



UNIVERSITAT
ROVIRA i VIRGILI

Treball de fi de Grau

Creixement Endogen: Un anàlisi de
l'impacte de l'R+D pública, privada, les
infraestructures, l'estoc de capital, i
l'educació sobre el PIB per Comunitat
Autònoma a Espanya.

Luis Fernando Neila Martínez i Marc Vives Pagès

Tutor: Miguel Carlos Manjón Antolín

Continguts

Abstract.....	3
Motivació del Treball	3
1. Introducció	3
2. Revisió de la literatura	4
2.1. <i>Literatura de creixement endogen</i>	4
2.2 <i>Identificació de la problemàtica en la literatura existent</i>	8
3. Metodologia	9
3.1. <i>Enfocament Metodològic</i>	9
3.2. <i>Dades utilitzades</i>	10
3.3. <i>Transformacions de les dades.</i>	11
3.4 <i>L'estoc de capital: definició, rellevància econòmica i el seu paper en el creixement endogen</i>	11
4. Resultats.....	12
5. Discussió dels resultats	15
5.1. <i>Model en nivells fixos a 1 any</i>	15
5.2. <i>Model amb explicatives retardades 3 anys</i>	16
5.3 <i>Model amb explicatives retardades 5 anys.</i>	16
5.4. <i>Els efectes creuats entre àrees d'inversió</i>	17
5.5 <i>Comparativa amb la literatura existent</i>	18
6. Conclusions.....	19
6.1. <i>Implicacions i recomanacions de política pública</i>	20
Bibliografia	22

Abstract

Aquest treball analitza l'impacte del capital humà, la inversió en infraestructures i l'esforç en R+D (tant públic com privat) sobre el creixement econòmic regional a Espanya. A partir de dades de panell de les comunitats autònomes, s'estima un model economètric de tipus log-log per avaluar com aquestes variables explicatives incideixen en el PIB regional. Els resultats aporten una evidència favorable als models del creixement endogen, i posen èmfasi en el paper clau de l'educació superior, la inversió en R+D privat i l'estoc de capital net com a base del creixement econòmic. L'anàlisi ens ofereix implicacions rellevants per al disseny de polítiques que fomentin un desenvolupament del PIB a les regions. També es proposa recerca alternativa que ens han suggerit els resultats.

Motivació del Treball

Aquest àmbit del treball ha sigut escollit gràcies a la motivació i l'interès en el creixement econòmic dels autors. El creixement econòmic és un tema central en l'economia, ja que influeix directament en el benestar i la qualitat de vida de les persones. Pensem que com a economistes, estudiar els factors que impulsen aquest creixement (com l'R+D, les infraestructures, estoc de capital net i l'educació) ens permet aprofundir en una àrea de gran rellevància científica i social.

També pensem que hi pot haver *gaps* en la literatura existent: hem detectat que hi ha una manca d'anàlisis detallades o més actualitzades sobre l'impacte d'aquestes variables sobre el PIB en el context autonòmic. Aquest TFG ens oferirà l'oportunitat de contribuir a omplir aquest buit en la mesura de les nostres possibilitats.

1. Introducció

En què té més retorn la despesa pública de diners, en infraestructures, o en R+D? És important l'educació per tenir un PIB elevat? Que és més important, invertir en R+D públic o fomentar l'R+D privat? Aquestes preguntes, algunes que poden semblar més obvietes que d'altres, són fonamentals en matèria de creixement econòmic, perquè es creix més, com més apropiadament s'assignin els recursos que es tenen en disposició d'ús. Aquest treball mira de resoldre aquestes preguntes i aportar recomanacions en matèria de polítiques públiques. Per contestar aquestes preguntes, recorrerem a 3 models, un model d'efectes fixes per nivells, i dos models iguals, però amb 3 i 5 anys de retards. Aquests models estan estimats amb dades de cada comunitat autònoma d'Espanya, des del 2002, al 2020. Les variables als models seran la despesa en R+D pública, la despesa en R+D privada, la despesa anual en infraestructures, l'estoc de capital fix, i el percentatge de gent per comunitat autònoma amb estudis primaris + secundaris, i percentatge de gent amb estudis terciaris. A més a més, explorarem quines són

les inversions que tenen un retorn més elevat en el PIB, respecte de la despesa que suposen. Podem avançar que l'R+D públic, aparentment no té un efecte significatiu en el primer any, mentre que el privat en té, i molt, però a 3 anys, el públic supera al privat en impacte. En les infraestructures, veiem el mateix succés, com és que durant el primer any no té aparent impacte, però al cap de 3 anys té el seu efecte màxim, segurament perquè durant el primer any encara està sota construcció, i es triga a veure els resultats obtinguts. Per últim, apreciem que l'estoc de capital, al cap de 5 anys, acaba tenint un impacte negatiu en el PIB, cosa que pot ser per la possible depreciació, mentre que a curt termini té un impacte positiu. Les dades, com s'explica a la metodologia provenen de l'Institut Valencià d'Investigacions Econòmiques (IVIE), de l'INE, i del BBVA

El nostre treball pot tenir un caràcter diferencial en la literatura existent per diversos motius. És cert que la majoria d'estudis sobre creixement regional amb models endògens utilitzen models de panell amb efectes fixos, però sovint es limiten a considerar només l'impacte contemporani de les variables explicatives per nivells com la inversió en R+D per exemple. Nosaltres hem utilitzat retards en les variables explicatives de 5 anys, que ens permet analitzar amb més precisió l'efecte temporal d'aquestes, captant la dinàmica realista de com les decisions d'inversió i innovació impacten el creixement a mig termini, i no només de manera immediata.

Pensem que és rellevant perquè, tal com explica la literatura, els efectes de la inversió en capital o en R+D no són instantanis, sinó que sovint requereixen un cert període de maduració abans de traduir-se en increments de productivitat o PIB. El nostre model pot aportar evidència empírica sobre la magnitud i el *timing* d'aquests efectes, fet que la majoria d'estudis no tracten amb detall. A més, la utilització de diferents horitzons temporals (3 i 5 anys) ens ha permet comparar si l'impacte d'aquestes polítiques o inversions és més fort a curt o a mitjà termini, i si existeixen diferències significatives segons el tipus de variable.

Una de les parts més rellevants i diferencials del nostre treball es la recerca d'efectes creuats en les variables per poder extreure la conclusió d'existència d'efectes creuats. El fet d'introduir variables creuades en un model economètric és molt rellevant quan volem detectar efectes d'interacció entre diferents àrees d'inversió pública o privada. En el nostre treball, una de les aportacions específiques és la creació de variables creuades entre inversions en infraestructures i en R+D, tant públic com privat.

2. Revisió de la literatura

2.1. *Literatura de creixement endogen*

El treball parteix del marc teòric del creixement endogen, segons el qual el creixement econòmic a llarg termini és impulsat per factors interns de l'economia, com la inversió en

infraestructures, I+D, educació i l'estoc de capital net, que milloren la productivitat i promouen la innovació. En la literatura existent, en l'àmbit regional europeu i espanyol, molts estudis segueixen la línia de Romer (1986, 1990), i apliquen aquests models per explicar les diferències de creixement entre territoris, sovint utilitzant dades de PIB, inversió en R+D, capital físic i humà, i altres variables estructurals. A nivell metodològic, la literatura utilitza sovint models de dades de panell amb efectes fixos per captar les característiques invariants de cada regió i així controlar l'heterogeneïtat. Empíricament, els estudis mostren que la inversió en capital humà i innovació són determinants i clau del creixement regional sostingut, i que les polítiques de suport a aquestes àrees tenen efectes positius, especialment en regions menys desenvolupades.

Per fer aquest treball ens hem basat en els 3 models més importants de creixement endogen que hi han fins avui. El primer és el model de Solow i Swan(1956), que va ser el precursor del de Lucas(1988)i Romer(1990). Els models de creixement econòmic han estat una eina fonamental per entendre les dinàmiques a llarg termini de les economies. Tradicionalment, el model de Solow i Swan ha estat el punt de partida de molts estudis, i constitueix el que s'anomena un model de creixement exogen. En aquest sentit, explica que el creixement sostingut del PIB per càpita a llarg termini es deu a un factor que el model no explica internament: el progrés tècnic. Aquest progrés es considera una força externa, exògena, que evoluciona a un ritme constant i que permet que el PIB augmenti malgrat els rendiments decreixents del capital físic. Això ens implica una limitació fonamental: com que el creixement és impulsat per un factor que el model no pot analitzar, les polítiques econòmiques només poden afectar el nivell de producció, però no poden alterar la taxa de creixement de llarg termini. Llavors, reformes estructurals, inversions públiques o millores institucionals tenen, en aquest aspecte, un paper marginal respecte al creixement sostingut.

A partir dels anys vuitanta, davant d'aquesta limitació teòrica, diversos economistes van començar a desenvolupar el que avui coneixem com a teoria del creixement endogen (Lucas 1988, Romer 1990). En aquest conjunt de models, la taxa de creixement a llarg termini deixa de ser determinada per forces exògenes i passa a ser el resultat de decisions econòmiques internes. És a dir, el creixement esdevé endogen al sistema. Això es fa possible mitjançant la incorporació de mecanismes com la inversió en recerca i desenvolupament (R+D), l'acumulació de capital humà, l'efecte d'externalitats positives i l'aprenentatge per la pràctica, entre d'altres. En aquests models, la productivitat pot augmentar indefinidament si hi ha inversions suficients en coneixement i innovació, i això fa que el retorn del capital no disminueixi tan ràpidament com al model de Solow. Per tant, és possible obtenir creixement sostingut sense necessitat de dependre d'un progrés tècnic impulsat des de fora.

Aquest canvi de paradigma pensem que té implicacions molt rellevants per a la política econòmica. Si el creixement pot ser impulsat des de dins mitjançant decisions públiques i privades, llavors les polítiques governamentals com els incentius a la inversió en R+D, el

suport a l'educació o la millora de les infraestructures, poden tenir efectes permanents en la taxa de creixement d'un país o una regió. Això entrega a les autoritats econòmiques un paper molt més actiu i central a l'hora de fomentar el desenvolupament econòmic, especialment en contextos de desigualtat territorial.

També ens basem en Barro i Sala-i-Martin en el seu llibre *Economic growth* (2003, pàgines 18-19), perquè han estat crucials per donar contingut empíric a la teoria de creixement endogen. En el mateix llibre, sistematitzen com aplicar aquests models teòrics a l'anàlisi de dades reals, tant a nivell nacional com regional. Una de les seves aportacions més destacades és la formalització de la noció de convergència econòmica, distingint entre convergència beta i sigma. A través d'aquestes eines, poden estudiar si les regions més pobres tenen una tendència a créixer més ràpid que les més riques, un aspecte important en l'avaluació de les polítiques regionals. També analitzen empíricament com variables com l'educació, la inversió pública, la inflació, la qualitat institucional o el grau d'obertura econòmica poden tenir un impacte significatiu i persistent en el creixement de llarg termini.

Aquest enfocament pensem que és interessant per a un treball final de grau, centrat en les diferències regionals dins d'un mateix país, com pot ser l'Estat espanyol. Si s'estudien les causes del creixement del PIB regional, no n'hi ha prou amb considerar l'acumulació de capital físic; cal tenir en compte factors més complexos com la capacitat innovadora, l'estructura del capital humà o la qualitat de les infraestructures. En aquest sentit, els models de creixement endogen ofereixen una base teòrica sòlida que justifica la inclusió d'aquestes variables en un model economètric. A més, proporcionen una justificació clara del perquè les diferències en la dotació d'aquests factors poden generar trajectòries divergents de creixement entre regions.

El pas dels models exògens als endògens no només representa un avenç teòric, sinó també una eina potent per comprendre i incidir en la realitat econòmica. Per això, en el nostre TFG que pretén analitzar l'impacte de la inversió en capital humà, R+D o infraestructures sobre el creixement del PIB regional, resulta fonamental basar-se en la teoria del creixement endogen. Aquesta teoria no només permet explicar les diferències que podem observar entre regions, sinó que també ens obre la porta a recomanacions de política econòmica concretes per fomentar un desenvolupament més equilibrat i sostingut.

A continuació, farem una breu descripció dels models teòrics de Solow i Swan, Romer i Lucas.

El model assumeix una economia del tipus Cobb-Douglas, on K és capital, Y és el PIB, L és treball, A és el nivell de tecnologia i α , que és la relació de substitució entre els dos factors, és el grau en el que afecten les variables al PIB.

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha} \quad \text{on } 0 < \alpha < 1$$

El segon, és el de Romer al 1990. En ell, Romer modelitza el creixement com una funció de producció agregada que inclou tres factors: Capital, Treball, i Coneixement tecnològic.

$$Y(t) = A(t)K(t)^\alpha L(t)^{1-\alpha}$$

La variant que el fa especial és que la taxa del canvi en el coneixement en el temps t , $\dot{A}(\cdot)$, depèn del percentatge d'èxit que té una despesa en R+D (δ), el Coneixement tecnològic (A), L que és Treball, i γ , que és el paràmetre que mesura l'impacte del treball dedicat a R+D sobre el creixement del coneixement.

$$\dot{A}(t) = \delta A(t)L(t)^\gamma$$

El tercer, és el de Lucas al 1988. Aquest darrer, incorpora dins l'estimació el Capital Humà, com una variant més dins del model. Un dels principals avenços en la teoria del creixement endogen és que introdueix el capital humà com a motor fonamental del creixement a llarg termini. Aquest model parteix de la base que el creixement econòmic sostingut pot ser explicat internament per les decisions dels agents econòmics, especialment pel temps dedicat a l'educació i la formació. En l'estructura del model, l'economia compta amb dos tipus de capital: el capital físic (maquinària, infraestructures) i el capital humà (habilitats, coneixements, educació). Els individus decideixen com repartir el seu temps entre treballar i formar-se, cosa que implica una elecció entre producció present i inversió en capital humà per al futur.

La funció de producció del model es pot expressar com:

$$y(t) = \frac{Y(t)}{L(t)} = A \cdot k(t)^\alpha \cdot [u(t)h(t)]^{1-\alpha}$$

On:

$y(t)$: Producció per càpita a temps t , $Y(t)$: Producció agregada a temps t , $L(t)$: Població laboral a temps t , A : Nivell tecnològic (constant en aquesta versió bàsica), $K(t)$: Estoc de capital físic, $H(t)$: Estoc de capital humà agregat, $u(t)$: Fracció de temps dedicada a la producció ($0 \leq u(t) \leq 1$) i α : Participació del capital físic en la producció ($0 < \alpha < 1$).

Aquest model mostra que, en presència d'una inversió contínua en educació, és possible assolir un creixement sostingut del PIB per càpita sense necessitat d'introduir el progrés tecnològic com un element exogen. El capital humà presenta rendiments creixents a escala

$$\dot{H}(t) = \psi \cdot [1 - u(t)] \cdot H(t)$$

agregada gràcies a les externalitats positives: el coneixement adquirit per una persona beneficia també als altres, augmentant la productivitat agregada.

És important connectar els models de Solow-Swan, Romer i Lucas perquè junts ofereixen una visió evolutiva i complementària del creixement econòmic. El model de Solow-Swan estableix les bases del creixement a llarg termini amb fonts exògenes com el progrés tecnològic, però no explica com es genera aquest progrés. Els models endògens de Romer i Lucas avancen en aquest aspecte: Romer incorpora el coneixement i la innovació com a motors interns del creixement, mentre que Lucas destaca el paper fonamental del capital humà. Connectar-los permet entendre com es pot passar d'un enfocament on el creixement depèn de factors externs a un marc on l'economia pot generar creixement de manera autònoma mitjançant decisions d'inversió en educació, R+D i tecnologia. Aquesta relació és clau per analitzar polítiques de desenvolupament i dissenyar estratègies efectives de creixement sostingut. I per aquest motiu, cal explicar-los i detallar-los per entendre el marc conceptual del nostre treball de final de grau. A través de l'anàlisi dels models de Solow, Romer i Lucas, podem construir una base teòrica sòlida que justifiqui l'estudi del creixement endogen, identificant els mecanismes que generen el desenvolupament econòmic i permeten formular polítiques orientades a potenciar-lo.

2.2 Identificació de la problemàtica en la literatura existent

Després de revisar la literatura existent, creiem que el nostre treball pot contribuir en tres àrees.

Primer, els treballs analitzats subratllen la necessitat de desenvolupar models que no només considerin variables macroeconòmiques generals, sinó que incloguin una gamma més àmplia de variables estructurals, com l'I+D públic i privat, l'educació en diferents nivells i la qualitat de les infraestructures, per obtenir una visió més encertada del seu impacte en el creixement econòmic.

Segon, en la literatura es fa referència a la dificultat en la mesura precisa de certes variables, com la qualitat de les infraestructures o l'efectivitat de les polítiques d'educació i R+D. A la literatura existent encara hi ha una certa manca d'homogeneïtat en la definició i mesura d'aquestes variables a nivell regional o nacional, i aquest és un fet que dificulta la comparació dels resultats entre diferents estudis.

Finalment, tenim dades desagregades per comunitat autònoma, el que aporta també apreciacions a nivell regional que han estat menys estudiades en la literatura.

3. Metodologia

3.1. Enfocament Metodològic

Aquest treball adopta un enfocament mixt, combinant l'anàlisi teòrica dels principals models de creixement econòmic amb una aproximació basada en dades regionals espanyoles. L'objectiu és contrastar, mitjançant tècniques econòmiques, fins a quin punt les variables vinculades al capital humà, la inversió en infraestructures, l'estoc de capital i la recerca i desenvolupament expliquen el creixement regional des d'una perspectiva de creixement endogen.

Concretament, es realitzarà una primera regressió lineal amb dades de panell utilitzant un model d'efectes fixos per nivells, per captar l'impacte mitjà de les variables explicatives sobre el PIB real regional. Aquesta especificació permet controlar per les característiques no observables pròpies de cada comunitat autònoma que són constants al llarg del temps, com ara la geografia, la cultura econòmica o determinades institucions.

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln X_{it} + \alpha_i + \varepsilon_{it}$$

Posteriorment, es compararà aquest model amb dues especificacions addicionals que incorporen retards temporals de 3 i 5 anys en les variables explicatives. L'objectiu és analitzar si l'efecte de la inversió en R+D, educació o capital es manifesta de manera immediata o amb un cert retard temporal, com és habitual en processos de creixement econòmic. A més a més, la incorporació de retards permet també abordar millor possibles problemes de causalitat inversa i reforçar la robustesa dels resultats.

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=0}^3 \beta_k \ln X_{i,t-k} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

$$\ln Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=0}^5 \beta_k \ln X_{i,t-k} + \alpha_i + \gamma_t + \varepsilon_{it}$$

A banda, també s'estimaran efectes creuats. Els efectes creuats mesuren el grau de coordinació que les variables tenen entre si. Els efectes creuats permeten captar efectes que es reforcen mútuament o substitutius entre diferents tipus d'inversió. Significa que no només

mesurem l'efecte directe de cada àrea sobre el creixement econòmic, sinó també si la combinació de dues d'elles genera un impacte més gran del que s'esperaria sumant els efectes per separat. Per exemple, una inversió en infraestructures pot potenciar l'eficiència i l'impacte de la inversió en R+D públic, ja que una millor xarxa logística, de transport o digital facilita la difusió del coneixement i la col·laboració entre centres de recerca. Simultàniament, si hi ha una inversió privada forta en R+D, aquesta pot beneficiar-se més si ja hi ha una base sòlida d'infraestructures finançades públicament, creant un entorn més favorable per a la innovació i el desenvolupament tecnològic. Aquest "contagi positiu" entre àrees es pot entendre com una mena de multiplicador conjunt, on l'efecte d'una política no queda confinat a la seva àrea específica, sinó que s'expandeix i reforça altres àmbits. Per això, analitzar les interaccions entre infraestructures i R+D ens ajuda a entendre millor com les polítiques públiques es poden coordinar per maximitzar el retorn econòmic i social.

3.2. Dades utilitzades

Per a la part empírica del treball s'han utilitzat dades de panell per a les disset comunitats autònomes espanyoles, exceptuant les ciutats autònòmiques de Ceuta i Melilla, que degut a la absència de dades completes, han hagut de ser eliminades de la base de dades. Aquestes han estat extretes principalment de dues fonts oficials: l' Institut Nacional de Estadística (INE) i la base de dades del IVIE (Institut Valencià d'Investigacions Econòmiques), en col·laboració amb la Fundació BBVA.

Més concretament el PIB real per comunitat autònoma ha estat extret de l'INE, la inversió en infraestructures públiques ha estat extreta de l'IVIE, així com la inversió en R+D pública i privada i l'estoc de capital net també. Finalment el nivell educatiu de la població (primària secundària i terciària) han sigut extretes de l'INE.

Totes les variables han estat expressades en logaritmes naturals per facilitar la interpretació dels coeficients com elasticitats i reduir la influència de possibles valors extrems.

S'ha creat una taula amb els estadístics principals de les dades, per les comunitats autònomes, entre els anys 2002-2020

Taula 1: Estadístics descriptius agregats de les Comunitats Autònomes (CCAA)

Variable	Mitjana	Desviació Estàndard	Màxim	Mínim
R+D Públic (Milers d'euros)	81.722,45 €	90.272,14 €	423.610,09 €	4.345,45 €
R+D Privat (Milers d'euros)	647.236,04 €	892.024,89 €	4.129.421,28 €	18.320,87 €
PIB (Milers d'euros)	1.063.134,09 €	61.410.546,28 €	261.713.090,00 €	5.542.919,00 €
Infraestructures (Milers d'euros)	62.260.154,41 €	1.131.945,00 €	8.414.775,63 €	51.751,05 €
Estudis primaris + secundaris (Percentatge)	45,59 %	9,82 %	68,26 %	23,37 %
Estudis terciaris (Percentatge)	32,71 %	7,89 %	55,05 %	18,00 %
Estoc de capital net (Milers d'euros)	227.165.369,39 €	209.702.528,34 €	793.180.222,31 €	18.829.993,38 €

3.3. Transformacions de les dades.

Totes les variables han estat expressades en valors reals amb base 2008, de manera que s'elimina l'efecte de la inflació i es garanteix la comparació temporal dels valors entre anys i comunitats autònomes. Aquesta transformació ens permet analitzar l'evolució del creixement i dels factors explicatius en termes reals, reflectint millor l'impacte econòmic net de les variables analitzades.

L'ús d'una base comuna (2008) també facilita la coherència interna del model, ja que totes les magnituds es troben representades a un mateix any de referència, evitant distorsions provocades de canvis de preus o crisis econòmiques existents ens aquests períodes.

3.4 L'estoc de capital: definició, rellevància econòmica i el seu paper en el creixement endogen

L'estoc de capital representa el valor acumulat dels béns de producció que posseeix una economia en un moment determinat: maquinària, infraestructures, edificis, tecnologia, etc. A diferència de la inversió, que reflecteix un flux (el que s'inverteix en un període), l'estoc és un concepte de fons que recull la capacitat productiva acumulada al llarg del temps.

Des de la perspectiva de la teoria econòmica, l'estoc de capital és un dels pilars fonamentals de la funció de producció agregada. En models clàssics i neoclàssics com el de Solow, el capital físic és un factor que, juntament amb el treball i la tecnologia, determina el nivell de producció. En aquests marcs, un major estoc de capital permet una producció més gran per treballador, afavorint el creixement econòmic.

En l'enfocament del creixement endogen, l'estoc de capital adquireix un paper encara més rellevant. Models com els de Romer (1990), Lucas (1988) o Barro (1990) integren el capital no només com un input físic, sinó també en formes ampliades com el capital humà, el capital tecnològic o les infraestructures públiques. En aquests marcs, el capital no només incrementa la producció, sinó que també pot generar rendiments creixents a través d'externalitats positives, aprenentatge, innovació o millores en l'eficiència del sistema productiu.

Diversos estudis empírics (com els informes del BBVA, la Fundació BBVA-IVIE o treballs del Banc Mundial) analitzen com el capital acumulat en regions o països contribueix al creixement econòmic, especialment quan es desagrega en diferents categories: capital en infraestructures, capital tecnològic, capital privat o capital en R+D. Aquesta diferenciació permet avaluar millor l'impacte qualitatiu de la inversió: no tot el capital genera el mateix retorn econòmic ni les mateixes externalitats.

Per tant, estudiar l'estoc de capital i no només els fluxos d'inversió permet entendre millor les condicions estructurals que determinen el creixement econòmic a llarg termini. En aquest treball, hem incorporat aquesta variable per captar els efectes acumulats de la inversió en infraestructures, capital tecnològic i actius productius en el creixement regional del PIB real.

4. Resultats

Taula 1: Estimacions dels paràmetres dels models

Variable	Coeficients	Model 1 (Nivells)	Model 2 (3 anys retard)	Model 3 (5 anys retard)
R+D Pública		-0.090 (0.163)	0.776*** (0.183)	0.211 (0.154)

Variable	Coefficients	Model 1 (Nivells)	Model 2 (3 anys retard)	Model 3 (5 anys retard)
R+D Privada		0.383***	0.672***	0.010
		(0.138)	(0.157)	(0.134)
Infraestructures		0.217	0.681***	0.334**
		(0.134)	(0.154)	(0.135)
Estudis Primaris i Secundaris		-0.401***	-0.450***	-0.209***
		(0.045)	(0.055)	(0.051)
Estoc de Capital		0.098***	0.064**	-0.045*
		(0.025)	(0.028)	(0.023)
Infra. x R+D Pública		0.027*	-0.086***	-0.085***
		(0.016)	(0.018)	(0.016)

Variable	Coefficients	Model 1 (Nivells)	Model 2 (3 anys retard)	Model 3 (5 anys retard)
Infra. x R+D Privada		-0.065***	-0.072***	-0.006
		(0.024)	(0.027)	(0.024)
R+D Pública x R+D Privada		0.010	-0.098***	0.015
		(0.030)	(0.034)	(0.029)

Nota: Errors estàndards entre parèntesi.

Taula 2: Estimacions dels coeficients dels models.

Estadístics dels Models:

Estadístic	Model 1	Model 2	Model 3
Observacions	323	306	272
R² MCVF (global)	0.85	0.61	0.68
Test F (p-valor)	1.6e-107	1.88e-44	1.88e-48

5. Discussió dels resultats

5.1. Model en nivells fixos a 1 any

El model d'efectes fixos per nivells ens mostra un coeficient negatiu de l'educació primària, amb una disminució estimada del 0,4% del PIB per cada 1% més de graduats amb màxims estudis primaris. Això ens suggereix que, regions amb més gent amb màxims estudis primaris, tenen un efecte significativament inferior sobre el PIB. Això podria ser per la major productivitat associada a formacions superiors. La inversió privada en R+D, té un paper clau, amb un 0,38% d'augment en el PIB per cada 1% d'augment en despesa, mentre que la pública no ens dona resultats significatius, cosa que pot evidenciar que l'R+D públic, com veurem més endavant, té efectes a més llarg termini. Les infraestructures mostren un impacte positiu, amb un 0,21% d'increment del PIB per cada augment d'un 1% en la seva despesa. Com també l'estoc de capital, que amb un 1% més de despesa, augmenta en 0,09% el PIB.

En el cas de l'R+D privada, els resultats en nivells apunten a una relació positiva i significativa amb el PIB regional ja des del primer any, i aquest efecte es manté i s'intensifica quan s'incorporen retards de fins a tres anys. Això indica que l'R+D privada pot generar retorns econòmics tant a curt com a mitjà termini, especialment en regions amb teixits productius amb alta capacitat d'absorció tecnològica. Aquest patró també pot reflectir l'orientació més eficient o focalitzada de la inversió privada en innovació respecte altres formes de capital, com el públic o les infraestructures. Al mateix temps, per maximitzar el seu impacte, pot ser necessari complementar aquesta inversió amb capital humà qualificat o suport institucional. En canvi, l'R+D pública no presenta un impacte significatiu sobre el PIB regional en els models estimats, fet que pot estar relacionat amb la seva naturalesa menys orientada al mercat o amb una difusió més lenta dels seus resultats.

Parlant ara de les infraestructures, amb el model per nivells no podem extreure masses conclusions, degut a que no s'ha obtingut cap resultat significatiu. També és una qüestió molt important, ja que probablement ens pot indicar la necessitat d'entregar un temps per fer madurar les possibles inversions en aquesta matèria, per que donin certs resultats interessants com s'analitzaran en períodes de 3 i 5 anys.

Respecte a l'estoc de capital, un 1% d'augment en l'estoc, fa augmentar en 0,09% el PIB. Això és el rendiment mitjà del capital a les comunitats autònomes, o dit d'una altra manera, el rendiment brut econòmic de totes les inversions a Espanya, podria ser d'un 9% el primer any.

5.2. Model amb explicatives retardades 3 anys

La inversió en R+D públic ara és positiva i significativa, amb un augment del PIB d'un 0,77% per cada augment de l'1% en la despesa, al contrari que en el model anterior. També podem comprovar com hi ha un efecte més fort de la inversió privada i de les infraestructures. Això vol dir que les infraestructures i la inversió en R+D tant pública com privada tenen un efecte més fort en el PIB a mitjà termini o 3 anys. La baixa educació es manté en un impacte negatiu sobre el PIB però és encara més negatiu, cosa que explica que una pujada avui en el nombre de persones amb baixa educació, fa disminuir el PIB més, al cap de tres anys, del que el baixa al cap d'un any. Fent el mateix anàlisi que el l'apartat anterior, l'R+D privat té un efecte positiu sobre el PIB, on aquest augmenta un 0,672 % per cada increment del 1% cada tres anys. Tantmateix trobem que les infraestructures tenen un efecte positiu i significatiu sobre el PIB del 0,68% per cada increment del 1% en aquesta variable, fet que ens permet extreure la conclusió de la necessitat de donar certa dinàmica als models per poder extreure l'efecte real d'aquesta variable en les economies regionals.

5.3 Model amb explicatives retardades 5 anys.

El model amb retard de 5 anys ens mostra canvis significatius respecte als models anteriors. La inversió pública i privada, que en el model sense retard presentaven efectes contrastats (la privada positiva i significativa) i en el model de 3 anys mostraven impactes positius i significatius, ara perden completament la seva significació. Aquest fet ens suggereix que l'efecte de les inversions, tant públiques com privades, es dilueix en un horitzó temporal de cinc anys. Les infraestructures, tot i mantenir un efecte positiu, veuen reduït el seu impacte a aproximadament la meitat del que presentaven en el model de 3 anys de retard.

L'educació primària i secundària continua mostrant un efecte negatiu i significatiu en comparació amb l'educació terciària, encara que amb una magnitud inferior respecte als models anteriors, passant de -0.401 en el model sense retard a -0.450 en el de 3 anys i finalment a -0.209 en aquest model de 5 anys. Aquest resultat persistent confirma la importància de diferenciar entre nivells educatius en l'anàlisi del creixement econòmic. Un resultat destacable és l'aparició d'un efecte negatiu en l'estoc de capital, que en els models anteriors era positiu, potser mostrant processos d'obsolescència tecnològica o depreciació accelerada en períodes més llargs.

En resum, els resultats indiquen que els efectes de les principals variables econòmiques analitzades tendeixen a debilitar-se amb el pas del temps, especialment en el cas de les inversions, mentre que algunes variables com l'educació mostren patrons més persistents. Aquests resultats subratllen la importància de considerar l'horitzó temporal en l'avaluació de polítiques econòmiques, ja que els efectes a curt i mitjà termini poden diferir substancialment dels observats a més llarg termini.

5.4. *Els efectes creuats entre àrees d'inversió*

Una de les aportacions més rellevants del nostre treball és la inclusió de variables creuades entre àrees d'inversió estratègiques, com les infraestructures i l'R+D (pública i privada). Aquestes variables tenen com a objectiu capturar efectes complementaris o de substitució entre polítiques públiques que, encara que son analitzades habitualment de forma aïllada, en la realitat poden generar efectes combinats més complexos.

Els resultats dels models a 3 i 5 anys mostren que algunes d'aquestes interaccions tenen significació estadística i signe negatiu, fet que ens fa reflexionar sobre un possible efecte substitució negatiu, degut a les ineficiències en l'assignació dels recursos adients en aquestes àrees d'inversió. Per exemple, la interacció entre infraestructures i R+D pública, que presenta un coeficient negatiu i significatiu a 3 i 5 anys, podria indicar que les dues polítiques, quan no estan ben coordinades, no es reforcen mútuament, sinó que fins i tot poden competir per recursos o produir rendiments decreixents. Això pot passar, per exemple, en escenaris on es construeixen infraestructures que no responen a les necessitats dels centres d'R+D públic, o quan la inversió en R+D es fa sense disposar de les infraestructures necessàries per transferir coneixement o escalar en la innovació. Per tant això també respon a les qüestions inicials plantejades, en el sentit que no només s'ha de prioritzar entre infraestructures o R+D, sinó que també cal tenir en compte que les inversions en aquestes variables que es portin a terme, han de tenir, i estar enfocades amb un procés coordinat de manera que una mena d'inversions potenciï les altres.

També és interessant el cas de la interacció infraestructures i R+D privada, que té signe negatiu i significatiu a curt i mitjà termini, però es dilueix als 5 anys. Aquest resultat podria suggerir que la inversió privada en R+D és altament sensible a la qualitat i adaptació de les infraestructures en el moment de fer-se la inversió, però que amb el temps, les empreses poden adaptar-se o buscar alternatives. Una altre possible explicació és que les empreses innovadores no poden aprofitar completament el potencial de les infraestructures públiques si aquestes no estan dissenyades amb una visió empresarial clara.

Finalment, la interacció entre R+D pública i privada també mostra un signe negatiu significatiu a 3 anys, però no a 5. Això podria indicar que existeix una competència entre ambdós sectors per recursos, talent o espais d'actuació, o que la falta de col·laboració efectiva genera duplicació d'esforços. Però el fet que aquest efecte desaparegui al cap de 5 anys podria també senyalar una adaptació progressiva, on amb el temps es desenvolupen formes de col·laboració més eficients o s'ajusten les estratègies d'inversió.

Aquests resultats posen de manifest que els efectes creuats no són automàticament positius i que l'existència d'efectes creuats requereix una planificació i coordinació molt més fina entre

àrees d'inversió. El valor del nostre treball és precisament intentar evidenciar que, en absència d'aquesta coordinació, les polítiques poden entrar en conflicte, malbaratar recursos públics i reduir el seu impacte real sobre el creixement. Una política econòmica eficaç no hauria de tractar aquestes inversions com compartiments tancats, sinó com elements d'un ecosistema interdependent, on la complementarietat depèn de la seva sincronització estratègica en les inversions.

5.5 Comparativa amb la literatura existent

Els resultats del nostre treball s'alineen en bona part amb la literatura sobre creixement endogen regional, però introdueixen matisos importants, especialment pel que fa a l'estoc de capital i la seva evolució temporal. La majoria d'estudis previs, com els de l'IVIE-BBVA i d'altres sobre economia regional, mostren que l'estoc de capital té un efecte positiu sobre el creixement del PIB, particularment quan s'analitzen períodes llargs i es considera l'acumulació sostinguda d'inversions. Aquests treballs, tendeixen a estar centrats en l'impacte contemporani o a curt termini, i assumeixen que el capital, si bé es pot depreciar, segueix sent un motor de creixement quan es renova i es manté una inversió constant.

El nostre enfocament, incorporant explícitament retards de 3 i 5 anys mostra que, mentre a curt termini l'estoc de capital té un efecte positiu sobre el PIB regional, a cinc anys vista aquest impacte pot convertir-se en negatiu. Aquest resultat és poc habitual a la literatura sobre el cas espanyol, on el capital es considera gairebé sempre una variable amb efecte positiu. El resultat podria estar relacionat amb la depreciació accelerada del capital, l'envelliment de les infraestructures o la falta de renovació tecnològica, factors que la literatura reconeix però que rarament quantifica amb tanta claredat en models.

Alguns estudis recents del Consell de Treball, Econòmic i Social de Catalunya, Mallafrè i Vives (2021, pàgina 9), apunten que, en períodes de crisi o quan la inversió es concentra en actius de rendibilitat decreixent, el creixement de l'estoc de capital pot tenir un retorn inferior o fins i tot negatiu a mig termini. La depreciació endògena i els canvis en les expectatives d'inversió poden explicar que, si no hi ha una renovació constant i una adaptació a les noves necessitats productives, el capital acumulat perdi valor i acabi llastant el creixement. El nostre treball aporta evidència empírica d'aquest fenomen, que la literatura només suggereix de manera indirecta.

A més, l'anàlisi d'efectes creuats entre inversió en infraestructures i R+D afegeix una dimensió que molts estudis no exploren: la complementarietat entre polítiques públiques i la importància de coordinar inversions perquè el seu impacte sigui realment multiplicador. Aquesta visió integrada, juntament amb la consideració dels efectes temporals diferenciats, representa una aportació rellevant i innovadora.

En conclusió, el nostre treball es diferencia de la literatura principalment per dos aspectes: primer, per evidenciar empíricament que l'estoc de capital pot tenir un impacte negatiu a cinc anys, probablement per la depreciació i l'obsolescència, i segon, per l'anàlisi detallada dels efectes temporals i creuats de les inversions, que permet matisar i enriquir la comprensió dels mecanismes de creixement regional a Espanya. Això ens obre la porta a recomanacions de política més sofisticades, posant èmfasi en la necessitat de renovar i adaptar el capital i en la coordinació de les polítiques d'inversió per maximitzar-ne el retorn. Aquestes recomanacions estan en l'apartat següent.

6. Conclusions

Els resultats obtinguts al llarg d'aquest treball ens han permès extreure diverses conclusions amb certa rellevància per a l'economia regional espanyola i per al disseny de polítiques públiques orientades al creixement econòmic. La principal aportació en el nostre estudi és demostrar que certes formes d'inversió, com l'educació superior, l'R+D privada, les infraestructures i l'estoc de capital, tenen un impacte significatiu i creixent en el temps sobre el creixement del PIB regional.

Un dels nostres aprenentatges fonamentals és que la inversió en educació terciària no només presenta un retorn positiu sobre el creixement, sinó que també contribueix a reduir els efectes negatius que van associats a un elevat pes de població amb només estudis bàsics. Això ens indica que les polítiques públiques han de continuar reforçant el sistema educatiu superior, tant en accés com en qualitat a les universitats, ja que el capital humà especialitzat repercuteix en la competitivitat de les economies regionals.

Avaluant el paper de les infraestructures, un anàlisi extra que proposem que es podria fer i que se'ns acut és saber si el retorn de la despesa en infraestructures té rendiments decreixents, i amb això ens referim a que si cada euro extra que es gasta en infraestructures, té un impacte inferior. Això és perquè potser cada vegada les infraestructures que es construeixen són en zones amb menys població, i menys activitat econòmica, el que pot fer que cada vegada tingui impactes inferiors. Potser les carreteres construïdes al 2019 van tenir un impacte inferior a les construïdes al 2002, perquè es devien de prioritzar les de 2002, justament perquè tindrien un major impacte

Pel que fa a la inversió en R+D, es confirma que mentre l'R+D privada mostra efectes positius a curt termini, l'R+D pública necessita un horitzó temporal més llarg per generar impacte. Això ens suggereix que les dues formes d'innovació són complementàries i han de ser tractades amb visió estratègica per part dels governs autonòmics i estatals. A més, la coordinació entre infraestructures i R+D acaba sent fonamental, ja que la inexistència de coordinació pot conduir a rendiments decreixents o fins i tot conflictius, com hem observat en alguns dels efectes creuats estimats.

Sota el nostre punt de vista, un dels resultats trobats més destacables del treball és la importància de considerar el temps com a variable clau en l'efecte de les inversions. Les infraestructures i el capital físic ens mostren un efecte positiu a curt i mitjà termini, però poden perdre força o poden convertir-se en contraproductius si no es renoven, s'adapten o es gestionen adequadament per part de les autoritats pertinents. En aquest sentit, l'estoc de capital emergeix com una variable fonamental que reflecteix no només l'acumulació d'actius, sinó la necessitat de mantenir-los vius, útils i tecnològicament vigents. El fet que l'estoc de capital pugui tenir efectes negatius a cinc anys és una crida d'atenció a la gestió eficient de les infraestructures i a l'actualització contínua del capital productiu.

En aquest sentit, aquest treball també ens convida a reflexionar sobre la naturalesa econòmica d'aquestes inversions. Es pot interpretar que tant la inversió en infraestructures com l'educació, l'R+D o l'acumulació de capital físic i humà són formes d'estalvi més avançat. És a dir, són accions presents orientades a maximitzar la producció futura. Des de la nostra perspectiva, el creixement econòmic és, essencialment, una manifestació acumulada d'estalvi en formes tangibles i intangibles. El creixement no depèn únicament de variables financeres o del consum immediat, sinó de la capacitat d'una societat per postergar part dels seus recursos cap a activitats amb rendiment futur.

Proposem entendre el desenvolupament econòmic regional com el resultat d'una decisió col·lectiva sobre la taxa de descompte social de l'estalvi, on invertir avui en recerca, educació o infraestructura equival a valorar altament el benestar futur. Aquest enfocament creiem que justifica i reforça el paper central que han de jugar les institucions públiques en la planificació estratègica de les inversions.

Per finalitzar, aquest treball ens ha posat de manifest la necessitat d'avaluar les polítiques públiques no només pel seu cost pressupostari, sinó pel seu retorn temporal, tenint en compte que moltes inversions estructurals requereixen anys per generar tot el seu potencial. En aquest sentit, la planificació econòmica a llarg termini finalitza sent la clau per a un creixement sostingut i equitatiu entre les diferents regions d'Espanya.

6.1. Implicacions i recomanacions de política pública

Amb els resultats obtinguts al llarg del nostre treball, pensem que podem oferir fonaments sòlids per a la formulació de polítiques públiques orientades a fomentar el creixement econòmic regional a llarg termini. En aquest sentit, l'evidència apunta a la necessitat d'adoptar estratègies d'inversió per part de les comunitats autònomes i del govern central.

En termes de política econòmica, els resultats del nostre treball apunten cap a dues direccions: Primer, cal mantenir i augmentar la inversió pública en infraestructures i R+D, però sempre amb una bona i eficient coordinació estratègica entre àrees per evitar duplicacions o conflictes d'ús. Segon, potser caldria dotar les comunitats autònomes de més

capacitat per gestionar aquestes inversions amb criteris d'impacte econòmic real, sempre tenint en compte les especificitats territorials i les fortaleces locals.

Com havíem mencionat anteriorment, una primera línia d'actuació és el reforç del capital humà mitjançant polítiques educatives que augmentin la qualitat de l'educació primària i secundària, per a que així els nens i adolescents tinguin més ganes d'estudiar fins a cotes més altes de nivells educatius. Això es diu perquè, com hem demostrat en aquest treball, augmentar el percentatge de gent amb estudis superiors incrementa en molt el PIB.

En segon lloc, cal potenciar la inversió en infraestructures estratègiques que millorin la connectivitat física de les regions. L'anàlisi que hem realitzat ha aportat que la despesa en infraestructura durant el període estudiat ha sigut important pel creixement econòmic. Però ens falten coses per saber, perquè sospitem que aquesta inversió podria tenir rendiments decreixents per cada euro extra d'inversió. Això podria significar que cada vegada el retorn seria més baix. De totes formes, el parc d'infraestructures a Espanya no és acabat. Hi ha moltes regions encara que no tenen AVE, i d'altres que no tenen autovies suficients. Creiem que la inversió més transcendental que s'ha de fer és el corredor mediterrani d'alta velocitat, unint les capitals més grans de província al llarg del mediterrani. Per tant, que pensem que puguin tenir rendiments decreixents, no fa canviar la nostra idea de que s'ha de seguir invertint en més infraestructura. Això sí, sempre fent un anàlisi de beneficis i costos de cada inversió, per avaluar si la inversió és profitosa o no.

Finalment, una mesura rellevant seria la gestió activa de l'estoc de capital, amb una visió que vagi més enllà de la simple acumulació d'actius, com hem mencionat anteriorment. Això implica establir mecanismes de manteniment, renovació i adaptació tecnològica del capital públic existent, emfatitzant en l'atenció als processos de depreciació i obsolescència. El suport a la modernització de parcs industrials i la digitalització d'infraestructures serien línies d'acció coherents amb la nostra visió.

Aquest conjunt de polítiques, si s'aplica amb la coherència i visió de llarg termini, pot contribuir a transformar les bases productives de les comunitats autònomes espanyoles, reduir les desigualtats regionals existents i assegurar un creixement més equilibrat al llarg del temps. A més, reforcen la hipòtesi central d'aquest treball: que el creixement econòmic no és el resultat d'impulsos exògens o esdeveniments fortuïts, sinó de decisions internes sobre l'estalvi col·lectiu, la inversió i la coordinació intel·ligent dels recursos públics i privats.

Bibliografia

1. Boscá, J. E., Escribá, J., & Murgui, M. J. (2011). La efectividad de la inversión en infraestructuras públicas: una panorámica para la economía española y sus regiones. *Investigaciones Regionales*
2. Barro, R. J. (1991). *Economic Growth in a Cross Section of Countries*. The Quarterly Journal of Economics.
3. Mankiw, N. G., Romer, D., & Weil, D. N. (1992). *A Contribution to the Empirics of Economic Growth*. The Quarterly Journal of Economics
4. Romer, P. M. (1990). *Endogenous Technological Change*. Journal of Political Economy
5. Lucas, R. E. (1988). *On the Mechanics of Economic Development*. Journal of Monetary Economics
6. Martins, V., & Ferreira-Lopes, A. (2019). *Human Capital and Economic Growth: The Case of Portugal*. NiPE Working Papers, 24/2019. Universidade do Minho.
7. Cesaratto, S. (2006). Endogenous growth theory twenty years on: A critical assessment. *Review of Political Economy*, 18(2), 149-172.
8. Instituto Nacional de Estadística (INE). Base de *datos estadísticos*. <https://www.ine.es>
9. Fundación BBVA – IVIE. (2023). *El stock de capital en España y sus comunidades autónomas, 1995-2021*. <https://www.fbbva.es>
10. L'Estoc de Capital a Catalunya: El paper de la inversió pública i l'oportunitat del fons Next Generation. Consell de Treball, Economic i Social de Catalunya.

