICREA, Serra Húnter i Beatriu de Pinós

La captació i retenció de talent internacional tenen les seves polítiques pròpies amb el programa ICREA, els ajuts Beatriu de Pinós i les places Serra Húnter.

- ICREA²⁹⁹ ofereix contractes permanents per venir a treballar a Catalunya, a personal investigador d'arreu del món. Cada any ofereix noves posicions i continua promovent la recerca a Catalunya amb obertura internacional i excel·lència. Actualment té 278 investigadors de tots els camps del coneixement, des de filòsofs fins a astrofísics, que porten a terme la seva recerca a 48 institucions d'acollida de Catalunya.
- Beatriu de Pinós,³⁰⁰ programa de contractació postdoctoral que ha donat suport des de l'any 2005 a més de 500 investigadors i investigadores perquè desenvolupin la seva carrera en entitats de recerca catalanes.
- Serra Húnter,³⁰¹ programa de contractació de professorat seleccionat d'acord amb uns criteris d'excel·lència i contractat per una de les set universitats públiques de Catalunya. Actualment hi ha 1.064 professores i professors adscrits al Pla Serra Húnter. D'aquests, 178 tenen la categoria de professorat catedràtic, 492 de professorat agregat i 394 de professorat lector *tenure-eligible*.

Tanquem aquest capítol amb el desig d'haver contribuït al coneixement sobre els factors clau de la internacionalització de la recerca, a dibuixar el panorama de Catalunya en aquest àmbit, i a posar èmfasi en la seva rellevància per a les nacions. Sense estratègies deliberades per superar les barreres a la col·laboració, existeix el risc d'un dèficit de coneixement compartit capaç d'abordar conjuntament problemes urgents i de generar innovacions per combatre els grans reptes, avançar en solucions i reduir les desigualtats.

298 Vegeu també capítol 2 i capítol 4 d'aquest informe.

299 <https://www.icrea.cat/>

300 <https://agaur.gencat.cat/ca/Beatriu-de-Pinos/postdocs-bp/index.html>

301 <https://serrahunter.gencat.cat/ca/professorat/>

Glossari

Articles molt citats: aquells que es classifiquen entre l'1% superior per cites per camp i any de publicació al WoS.

Bibliometria: disciplina que, utilitzant mètodes matemàtics i estadístics, proporciona dades sobre diferents aspectes de la literatura científica.

Cienciometria: estudi dels aspectes quantitatius del procés científic entès com un sistema de comunicació. Es dedica, a mesurar i analitzar la ciència, la tecnologia i la innovació.

Citacions: crides que hi ha dins un text a altres documents. Conjunt mínim de dades que identifica una publicació o una part d'aquesta, per tal de poder localitzar-la a qualsevol tipus de font d'informació.

Coautoria: l'índex de coautoria mostra la col·laboració entre autors i es calcula dividint autors totals / total de treballs.

Deep tech: terme genèric per a tecnologies no centrades en serveis d'usuari final, que inclouen intel·ligència artificial, robòtica, cadena de blocs, etc.

Proxy: figura que es pot usar per representar el valor d'alguna variable en un càlcul.

Recerca de frontera: investigació sobre temes que busquin tenir impacte global, que siguin nous arreu del món, i que puguin generar productes que arribin al mercat mundial.

Resiliència: adaptació a l'adversitat, a un trauma, tragèdia, amenaça, o fonts de tensió significatives.

Trade-off: situació en què s'arriba a un compromís entre dues coses, o on s'intercanvia tota o part d'una cosa per una altra.

Sigles i acrònims

AAAS: American Association for the Advancement of Science

AGAUR: Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca

BIST: Barcelona Institute of Science and Technology

BSC: Barcelona Supercomputing Center

CE: Comissió Europea

CERCA: Centres de Recerca de Catalunya

CERN: Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire

CNRS: Centre National de la Recherche Scientifique

COP: Conference of the Parties

COVID-19: Malaltia per coronavirus SARS-CoV-2

CRG: Centre de Regulació Genòmica

CSET: Center for Security and Emerging Technology

CSIC: Consell Superior d'Investigacions Científiques

DGR: Direcció General de Recerca

DORA: Declaration on Research Assessment

DREU: Departament de Recerca i Universitats

EHEA: European Higher education Area

EIS European Innovation Scoreboard

EIC European Innovation Council EIC

EIT: European Institute of Innovation & Technology

ERA: European Research Area

ESI: Essential Science Indicators

ESF: European Science Foundation

EMBL: Laboratori Europeu de Biologia Molecular

EOSC: European Open Science Cloud

EPO: Oficina Europea de Patents

ERA: Espai Europeu de Recerca

ERC: Consell Europeu de Recerca

ESF: Fundació Europea de la Ciència

ESI: Essential Science Indicators

ETH Zürich: Escola Federal Politècnica de Zúric

EUA: Estats units d'Amèrica

F4E: Fusion for Energy

FAIR: Findability, Accessibility, Interoperability, and Reusability

FCRI: Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació

FECYT: Fundació Espanyola per a la Ciència i la Tecnologia

GS: Google Scholar

H2020: Horitzó 2020, programa de finançament de la recerca i la innovació de la UE 2014-2020

HEU: Horitzó Europa, programa de finançament de la recerca i la innovació de la UE 2021-2027

ICREA: Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats

ISI: Institute for Scientific Information

ITER: International Thermonuclear Experimental Reactor

JRC: Joint Research Centre
LIS: Library and Information Science
LMU: Universitat Ludwig Maximilian de Munic
MIST: Metrics and Innovation in Science and Technology
MSC: Marie Skłodowska-Curie Programme
NEIA: New European Innovation Agenda
NSF: National Science Foundation
NUTS: Nomenclature of Territorial Units for Statistics
OCDE: Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic
ODS: Objectius de Desenvolupament Sostenible
ONU: Organització de les Nacions Unides
OSPP: Open Science Policy Platform
PATSTAT: EPO Worldwide Patent Statistical Database
PCT: Patent Cooperation Treaty
PI: Personal Investigador
PN@SC: Pacte Nacional per a la Societat del Coneixement
R+D: Recerca i Desenvolupament
R+D+I: Recerca, Desenvolupament i Innovació
RIS3CAT: Estratègia per a l'especialització intel·ligent de Catalunya
RIS3MCAT: Plataforma de mapatge de l'especialització intel·ligent de Catalunya
S4D4C: Using Science for/in Diplomacy for Addressing Global Challenges
SCI: Science Citation Index
SCOPUS: Base de dades bibliogràfica produïda per Elsevier
SPRU: Science Policy Research Unit
THE: Times Higher Education
UAB: Universitat Autònoma de Barcelona
UAO: Universitat Abat Oliba CEU
UB: Universitat de Barcelona
UCL: University College London
UdG: Universitat de Girona
UdL: Universitat de Lleida
UE: Unió Europea
UIC: Universitat Internacional de Catalunya
UNEIX: Sistema d'informació interuniversitari
UNESCO: Organització de les Nacions Unides per a l'Educació, la Ciència i la Cultura
UOC: Universitat Oberta de Catalunya
UPC: Universitat Politècnica de Catalunya
UPF: Universitat Pompeu Fabra
URL: Universitat Ramon Llull
URV: Universitat Rovira i Virgili
UVic: Universitat de Vic
WIPO: World Intellectual Property Organization
WoS: Web of Science

Metodologia

Dades bibliomètriques i de patents

Per a elaborar les taules d'indicadors de publicacions científiques de Catalunya en col·laboració internacional i en accés obert s'ha comptat amb la col·laboració del consultor ContextI+D i s'ha utilitzat com a font d'informació Scopus (Elsevier).

Els tipus de documents han estat articles, revisions i actes de congressos, amb un abast temporal de 2017 a 2022. Les dades consultades han estat:

- Publicacions científiques de Catalunya: total i en col·laboració Internacional.
- Publicacions científiques de Catalunya: països amb més copublicacions.
- Publicacions científiques de Catalunya: col·laboració internacional per àrees.
- Publicacions científiques en accés obert per països (són els 25 amb més col·laboracions).
- Publicacions científiques de les universitats de Catalunya: total, col·laboració internacional i accés obert.

La font d'informació és la base de dades Scopus i només s'han tingut en compte els articles, les revisions i les actes de congressos.

Dades de talent

Per a les dades de talent internacional hem obtingut el suport de la Subdirecció General de Suport a la Planificació, Anàlisi i Avaluació del Departament de Recerca i Universitats que gestiona i alimenta la base de dades de coneixement de Catalunya, UNEIX.

Projectes competitiu

Per a la recollida de dades de projectes competitiu finançats per la UE hem consultat quatre fonts:

- El portal de resultats de la Comissió Europea (*Dashboard d'Horitzó Europa*).
- El portal RIS3MCAT de la Generalitat de Catalunya, que inclou la possibilitat de fer cerques de diferents programes de finançament, també FEDER captats amb l'estratègia d'Espècialització Intel·ligent de Catalunya.
- Anàlisis publicades periòdicament per AGAUR al seu web, de resultats Horitzó Europa en general i resultats desagregats del Consell Europeu de Recerca, en part comentats al punt anterior.
- Fons UE CAT, portal i publicació de referència en les polítiques i resultats de fons europeus elaborada pel Departament d'Afers Exteriors i de la UE.

Recollida d'Informació sobre acords i convenis i sobre polítiques de suport a la internacionalització de la Generalitat de Catalunya

La direcció del programa d'internacionalització del Departament de Recerca i Universitats ens ha proporcionat informació sobre els acords actius del Govern de la Generalitat amb efectes sobre el sistema de coneixement.

Bibliografia

Abadal Falgueras, E., Anglada Ferrer, L.I. M. (2020) *Ciencia abierta: cómo han evolucionado la denominación y el concepto*. *Anales de Documentación*, vol. 23, nº 1. <http://dx.doi.org/10.6018/analesdoc.378171>

Adams, J. (2012) *The rise of research networks*. *Nature* 490, 335–336. <https://doi.org/10.1038/490335a>

Adams, J. (2013) *The fourth age of research*. *Nature* 497, 557–560 (2013). <https://doi.org/10.1038/497557a>

Aksnes, D., MacHale-Gunnarsson, M. (2012) *Ranking national research systems by citation indicators. A comparative analysis using whole and fractionalised counting methods*. *Journal of Informetrics* 6 (1): 36–43. <https://10.1016/j.joi.2011.08.002>

Aksnes, D.W., Piro, F.N. & Rørstad, K. (2019) *Gender gaps in international research collaboration: a bibliometric approach*. *Scientometrics* 120, 747–774. <https://doi.org/10.1007/s11192-019-03155-3>

Alonso-Martínez, D. (2018) *Social progress and international patent collaboration*. *Technological Forecasting and Social Change*, Elsevier, vol. 134(C): 169–177. https://gide.unileon.es/admin/UploadFolder/technological_dani-1.pdf

Arguimbau, L.I. (2015; 11 de novembre) *La marea mètrica en l'avaluació i gestió de la recerca científica*. *Blok de BiD*. <https://www.ub.edu/blokdebid/ca/content/la-marea-metrica-en-lavaluacio-i-gestio-de-la-recerca-cientifica>

Beaver, D., Rosen, R. (1978) *Studies in scientific collaboration*, *Scientometrics*, 1(1), 65–84. <https://doi.org/10.1007/bf02016840>

Bozeman, B., Boardman, C. (2014) *Assessing Research Collaboration Studies: A Framework for Analysis*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-06468-0_1

BSC (2023) *Resumen 2022*. <https://www.bsc.es/sites/default/files/public/annualReports/BSC-resum-2022.pdf>

Cai, X., Fry, C.V., Wagner, C.S. (2021) *International collaboration during the COVID-19 crisis: Autumn 2020 developments*. *Scientometrics* 126, 3683–3692. <https://doi.org/10.1007/s11192-021-03873-7>

CELLS (2022) *Activity Report 2021* https://www.cells.es/en/media/corporate-publications/albareport2021_baja.pdf

Chattopadhyaya, S.; Alam, A., Chowdhury, H. (2022) *A Novel C-Index for Evaluation of Research Collaboration*. *AIP Conf. Proc.* 2681, 020096. <https://doi.org/10.1063/5.0117099>

CREST Working Group (2007) *Internationalisation of R&D – Facing the Challenge of Globalisation: Approaches to a Proactive International Policy in S&T*. Analytical report *Policy Approaches towards S&T Cooperation with Third Countries*. https://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/report_international.pdf

Cunha-Melo, J.R. (2015) *Indicadores efetivos da internacionalização da ciência*. *Rev. Col. Bras. Cir.* 2015; 42 (Suplemento 1): 20–25. <https://doi.org/10.1590/0100-69912015S01007>

Delgado, A. (2020) *Los artículos más citados en Essential Science Indicators*. https://www.recursoscientificos.fecyt.es/sites/default/files/wos_for_fecyt_curso_d2.pdf

Delgado, A. (2022) *Los artículos más citados en Essential Science Indicators*. https://www.recursoscientificos.fecyt.es/sites/default/files/clarivate_training_sesiond2_for_fecyt_oct_2022.pdf

Dorta-González, P., Dorta-González, M.I. (2022) *Collaboration Effect by Co-Authorship on Academic Citation and Social Attention of Research*. *Mathematics*, 10, 2082. <https://doi.org/10.3390/math10122082>

Duchardt-Ferner, E.; Ferner, J.; Fürtig, B et al. (2023) (2023). *The COVID19-NMR Consortium: A Public Report on the Impact of this New Global Collaboration*. *Angewandte Chemie (International ed. in English)*, 62(14), e202217171. <https://doi.org/10.1002/anie.202217171>

FCRI (2022) *Estat de la ciència de Catalunya*. <https://estatciencia.fundaciorececa.cat/>

Fraunhofer ISI; Idea Consult; SPRU (2009) *The Impact of Collaboration on Europe's Scientific and Technological Performance*. https://ec.europa.eu/invest-in-research/pdf/download_en/final_report_spa2.pdf

ICREA (2023) *ICREA Memoir 2022*. <https://memoir.icrea.cat/2022/>

Jeong, S., Choi, J.Y., Kim, J.Y. (2014) *On the drivers of international collaboration: The impact of informal communication, motivation, and research resources*, *Science and Public Policy*, Volume 41, Issue 4, Pages 520–531. <https://doi.org/10.1093/scipol/sct079>

Kwiek, M. (2020) *What large-scale publication and citation data tell us about international research collaboration in Europe: changing national patterns in global contexts*. *Studies in Higher Education*, 46,12, 2629-2649. <https://doi.org/10.1080/03075079.2020.1749254>

Lasauca, Xavier. (2022). *Recercaires 2.0: Comunicar recerca en l'era de la ciència oberta* (Museu de Ciències Naturals de Barcelona). <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21292.13448>

Latour, Bruno; Woolgar, Steve (1986) *Laboratory Life. The Construction of Scientific Facts*. Princeton, New Jersey: Princeton University Press. Pag 175. <https://press.princeton.edu/books/paperback/9780691028323/laboratory-life>

Mahmood, B.; Ajeel, N.; Hatim, K.; Dheyaa, K. (2021) *Measuring scientific collaboration in co-authorship networks*. *IAES International Journal of Artificial Intelligence (IJ-AI)*. <http://doi.org/10.11591/ijai.v10.i4.pp1103-1114>

Martín, A ; Orduna-Malea, E. ; Thelwall, M ; Delgado-Cozar, E. (2018) *Google Scholar, Web Of Science, and Scopus: A Systematic Comparison of Citations in 252 Subject Categories*. *Journal of Informetrics*, Volume 12, Issue 4, Pages 1160-1177. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2018.09.002>

Melchor, L.; Elorza, A.; Lacunza, I (2020) *Calling for a Systemic Change: Towards a European Union Science Diplomacy for Addressing Global Challenges*. v1.0. S4D4C Policy Report, Madrid. <https://www.s4d4c.eu/calling-for-a-systemic-change-towards-a-eu-science-diplomacy-for-addressing-global-challenges/>

Miedema, F. (2018) *Setting the Agenda: 'Who are we answering to?'* Blog BMJ Open Science. <https://blogs.bmj.com/openscience/2018/01/24/setting-the-agenda-who-are-we-answering-to/>

Morillo, F. (2019) *Collaboration and impact of research in different disciplines with international funding (from the EU and other foreign sources)*. *Scientometrics*, 120(2), 807-823. <https://digital.csic.es/handle/10261/187029>

Nascimento, A. (2017) *Funding Matters: A Study of Internationalization Programs in Science, Technology and Innovation*. [Doctoral Thesis (monograph), Department of Business Administration]. Media-Tryck, Lund University. https://lucris.lub.lu.se/ws/portalfiles/portal/24945190/Thesis_Ana_Paula_April_19_2017.pdf

National Science Foundation (2022) *Science and Engineering Indicators 2022: The State of U.S. Science and Engineering*. <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20221>

OECD (2015) *Frascati Manual 2015: Guidelines for Collecting and Reporting Data on Research and Experimental Development*. <https://doi.org/10.1787/9789264239012-en>

Oxford Economics (2021) *The state of scientific research productivity: How to sustain a critical engine of human progress*. <https://www.emdgroup.com/content/dam/web/corporate/non-images/scientific-research-productivity/us/Scientific-Research-Productivity-White-Paper-NA.pdf>

Pranckutė R. (2021) *Web of Science (WoS) and Scopus: The Titans of Bibliographic Information in Today's Academic World*. *Publications*. 9(1):12. <https://doi.org/10.3390/publications9010012>

Reale, E., Morettini, L.; Zinilli, A. (2019) *Moving, remaining, and returning: international mobility of doctorate holders in the social sciences and humanities*. *High Educ* 78, 17–32. <https://doi.org/10.1007/s10734-018-0328-0>

Tao, Y., Steckel, D., Klemeš, J.J. et al. (2021) *Trend towards virtual and hybrid conferences may be an effective climate change mitigation strategy*. *Nat Commun* 12, 7324. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-27251-2>

Thelwall, M.; Sud, P. (2016) *National, disciplinary and temporal variations in the extent to which articles with more authors have more impact: Evidence from a geometric field normalised citation indicator*, *Journal of Informetrics*, Volume 10, Issue 1, pp. 48–61. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2015.11.007>

Toney, A.; Flagg, M. (2021) *Research Impact, Research Output, and the Role of International Collaboration (Center for Security and Emerging Technology)*. <https://doi.org/10.51593/20210050>

UNESCO (2021) *UNESCO Science Report: The race against time for smarter development* <https://www.unesco.org/reports/science/2021/en/download-report>

Van den Besselaar, P.; Inzelt, A.; Reale, E. (2012) *International publications as indicator for internationalisation of funding agencies?* Proc. Of 17th International Conference on Science & Technology Indicators 2012. Montreal, Science Metrix & OST; 121–30. https://www.esf.org/fileadmin/user_upload/esf/MO_Indicators-Research-Institutions_2012.pdf

Velez-Estevez, A.; García-Sánchez, P.; Moral-Munoz, J.A. et al. (2022) *Why do papers from international collaborations get more citations? A bibliometric analysis of Library and Information Science papers*. *Scientometrics* 127, 7517–7555. <https://doi.org/10.1007/s11192-022-04486-4>

Wagner, C. S. (2008) *The New Invisible College: Science for Development*. Brookings Institution Press. <http://www.jstor.org/stable/10.7864/j.ctt6wphbp>

Wagner, C.; Jonkers, K. (2017) *Open countries have strong science*. *Nature* 550, 32–33. <https://doi.org/10.1038/550032a>

Wagner, C.S. (2018) *The Global Network of Science Emerges. The Collaborative Era in Science*. Palgrave Advances in the Economics of Innovation and Technology. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-94986-4_5

Wagner, C.S.; Whetsell, T.; Mukherjee, S. (2019) *Novel findings rare from international collaborations: Global teams shy away from risky research*. *Nature Index*. <https://www.nature.com/nature-index/news/novel-findings-rare-from-international-collaborations>

Wilsdon, J., et al. (2015) *The Metric Tide: Report of the Independent Review of the Role of Metrics in Research Assessment and Management*. Higher Education Funding Council for England. <http://bit.ly/TheMetricTide>

Índex de taules, gràfics i figures

Taules

Taula 1. Indicadors d'avaluació de la col·laboració internacional. Font: elaboració pròpia a partir de dades de l'European Science Foundation (Van den Besselaar et al., 2012).....	210
Taula 2. Evolució de les patents de Catalunya, Estat espanyol i països de l'EPO i resta de països del món, entre 2018 i 2022. Font: EPO.....	222
Taula 3. Patents en col·laboració internacional de l'Estat espanyol. Any 2019. Font: OECD.Stat.....	223
Taula 4. Països sol·licitants de patents a l'EPO. Any 2022. Font: EPO.....	224
Taula 5. Principals beneficiaris als programes Horitzó 2020 i Horitzó Europa, per àmbits. Font: Horizon Dashboard.....	231

Gràfics

Gràfic 1. Coautoria internacional d'articles de ciència i enginyeria dels 15 principals països productors. Any 2020. Font: National Science Foundation.....	201
Gràfic 2. Percentatge de les publicacions més citades, per països i tipus de col·laboració (2010-2019). Font: Toney, & Flagg (2021).....	203
Gràfic 3. Percentatge de col·laboració per tipus, any i país. Font: Oxford Economics i Merck KGaA (2021).....	203
Gràfic 4. Proporció de personal investigador que participa en col·laboracions internacionals, per àmbit i gènere. Font: Aksnes et al., 2019.....	207
Gràfic 5. Volum de recerca sobre 16 Objectius de Desenvolupament Sostenible (exclòs el 17) dins la Unió Europea (2015-2019). Font: UNESCO Science Report (2021).....	207
Gràfic 6. Els països oberts tenen una ciència forta. Font: Wagner & Jonkers (2017).....	215
Gràfic 7. Percentatge de documents en col·laboració internacional. Any 2021. Font: DREU a partir de dades FECYT.....	217
Gràfic 8. Evolució del percentatge de documents en col·laboració internacional. Font: DREU a partir de dades FECYT.....	217
Gràfic 9. Publicacions científiques de Catalunya: col·laboració domèstica front a col·laboració internacional (2017-2022). Font: elaboració pròpia a partir de dades Scopus.....	218
Gràfic 10. Documents acumulats en els darrers 5 anys de copublicacions de Catalunya amb els 25 països amb qui més col·labora (2017-2022). Font: elaboració pròpia a partir de dades Scopus.....	219
Gràfic 11. Publicacions científiques en accés obert per països. Valor total pel període 2017-2022. Font: elaboració pròpia a partir de dades Scopus.....	219
Gràfic 12. Evolució de Catalunya en les seves publicacions en accés obert (2017-2022). Percentatge respecte el total de publicacions. Font: elaboració pròpia.....	220
Gràfic 13. Publicacions científiques de Catalunya: percentatge de col·laboració internacional per àrees (2017-2022). Font: elaboració pròpia a partir de dades Scopus.....	221

Gràfic 14. Nombre total de patents registrades a l'EPO per l'Estat espanyol i percentatge que representen les sol·licitades des de Catalunya. Font: elaboració pròpia a partir de dades EPO.....	222
Gràfic 15. Percentatge de patents registrades a l'EPO per les diferents comunitats autònomes de l'Estat espanyol. Any 2022. Font: elaboració pròpia a partir de dades EPO.....	222
Gràfic 16. Comparativa de les patents registrades a l'EPO per Catalunya, la resta de l'Estat espanyol i dos països amb uns volums de sol·licituds anuals de patents similars a Catalunya. Font: elaboració pròpia a partir de dades EPO.....	225
Gràfic 17. Percentatge de personal local i estranger a les universitats catalanes. Any 2021. Font: UNEIX.....	226
Gràfic 18. Evolució del Personal Investigador local i internacional a les universitats catalanes. Període 2017-2021. Font: DREU.....	226
Gràfic 19. Evolució del Personal Docent i Investigador local i internacional a les universitats catalanes. Període 2017-2021. Font: DREU.....	227
Gràfic 20. Percentatge de personal local i estranger als centres CERCA. Any 2021. Font: UNEIX.....	227
Gràfic 21. Fons captats en M€ (esquerra) i participació (dreta) de Catalunya en els programes Horitzó 2020 i Horitzó Europa. Juny 2023. Font: elaboració pròpia a partir de dades Horizon Dashboard.....	229
Gràfic 22. Posició de les 4 primeres regions (NUTS2) d'acord amb la seva participació i captació de fons als programes Horitzó 2020 i Horitzó Europa. Juny 2023. Font: Horizon Dashboard.....	230
Gràfic 23. Percentatge de fons captats d'H2020 i HEU segons tipologia d'entitats. Juny 2023. Font: elaboració pròpia a partir de dades Horizon Dashboard.....	230
Gràfic 24. Participació de Catalunya en nombre de projectes, en els diferents àmbits dels programes Horitzó 2020 i Horitzó Europa. Juny 2023. Font: AGAUR.....	232
Gràfic 25. Captació de fons per les entitats de Catalunya en els diferents clústers temàtics del pilar 2 (reptes) 2021-2023. Març 2023. Font: AGAUR.....	232
Gràfic 26. Fons captats del pilar de ciència excel·lent (programes ERC, MSC i infraestructures de recerca) a Horitzó 2020 i Horitzó Europa (2021-2023). Març 2023. Font: AGAUR.....	233
Gràfic 27. Percentatge de les diferents tipologies d'ajuts de l'ERC rebuts a Catalunya dels programes Horitzó 2020 i Horitzó Europa (2021-2023). Març 2023. Font: AGAUR.....	233
Gràfic 28. Principals institucions de Catalunya en captació de fons als programes marc de la UE Horitzó 2020 i Horitzó Europa (valors en M€). Juny 2023. Font: elaboració pròpia a partir de dades Horizon Dashboard.....	234
Gràfic 29. Rànquing d'àmbits d'actuació per nombre de projectes i finançament captat (en M€). Maig 2023. Font: RIS3MCAT.....	235
Gràfic 30. Rànquing de països de procedència dels socis segons nombre de projectes de col·laboració amb Catalunya, a Horitzó 2020 i Horitzó Europa. Maig 2023. Font: RIS3MCAT.....	236

Figures

Figura 1. Patró en les distribucions de cites segons els tipus de col·laboració. Font: Vélez-Estévez et al. (2022).....	200
Figura 2. El “cicle de reconeixement” de Latour & Woolgar (1986), revisat i anotat per Miedema (2018)	201
Figura 3. Xarxa de col·laboracions entre països abans i durant la COVID-19 segons dades WoS, Scopus i CORD-19. Font: Cai et al. (2021).....	202
Figura 4. Semàfor de barreres, alertes i facilitadors al sistema de ciència, diplomàcia i diplomàcia científica. Font: Melchor et al., (2021).....	210
Figura 5. Un exemple de com es genera una xarxa de coautoria. Font: Mahmood et al. (2021).....	212
Figura 6. Posició de Catalunya en % de publicacions en col·laboració internacional sobre el total de producció científica. Font: FECYT	216
Figura 7. Àrees Scopus utilitzades com a referència per segmentar les publicacions en col·laboració internacional de Catalunya 2017-2022. Font: elaboració pròpia.	220
Figura 8. Xarxa de connexions i col·laboracions de les entitats de Catalunya per àmbits d’actuació. Maig 2023. Font: RIS3MCAT	235
Figura 9. Xarxes, convenis i acords bilaterals del Govern de la Generalitat que proporcionen un marc a la col·laboració internacional de les entitats de recerca de Catalunya. Font: DREU	237

Agraïments

Jordi Mas i Dolors López, Fundació Catalana per a la Recerca i la Innovació

Llorenç Arguimbau, ContextI+D

Aïda Díaz, Xavier Lasauca, Francesc Abad i David Ceballos, Departament de Recerca i Universitats,
Generalitat de Catalunya

Tatiana Fernández, Departament d'Economia i Hisenda, Generalitat de Catalunya

Enric Fuster, SIRIS Academic

Lluís Anglada, Consorci de Serveis Universitaris de Catalunya

Mònica Montero, Biocat, BioRegió de Catalunya

Agraïments institucionals

Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR)
Agència de Qualitat i Avaluació Sanitàries de Catalunya (AQuAS)
Agència per la Competitivitat Empresarial (ACCIÓ)
Associació Catalana d'Entitats de Recerca (ACER)
Associació Catalana d'Universitats Públiques (ACUP)
Associació TECNIO
Barcelona Institute of Science and Technology (BIST)
Barcelona Supercomputing Center (BSC)
BIOCAT, BioRegió de Catalunya
Centre Nacional d'Anàlisi Genòmica (CNAG)
Consell Social de la Universitat Rovira i Virgili
Consorti de Serveis Universitaris de Catalunya (CSUC)
Centre de Recerca Ecològica i Aplicacions Forestals (CREAF)
Delegació del CSIC a Catalunya
Departament de Recerca i Universitats
Departament d'Economia i Hisenda. Direcció General d'Anàlisi i Prospectiva Econòmica
Departament d'Economia i Hisenda. Direcció General de Fons Europeus
Departament d'Economia i Hisenda. Direcció General de Pressupostos
Escola d'Administració Pública de Catalunya (EAPC)
Fundació "la Caixa"/ Museu de la Ciència CosmoCaixa
Fundació Institució dels Centres de Recerca de Catalunya (ICERCA)
Institució Catalana de Recerca i Estudis Avançats (ICREA)
Institució CERCA
IRSIcaixa
Sincrotró ALBA
Universitat Abat Oliba (UAO)
Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)
Universitat de Barcelona (UB)
Universitat de Girona (UdG)
Universitat de Lleida (UdL)
Universitat de Vic - Universitat Central de Catalunya (UVic - UCC)
Universitat Internacional de Catalunya (UIC)
Universitat Oberta de Catalunya (UOC)
Universitat Pompeu Fabra (UPF)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
Universitat Ramon Llull (URL)
Universitat Rovira i Virgili (URV)