

CRECIMENTO ECONÓMICO E INNOVACIÓN: UN BREVE APUNTAMENTO ACERCA DA EVIDENCIA EMPÍRICA

RAFAEL MYRO

Universidade Complutense de Madrid

Recibido: 24 de xuño de 2010

Aceptado: 26 de xullo de 2010

Resumo: *Este artigo estuda as relacións entre progreso técnico e esforzo tecnolóxico propio nos países máis desenvolvidos, un aspecto central para a súa política económica, e por iso suxeito a un permanente debate. Malia os notables avances que se produciron na teoría do crecemento durante máis de dúas décadas, que lograron situar a innovación no seu centro, e malia a proliferación dos contrastes empíricos, que tenderon a confirmar as hipóteses centrais, enriquecendo notablemente o campo de análise, aínda non se coñecen ben os factores que transforman un esforzo tecnolóxico dado en innovación, e despois en ganancias de produtividade. Neste artigo apúntanse algunhas hipóteses á luz dos datos máis recentes.*

Palabras clave: *Crecemento económico / Progreso tecnolóxico / Innovación / Políticas de I+D.*

ECONOMIC GROWTH AND INNOVATION: A SHORT NOTE ABOUT THE EMPIRICAL EVIDENCE

Abstract: *This paper explores the links between technical progress and R&D effort in developed countries, a key issue for its economic policy and so open to a permanent debate. In spite of notable advances in the economic growth theory, bringing innovation to a central place, and the spread of empirical contrasts confirming its central hypothesis and widening this analytical field, the factors that transform R&D effort in innovation and then in productivity gains are not well known yet. In this paper some hypothesis are formulated in face to the more recent data.*

Keywords: *Economic growth / Technical progress / Innovation / R&D policy.*

1. INTRODUCCIÓN

Nos últimos vinte anos, a análise das relacións entre crecemento económico e innovación experimentou un considerable avance, impulsado sobre todo polos traballos de Romer (1986, 1987, 1990), que fixeron súa a preocupación mostrada xa no decenio de 1960 por algúns outros economistas destacados, como Arrow (1962), Phelps (1966), Nelson e Phelps (1966) ou Nordhaus (1969), por ampliar o marco analítico limitado polos supostos dun progreso tecnolóxico esóxeno e rendementos constantes de escala. As posteriores achegas doutros autores, entre os que se debe citar a Lucas (1989), Aghion e Howit (1992), Grossman e Helpman (1993), Mankiw (1995), Barro e Sala-i-Martin (1997), Basu e Weil (1998), Jones (1995, 1998, 2005) e Acemoglu (2002), lograron situar hoxe a innovación no centro da teoría do crecemento. Este cambio de paradigma é visible no novo enfoque dos libros de texto de macroeconomía ou dos de crecemento. O manual de Weil (2006) é, se cadra, a mellor expresión desta recente liña. Isto non quere dicir que xa se dispoña dunha teoría suficientemente robusta, e aínda menos que esta alcanzara o desenvolvemento suficiente para ofrecerlles moitas pautas de orientación a quen desean e aplican políticas de crecemento.

Tamén no terreo empírico, os estudos de corte macroeconómico sobre innovación e progreso tecnolóxico recibiron un grande impulso, en gran parte como consecuencia directa dos novos desenvolvementos teóricos, polo que tamén destacan nesta faceta os autores xa mencionados, aínda que xunto a outros moitos con contribucións tamén apreciáveis. Porén, as predicións que emanan das novas teorías non sempre aparecen claramente corroboradas polos feitos, o que sen dúbida é, por unha parte, consecuencia das dificultades habituais no contraste empírico e, por outra, a expresión dalgunhas insuficiencias no marco teórico construído. Este punto dificulta que algunhas das receitas máis claras e contundentes que emanan da teoría, como o papel clave do esforzo tecnolóxico propio no crecedemento económico, sexan de utilidade xeral sen máis matizacións.

En realidade, o aval empírico atopado para os desenvolvementos teóricos difire sensiblemente duns estudos a outros, o que non facilita unha visión suficientemente clara do estado dos coñecementos neste terreo, nin o establecemento dun programa claro de tarefas pendentes ou o deseño de liñas concretas de actuación no ámbito da política económica.

Por esta razón resulta conveniente reflexionar acerca do contraste entre o que se espera que ocorra desde o ámbito da teoría e o que parecen avaliar os datos, e é este, precisamente, o obxecto das páxinas que seguen, nas que a exposición se ordena da seguinte maneira: a este primeiro apartado introdutorio séguelle outro no que se sinalan algunhas das principais predicións da nova teoría do crecedemento económico acerca das relacións entre innovación e progreso técnico; a continuación examínanse algúns datos centrais; o artigo céntrase con algunhas consideracións finais.

2. CRECEMENTO ECONÓMICO E ESFORZO TECNOLÓXICO. ALGUNHAS PREDICIÓNS FUNDAMENTAIS

A partir dos desenvolvementos teóricos aludidos na introdución deste artigo, espérase que o progreso tecnolóxico (a famosa *A* dos modelos de crecedemento), que empiricamente adoita aproximarse pola Produtividade Total dos Factores (PTF), unha variable calculada habitualmente como un residuo contable, dependa cando menos dos seguintes cinco factores:

- O esforzo tecnolóxico, que pode medirse polo número de investigadores ou polo capital acumulado en I+D, ambos os dous en valores absolutos ou relativizados por algunha magnitude de tamaño como a poboación, o emprego ou o PIB.
- O avance tecnolóxico exterior, que amplía as posibilidades de imitar tecnoloxías e resulta tanto máis importante canto máis atrasada se atopa unha economía. Tanto o comercio exterior coma o investimento estranxeiro, de crecente relevo nun mundo máis global, son vehículos fundamentais na importación da tecnoloxía producida no exterior.

- O custo da tecnoloxía producida ou importada a través da imitación, medido polo esforzo en termos de investigadores ou de gasto de I+D necesario para manter un ritmo dado de incremento do progreso técnico. Este custo podería ser superior nas economías desenvolvidas, é dicir, naquelas cun maior capital tecnolóxico acumulado, por canto, dunha parte, o custo da imitación se faría maior nelas, dado que o espazo de imitación se reduce e sofisticada, e o custo de innovar tamén, por canto as mellores ideas tenden a obterse primeiro.
- O nivel de capital humano, que parece influenciar decisivamente na taxa de difusión das novas tecnoloxías creadas ou imitadas.
- O marco institucional de protección da innovación e de estímulo da difusión dos coñecementos e aplicacións.

No equilibrio no longo prazo cabería esperar unha relación positiva entre as variacións no esforzo tecnolóxico e no progreso tecnolóxico. Porén, á vista da diversidade de determinantes enumerados, non se pode esperar que tal relación sexa moi estreita. A razón é que, aínda supoñendo un marco institucional estable, co tempo podería requirirse un esforzo tecnolóxico proporcionalmente maior para soste-la mesma taxa de avance tecnolóxico, se, como xa se apuntou con anterioridade, a imitación e a innovación tendesen a facerse paulatinamente máis caras. O avance no capital humano que acompaña o crecemento económico será, pola contra, un factor que favoreza a relación entrambas as dúas variables.

Con todo, se se limita a análise ás economías máis desenvolvidas, aquelas situadas moi preto da fronteira tecnolóxica, ás que se lles pode presupoñer moi limitadas posibilidades de imitación de tecnoloxías exteriores, a relación entre esas dúas variables –esforzo tecnolóxico e progreso técnico– debería ser maior, sobre todo cando os seus marcos institucionais e de desenvolvemento do capital humano son similares, o que tende a ocorrer en espazos integrados como a UE.

Pola contra, en economías cun baixo nivel de desenvolvemento, bastante afastadas da fronteira tecnolóxica, o progreso técnico debería estar máis fundamentado na imitación que no esforzo tecnolóxico propio, de forma que se podería esperar que os seus niveis de avance tecnolóxico fosen comparativamente superiores aos seus niveis de esforzo tecnolóxico.

Esta expectativa dedúcese de que, no equilibrio no longo prazo, as taxas de avance do progreso técnico das economías situadas máis preto da fronteira tecnolóxica tenden a igualarse ás daquelas outras máis afastadas. Pero, mentres que nas primeiras se conseguen a través dun esforzo tecnolóxico *per capita* maior, nas segundas alcánzanse mediante un elevado nivel de imitación de tecnoloxías foráneas (Weil, 2006).

Finalmente, as economías en desenvolvemento que experimentan un crecemento sostido no longo prazo da súa PTF sensiblemente superior á media deberían mostrar un avance máis notable no esforzo tecnolóxico e na acumulación de capital humano.

3. ALGÚNS RESULTADOS EMPÍRICOS NAS RELACIÓNS ENTRE PTF E ESFORZO TECNOLÓXICO

Unha parte importante da literatura empírica sobre innovación e desenvolvemento tecnolóxico tratou de distinguir o impacto sobre a PTF de cada país do esforzo tecnolóxico doméstico e do avance tecnolóxico logrado nos demais países, sobre todo a partir do influínte artigo “International R&D Spillovers” (Coe e Helpman, 1995). Para iso fíxose depender a captación de tecnoloxía exterior do stock tecnolóxico acumulado nos países cos que se comercia, matizando o seu impacto segundo a importancia que ese comercio posúe. O cadro 1 sintetiza algúns dos principais resultados obtidos. En xeral, estes estudos traballan con paneis de datos correspondentes a países membros da OCDE. As diferenzas nas mostras de países, no período temporal, nas variables consideradas (as vendas ou o valor engadido como variable dependente, etc.), nos métodos de estimación adoptados (OLS, DOLS, efectos fixos, efectos aleatorios, etc.), nos criterios utilizados para calcular o stock dos coñecementos ou nos fluxos bilaterais de comercio xeran efectos distorsionadores que cómpre ter en conta.

Cadro 1.- Principais resultados da análise do impacto e da rendibilidade do investimento en I+D

Traballo	Mostra	Período de observación	Variable de ponderac. do stock tecnolóxico exterior	I+D doméstica		I+D externa	
				Elasticidade do output	Taxa de retorno	Elasticidade do output	Taxa de retorno
Mohnen (1990)	Canadá	1965-1983	Importacións alta tecnoloxía	0,01 (0,10)	20%	0,13 (0,09)	29%
Mohnen (1992)	OCDE 5 países	1964-1985	Stock de I+D foráneo		Entre o 6% e o 9%		Entre o 4% e o 18%
Lichtenberg (1993)	53 países	1960-1985	Ningunha		0,07 pooled 0,07 within		0,004 pooled 0,0 within
Coe e Helpman (1995)	22 países	1971-1990	Importacións	0,22 (G7) 0,09 (outros)	123% (G7) 85% (outros)	0,06 (G7 a mundo)	32% (G7 a mundo)
Nadiri e Kim (1996)	7 países	1964-1991	Importacións		14% to 16% 6%		6% to 11%
Coe, Helpman e Hoffmaister (1997)	22 países norte 77 países sur	1971-1990	Importacións de maquinaria e equipo		0,06 (0,02) (norte a sur)		
Kao <i>et al.</i> (1999)	22 países OCDE	1971-1990	Importacións	0,20 (G7) 0,09 (outros)	120% (G7) 79% (outros)	0,04 (G7 a mundo)	29% (G7 a mundo)
Keller (1997)	22 países OCDE	1971-1990	Importacións	0,13 (G7) 0,035 (outros)		0,05 (G7 a mundo)	
van Pottelsberghe e Lichtenberg (2001)	13 países OCDE	1971-1990	Importacións Fluxos de IED recibidos e enviados	0,05 (0,02) 0,08 (0,02) 0,06 (0,02)	68% (G7) 15% (outros)	0,067 (0,013) 0,006 (0,004) 0,039 (0,009)	
Madsen (2005)	13 países OCDE	1883-2002	Importacións	0,046 (4,49)	0,023 (1,99)	0,137 (10,9)	0,041(8,98)

Entre paréntese figura o erro estándar ou os valores do estatístico *t*. Cando se ofrece un rango é o obtido considerando as diversas industrias.

FONTE: Hall, Mairesse e Mohnen (2010).

Así e todo, o resultado común é o dunha elasticidade positiva do produto con respecto ao esforzo tecnolóxico propio e ao realizado noutros países, así como

dunha elevada taxa de retorno no investimento en I+D, que tende a superar as que se obteñen co investimento en capital físico. Porén, nos traballos recollidos non quedan claros nin os mecanismos de recepción das externalidades asociadas ao stock de coñecemento exterior, nin aqueles que capacitan ás empresas locais para absorber ese coñecemento. Dito doutra forma, aínda que o comercio exterior parece erixirse nun bo mecanismo para a difusión de ideas e tecnoloxías, descoñécese con precisión a súa relación cos *spillovers* internacionais xerados polo I+D (Keller, 2002)¹, así como os mecanismos que facilitan a imitación e a adaptación do coñecemento externo. Por outra parte, o papel do investimento exterior directo, que se supón fundamental, aínda está por explorar nunha gran medida.

Abandonando o terreo dos *spillovers*, que aínda require unha maior elaboración e concreción, a continuación imos centrar a atención no aspecto crucial das relacións entre a PTF e o esforzo tecnolóxico propio nalgunhas das economías máis desenvolvidas, para as que se dispón de información máis abundante e nas que *a priori* cómpre outorgarlle un papel menos destacado á tecnoloxía recibida do exterior, é dicir, aos *spillovers* exteriores, calquera que puider ser a súa importancia.

Búscase tan só realizar un exercicio simple e de carácter descritivo do contraste aparente entre os datos e as predicións que emanan da teoría dispoñible neste aspecto, que é crucial para os países máis maduros, e por iso centra a atención dos *policy makers*, pois con frecuencia se comproba a dificultade de impulsar o esforzo tecnolóxico das empresas á vez que se observan diferenzas nas respostas obtidas ao gasto público en I+D segundo rexións e sectores.

O esforzo tecnolóxico mídese aquí a través da ratio de intensidade investigadora definida por Jones (2002), obtida a través da división entre o número de investigadores e o número total de traballadores. Trátase dunha ratio que a OCDE ofrece xa nas súas estatísticas para os países pertencentes a esta organización (Factbook, 2009). Para a comparación entre países, esta ratio podería ser máis aconsellable que o capital tecnolóxico acumulado, frecuentemente usado e construído a partir dos investimentos en I+D mediante o método do inventario permanente (Coe, Helpman e Hoffmeister, 2008). A razón atópase en que este último está influído polas diferenzas nos salarios dos investigadores entre países, que resultan tan avultadas que dificilmente poden atribuírse a diferenzas na eficiencia que estes posúen no seu traballo. Así, EE.UU. posúe un capital tecnolóxico por investigador moi inferior ao de Alemaña (Myro, Pérez e Colino, 2008).

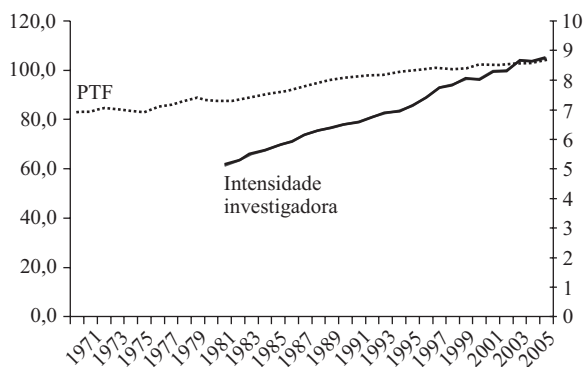
Por outra parte, os datos dispoñibles da PTF son as súas taxas de variación e foron obtidos da base de datos EUKLEMS. O período de referencia para o que se conta con datos completos de ambas as dúas variables é 1981-2005.

¹ No traballo máis recente de Coe, Helpman e Hoffmeister (2008) ensáianse diferentes medidas de stock tecnolóxico exterior, e non se atopa unha diferenza moi apreciable entre as que ponderan polo comercio exterior e aquelas que simplemente recollen a evolución dese stock nos demais países, a modo de evolución da fronteira xeral de coñecementos á que un país pode acceder.

Se eliximos o grupo formado polos líderes en investigación, tal e como os define Jones (2002), integrado por cinco países –EE.UU., Alemaña, Francia, Xapón e Reino Unido–, que denominaremos G5, seguindo ao citado autor, pódese supoñer que, ao atoparse moi preto da fronteira tecnolóxica, as súas posibilidades de imitación de tecnoloxías foráneas son moi reducidas, de forma que se podería esperar unha relación máis estreita entre as dúas variables que se estudan aquí. De feito, o efecto da distancia tecnolóxica con EE.UU., que se introduce como unha variable explicativa en Myro, Pérez e Colino (2008), apenas adquire relevancia a partir do ano 1975, aínda que aumenta lixeiramente nos primeiros anos do actual decenio, se cadra como consecuencia da aceleración do crecemento da PTF en EE.UU.

Pois ben, para o conxunto do grupo mencionado, a PTF non mostra unha aceleración desde o ano 1981 en adiante (gráfica 1), nin sequera nos últimos anos, aínda que o agregado esconde importantes diferenzas entre países que máis adiante se estudarán. Porén, a ratio de intensidade investigadora –medida no eixe dereito da dita gráfica– non deixa de crecer, pois pasa de 5,11 investigadores por 1.000 traballadores a 8,75. En función das predicións teóricas, ese ascenso debería xustificarse polo incremento no custo da innovación, ao non reflectirse en incrementos no ritmo de avance da PTF. A este resultado remiten, precisamente, as estimacións realizadas por Jones (2000) e por Myro e Pérez (2002), que explican o incremento anual da PTF en función do número de investigadores e da PTF conseguida no ano anterior e obteñen un coeficiente negativo para esta última variable.

Gráfica 1.- PTF e intensidade investigadora para os países líderes do G5

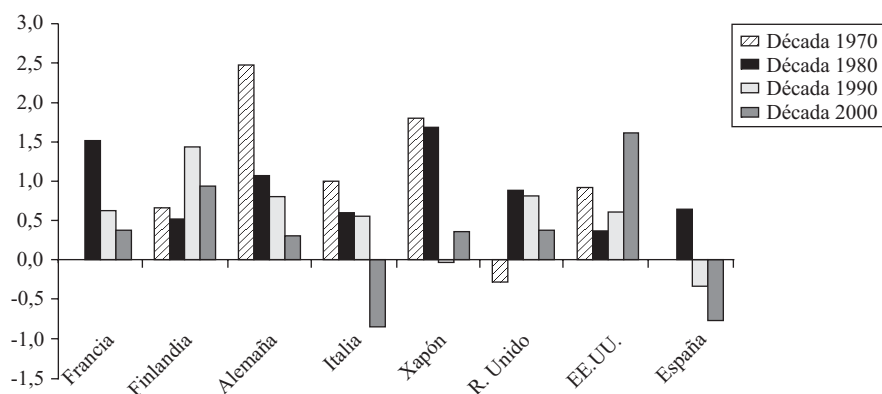


FONTES: EUKLEMS e OECD.

Con todo, antes de dar por boa esta explicación, resulta aconsellable observar de forma separada o ocorrido nos países considerados. A gráfica 2 recolle as taxas de evolución da PTF neles e tamén nalgúns outros menos desenvolvidos, incluída España, co obxecto de ampliar lixeiramente a perspectiva. Tómanse tamén as taxas do período 1970-1980 para dispoñer dunha referencia temporal comparativa máis am-

pla. Polo demais, as correspondentes ao decenio de 2000 recollen a media desde este ano ata o ano 2005.

Gráfica 2.- Evolución da PTF. Media de taxas anuais

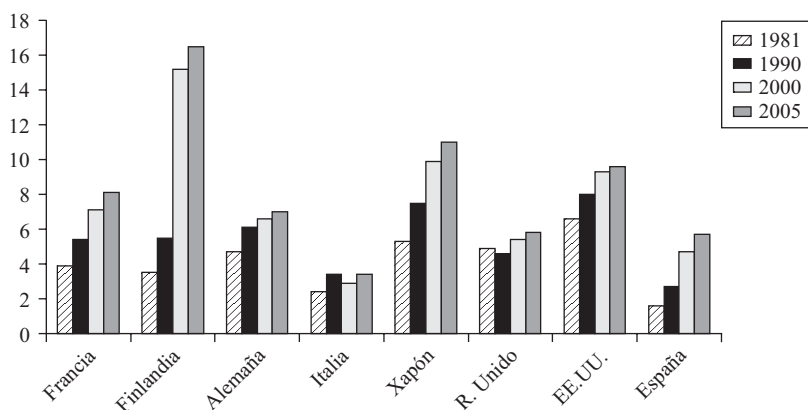


FONTE: EUKLEMS.

Pois ben, observarase que dentro do G5 o ritmo de evolución da PTF é ascendente só en EE.UU. Por outra parte, dos tres países adicionais considerados –Finlandia, Italia e España–, só no primeiro deles esta variable mostra un comportamento non descendente. España, pola contra, revélase como o país cun peor comportamento, con descensos na variable considerada que non resultan fáciles de explicar.

Estas evolucións contrastan vivamente coas rexistradas no número de investigadores por traballador, recollidas na gráfica 3. En efecto, dentro do grupo G5, todos os países mostran un incremento apreciable da porcentaxe de traballadores que son investigadores. Este ascenso é notable en EE.UU., pero é sobresaliente en Francia e en Xapón, dous países con desaceleracións claras no ritmo de avance da PTF. Tampouco é desprezable en Alemaña, onde é, así mesmo, visible a falla na conexión entre o esforzo investigador e a PTF, aínda que neste caso podería atribuírsele ao cambio que ten lugar coa unificación. Dos outros tres países considerados adicionalmente, España mostra ascensos significativos no número de investigadores que contrastan con reducións na PTF, mentres que Finlandia parece conseguir o maior aumento no progreso técnico durante a década de 1990 mediante a multiplicación case por 3 da ratio de intensidade investigadora, que hoxe alcanza o nivel máis alto: 16,5 investigadores por cada 1.000 empregados.

As evolucións mostradas parecen avalar a idea xa adiantada de que a aceleración no avance da PTF nos países líderes en innovación foi proporcionalmente máis custosa nos últimos anos, en termos de esforzo investigador. En función diso, algúns países nos que a ratio de intensidade investigadora creceu menos, como Italia ou Reino Unido, ou mesmo Alemaña, mostran ritmos baixos de avance na PTF.

Gráfica 3.- Intensidade investigadora (investigadores por cada 1.000 traballadores)

FONTE: OECD.

Pero esta non parece ser xustificación suficiente para explicar o que ocorreu, pois outros países mostraron avances importantes no seu esforzo investigador sen un mellor desempeño en termos de PTF. Forzoso é concluír tamén que son os marcos institucionais dos países considerados os que limitan a eficiencia do esforzo tecnolóxico realizado, segundo os achados de diversos autores, entre eles Coe, Helpman e Hoffmaister (2008). Se deixamos á parte a Xapón –sumido nunha longa e complexa crise– e a Alemaña –aínda recuperándose do seu proceso de unificación– quedánnos os casos de Francia e de España que, dentro do marco legal tipo francés, que segundo parece se revela menos eficaz, se caracterizarían por elevadas dificultades para facer negocios e por unha baixa calidade da educación terciaria².

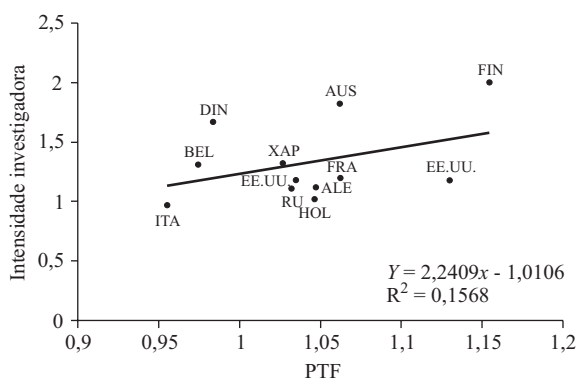
Sen dúbida, a comparación con EE.UU. e con Finlandia induciría a reclamar para os demais países contemplados un sensible aumento no esforzo tecnolóxico, salvo para Xapón, un país que alcanza valores moi altos na ratio de intensidade investigadora. Pero non parece que esta política por si soa puidese atallar o débil pulso da PTF sen cambios importantes no marco institucional. Á parte dos aspectos deste aos que se fixo referencia anteriormente –os definidos por Coe, Helpman e Hoffmaister (2008)–, a discusión actual no ámbito da política tecnolóxica céntrase na relevancia dos denominados sistemas de innovación como garantes da eficiencia dun determinado esforzo tecnolóxico. Tales sistemas resaltan os vínculos que se establecen entre empresas, universidades e outras entidades públicas e privadas de apoio á innovación e á calidade na educación. A creación deses vínculos, polo de-

² Coe, Helpman e Hoffmaister (2008) distinguen catro tipos de institucións de complexa medición, que na súa análise empírica ofrecen os resultados esperados: a facilidade para facer negocios, a calidade da educación terciaria, a fortaleza dos dereitos de propiedade e as orixes do sistema legal en Alemaña ou en Inglaterra favorecen a eficacia do esforzo tecnolóxico propio e da captación de tecnoloxía exterior, medidas a través dos seus efectos sobre a PTF.

mais, require empresas moi abertas á investigación básica e universidades implicadas na cooperación con empresas e en mecanismos eficaces de transferencia de coñecementos (Cassiman, 2009).

Con todo, é inevitable que á vista dos datos expostos se suscite a sospeita de que faltan máis elementos no modelo teórico. Esa sospeita queda avalada polo exame da gráfica 4, na que as variables que se están considerando se comparan para os países da OCDE máis homoxéneos en renda *per capita* e para os anos máis recentes (1995-2005), nos que a súa similitude en desenvolvemento económico é maior. O coeficiente de correlación non é moi elevado, o que indica a relevancia doutras moitas variables explicativas.

Gráfica 4.- Crecementos en intensidade investigadora e en PTF no período 1995-2005 (niveis no ano 2005/niveis no ano 1995)



NOTA: ITA: Italia; BEL: Bélxica; DIN: Dinamarca; AUS: Austria; FIN: Finlandia; XAP: Xapón; EE.UU.: Estados Unidos; FRA: Francia; ALE: Alemaña; RU: Reino Unido; HOL: Holanda.

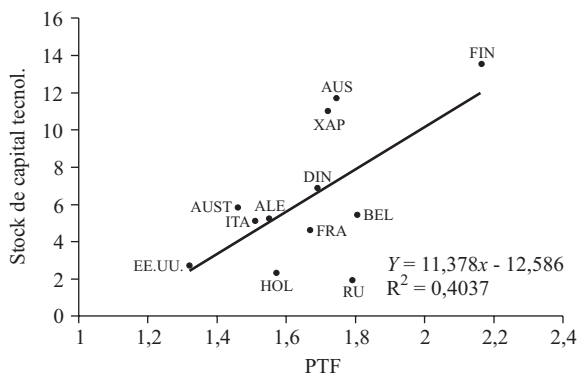
FONTES: EUKLEMS e OECD.

Entre esas variables explicativas poderíanse contar, desde logo, a captación de tecnoloxía exterior e o capital humano. A primeira delas terá desempeñado, sen dúbida, un certo papel no período considerado, caracterizado pola explosión das TIC, pero na medida en que os países considerados se incorporaron finalmente a esta revolución tecnolóxica iniciada en EE.UU. ao longo do citado período, pódese presumir que este non debeu ser moi importante. A segunda aínda é máis difícil que posuía un gran relevo, pois o rango de variación dos anos medios de estudo da poboación traballadora entre os países considerados é moi pequeno, pois oscila entre 0,4 e 1,0 no ano 2000, con dous valores extremos: o de Italia, cun 0,7, e o de EE.UU., cun 1,25. A exclusión destes valores, de feito, mellora lixeiramente o coeficiente de correlación obtido entre as variables estudadas.

En todo caso, cúmprese a expectativa de que, se nos remontamos cara atrás no tempo, cara a etapas algo anteriores no desenvolvemento económico, o peso das variables omitidas é maior e, xa que logo, a relación entrambas as dúas variables é máis escura. En efecto, o coeficiente de correlación entre as evolucións da PTF e da intensidade investigadora redúcese a algo máis do 5% para todo o período considerado: o comprendido entre os anos 1981 e 2005.

Unha forma adicional de comprobar a relevancia destas variables omitidas obtense examinando a correlación entre a PTF e o stock de capital tecnolóxico que ofrecen Coe, Helpman e Hoffmeister (2008) para eses mesmos países, aínda que iso estende a nosa análise aínda máis cara atrás no tempo, pois o período por eles elixido é 1971-2004. O resultado preséntase na gráfica 5.

Gráfica 5.- Crecementos do stock de capital tecnolóxico e da PTF (1971-2004). Nivel no ano 2004/Nivel no ano 1971



NOTA: EE.UU.: Estados Unidos; ITA: Italia; AUST: Australia; ALE: Alemaña; HOL: Holanda; RU: Reino Unido; FRA: Francia; BEL: Bélxica; DIN: Dinamarca; XAP: Xapón; AUS: Austria; FIN: Finlandia.

FONTE: Coe, Helpman e Hoffmeister (2008).

Sorprendentemente, ampliando o período ata situar o seu inicio no ano 1971, obtemos unha mellor correlación entre as variables estudadas, cun coeficiente de 0,40, que parecería indicar, dunha parte, que as nosas precaucións acerca da importancia das variables omitidas eran excesivas e, doutra, que os datos de intensidade investigadora non son os mellores para buscar relacións coa PTF. Este último resultado poderíase esperarse o maior custo que requiriu a consecución dunha taxa dada de aumento na PTF se reflectiu en investigadores máis caros e dotados cun maior capital físico e cunha maior cantidade de inputs intermedios, aínda que, como xa se advertiu con anterioridade, o capital tecnolóxico por investigador se revela inferior en EE.UU., dato que conduce a pensar que o seu maior nivel non sempre reflicte un esforzo tecnolóxico proporcionalmente maior.

Pero tamén parece existir un problema cos datos dispoñibles. Para empezar, cando se usan os datos de PTF que ofrece EUKLEMS en lugar dos que ofrecen Coe, Helpman e Hoffmaister (2008), para aqueles países nos que a información ofrecida pola citada base se estende ata o ano 1971 –que só son Finlandia, Alemaña, Italia, Reino Unido e EE.UU.–, obsérvanse grandes diferenzas, sempre no mesmo sentido de que os datos ofrecidos por Coe, Helpman e Hoffmaister (2008) son superiores, e esas diferenzas acentúanse para Finlandia e para Reino Unido. De feito, cando se substitúen os datos destes países polos que ofrece EUKLEMS obtense un coeficiente de correlación entre o aumento do stock de capital tecnolóxico e o da PTF de só un 13%, que é un resultado máis acorde coa importancia que habería de outorgarse ás variables omitidas.

Naturalmente, non hai razón *a priori* para preferir uns datos fronte a outros. Porén, EUKLEMS podería ofrecer máis fiabilidade nas estimacións referidas aos países europeos, nos que se atopan as maiores diferenzas polo que respecta á medición da PTF. Por outra parte, dentro dos datos utilizados polos tres autores citados, reproducidos no cadro 2, suscita unha certa desconfianza o enorme crecemento do stock de capital tecnolóxico doméstico que se ofrece para algúns países en desenvolvemento ao comezo do período –entre eles España–, que apenas ten correlato en termos de PTF. Estes países tampouco parecen enfrontarse a unha captación do stock de tecnoloxía exterior menor aos restantes (a variable *SKTex*), salvo no caso de España, que non pode deixar de sorprenden á vista do crecemento económico logrado.

Cadro 2.- Crecementos da PTF e do stock de capital tecnolóxico (nivel no ano 2004/nivel no ano 1971)

	PTF	<i>SKTdom</i>	<i>SKTex</i>	Capital humano
Australia	1,46	5,83	2,71	1,07
Austria	1,74	11,67	3,76	1,30
Bélxica	1,8	5,48	2,63	1,07
Canadá	1,35	7,8	2,85	1,30
Dinamarca	1,69	6,92	2,35	1,17
Finlandia	2,16	13,58	2,75	1,56
Francia	1,67	4,59	2,17	1,48
Alemaña	1,55	5,26	2,53	1,21
Grecia	1,31	119,54	3,17	1,68
Islandia	2,09	3.632,56	2,93	1,44
Irlanda	3,72	13,48	3,85	1,40
Israel	1,18	52,59	2,46	1,22
Italia	1,51	5,1	1,95	1,40
Xapón	1,72	10,99	2,05	1,42
Corea	3,39	4.660,24	2,93	2,17
Holanda	1,57	2,3	3,24	1,24
Nova Zelandia	1,15	4,88	3,09	1,21
Noruega	2,42	9,91	2,85	1,60
Portugal	1,83	3,15	1,6	2,08
España	1,44	22,46	1,19	1,67
Suecia	1,54	7,39	2,13	1,50
Suíza	1,1	2,17	2,91	1,28
Reino Unido	1,79	1,9	2,75	1,24
Estados Unidos	1,32	2,69	6,26	1,25

FONTE: Coe, Helpman e Hoffmaister (2008).

En fin, como se desprende do exposto, non se pode extraer moita claridade da información empírica dispoñible acerca das relacións entre a PTF e o esforzo tecnolóxico. Aparentemente esta relación é máis débil do que se desprende da teoría elaborada, o que dá pé á idea de que outros factores de orde institucional inciden de maneira decisiva na capacidade de conversión dun determinado esforzo tecnolóxico en ganancias de PTF. Poderíase engadir que, co desenvolvemento económico e coa proximidade dos países á fronteira tecnolóxica, estes factores institucionais parecen cobrar máis relevo. En todo caso, observando a evolución temporal da relación estudada en cada país, todo parece indicar que o progreso tecnolóxico no mundo se foi facendo máis caro, é dicir, que o logro da mesma taxa de avance parece ter esixido un esforzo crecente en termos de número de investigadores *per capita* e, se cadra aínda máis, en termos de acumulación de stock tecnolóxico.

Desde a perspectiva mencionada, as nacións desenvolvidas deben enfrontarse ao reto de aumentar sensiblemente o número de investigadores dos que dispoñen á vez que melloran a eficiencia dos seus sistemas tecnolóxicos cun desenvolvemento institucional de relevo, que conecte mellor o esforzo tecnolóxico coa innovación e co progreso técnico.

4. CONCLUSIÓNS

Nas páxinas anteriores ofrécese un sinxelo exercicio descritivo de contraste das principais predicións da teoría económica acerca das relacións entre esforzo tecnolóxico e crecemento do progreso técnico ou, máis concretamente, da produtividade total dos factores, con datos agregados referidos a un conxunto de países que figuran entre os máis desenvolvidos. A elección destes baséase na predición de que as diferenzas entre eles na senda de avance da PTF deben responder, precisamente, máis a diferenzas no esforzo tecnolóxico propio, toda vez que a súa posición máis próxima á fronteira tecnolóxica deixa menos espazo á acción doutras variables, como a imitación de tecnoloxía exterior ou o capital humano.

A evolución das dúas variables estudadas nos países seleccionados non garda a relación esperada. Dunha parte, a consecución dunha determinada taxa de avance da PTF parece terse feito máis custosa ao longo do tempo en termos de número de investigadores e dos medios económicos utilizados por estes. Doutra, a comparación entre países parece indicar a existencia de respostas moi dispares a un mesmo esforzo tecnolóxico, o que remite á importancia crucial do marco institucional na eficiencia do gasto público e privado en I+D. Dentro dese marco, a calidade da educación media e superior, a ausencia de restricións á competencia nos diferentes mercados e a estreita cooperación entre empresas e universidades poderían ser aspectos claves, entre outros moitos. A énfase que as políticas tecnolóxicas poñen actualmente nos sistemas nacionais e rexionais de tecnoloxía, nas bases territoriais que deben sustentar o seu desenvolvemento e na estreita cooperación entre universidades e empresas parecería recibir un aval desde esta óptica.

BIBLIOGRAFÍA

- ARROW, K.J. (1962): "Economic Welfare and the Allocation of Resources for Invention", en R.R. Nelson [ed.]: *The Rate and Direction of Inventive Activity*, pp. 609-625. Princeton, NJ: Princeton University Press (NBER).
- AGHION, P.; HOWITT, P. (1992): "A Model of Growth Through Creative Destruction", *Econometrica*, 60 (2), pp. 323-351.
- AGHION, P.; HOWITT, P. (1998): *Endogenous Growth Theory*. Cambridge, MA: MIT Press.
- BARRO, R.J.; SALA-I-MARTIN, X. (1997): "Technological Diffusion, Convergence and Growth", *Journal of Economic Growth*, 1, pp. 1-26.
- BASU, S.; WEIL, D.N. (1998): "Appropriate Technology and Growth", *Quarterly Journal of Economics*, 113 (4) (November), pp. 1025-1054.
- BENHABIB, J.; SPIEGEL, M. (2005): "Human Capital and Technology Diffusion", en P. Aghion e S. Durlauf [ed.]: *Handbook of Economic Growth*. Elsevier.
- CASSIMAN, B. (2009): "Complementariedades en las estrategias de innovación y el vínculo con la ciencia", *Els Opuscles del CREI*, núm. 23. Centre de Recerca en Economia Internacional.
- COE, D.T.; HELPMAN, E. (1995): "International R&D Spillovers", *European Economic Review*, 39 (5) (May), pp. 859-887.
- COE, D.T.; HELPMAN, E.; HOFFMAISTER, A. (1997): "North-South R&D Spillovers", *Economic Journal*, 107, pp. 134-149.
- COE, D.T.; HELPMAN, E.; HOFFMAISTER, A. (2008): *International R&D Spillovers and Institutions*. (IMF Working Paper, WP/08/104).
- GROSSMAN, G.M.; HELPMAN, E. (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- HALL, B.H.; MAIRESSE, J.; MOHNEN, P. (2010): *Measuring the Returns to R+D*. (Working Paper Series, 2010-006). United Nations University.
- HELPMAN, E. (1993): "Innovation, Imitation, and Intellectual Property Rights", *Econometrica*, 61, pp. 1247-1280.
- JONES, C.I. (1995): "R&D-Based Models of Economic Growth", *Journal of Political Economy*, 103 (4), pp. 759-784.
- JONES, C.I. (2002): "Sources of U.S. Economic Growth in a World of Ideas", *American Economic Review*, 92 (1), pp. 220-239.
- JONES, C.I. (2005): "Growth and Ideas", en P. Aghion e S. Durlauf [ed.]: *Handbook of Economic Growth*. Elsevier
- KAO, C.M.; CHIANG, B.CH. (1999): "International R&D Spillovers: An Application of Estimation and Inference in Panel Cointegration", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 61, pp. 691-709.
- KELLER, W. (1997): "Are International R&D Spillovers Trade-Related? Analyzing Spillovers among Randomly Matched Trade Partners", *European Economic Review*, 42, pp. 1469-1481.
- KELLER, W. (2002): "Trade and the Transmission of Technology", *Journal of Economic Growth*, 7 (1), pp. 5-24.
- LICHTENBERG, F.R. (1993): "R&D Investment and International Productivity Differences", en H. Siebert [ed.]: *Economic Growth in the World Economy*, pp. 89-110. Tübingen: J.C.B. Mohr (Paul Siebeck).

- LUCAS, R.E. (1988): "On the Mechanics of Economic Development", *Journal of Monetary Economics*, 22 (1), pp. 3-42.
- MADSEN, J.B. (2005): *Technology Spillover through Trade and TFP Convergence: 120 Years of Evidence for the OECD Countries*. (EPRU Working Paper Series). University of Copenhagen, Institute of Economics.
- MOHNEN, P. (1990): "New Technologies and Interindustry Spillovers", *OECD STI Review*, 7, pp. 131-147.
- MOHNEN, P. (1992): "International R&D Spillovers in Selected OECD Countries", *Cahier de Recherche*, núm. 9208. Montreal: UQAM, Dept. des Sciences Economiques.
- MYRO, R.; PÉREZ, P. (2002): "Crecimiento en Europa y EE.UU.: los determinantes del progreso técnico", *Moneda y Crédito*, 2ª época, núm. 214, pp. 215-242.
- MYRO, R.; PÉREZ, P.; COLINO, A. (2008): "Economic Growth in a World of Ideas: The US and the Leading European Countries", *Applied Economics*, vol. 40, núm. 22, pp. 2901-2909.
- NADIRI, M.I.; KIM, S. (1996): *R&D, Production Structure and Rates of Return in the U.S., Japanese and Korean Manufacturing Sectors: A Non-Sector Model*. (NBER Working Paper, 5506).
- NELSON, R.R.; PHELPS, E.S. (1966): "Investment in Humans, Technological Diffusion, and Economic Growth", *American Economic Review*, 56, pp. 69-75.
- NORDHAUS, W.D. (1969): "An Economic Theory of Technological Change", *American Economic Review Papers and Proceedings*, 59 (May), pp. 18-28.
- PHELPS, E.S. (1966): "Models of Technical Progress and the Golden Rule of Research", *Review of Economic Studies*, 33 (2), pp. 133-145.
- ROMER, P.M. (1986): "Increasing Returns and Long-Run Growth", *Journal of Political Economy*, 94 (October), pp. 1002-1037.
- ROMER, P.M. (1987): "Growth Based on Increasing Returns to Specialization", *American Economic Review Papers and Proceedings*, 77 (May), pp. 56-62.
- ROMER, P.M. (1990): "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, 98 (5), pp. 71-102.
- VAN POTTELSBERGHE, B.; LICHTENBERG, F. (2001): "Does Foreign Direct Investment Transfer Technology Across Borders?", *Review of Economics and Statistics*, 83 (3), pp. 490-497.
- WEIL, D.N. (2006): *Crecimiento económico*. Madrid: Pearson / Addison Wesley.