

Passat, present i futur de la R+D a Catalunya, una eina vital per a augmentar la productivitat i seguir sent competitius.

Cos Bascuñana, Jan
Musterni Girbau, Gerard
Leitat

Abstract:

La recerca i el desenvolupament (R+D) són claus per a la competitivitat i productivitat d'un país, i Catalunya ha fet avenços en la matèria. L'estudi inclou diversos indicadors que revelaran al lector aquesta situació, però també demostra que encara té un llarg camí a recórrer per a posicionar-se com un referent a Europa. Aconseguir-ho implicaria un gran increment en productivitat, i així en competitivitat. Aquesta i altres conclusions s'extreuen després de realitzar un anàlisi economètric, que ofereix diversos escenaris de millora per Catalunya a través de la R+D, oferint recomanacions com ara una major alineació amb Europa i els objectius de la Comissió, o la promoció, atracció i retenció de talent, entre d'altres.

Paraules clau:

R+D (Recerca i desenvolupament)
Innovació
Productivitat
Competitivitat
Econometria

Introducció:

Recerca i desenvolupament (R+D), dos grans conceptes que junts sonen més fort. I és que, a l'hora de parlar de competitivitat i futur d'un país, un dels principals indicadors a considerar és l'esforç en R+D.

Entenem la competitivitat com la capacitat d'un país de produir un determinat bé o servei en millors condicions en comparació amb altres economies (Haguenauer, 1989:3). També podem entendre això com el nivell de productivitat del país. Al cap i a la fi, són conceptes molt propers i que ambdós serveixen per analitzar i pronosticar què succeirà en el futur amb l'economia o país avaluat.

La majoria de sistemes i economies avui en dia es basen en el capitalisme, fet que es tradueix en la necessitat d'acumulació de capital per a aconseguir creixement econòmic, vital per a la supervivència d'aquestes. D'aquesta manera, si un país és competitiu, aconseguirà créixer al ritme necessari per a sobreviure. Però, com és possible dictar que una economia és o no és competitiva?

Existeixen estudis i bancs de dades que analitzen la competitivitat dels països i tenen en compte multitud d'indicadors, com ara les institucions de les que disposa, les infraestructures, l'entorn macroeconòmic, la salut i l'educació primària, entre d'altres. Per exemple, com indica el *World Economic Forum* (2019:15) en el *Global Competitiveness Report 2019*, trobem Espanya situada a la posició 23, mentre que Singapur seria l'economia més competitiva.

Per als economistes, una eina per a fer més senzill el treball del dia a dia són les suposicions: considerar quelcom com a veritat, tot i poder estar perdent-ne matisos. En aquest article s'ha vist una definició de competitivitat que recorda molt al que entenem per productivitat, de manera que per al bé de la metodologia duta a terme, es mesurarà tan sols la productivitat: quelcom molt més matemàtic i concret.

En aquest article es pretén estudiar la competitivitat de Catalunya, entesa com a una deriva de la productivitat, en base a la seva despesa en R+D. S'adreçaran preguntes com ara d'on venim i cap a on anem, tot plantejant un diagnòstic de la situació de la R+D a Catalunya en base a dades històriques i comparant-les amb altres països de referència.

Posteriorment, per tal d'extreure conclusions, s'ha d'anar un pas més enllà del que és purament observació de dades, pel que s'ha comptat amb l'econometria com a eina predictiva i regressiva per obtenir-les.

Metodologia:

L'objectiu d'aquest article és, per una banda, estudiar la competitivitat de Catalunya en termes absoluts i relatius per situar-la i comparar-la en el marc europeu. I per altra banda, inferir conclusions sota una base científica, per a potenciar-la.

Per a la primera part de l'estudi, s'observen en valor absolut una sèrie de dades, totes relacionades amb l'R+D, per diagnosticar la situació catalana. Posteriorment, es plantegen les mateixes dades en termes relatius per tal de poder comparar-les adequadament amb els *benchmarks* elegits: Espanya, Alemanya i EU19.

Aquests s'han escollit sota el criteri de representativitat i rellevància, i alineació comuna d'objectius.

Espanya es considera un *benchmark* essencial, doncs al cap i a la fi és l'estat membre al qual pertany Catalunya. Per tant, abans de comparar-la amb altres països, cal fer una valoració del rendiment intern i el posicionament intra-país.

Alemanya és un referent en quant a indústria i competitivitat, tal i com ho constata *United Nations Industrial Development Organization* (UNIDO) (2024) en el *Competitive Industrial Performance Index*, en el qual és el n. 1 des del 2001. És l'estat membre referent a la Unió Europea, pel que cada país i regió dins del sistema l'ha de tenir com a un exemple a seguir. Tot i no ser el primer en despesa interna en R+D respecte al PIB (3,13%), compleix l'objectiu d'invertir el 3% sobre el PIB, i no queda molt per darrere del líder, Suècia amb un 3,47% el 2022 (Eurostat, 2024). I sí que és el país més gran quant a riquesa (en termes absoluts).

EU19 és el sumatori d'una mostra molt representativa de la Unió Europea: Àustria, Bèlgica, Xipre, Estònia, Finlàndia, França, Alemanya, Grècia, Irlanda, Itàlia, Letònia, Lituània, Luxemburg, Malta, Països Baixos, Portugal, Eslovàquia, Eslovènia i Espanya. És la mostra que a més disponibilitat de dades històriques es possible accedir. Estudiant aquesta mitjana (en termes per càpita) podrem situar Catalunya per sobre o per sota de la línia divisòria.

Respecte a les dades que s'estudiaran, el pilar fonamental i sobre el qual gira l'article és l'esforç en R+D, ja que és el principal indicador per conèixer el nivell en R+D d'un país. L'esforç en R+D és el que gasta el país en R+D, però pot contenir biaixos per la inflació, per ratis de canvi entre monedes i per la situació macroeconòmica dels països. Per tant, la

variable que millor representa i compara l'esforç en R+D dels països és el percentatge de despesa en R+D interna respecte al Producte Interior Brut (%RD sobre el PIB).

Aquest indicador ja ha sigut observat i estudiat en reiterades ocasions, i fins i tot s'han fet polítiques al respecte. La principal: assolir-ne el 3%. Ho fixava la Comissió Europea (CE) l'any 2002 al comunicat *More Research for Europe* (European Commission, 2002:3), i de nou l'any 2010, l'estratègia Europe 2020 (European Commission, 2010:10). Aquest objectiu segueix sent vigent avui en dia.

Per aquests motius, el “%RD sobre el PIB” és el protagonista d'aquest article, seguit de la ocupació en R+D, les publicacions científiques, les sol·licituds de patents i la captació de fons europeus, que també són variables que impacten directament al nivell de R+D d'un país.

Totes aquestes dades s'observaran en termes absoluts per a Catalunya per al període 2014 al 2022, i a continuació es compararan en termes relatius amb les dels *benchmarks* elegits.

Amb aquesta informació podrem situar i comparar la regió de Catalunya en el marc europeu. S'ha prescindit d'altres marcs (americà, asiàtic, africà...) ja que a nivell polític, legislatiu i macroeconòmic són considerablement diferents.

A més a més, l'article pretén inferir conclusions amb una base científica. Per això, cal dur l'anàlisi un pas més enllà. Aquí entra en acció l'econometria com a eina predictiva. Donat que la productivitat i la competitivitat són dos conceptes molt similars (el primer és una mesura concreta i l'altre un concepte més abstracte), en aquest estudi s'assumeix la productivitat com a indicador principal de competitivitat. Es plantejarà, per tant, un model que expliqui els canvis en productivitat basats en canvis en el sistema d'R+D.

L'objectiu de l'econometria és explicar una variable en funció d'altres, tot establint models que permetin comprovar de forma empírica els resultats als quals s'ha arribat de forma teòrica.

En aquest cas, la variable que es vol estudiar és la productivitat. I les variables en funció de les quals es vol estudiar el seu comportament són: a) el percentatge de despesa en R+D, b) l'ocupació en R+D, c) les publicacions científiques, d) les sol·licituds de patents, i e) la captació de fons europeus, per a cada any i dins del territori català.

Per a obtenir models robustos i fiables, però, cal, per començar, tenint suficients dades de mostra a les quals es pugui aplicar la regressió.

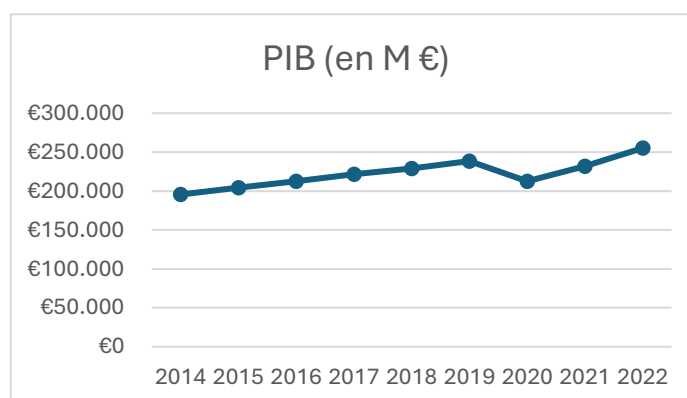
Per aquesta raó, l'horitzó temporal del model és molt més ampli que en el *benchmark*, incloent dades des del any 2000 fins al 2022. A més, com que les dades regionals poden comportar biaixos o fins i tot falta d'informació, s'han contemplat les dades de tots els estats membres de l'EU19 per a més robustesa i fiabilitat. Els resultats inferits d'aquesta anàlisi serviran per aplicar-los al model regional de Catalunya i dibuixar-ne, ara sí, conclusions com ara propostes d'actuació per a aconseguir una millora de la competitivitat.

Observatori de dades. Situació catalana de la R+D en el període 2014-2022:

Catalunya és considerada una de les regions més importants d'Espanya a nivell econòmic i en l'àmbit de la recerca i desenvolupament, i en moltes ocasions es troba al centre del debat. Però per entrar-hi, el primer és observar de forma objectiva les dades que recullen en aquest àmbit periòdicament els instituts d'estadística regionals, nacionals i internacionals. Fruit d'aquest anàlisi, podrem obtenir aquesta primera imatge.

El primer indicador que cal considerar en aquest estudi és el Producte Interior Brut (PIB). Es defineix com el valor de tots els béns i serveis produïts en un període - 1 any en aquest cas - dins d'una economia. Tot i no estar relacionat directament amb el nivell de R+D, és l'indicador per excel·lència per a conèixer la situació global de l'economia del país, o més concretament, l'indicador de riquesa que genera un país, i que ajudarà a posar la resta d'observacions en context.

	PIB (en M €)
2022	255.154
2021	232.057
2020	212.611
2019	238.309
2018	229.083
2017	221.482
2016	212.656
2015	204.481
2014	195.575



Taula 1: PIB a Catalunya 2014-2022. Idescat. **Il·lustració 1:** PIB a Catalunya 2014-2022 (en M €)

L'any 2014, el primer d'aquesta sèrie, Catalunya tancava amb 195.575 milions d'euros de PIB, mentre que 8 anys després (2022), aquest valor arribaria fins als 255.154 milions, un increment del 30,46 %. La tendència, com també es pot observar, és positiva, i darrerament amb un creixement interanual major que el produït durant la sèrie 2014-2019, degut a l'efecte rebot de l'any 2020.

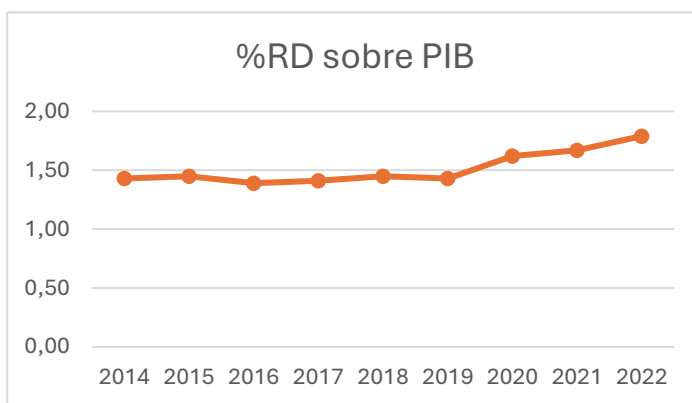
Sobre aquest valor absolut es calcula el percentatge de despesa interna contreta en activitats d'R+D. Ara bé, el valor absolut de la despesa en R+D interna és un concepte en el qual cal entrar en detall, per tal d'obtenir-ne la mesura correcta. Tant la metodologia per obtenir-la, com l'indicador de percentatge de despesa en R+D sobre el PIB, queden recollits amb exactitud al "Manual de Frascati" (OECD, 2015: 45-83, 120-136, 193-210).

En aquest manual, es detalla la metodologia per a identificar amb exactitud quines activitats es consideren d'R+D, com recopilar informació de manera correcta i homogènia, com classificar les despeses en categories, i com fer-ne les agregacions pertinents.

Coneixent així les dades, i sabent que l'objectiu i l'aspiració és obtenir el 3% que s'ambiciona des de la Comissió Europea, es procedeix a observar les dades. A nivell català, trobem la següent fotografia:

	%RD sobre PIB
2022	1,79
2021	1,67
2020	1,62
2019	1,43
2018	1,45
2017	1,41
2016	1,39
2015	1,45
2014	1,43

Taula 2: Percentatge de despesa interna en R+D sobre el PIB a Catalunya 2014-2022. Idescat.



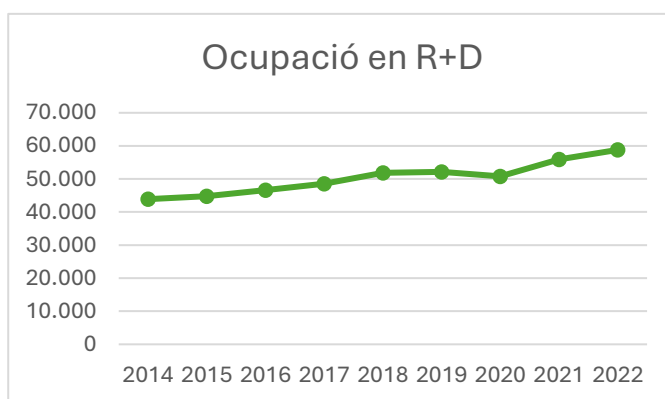
Il·lustració 2: Percentatge de despesa interna en R+D sobre el PIB a Catalunya 2014-2022

L'any 2022 es va registrar una despesa interna en R+D de l'1,79% del PIB de Catalunya, que, tot i significar un increment de més del 25% des del 2014 (1,43%), segueix estant molt lluny del 3% desitjat. La tendència sembla estancada durant el període 2014-2019, tot i que es pot observar un bon rebot alcista a partir de llavors (2019-2022).

Respecte a l'ocupació en R+D s'observen les següents dades:

	Ocupació en R+D
2022	58.794
2021	55.885
2020	50.776
2019	52.137
2018	51.830
2017	48.552
2016	46.592
2015	44.826
2014	43.898

Taula 3: Ocupació en R+D a Catalunya 2014-2022. Idescat.



Il·lustració 3: Ocupació en R+D a Catalunya 2014-2022

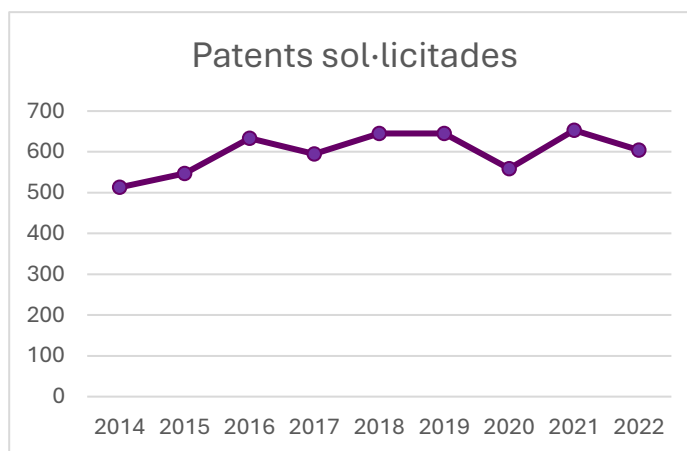
43.898 empleats en activitats d'R+D l'any 2014 i un increment del 33,94% fins arribar als 58.794 l'any 2022. Una bona tendència alcista i una gràfica similar a la del PIB.

Aquest indicador també és d'alta rellevància. A part de formar part directament de les concretes en activitats d'R+D, està lligat amb el talent i la retenció d'aquest. El talent és el que determinarà el futur del país, i el que pensarà idees, i executarà els projectes per dur a terme aquestes, les quals es convertiran en mitjans explotables i, per tant, en una indústria més competitiva i rica.

A continuació es poden observar les dades relatives als indicadors de “coneixement”, que en aquest cas són el nombre de sol·licituds de patents i el nombre de publicacions científiques.

Començant pel nombre de patents sol·licitades a la European Patent Office (EPO):

	Patents sol·licitades
2022	604
2021	653
2020	559
2019	645
2018	645
2017	595
2016	633
2015	547
2014	513



Taula 4: Patents sol·licitades a la EPO a Catalunya 2014-2022. Idescat.

Il·lustració 4: Patents sol·licitades a la EPO a Catalunya 2014-2022

La propietat industrial, ha sigut sempre un pilar fonamental per al desenvolupament econòmic i la protecció de la indústria d'un país.

Al cap i a la fi, l'objectiu últim de la realització d'un projecte d'R+D per part d'una empresa és l'obtenció d'una sèrie de resultats que li permetin guanyar competitivitat a través de nous o millorats productes, serveis o processos. Però l'avantatge competitiu només existeix si els resultats i coneixements no són coneguts pels competidors o, si ho fossin, que tinguin limitada la seva utilització o aplicació. Aquí és on entren en escena els aspectes relacionats amb la Propietat Industrial i Intel·lectual dels resultats, i per extensió, de l'explotació d'aquests. (Cámara de Comercio de España).

L'explotació d'aquests, un cop protegits, pot ser pròpia, o bé en forma de cessió o de llicència. En els últims dos casos (cessió o llicència) parlarem de transferència de coneixement.

En el seu article, Saíz (2011: 15-18), parla de factors que han determinat el creixement econòmic i la competitivitat internacional, posant al centre l'educació i la capacitat d'innovació tecnològica. Concretament, atribueix a la protecció de la propietat industrial l'essència de mantenir l'avantatge competitiva i la possibilitat de recuperar les inversions realitzades.

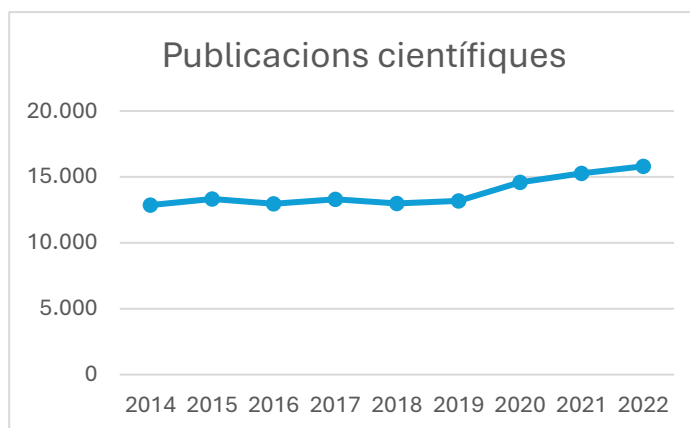
O com també defensa Fernández (2010: 5), “la tecnologia patentada i els signes distintius són segurament els actius que major valor afegit aporten a les empreses”.

Doncs en el cas català, concretament en el marc de l'EPO, que engloba documents nacionals, sol·licituds de patents sota el tractat PCT (*Patent Cooperation Treaty*) i patents europees (*European Patent*), s'observa una gràfica lleugerament alcista, venint de 513 sol·licituds l'any 2014, a 604 el 2022. Tot i així, la tendència dels últims anys es presenta volàtil però estancada.

I seguint pel nombre de publicacions científiques, o “producció científica”:

	Publicacions científiques
2022	15.805
2021	15.270
2020	14.586
2019	13.189
2018	12.997
2017	13.305
2016	12.960
2015	13.333
2014	12.864

Taula 5: Publicacions científiques a Catalunya 2014-2022. (FECYT, World Bank Data)



Il·lustració 5: Publicacions científiques a Catalunya 2014-2022

La tendència torna a ser positiva. En el període de 8 anys, l'increment ha sigut del 18,61%, passant de 12.864 a 15.805, trobant el màxim aquest últim any.

La metodologia per a obtenir aquestes dades requereix aclariment. Per a Catalunya, no hi ha un estàndard homogeni de recol·lecció de dades en relació amb els *benchmarks* que s'observaran a continuació en l'article. Mentre que les dades d'articles científics globals estatals queden recollides en el *World Bank Data*, les de les regions no hi són. Hi ha dades disponibles al Portal de Recerca de Catalunya, però probablement degut a la metodologia i criteri per a la recol·lecció de dades, aquestes apareixen altament esbiaixades a l'alça, de forma que la diferència en termes relatius amb la resta de *benchmarks* apareixeria a ser més del doble de publicacions per habitant.

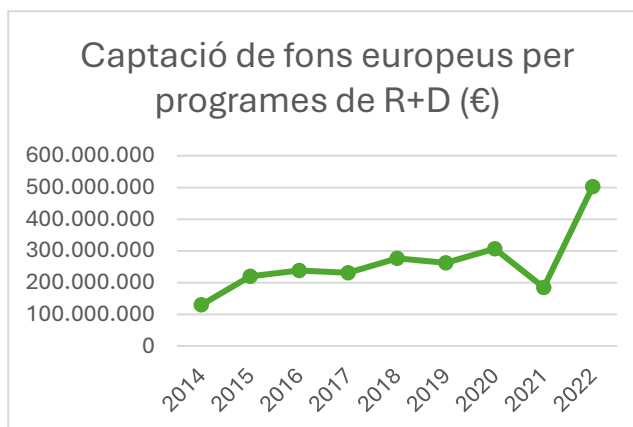
Per aquesta raó, s'ha cregut convenient obtenir aquestes dades en base a una interpolació amb dades d'una altra font nacional, que també recull dades (no homogènies amb els altres *benchmarks*), tant d'Espanya com de Catalunya. D'aquesta manera, s'han creuat les dades de FECYT (*Fundación Española para la Ciencia y Tecnología*) (2024), per a obtenir els percentatges relatius de la producció catalana respecte a la d'Espanya. Posteriorment, s'han aplicat aquests percentatges a la font de dades, ara sí, homogènia amb la resta de *benchmarks*: el *World Bank Data*. Aquesta font i *benchmarks* es definiran en detall més endavant en aquest article.

Es demostra com un sistema fort en producció científica, els resultats del qual ens fan ser rellevants a Espanya i a Europa en aquest àmbit.

L'últim indicador és indicatiu tant de l'esforç com de l'excel·lència de l'ecosistema d'R+D català a l'hora de captar fons dels programes marc de la Unió Europea.

Per als intervals temporals estudiats, es podran observar dades emmarcades en dos Programa Marc de Recerca i Innovació de la Unió Europea: Horitzó 2020 – FP8 (del 2014 al 2020) que comptava amb un pressupost de 76.880 M € i Horitzó Europa – FP9 (del 2021 a 2027) que compta amb fins a 95.517 M €.

	Captació de fons europeus per programes de R+D (€)
2022	502.424.781
2021	184.425.748
2020	307.185.117
2019	261.941.092
2018	276.516.775
2017	231.411.594
2016	238.072.403
2015	219.515.229
2014	129.722.034



Taula 6: Captació de fons europeus d'R+D d'entitats catalanes 2014-2022. (Horizon Dashboard).

Il·lustració 6: Captació de fons europeus d'R+D d'entitats catalanes 2014-2022

Destaca l'increment l'any 2022, després del retrocés del 2021, marcat pel canvi de programa marc. Cal destacar la tendència positiva, i l'enorme increment del 287,31 % observat des dels 129 milions d'euros dels quals proveníem el 2014 fins als més de 500 milions d'€ que es van captar l'any 2022.

Benchmarking:

Aquest conjunt de dades proporciona una visió global de la situació de la R+D a Catalunya, però per si soles poden ser poc informatives per extreure conclusions per a millorar la competitivitat. Per aquesta raó, el pròxim pas de l'article és brindar-ne un context més ampli, i situar-les cara a cara amb les dels *benchmarks* elegits per aquest estudi.

Es presenten a continuació, per tant, les dades en termes absoluts, i en termes relatius, per a poder comparar-les amb les d'Espanya, Alemanya i EU19.

El PIB i la captació de fons europeus s'han normalitzat en termes per càpita. El %RD sobre el PIB ja és un terme comparable entre *benchmarks*, i dels altres tres indicadors, s'han normalitzat en termes per cada 1000 habitants.

A continuació es presenten les dades absolutes:

CATALUNYA						
	PIB (en M €)	%RD sobre PIB	Ocupació en R+D (EJC)	Publicacions científiques	Patents sol·licitades	Captació de fons europeus (€)
2022	255.154	1,79	58.794	15.805	604	502.424.781
2021	232.057	1,67	55.885	15.270	653	184.425.748
2020	212.611	1,62	50.776	14.586	559	307.185.117
2019	238.309	1,43	52.137	13.189	645	261.941.092
2018	229.083	1,45	51.830	12.997	645	276.516.775
2017	221.482	1,41	48.552	13.305	595	231.411.594
2016	212.656	1,39	46.592	12.960	633	238.072.403
2015	204.481	1,45	44.826	13.333	547	219.515.229
2014	195.575	1,43	43.898	12.864	513	129.722.034

Taula 7: Recull d'indicadors en termes absoluts 2014-2022: Catalunya.

ESPANYA						
	PIB (en M €)	%RD sobre PIB	Ocupació en R+D (EJC)	Publicacions científiques	Patents sol·licitades	Captació de fons europeus (€)
2022	1.373.629	1,44	263.407	68.081*	1.974	1.755.954.090
2021	1.235.474	1,41	249.474	65.606*	1.945	601.645.586
2020	1.129.214	1,41	231.769	65.638	1.794	1.159.933.117
2019	1.253.710	1,25	231.413	58.751	1.885	984.650.168
2018	1.212.276	1,24	225.696	56.322	1.781	852.406.003
2017	1.170.024	1,21	215.745	55.119	1.671	805.290.241
2016	1.122.967	1,19	205.873	55.082	1.574	852.436.849
2015	1.087.112	1,22	200.866	54.666	1.518	789.349.584
2014	1.038.949	1,24	200.233	55.518	1.471	575.430.928

Taula 8: Recull d'indicadors en termes absoluts 2014-2022: Espanya. El valor de les publicacions científiques pels anys 2021 i 2022 s'ha estimat en base al creixement mig de la sèrie. No es disposa de dades oficials.

ALEMANYA						
	PIB (en M €)	%RD sobre PIB	Ocupació en R+D (EJC)	Publicacions científiques	Patents sol·licitades	Captació de fons europeus (€)
2022	4.185.550	3,13	784.560	109.872*	24.612	2.617.210.335
2021	3.953.850	3,14	753.940	109.472*	25.891	822.058.281
2020	3.676.460	3,13	733.831	109.379	25.882	1.738.828.641
2019	3.449.620	3,17	735.584	108.725	26.762	1.429.563.463
2018	3.534.880	3,11	707.704	107.581	26.663	1.309.853.446
2017	3.431.130	3,05	686.349	107.880	25.539	1.255.496.726
2016	3.331.110	2,94	657.894	107.804	24.932	1.321.554.734
2015	3.196.110	2,93	640.516	106.344	24.807	1.496.146.249
2014	3.085.650	2,88	605.253	106.366	25.633	1.077.376.706

Taula 9: Recull d'indicadors en termes absoluts 2014-2022: Alemanya. El valor de les publicacions científiques pels anys 2021 i 2022 s'ha estimat en base al creixement mig de la sèrie. No es disposa de dades oficials.

EU19						
	PIB (en M €)	%RD sobre PIB	Ocupació en R+D (EJC)	Publicacions científiques	Patents sol·licitades	Captació de fons europeus (€)
2022	14.423.465	2,28	2.610.777	488.689*	57.688	13.066.407.969
2021	13.583.822	2,31	2.517.864	477.824*	58.319	4.477.754.868
2020	12.518.578	2,33	24.15.031	453.899	57.230	8.217.710.514
2019	11.540.795	2,26	23951523	429.509	58.010	7.499.881.986
2018	12.066.888	2,21	2317370	419.740	58.006	6.442.179.474
2017	11.679.330	2,18	2221768	418.922	56.565	5.856.698.041
2016	11.306.712	2,14	2120545	419.138	55.234	6.060.042.144
2015	10.894.527	2,14	2056908	418.108	55.362	6.556.412.422
2014	10.604.513	2,14	1990705	418.375	55.379	4.581.249.622

Taula 10: Recull d'indicadors en termes absoluts 2014-2022: EU19. El valor de les publicacions científiques pels anys 2021 i 2022 s'ha estimat en base al creixement mig de la sèrie. No es disposa de dades oficials.

I les relatives:

CATALUNYA						
	PIB / càpita	%RD sobre PIB	Ocupació en R+D / 1000 habitants	Publicacions científiques / 1000 habitants	Patents sol·licitades / 1000 habitants	Captació de fons europeus / càpita
2022	32.578,75 €	1,79	7,51	2,02	0,077	64,15 €
2021	29.920,15 €	1,67	7,21	1,97	0,084	23,78 €
2020	27.464,43 €	1,62	6,56	1,88	0,072	39,68 €
2019	31.024,46 €	1,43	6,79	1,72	0,084	34,10 €
2018	30.175,14 €	1,45	6,83	1,71	0,085	36,42 €
2017	29.416,33 €	1,41	6,45	1,77	0,079	30,74 €
2016	28.429,13 €	1,39	6,23	1,73	0,085	31,83 €
2015	27.472,41 €	1,45	6,02	1,79	0,073	29,49 €
2014	26.307,00 €	1,43	5,90	1,73	0,069	17,45 €

Taula 11: Recull d'indicadors en termes relatius 2014-2022: Catalunya

ESPANYA						
	PIB / càpita	%RD sobre PIB	Ocupació en R+D / 1000 habitants	Publicacions científiques / 1000 habitants	Patents sol·licitades / 1000 habitants	Captació de fons europeus / càpita
2022	28.926,52 €	1,44	5,55	1,43	0,042	36,98 €
2021	26.064,41 €	1,41	5,26	1,38	0,041	12,69 €
2020	23.864,34 €	1,41	4,90	1,39	0,038	24,51 €
2019	26.720,76 €	1,25	4,93	1,25	0,040	20,99 €
2018	25.989,37 €	1,24	4,84	1,21	0,038	18,27 €
2017	25.163,22 €	1,21	4,64	1,19	0,036	17,32 €
2016	24.192,03 €	1,19	4,44	1,19	0,034	18,36 €
2015	23.416,16 €	1,22	4,33	1,18	0,033	17,00 €
2014	22.345,03 €	1,24	4,31	1,19	0,032	12,38 €

Taula 12: Recull d'indicadors en termes relatius 2014-2022: Espanya

ALEMANYA						
	PIB / càpita	%RD sobre PIB	Ocupació en R+D / 1000 habitants	Publicacions científiques / 1000 habitants	Patents sol·licitades / 1000 habitants	Captació de fons europeus / càpita
2022	49.616,02 €	3,13	9,31	1,30	0,292	31,02 €
2021	47.501,04 €	3,14	9,06	1,32	0,311	9,88 €
2020	44.212,12 €	3,13	8,82	1,32	0,311	20,91 €
2019	41.478,37 €	3,17	8,84	1,31	0,322	17,19 €
2018	42.579,06 €	3,11	8,52	1,30	0,321	15,78 €
2017	41.442,60 €	3,05	8,29	1,30	0,308	15,16 €
2016	40.366,50 €	2,94	7,97	1,31	0,302	16,01 €
2015	38.893,62 €	2,93	7,79	1,29	0,302	18,21 €
2014	38.001,77 €	2,88	7,45	1,31	0,316	13,27 €

Taula 13: Recull d'indicadors en termes relatius 2014-2022: Alemanya

EU19						
	PIB / càpita	%RD sobre PIB	Ocupació en R+D / 1000 habitants	Publicacions científiques / 1000 habitants	Patents sol·licitades / 1000 habitants	Captació de fons europeus / càpita
2022	42.074,73 €	2,28	7,62	1,43	0,168	38,12 €
2021	39.645,24 €	2,31	7,35	1,39	0,170	13,07 €
2020	36.560,26 €	2,33	7,05	1,33	0,167	24,00 €
2019	33.792,04 €	2,26	7,01	1,26	0,170	21,96 €
2018	35.360,53 €	2,21	6,79	1,23	0,170	18,88 €
2017	34.296,38 €	2,18	6,52	1,23	0,166	17,20 €
2016	33.275,79 €	2,14	6,24	1,23	0,163	17,83 €
2015	32.178,81 €	2,14	6,08	1,23	0,164	19,37 €
2014	31.396,19 €	2,14	5,89	1,24	0,164	13,56 €

Taula 14: Recull d'indicadors en termes relatius 2014-2022: EU19

La metodologia d'extracció de dades del cas català està contemplada anteriorment en aquest article, a falta de les dades de població que s'han obtingut de l'Idescat també.

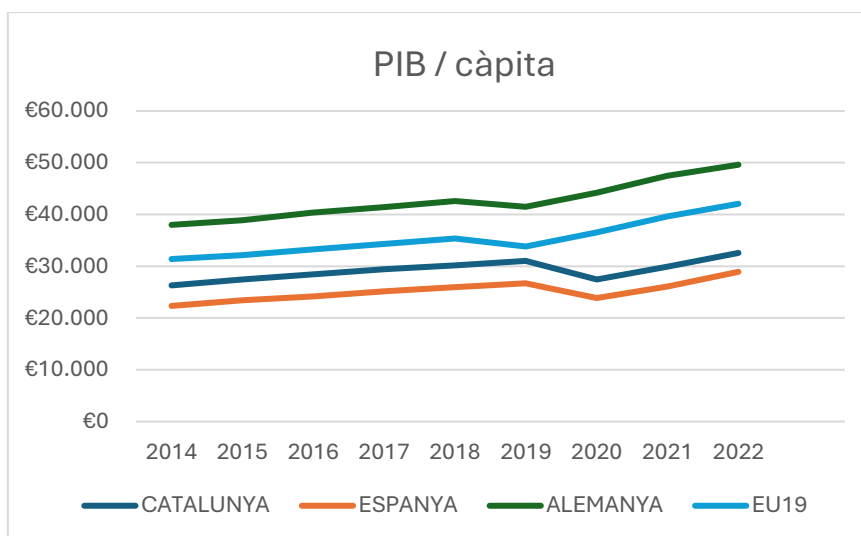
Les fonts de les dades espanyoles són: l'Eurostat per a la població (utilitzada per a relativitzar les variables), el %RD sobre PIB, l'ocupació en R+D i les sol·licituds de patents; l'INE per al PIB; el *World Data Bank* per a les publicacions científiques, i l'*Horizon Dashboard* per a la captació de fons europeus.

Per a Alemanya i per a l'agregació EU19, totes les dades s'han extret de l'Eurostat, a excepció de les publicacions científiques que s'han obtingut del *World Data Bank*, i la captació de fons europeus que s'ha obtingut del *Horizon Dashboard*.

Per a acabar de complementar i fer més visual cada comparativa, s'acompanyen les gràfiques corresponents. En aquest cas, s'observa un gràfic per indicador, que té en compte tant Catalunya com els altres tres *benchmarks* estudiats.

El primer observat és el Producte Interior Brut per càpita (PIB/càpita), un indicador generalista en el context d'aquest estudi, però necessari per a conèixer el context econòmic de cada un

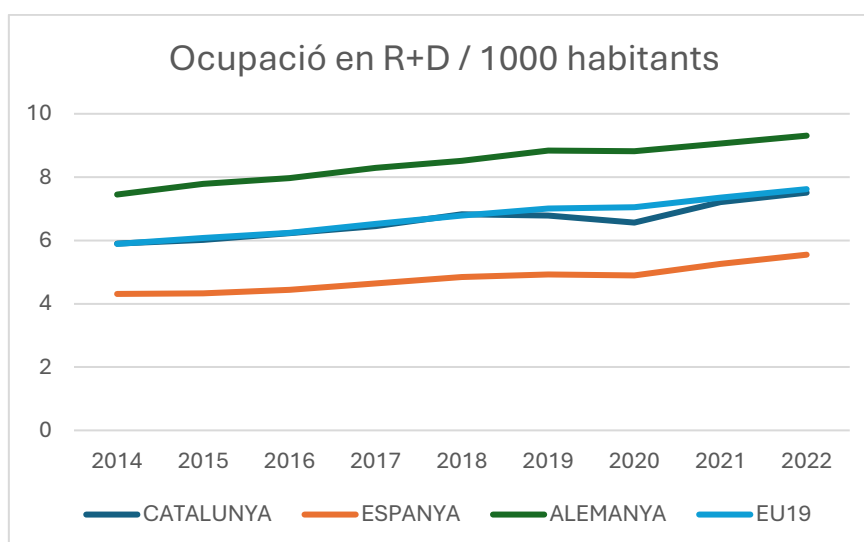
dels països. Com més alt és el PIB/càpita d'un país, més ric es considera aquest, en termes generals.



II·lustració 7: Comparativa PIB per càpita 2014-2022

Les dades posicionen Alemanya com el país més ric, seguit de la mitjana EU19, Catalunya i en últim lloc Espanya. Les quatre tendències són ascendents, encara que per a Alemanya i EU19 trobem una correcció durant els anys 2018 i 2019, mentre que a Catalunya i Espanya aquesta succeeix el 2019 i 2020.

A continuació, s'entra en més detall dins l'economia i el seu múscul principal: la força laboral. En aquest cas, concretament en l'ocupada en tasques d'R+D, que es pot observar en la següent il·lustració.



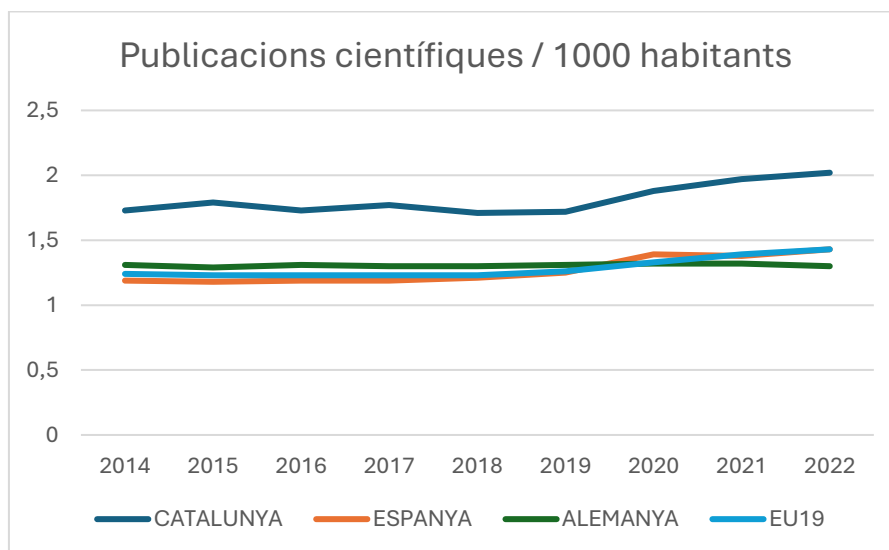
II·lustració 8: Comparativa Ocupació en R+D per cada 1000 habitants 2014-2022

Com més població treballant en tasques d'R+D, més despesa, però també més idees i més resultats, i per tant més oportunitats de negoci i models d'explotació d'aquests. És clar que

depèn de l'excel·lència, les capacitats i l'esforç d'aquests treballadors, però assumint-ne el nivell òptim, és un indicador que pot fer incrementar de forma accelerada els esforços d'R+D d'un país, sobretot a mitjà-llarg termini.

En aquest cas, si bé Alemanya torna a liderar el rànquing, el segon lloc està disputat de ben a prop entre EU19 i Catalunya, tot i la petita caiguda experimentada per Catalunya l'any 2020. Espanya ocupa el quart lloc.

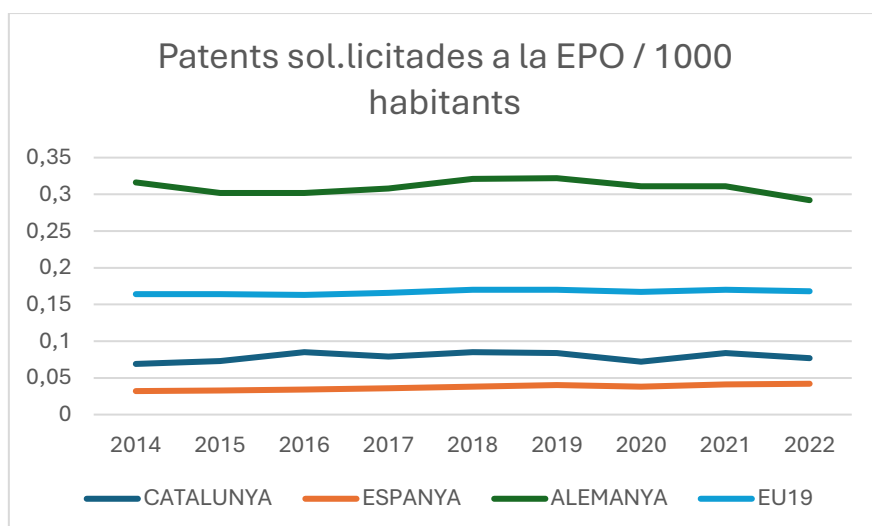
El següent indicador observat són les publicacions científiques per cada mil habitants.



Il·lustració 9: Comparativa publicacions científiques per cada 1000 habitants 2014-2022

La diferència és significativa en aquest cas, tot i haver adreçat el problema de la heterogeneïtat de dades. Això indica un sistema fort quant a producció científica. Veiem valors molt propers entre els “competidors” de Catalunya, rondant sempre entre 1 i 1,5 publicacions científiques per cada 1000 habitants, sense un rànquing clar. Catalunya fa aproximadament entre 0,5 i 0,6 publicacions per persona més, significat això un clar lideratge en quant a producció científica.

Les dades concorden amb el que ja indicava Ferràs (2018). Catalunya ha apostat per a un sistema de recerca bàsica, el que efectivament es tradueix en aquesta gràfica. Però també és cert que la transferència tecnològica no és automàtica i aquests resultats no son res sense els mecanismes adequats per a dur-la a terme.

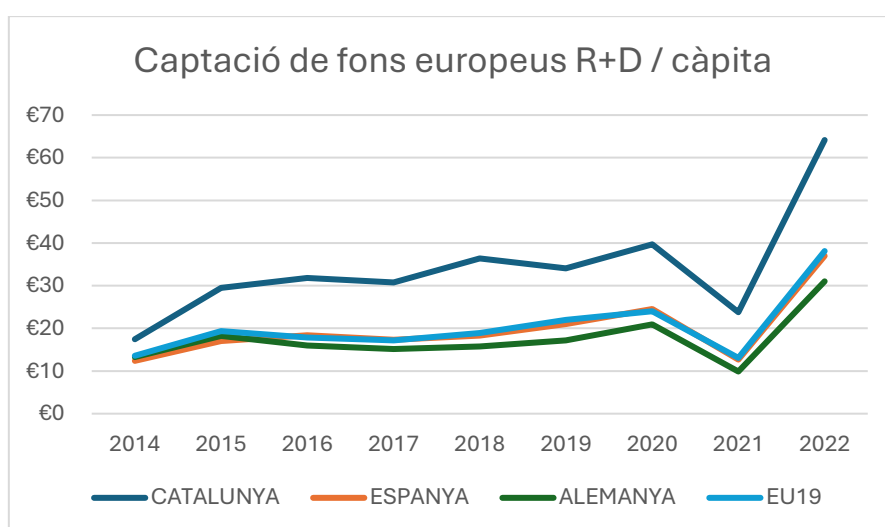


Il·lustració 10: Comparativa Patents sol·licitades a la EPO per cada 1000 habitants 2014-2022

El següent indicador presentat és el nombre de patents sol·licitades a la *European Patent Office* (EPO), relativitzat per cada 1000 habitants. Aquí es torna a observar el mateix rànquing que en el PIB/càpita. Lluny de voler establir-ne una relació casuística directa, s'observa aquest fet.

Alemanya lidera el rànquing per aproximadament el doble de patents sol·licitades per 1000 habitants, sent el segon l'agregació EU19, que al seu torn dobra la del tercer -Catalunya-, que duplica també la del quart: Espanya.

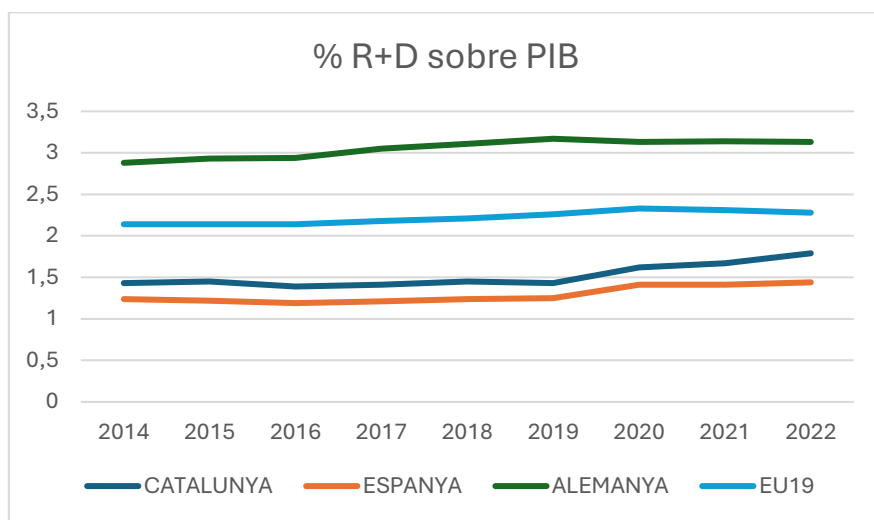
Això no és d'estranyar, doncs Alemanya és el país industrial de referència, històricament i encara avui en dia. Es pot observar al *Competitive Industrial Performance Index* (2024), que és el n. 1 des del 2001. I les patents van estretament lligades al potencial industrial d'un país. Més enllà d'un saber popular, ho demostren, per exemple, una sèrie d'estudis que han analitzat Mèxic com a cas d'ús: García (2017: 80-82), i Guzmán et al. (2018: 185-188).



Il·lustració 11: Comparativa captació de fons europeus per a R+D per càpita 2014-2022

L'últim indicador abans d'arribar al pilar de l'estudi és la captació de fons europeus per a projectes d'R+D per càpita. En aquest cas, podem observar com Catalunya es situa a la primera posició del rànquing per primer cop, i amb valors molt per sobre la resta, on Espanya i EU19 competeixen pel segon lloc, i Alemanya es troba, curiosament, al final de la fila.

Sense anar més enllà en les conclusions d'aquest indicador, i les conseqüències i implicacions que ens comporta, cal celebrar-lo. Demostra un sistema d'R+D (empreses, institucions, administració...) compromès amb les polítiques europees, excel·lent quant a qualitat, i ambicions quant a ciència i projectes a executar. Som referents a Europa en aquest àmbit també.



II·lustració 12: Comparativa percentatge de despesa interna en R+D sobre el PIB 2014-2022

Un cop entesa i contextualitzada l'economia dels països (en la més simple de les simplificacions), i presentats alguns dels principals indicadors en R+D, observem finalment el nostre protagonista, el percentatge de despesa en R+D sobre el PIB. El més destacable és que l'únic que compleix l'objectiu fixat per la Comissió Europea és Alemanya, ocupant la primera posició. I ni tan sols la mitjana EU19 en segon lloc el compleix; es queda gairebé 1 punt per sota. Les tendències són neutres o lleugerament positives, depenent del període.

Respecte a Catalunya i Espanya, ocupant de nou la tercera i quarta posició respectivament, es troben valors llunyans a l'objectiu del 3%. I tot i que des de l'any 2019 es pot observar un canvi significatiu de tendència – passant de neutra a positiva –, l'increment no és suficient com per apropar-se en el curt termini a l'objectiu fixat. Per a Espanya el percentatge es queda a l'1,44, i per a Catalunya a l'1,79. Donada la tessitura, un es pot plantejar què cal fer per corregir aquesta falta persistent. L'única resposta és que cal incrementar l'esforç en R+D, però per a poder afirmar-ho, cal, més enllà de l'observació, una evidència científica.

Tal i com començava l'article, tot aquest esforç en R+D, i tot el sistema que l'acompanya, al cap i a la fi té un objectiu majúscul: millorar la competitivitat del país. Donat que aquest és un concepte més abstracte, difús a l'hora de calcular, es considera que el principal indicador de competitivitat d'un país és la seva productivitat.

Augmentar la productivitat ens farà ser més competitius. Des de teories econòmiques clàssiques, passant per neoclàssiques i desenvolupant encara més el concepte en les modernes, totes vinculen el creixement econòmic amb la productivitat (Travieso, 2024: 2-7).

És cert, per tant, que no són el mateix concepte competitivitat, productivitat i creixement econòmic, però la competitivitat és quelcom més abstracte, que en aquest article s'ha decidit adreçar des de l'enfoc de productivitat i la capacitat d'aquesta en aconseguir el creixement econòmic.

Literatura prèvia ja ha analitzat la relació entre la inversió en R+D i la productivitat a nivell de país, trobant correlacions positives independentment del sector. Començant per Griliches (2018), que assenta la base per a tots els posteriors estudis al respecte a *R&D and Productivity: The econometric evidence*. I seguint per altres exemples com l'estudi a Itàlia (Parisi et al., 2006: 2057-2058) i un estudi transversal amb dades de setze països de l'OCDE (Guellec et al., 2001:15).

En aquest cas, es busca construir, de manera senzilla, un model per a trobar evidències sobre quines de les variables estudiades tenen un impacte en la productivitat i en quina mesura, per tal d'aplicar els resultats al banc de dades català que s'ha extret de les diferents fonts estadístiques.

Aquí entra en joc l'econometria, i es construeix un model amb la variable *PRODUCTIVITAT* com a variable dependent, entenent que no s'hi pot influir directament, sinó que respon al comportament de la resta de variables. Aquestes seran els diferents indicadors que s'han estudiat prèviament.

El %RD sobre el PIB, l'ocupació en tasques d'R+D (EJC – Equivalència a Jornada Completa), les publicacions científiques, les sol·licituds de patents, i la captació de fons europeus, són les variables que determinaran quin valor obtindrà al final del exercici la variable *PRODUCTIVITAT*.

Model economètric:

Fins aquest punt, l'article ha sigut merament informatiu, però en aquest apartat es planteja un model que inferirà conclusions més enllà del que a simple vista es pot intuir.

L'econometria aplicada és una disciplina que utilitza eines matemàtiques i estadístiques per analitzar dades econòmiques. El seu objectiu principal és transformar teories econòmiques abstractes en models quantitatius que puguin ser provats i utilitzats per a la presa de decisions. Per exemple, si una teoria econòmica suggereix que l'augment de la renda disponible incrementa la despesa en consum, l'econometria pot quantificar aquesta relació i determinar quant augmenta la despesa per cada unitat addicional de renda.

L'econometria aplicada és essencial per convertir enunciats qualitatius en quantitatius. Això és crucial per als responsables de polítiques econòmiques, ja que els permet basar les seves decisions en dades concretes i no només en teories. Un exemple pràctic és la política monetària, on els econometristes poden ajudar a determinar l'impacte dels canvis en les taxes d'interès sobre la inflació i el creixement econòmic (FMI, 2011: 1-2).

Una de les eines més importants en l'econometria és el model de regressió lineal múltiple. Aquest model permet estimar la relació entre una variable dependent (com el consum) i diverses variables independents (com la renda, les taxes d'interès, etc.). El model de regressió ajuda a controlar per múltiples factors simultàniament, proporcionant una visió més clara de com cada variable independent afecta la variable dependent. En aquest cas, la variable dependent és la *PRODUCTIVITAT*, i les variables independents: el %RD sobre el PIB, l'ocupació en tasques de R+D, les publicacions científiques, les sol·licituds de patents, i la captació de fons europeus.

En aquest context, el nostre model pretén servir de base per a polítiques econòmiques per a promoure la productivitat i, en conseqüència, la competitivitat de Catalunya. Primer, per obtenir un enunciat qualitatiu: influeixen positivament o negativament les variables independents en la variable PRODUCTIVITAT, i sobre això, obtenir un enunciat quantitatiu, per inferir en quin valor marginal afecta un canvi en una variable sobre la dependent.

En aquest cas, donat que hi ha diferents maneres d'avaluar la productivitat, s'ha fet servir la base de dades de l'Eurostat anomenada "*labor productivity and unit labor costs*", que bàsicament mesura la productivitat en base al cost unitari laboral nominal, basat en hores treballades. Això es calcula a partir de la compensació dels empleats per hores treballades dividit per la productivitat laboral real per hora treballada. Aquesta última prové del PIB real dividit pel total d'hores treballades per empleats i autònoms. En conclusió, és una mesura de la productivitat laboral constatada pel rigor metòdic i l'aval dels instituts estadístics nacionals (i així de la CE), com a mesura vàlida.

S'extreuen i plantegen les següents dades per a l'obtenció del model:

	Productivitat	%RD sobre PIB	Ocupació en R+D (EJC)	Publicacions científiques	Patents sol·licitades	Captació de fons europeus (€)
2022	112,794	2,28	2.610.777	488.689*	56.856	13.066.407.969
2021	109,086	2,31	2.517.864	477.824*	57.339	4.477.754.868
2020	109,032	2,33	2.415.031	453.899	56.364	8.217.710.514
2019	105,275	2,26	2.395.153	429.509	56.958	7.499.881.986
2018	103,301	2,21	2.317.370	419.740	56.980	6.442.179.474
2017	101,376	2,18	2.221.768	418.922	55.513	5.856.698.041
2016	100,723	2,14	2.120.545	419.138	54.323	6.060.042.144
2015	100,000	2,14	2.056.908	418.108	54.393	6.556.412.422
2014	99,762	2,14	1.990.705	418.375	54.454	4.581.249.622
2013	99,255	2,12	1.962.509	411.818	53.221	5.720.317.291
2012	97,988	2,10	1.936.991	404.512	53.089	5.083.840.162
2011	95,829	2,04	1.888.457	389.965	52.244	4.587.022.833
2010	95,328	2,00	1.853.568	375.705	53.877	4.039.881.216
2009	95,856	1,99	1.794.432	366.886	50.742	3.427.611.289
2008	91,595	1,89	1.772.355	352.747	53.912	3.742.228.633
2007	88,324	1,81	1.697.613	336.415	51.472	1.861.342.669
2006	87,109	1,81	1.632.850	322.819	49.942	3.279.058.231
2005	86,521	1,78	1.553.830	307.031	48.802	3.090.883.402
2004	85,414	1,79	1.519.767	278.515	46.927	2.910.453.574
2003	84,849	1,81	1.483.737	262.917	48.689*	1.686.452.699
2002	83,028	1,81	1.470.901	253.422	48.203*	2.476.120.219
2001	81,069	1,80	1.449.484	245.751	47.717*	2.746.691.990
2000	79,853	1,78	1.429.199	238.377	47.231*	2.695.065.846

Taula 15: Dades històriques indicadors R+D i Productivitat EU19 (2000 - 2022)

*El valor de "Patents sol·licitades" per als anys 2000-2003 s'ha estimat en base al creixement mig de la sèrie històrica.

*El valor de les publicacions científiques pels anys 2021 i 2022 s'ha estimat en base al creixement mig de la sèrie. No es disposa de dades oficials.

S'han utilitzat dades de l'agregació EU19 des de l'any 2000 perquè el model tingui dades suficients com per a assegurar-ne la seva validesa i robustesa.

Es planteja un model de mínims quadrats ordinaris (MQO). El mètode de MQO és una tècnica per estimar els coeficients del model de regressió, minimitzant la suma dels quadrats dels residus (que són les diferències entre els valors observats i els valors estimats). Perquè les estimacions no resultin esbiaixades o ineficients, el que afectaria la interpretació i les conclusions derivades del model, cal que es compleixin una sèrie d'hipòtesis (García, 2014: 4-6): linealitat, independència, homoscedasticitat, no autocorrelació i normalitat dels errors.

Es planteja el model i s'avaluen les diferents hipòtesis per a la seva validesa:

	<i>Coeficient</i>	<i>Desv. Típica</i>	<i>Estadístic t</i>	<i>valor p</i>	
const	47,5317	9,34986	5,084	9,20e-05	***
%RD sobre PIB	1060,8000	437,363	2,425	0,0267	**
Ocupació en R+D (EJC)	9,38784e-06	3,22381e-06	2,912	0,0097	***
Publicacions científiques	6,20660e-05	1,04228e-05	5,955	1,57e-05	***
Patents sol·licitades	-0,000293129	0,000232357	-1,262	0,2241	
Captació de fons europeus	1,83323e-010	1,66303e-010	1,102	0,2857	

Taula 16: Model 1 [MQO, fent servir observacions 2000-2022. Variable dependent: PRODUCTIVITAT]

Mitja de la vble. dep.	95,36378	D.T. de la vble. dep.	9,499073
Suma de quad. residus	16,50409	D.T. de la regressió	0,985306
R-quadrat	0,991686	R-quadrat corregit	0,989241
F(4, 17)	405,5522	Valor p (de F)	4,71e-17
Log-verosimilitud	-28,81889	Criteri de Akaike	69,63779
Criteri de Schwarz	76,45076	Crit. de Hannan-Quinn	71,35123
rho	0,411407	Durbin-Watson	1,139931

Taula 17: Estadístics principals del Model 1

La constant del model és 47,5317, la qual cosa indica que la productivitat mitjana és aquesta quan totes les altres variables són zero. El %RD sobre PIB té un coeficient de 1060,8000. Així, el valor final de productivitat, resultarà en el valor del %RD sobre PIB multiplicat per aquest - més 47,5317 -, mantenint constants les altres variables. Aquesta relació és significativa amb un valor p de 0,0267.

L'ocupació en R+D (EJC) també té un impacte positiu i significatiu en la productivitat, amb un coeficient de 9,38784e-06 i un valor p de 0,0097. Les publicacions científiques mostren un coeficient de 6,20660e-05, indicant que un augment en les publicacions està associat amb un augment en la productivitat, amb una significança molt alta (valor p = 1,57e-05).

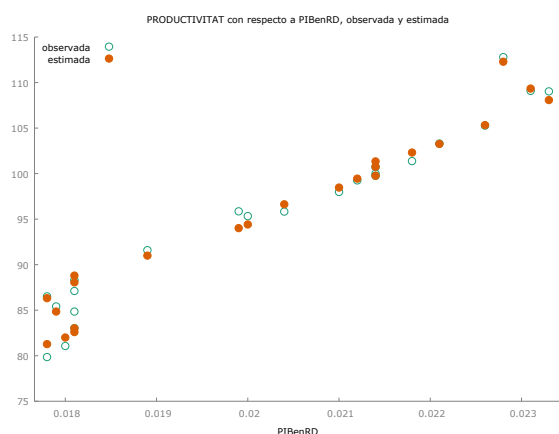
En canvi, les patents i la captació de fons europeus no mostren una relació significativa amb la productivitat, amb valors p de 0,2241 i 0,2857 respectivament, suggerint que no tenen un impacte estadísticament significatiu en aquest context.

Els estadístics del model indiquen que aquest explica aproximadament el 99.17% de la variabilitat en la productivitat ($R\text{-quadrat} = 0,9917$), i ajustat pel nombre de variables, el $R\text{-quadrat}$ corregit és 0,9892. L'estadístic F és molt significatiu (valor $p = 4,71e-17$), i el valor de *Durbin-Watson* de 1,1399 suggereix possible autocorrelació en els residus.

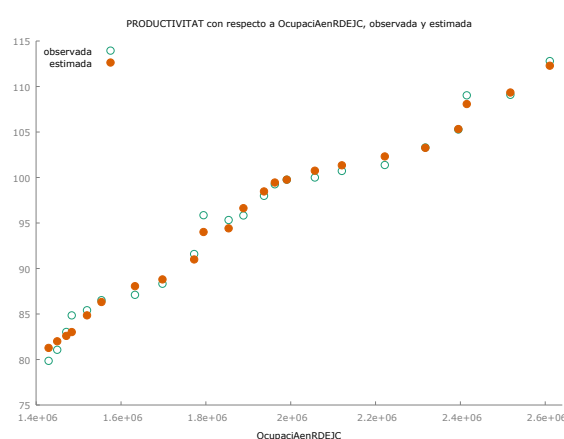
En conclusió, el model mostra que el %RD sobre PIB, l'ocupació en R+D i les publicacions científiques tenen un impacte positiu i significatiu en la productivitat. No obstant això, les patents i la captació de fons europeus no mostren una relació significativa amb la productivitat en aquest context.

Però cal satisfer totes les hipòtesis que demanden els MQO:

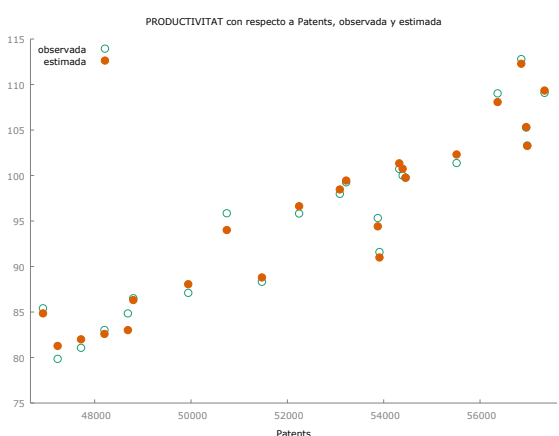
Respecte la linealitat, s'observa cada gràfic de relació de la variable dependent contra cada variable independent:



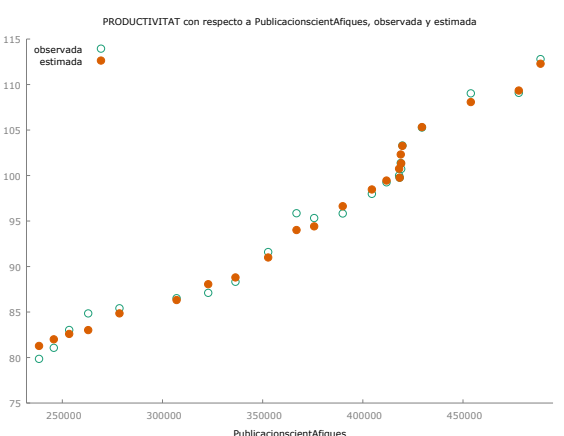
II·lustració 13: Relació *PRODUCTIVITAT* respecte %RD sobre PIB, observada i estimada



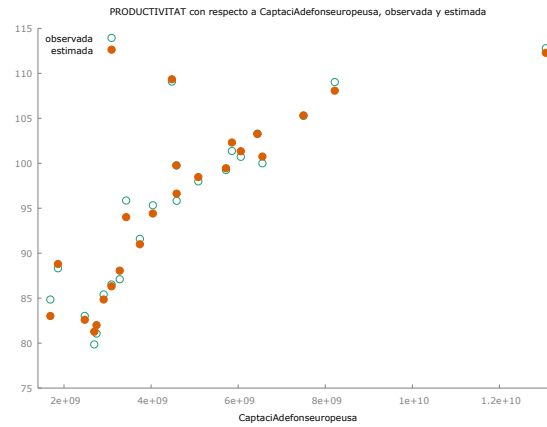
II·lustració 14: Relació *PRODUCTIVITAT* respecte Ocupació en R+D, observada i estimada



II·lustració 16: Relació *PRODUCTIVITAT* respecte Patents sol·licitades, observada i estimada

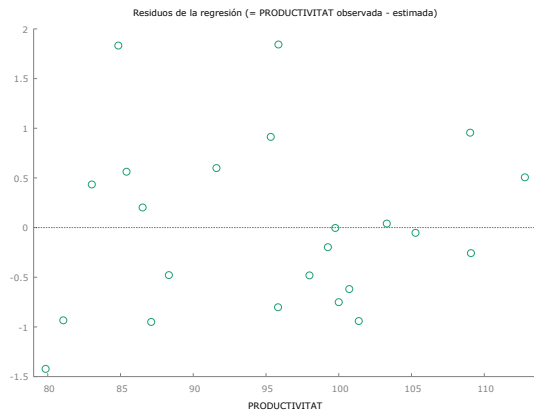


II·lustració 15: Relació *PRODUCTIVITAT* respecte Publicacions científiques, observada i estimada

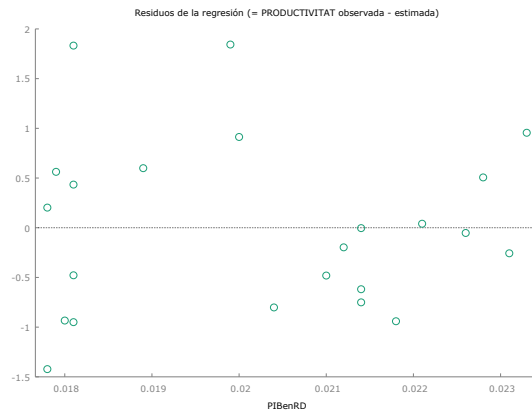


Il·lustració 15: Relació PRODUCTIVITAT respecte Captació de fons europeus, observada i estimada

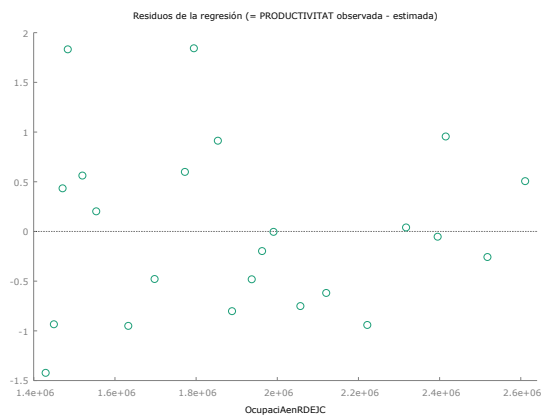
A priori sembla que la linealitat es compleix. Addicionalment, per acabar de confirmar, s'observen els gràfics de dispersió de residus, així com el gràfic Q-Q:



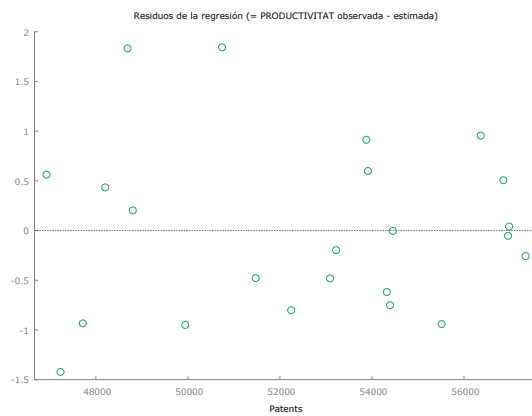
Il·lustració 18: Dispersió de residus variable PRODUCTIVITAT



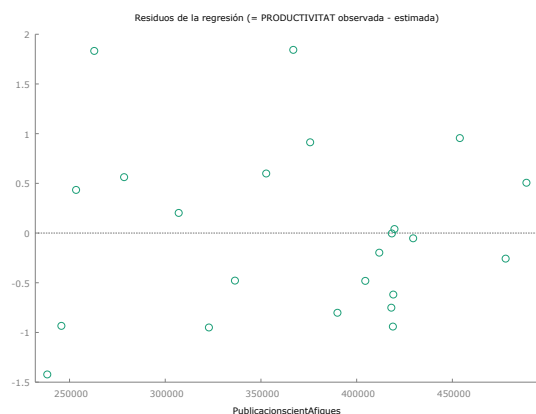
Il·lustració 19: Dispersió de residus variable %RD sobre PIB



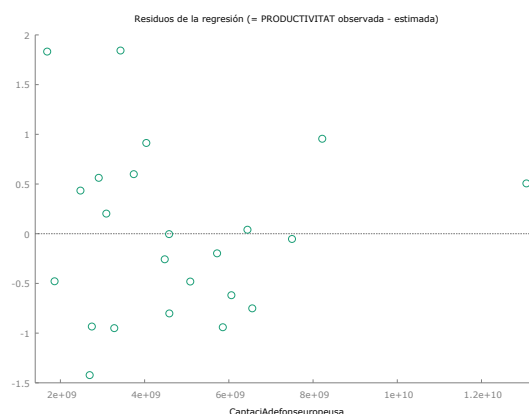
Il·lustració 20: Dispersió de residus variable Ocupació R+D



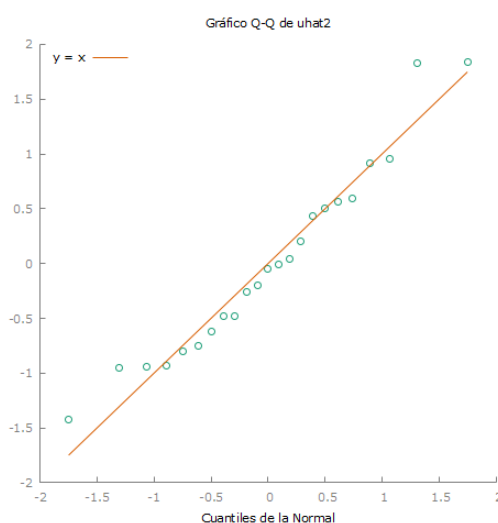
Il·lustració 22: Dispersió de residus variable Patents



Il·lustració 21: Dispersió de residus variable Publicacions científiques



Il·lustració 23: Dispersió de residus variable Captació de fons europeus



Il·lustració 24: Gràfic Q-Q del Model 1

No es troba cap patró sistemàtic i els residus es presenten, a priori, aleatòriament al voltant de 0. Les observacions del gràfic Q-Q segueixen la diagonal. Podem assumir, per tant, la linealitat del model.

Ara bé, pel que fa a la independència, el coeficient de *Durbin-Watson* 1,139931 no està suficientment a prop de 2 com per descartar-ne l'autocorrelació.

Tot i que l'ocupació en R+D i la captació de fons europeus comporten unes externalitats positives majúscules al %RD respecte al PIB, com ara millor eficiència, més idees i més resultats explotables, etc., és inevitable no considerar la seva relació dependent. Com més ocupació en R+D, més salaris en R+D i per tant més despesa interna en R+D. I el mateix passa per a la captació de fons europeus, que es destinen a executar projectes que recauen directament en despesa en R+D interna. Una possible solució pot ser eliminar aquestes dues variables, o bé eliminar-ne la de %RD sobre PIB.

Calculant el VIF (Factors d' inflació de variància), veiem que efectivament existeix un problema de col·linealitat.

%RD sobre PIB	16,512
Ocupació en R+D (EJC)	31,513
Patents	14,504
Publicacions científiques	14,032
Captació de fons europeus	4,036

Taula 18: VIF Model 1

Trobem, en tots els casos menys en la captació de fons europeus, un VIF superior a 10; podent determinar que existeix un problema de col·linealitat.

Abans de descartar el model o buscar-ne solucions, s'aprofita l'estudi previ dels residus, que, afegit al càlcul de la prova de *Breusch-Pagan*, aportarà informació sobre la possible heteroscedasticitat.

Ja es veu en els gràfics de dispersió que els residus es mostren de manera uniforme al voltant de 0, i no aparenten mostrar cap patró. Pel que fa a la prova de *Breusch-Pagan*:

Variable	Coefficient	Desv. típica	Estadístic t	Valor p
%RD sobre PIB	5,57569	12,8352	0,4344	0,6695
Ocupació en R+D (EJC)	521,169	600,399	0,8680	0,3975
Patents sol·licitades	-6,36113e-06	1,43081e-05	-0,4446	0,6622
Publicacions científiques	-1,65778e-07	4,42554e-06	-0,03746	0,9706
Captació de fons europeus	-0,000228064	0,000318972	-0,7150	0,4843
Suma de quadrats explicada = 8,26836				
Estadístic de contrast: LM = 4,134180, amb valor p = P(Chi-quadrat (5) > 4,134180) = 0,530264				

Taula 19: Contrast d'heteroscedasticitat de *Breusch-Pagan* del Model 1

No es troba valor de p (ni el LM ni el F) que sigui menor de 0,05, pel que es conclou que no hi ha evidència d'heteroscedasticitat.

Respecte a l'autocorrelació de residus (ja la última hipòtesi), com s'ha vist al *Durbin-Watson*, aquesta no es pot descartar. S'utilitzaran, per tant, errors estàndard robustos en el nou model, on es tractarà de corregir la dependència i col·linealitat de les variables.

D'altra banda, en sèries temporals, podem trobar un problema major: les relacions espúries. Donat que l'economia és creixent, en alguns casos es poden trobar relacions que podrien semblar dependents, però que en realitat no tenen cap tipus de relació causa-conseqüència.

Per tant, el primer pas és canviar el model a un model per diferències. En concret, la primera diferència. Això, addicionalment, ajudarà a eliminar tendències, assegurar-ne l'estacionarietat, i solucionar el problema de l'autocorrelació.

L'ocupació en R+D i la captació de fons europeus, doncs, es consideren com una part del %RD sobre el PIB, pel que es manté únicament aquesta última variable.

	Coeficient	Desv. Típica	Estadístic t	valor p	
const	-0,851996	0,451690	-1,886	0,0755	*
d_Publicacions científiques	3,05569e-05	3,03928e-05	1,005	0,3280	
d_Patents sol·licitades	-0,000249691	0,000169414	-1,474	0,1578	
d_%RD sobre PIB	1790,32	711,434	2,516	0,0216	**

Taula 20: Model 2: MQO, fent servir observacions 2001-2022. Variable dependent: d_PRODUCTIVITAT

Mitja de la vble. dep.	-1,497318	D,T, de la vble, dep,	1,292103
Suma de quad. residus	21,26049	D,T, de la regressió	1,086802
R-quadrat	0,393600	R-quadrat corregit	0,292533
F(4, 17)	3,894451	Valor p (de F)	0,026289
Log-verosimilitud	-30,84053	Criteri de Akaike	69,68107
Criteri de Schwarz	74,04524	Crit. de Hannan-Quinn	70,70913
rho	-0,072181	Durbin-Watson	1,737150

Taula 21: Estadístics principals del Model 2

Adicionalment es calcula el VIF:

d_%RD sobre PIB	1,039
d_Publicacions científiques	1,004
d_Patents sol·licitades	1,036

Taula 22: VIF Model 2

La constant té un coeficient de -0,8520, que és marginalment significatiu amb un valor p de 0,0755. Això suggereix una tendència decreixent en la productivitat quan les altres variables no canvien.

La variable *d_Publicacions científiques* té un coeficient de 3,05569e-05, però no és significativa amb un valor p de 0,3280. Això indica que no hi ha evidència estadística que els canvis en les publicacions científiques afectin significativament la productivitat.

La variable *d_Patents sol·licitades* té un coeficient de -0,000249691 i tampoc és significativa amb un valor p de 0,1578. Això suggereix que els canvis en les patents no tenen un impacte significatiu en la productivitat.

La variable *d_%RD sobre PIB* té un coeficient de 1790,3200 i és significativa amb un valor p de 0,0216. Això indica que un augment en la diferència del %RD sobre PIB està associat amb un augment significatiu de 1790,32 unitats en la diferència de la productivitat.

L'R-quadrat és de 0,3936, indicant que el model explica aproximadament el 39,36% de la variabilitat en la diferència de *PRODUCTIVITAT*. El R-quadrat corregit és de 0,2925, ajustat pel nombre de variables en el model. Això suggereix que poden haver-hi altres variables afectant a la variable *PRODUCTIVITAT* que no han estat contemplades.

L'estadístic F és de 3,8945, que és significatiu amb un valor p de 0,0263. El valor de *Durbin-Watson* és de 1,7372, suggerint que no hi ha una forta autocorrelació en els residus.

Ara sí, queda solucionat, aparentment, el problema de l'autocorrelació i de la col·linealitat. Estem davant d'un model consistent, que ajudarà Catalunya a fer polítiques respecte al R+D per a millorar la productivitat del país, i així la seva competitivitat.

La interpretació d'aquest model infereix que la constant negativa indica una tendència decreixent en la productivitat quan les altres variables no canvien. Les variables *d_Publicacions científiques* i *d_Patents sol·licitades* no tenen un impacte significatiu en els canvis de la productivitat segons aquest model. En canvi, la variable *d_%RD sobre PIB* té un impacte positiu i significatiu en els canvis de la productivitat, suggerint que el creixement del %RD sobre PIB està associat amb millores en la productivitat.

Per tant, el model suggereix que el creixement del %RD sobre PIB és un factor important per als canvis en la productivitat, mentre que les publicacions científiques i les patents no mostren un impacte significatiu en aquest context. La constant negativa indica una tendència decreixent en la productivitat quan les altres variables no canvien.

El coeficient de la variable *d_%RD sobre PIB* és 1790,3200. Això significa que per cada unitat d'increment en la diferència del % RD sobre el PIB, la diferència en la productivitat augmenta en 1790,3200 unitats. Cal recordar que %RD sobre PIB està en percentatge, pel que caldrà dividir per 100 per a obtenir l'enunciat final.

Per tant, mantenint constants les variables no significatives, obtindríem la següent equació:

$$\Delta \text{PRODUCTIVITAT} = -0,8520 + 1790,3200 * \Delta \%RD \text{ sobre PIB}$$

Equació 1: Model 2 ometent variables no significatives

El coeficient indica l'impacte per unitat de canvi en el %RD sobre PIB. Si el %RD sobre PIB augmenta en una unitat, la productivitat augmentaria en 1790,3200 unitats, menys 0,8520 degut al coeficient negatiu.

Per exemple: el % d'R+D sobre el PIB a EU19 l'any 2022 va ser de 0,0228 i la productivitat de 112,7940. Si la despesa en R+D arribés al nivell que fixa la Comissió Europea (0,0300), l'increment seria de 0,0072. Per tant, la productivitat augmentaria en (0,0072*1790,3200) 12,8903 unitats, i caldria restar-li 0,8520, obtenint un valor final de 124,8323.

Així, es pot obtenir també el valor mínim d'increment del %RD sobre PIB per tal de que no disminueixi la productivitat. Serà l'increment que multiplicat per 1790,3200 retorni el valor del coeficient (0,8520). En aquest cas el valor retornat és 0,00046, és a dir, cal que el %RD sobre PIB pugi en un 0,046%.

Es pot interpolar el mateix mètode a Catalunya. Si l'any 2022 la despesa sobre PIB era de 0,0179, per arribar als 0,0300 es requeriria un increment de 0,0121. Això comportaria un augment de la productivitat de 20,8108 (tenint en compte els 0,8520 negatius pel coeficient).

Conclusions:

Catalunya ha demostrat cert compromís en el camp de la recerca i el desenvolupament, millorant cada any els diferents indicadors que s'han estudiat: R+D sobre el PIB, ocupació en R+D, sol·licituds de patents, publicacions científiques i captació de fons europeus. L'increment més significatiu ha estat en l'ocupació en R+D i la captació de fons europeus.

La tendència és similar tant a nivell nacional com europeu, tot i que els nivells difereixin. En general, es pot concloure que Catalunya en tots els casos està per sobre de la mitjana espanyola, però que no té res a fer contra el líder europeu: Alemanya. En alguns casos es pot comparar amb EU19 però en termes generals lamentablement queda per darrere.

Així doncs, tot i les suposades bones notícies, Catalunya té un camí molt llarg per a recórrer si vol ser capdavantera en R+D. Això ho corroboren altres estudis, com ara l'*EU Regional Innovation Scoreboard*, que ens posiciona l'any 2023 com un *Strong Innovator* amb una puntuació de 114,9 punts, superant la mitjana de la Unió Europea de 109,4 punts i just per sota de la Comunitat de Madrid, amb 115,7 punts. Tot i així, la puntuació màxima aquest any per als *Strong Innovators* va ser per la regió neerlandesa de Groningen amb 135,5 punts. I per sobre dels *Strong Innovators* encara tenim els *Innovation Leaders*, liderats per Hovedstaden (Dinamarca) amb 169,5 punts (Comissió Europea, 2024).

Després de la regressió, s'ha vist que, amb molt alta probabilitat, increments en la despesa en R+D, concretament en el percentatge de despesa sobre el PIB, signifiquen augments en la productivitat. Això vol dir que per augmentar la productivitat, no tan sols val augmentar la despesa en R+D, doncs el PIB també creix cada any. Cal augmentar la despesa en R+D més del que augmenta el PIB (proporcionalment, és clar).

El percentatge de despesa interna en R+D sobre el PIB de Catalunya ha crescut, però en els darrers 8 anys tan sols ha augmentat un 25 %. Per arribar al valor fixat per la CE encara hauria d'augmentar en un 67,6% més. Això hauria de suposar una alarma.

En el relatiu a la productivitat, és difícil, per l'abast del projecte, saber quin impacte tindria l'augment de 21,57 punts. Però del que si que hi ha constància, és que el coeficient de la regressió ha esdevingut negatiu. Això implica que, si no hi ha increments en el %RD sobre el PIB, la productivitat disminuirà. Això seria realment catastròfic per a l'economia de Catalunya.

Per tant, si volem augmentar, o al menys mantenir, la productivitat, cal que augmentem la despesa en R+D per sobre del que augmenta el PIB.

Com a propers passos, és de gran interès conèixer més en profunditat quines implicacions comporten els augments de productivitat. Què implicaria assolir el 3% d'inversió del PIB en R+D? Quina situació pot incórrer si no s'hi arriba? I si no s'incrementa en absolut el %RD sobre PIB? Són qüestions que queden sobre la taula i que els autors deixen per a una segona part de l'estudi. També seria d'interès introduir altres variables al model que poden afectar la productivitat i que no s'estan tenint en compte.

El que sí ha quedat palès a l'estudi és que per augmentar la productivitat cal augmentar l'esforç en R+D. Per a aconseguir-ho, es plantegen algunes recomanacions, aprofitant l'estudi previ. Donat que tant l'ocupació en R+D com la captació de fons europeus impacten directament en el nivell de despesa interna en R+D, es plantegen iniciatives per a promoure-ho.

Referent a l'ocupació en R+D, es recomana apostar, encara més, pel talent. Començant per atraure estudiants, fer-los apreciar i donar la rellevància necessària a la R+D, i acabant per

brindar la demanda necessària al mercat laboral per aquest tipus d'oportunitats. Però més enllà d'això, cal aconseguir també retenir aquest talent.

Cal adreçar la fuga de cervells de soca-rel. Aquest fenomen es refereix a l'emigració de professionals altament qualificats a la recerca de millors oportunitats laborals i condicions de treball a l'estranger. Les causes són diverses: hi influeixen les condicions laborals i salarials, la manca de finançament i recursos, i el cost de l'educació, entre d'altres. Es proposen algunes iniciatives per a retenir talent, com ara programes de retorn, o plans d'atracció i retenció de talent.

Adicionalment, es proposa potenciar models de negoci on l'R+D en sigui l'activitat principal. Normalment això succeeix sobretot en universitats o institucions de l'Estat, però encara hi ha poques iniciatives en l'àmbit privat, més àgil i amb més prospecció de creixement. Això podria fer incrementar l'ocupabilitat en R+D en gran mesura.

Exemples d'aquests models de negoci privats amb l'R+D al centre poden ser *start-ups* tecnològiques i *spin-offs*, organitzacions de recerca per contracte, o bé el model de Centre Tecnològic, entitats privades sense ànim de lucre que tenen la missió de transferir coneixement al teixit industrial. Enfortir aquest tipus d'entitats comportaria directament un increment en l'ocupació en R+D.

Per al segon indicador significatiu, la captació de fons europeus, no es pot retreure res a Catalunya, ja que demostra un sistema d'R+D (empreses, institucions, administració, etc.) compromès amb les polítiques europees, excel·lent quant a qualitat, i ambiciós quant a ciència i projectes a executar. Cal, tan sols, seguir en la mateixa línia.

En definitiva, si volem ser competitius, cal millorar el posicionament quant a R+D, i així les innovacions i la productivitat arribaran. Amb la tendència actual, som molt lluny d'assolir el 3% fixat per la CE, pel que encara queda molta feina per a ser un referent, com en alguns fòrums es predica que som. I per a complir aquesta fita, la primera peça del trencaclosques és el talent, cal promoure'l, atraure'l i retenir-lo. Ser a prop d'Europa i seguir apostant pels seus programes també ens ajudarà a aconseguir-ho.

Referències bibliogràfiques

- Cámara de Comercio de España. (2024) "Propiedad Industrial e Intelectual."
- Chesbrough, H., Vanhaverbeke, W., & West, J. (Eds.). (2006). Open Innovation: Researching a New Paradigm. Oxford University Press.
- Comissió Europea. (2002). More Research for Europe: Towards 3% of GDP. Brussels: European Commission.
- Comissió Europea. (2010). Europe 2020: A strategy for smart, sustainable and inclusive growth. Brussels: European Commission.
- Comissió Europea. (2024). European Innovation Scoreboard 2023. Recuperat de <https://projects.research-and-innovation.ec.europa.eu/en/statistics/performance-indicators/european-innovation-scoreboard/eis-2024#/ris?year=2023>
- Comissió Europea. (2024). Horizon Dashboard. Recuperat de https://dashboard.tech.ec.europa.eu/qs_digit_dashboard_mt/public/sense/app/1213b8cd-3ebe-4730-b0f5-fa4e326df2e2/sheet/d1435e56-cdee-4f5f-8b0d-f49d41ffbd6c/state/analysis
- Eurostat. (2024). Despeses en R+D segons l'objectiu. Recuperat de https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/rd_e_gerdtot__custom_13414478/default/table?lang=en
- Eurostat. (2024). Nombre total de patents europees. Recuperat de https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/pat_ep_tot__custom_13121902/default/table?lang=en
- Eurostat. (2024). Personal en R+D per regió. Recuperat de https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/rd_p_persreg__custom_10493080/default/table?lang=en
- Eurostat. (2024). PIB i altres agregats principals. Recuperat de https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nama_10_gdp/default/table?lang=en&category=na10.nama10.nama_10_ma
- Eurostat. (2024). Població. Recuperat de https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/demo_pjan/default/table?lang=en&category=demo.demo_pop
- Eurostat. (2024). Productivitat laboral i costos laborals unitaris. Recuperat de https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nama_10_lp_ulc/default/table?lang=en&category=na10.nama10.nama_10_prod.nama_10_lpc
- Eurostat. (2024). PIB i components principals (producció, despesa i ingressos). https://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/en/nama_10_prod_esms.htm
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2024). Indicadores de producción científica. <https://indicadores.fecyt.es/#/produccion>
- Fernandez González, Amparo. (2010). Competitividad Y Derechos De Propiedad Industrial. Ministerio de Industria, Tuirismo y Comercio. 397: 15-20.

- García Galván, Rodolfo. (2017). Patentamiento universitario e innovación en México, país en desarrollo: teoría y política. *Revista de la educación superior*, 46(184): 77-96.
- García, J. (2014). Hipótesis en el modelo de regresión lineal por Mínimos Cuadrados Ordinarios. *Universitat Politècnica de València*.
- Griliches, Z. (1998). *R&D and productivity: The econometric evidence*. University of Chicago Press.
- Guellec, D. and B. van Pottelsberghe de la Potterie (2001), "R&D and Productivity Growth: Panel Data Analysis of 16 OECD Countries", *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, No. 2001/03, OECD Publishing, Paris.
- Guzmán, Alenka, Gómez Viquez, Hortensia, & López Herrera, Francisco. (2018). Patentes y crecimiento económico, el caso de México durante el TLCAN. *Economía: teoría y práctica*, (spe4), 177-213.
- Haguenaer, L. (1989), "Competitividade: conceitos e medidas: uma resenha da bibliografia recente com ênfase no caso brasileiro", *Texto para Discussão*, N° 211, Rio de Janeiro, *Universidade Federal de Rio de Janeiro*
- Institut d'Estadística de Catalunya. (2024). Estimacions de població. Recuperat de <https://www.idescat.cat/pub/?id=ep&n=9122>
- Institut d' Estadística de Catalunya. (2024). Indicadors bàsics de Catalunya. Recuperat de <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=basics&n=10474&col=1&lang=es>
- Institut d' Estadística de Catalunya. (2024). Indicadors bàsics de Catalunya. Recuperat de <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=basics&n=10231&lang=es&col=1>
- Institut d' Estadística de Catalunya. (2024). Personal ocupat en R+D interna en equivalència a jornada completa (EJC). Recuperat de <https://www.idescat.cat/pub/?id=rd&n=11500>
- Instituto Nacional de Estadística. (2024). Contabilidad nacional anual de España: principales agregados. Recuperat de https://ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736177057&menu=ultiDatos&idp=1254735576581
- OECD (2015), *Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental*, OECD Publishing, Paris/FEYCT, Madrid.
- Fons Monetari Internacional (FMI) (2011). ¿Qué es la econometría?
- Parisi, Maria Laura & Schiantarelli, Fabio & Sembenelli, Alessandro, 2006. "Productivity, innovation and R&D: Micro evidence for Italy," *European Economic Review*, Elsevier, vol. 50(8), pages 2037-2061, November
- Portal de la Recerca de Catalunya. (2024). Estadístiques de publicacions. Recuperat de <https://portalrecerca.csuc.cat/estadistiques/publicacions>

- Sáiz, P. (2011). Propiedad industrial y competitividad global en perspectiva histórica. UAM Working Papers in Economic History.
- World Economic Forum (2019), “Global Competitiveness Report 2019”, , Insight Report.
- Travieso Martín, C. (2024). La productividad y las teorías de crecimiento económico. Cooperativismo y Finanzas, 16(1), e04.
- UNIDO. (2024). Competitive Industrial Performance (CIP) Index: Germany. Recuperat de <https://stat.unido.org/analytical-tools/cip?country=276>
- Ferràs, X. Polítiques desacoplades a Catalunya: La recerca i la innovació, 2007-2016 (2018). 3r Congrés d'Economia i Empresa de Catalunya.