

article

TIC, productivitat i creixement econòmic: la contribució empírica de Jorgenson, Ho i Stiroh

Joan Torrent i Sellens

Resum

En el procés de transició des d'una economia industrial cap a una economia global i basada en el coneixement, la inversió en les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) i l'ús d'aquestes tecnologies s'han convertit en un factor explicatiu determinant dels avenços de productivitat i, en conseqüència, del creixement econòmic. Aquest article parteix de l'anàlisi crítica del llibre *Information Technology and the American Growth Resurgence*, de Dale W. Jorgenson, Mun S. Ho i Kevin J. Stiroh, una contribució analítica i empírica, tant des del punt de vista agregat com sectorial, a l'aportació de les TIC al creixement econòmic i de la productivitat dels Estats Units i del grup de països del G7 (Estats Units, Canadà, Regne Unit, França, Alemanya, Itàlia i Japó). Els resultats de la investigació són concloents en relació amb el fet que, a partir de la segona meitat de la dècada dels noranta, les TIC han tingut un paper determinant i creixent en l'explicació dels avenços de la productivitat del treball, especialment per mitjà de millores d'eficiència d'aquestes economies.

Paraules clau

economia del coneixement, tecnologies de la informació i la comunicació, TIC, productivitat del treball, dependència del capital, productivitat total dels factors, PTF, creixement econòmic

Abstract

In the process of transition from an industrial economy to a global, knowledge-based economy, investment and the use of information and communication technologies (ICTs) have become an explanatory factor determining the advances in productivity and, consequently, of economic growth. This article starts from the critical analysis of the book *Information Technology and the American Growth Resurgence*, by Dale W. Jorgenson, Mun S. Ho and Kevin J. Stiroh, an analytical and empirical contribution, from both the aggregate and sectorial point of view, to the contribution of ICTs to the economic and productivity growth of the USA and the G7 group of countries (USA, Canada, United Kingdom, France, Germany, Italy and Japan). The results of the research are conclusive in relation to the fact that, since the second half of the 1990s, ICTs have played a determining and growing role in explaining the advances of work productivity, especially through improvements in the efficiency of these economies.

Keywords

knowledge economy, information and communication technologies, ICT, work productivity, capital dependence, total factor productivity, TFP, economic growth

Introducció

Un conjunt creixent d'investigacions dins l'àmbit de les ciències socials corroboren que, durant les últimes dues dècades del segle XX, s'ha anat consolidant un profund procés de transformació tecnològica, econòmica i social. A grans trets, aquesta profunda dinàmica de transformació es fonamenta en una revolució tecnològica, el procés de digitalització; es consolida prenent com a base una dinàmica d'ampliació temporal i espacial dels mercats, el procés de globalització, i es retroalimenta a partir dels canvis en els patrons de demanda de famílies i empreses. Així, les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), que comprenen el conjunt convergent d'aplicacions de microelectrònica, informàtica, telecomunicacions, optoelectrònica i els progressos recents de la biotecnologia

i la nanotecnologia, són aplicades massivament per l'esfera econòmica i emprades per una gran quantitat d'usos socials. En aquest sentit, la generalització econòmica d'aquest fons social de coneixement ens permet afirmar que les TIC es converteixen en la base material d'un nou paradigma tècnic-econòmic, a partir del qual es desenvolupa un nou procés de revolució industrial. Aquest procés interactiu i interrelacionat de canvi econòmic i transformació social ens condueix cap a un nou tipus d'economia i de societat: l'economia i la societat del coneixement.

Així, doncs, podem afirmar que l'esquema econòmic mundial avança cap a un nou tipus de configuració basada en la interconnexió en xarxa, de la qual les TIC són la seva infraestructura bàsica, i els fluxos d'informació i coneixement són el recurs i la mercaderia emblemàtica. Des del punt de vista de l'anàlisi econòmica, la progressiva generalització de l'e-

conomia del coneixement planteja nous objectius i reptes d'estudi, entre altres, la investigació del coneixement com a factor productiu i com a mercaderia subjecta a intercanvi, l'anàlisi de les modificacions del comportament dels agents, dels mercats i dels sectors econòmics, i les transformacions que l'ús intensiu de les TIC i del coneixement generen sobre les fonts del creixement i el desenvolupament econòmic. Precisament aquest llibre analitza un d'aquests focus d'anàlisi. Arran d'un fet substantiu, l'acceleració del creixement econòmic i de la productivitat dels Estats Units a partir de 1995, la investigació que presentem corrobora el paper cabdal que han tingut les TIC en aquest procés i mostra que la inversió digital també ha tingut un rol prioritari en altres economies avançades.

1. Les TIC i la productivitat: breu història d'una controvèrsia

Com és ben sabut, l'anàlisi econòmica ha vinculat estretament el creixement econòmic a llarg termini a la innovació tecnològica. Per bé que aquesta associació d'idees respon al bagatge teòric i empíric que els economistes clàssics i moderns ens han deixat sobre aquesta qüestió, el punt de trobada entre els diferents corrents de pensament sobre el creixement econòmic amb presència d'innovació tecnològica ens diu lògicament que aquest creixement presenta una doble fonamentació: l'acumulació de factors productius, com el capital i el treball, i la innovació en l'activitat econòmica, és a dir, entre altres, el progrés tecnològic. Les fonts d'aquest fet són dues. Primera, la inversió i la seva rendibilitat són el fonament de l'acumulació de capital i treball. Segona, la inversió en coneixement i la seva aplicació i difusió són el fonament del progrés tecnològic. Ara bé, no sempre hi ha hagut consens en l'explicació de les fonts del creixement econòmic. Més aviat, al contrari. El paper de la innovació tecnològica en els models de creixement econòmic ha estat objecte d'un intens debat acadèmic que s'ha prolongat durant gran part de la segona meitat del segle XX i que, amb la irrupció de les tecnologies digitals, ha agafat un renovat impuls, fins al punt que avui ja disposem d'abundant literatura relativa a l'impacte de les TIC sobre la productivitat i el creixement econòmic.

En efecte, com s'assenyala sovint, un dels indicadors econòmics més emprats en l'explicació del creixement econòmic a llarg termini és la productivitat del treball, entesa com el producte per persona ocupada o, preferiblement, per hora treballada. La productivitat del treball pot augmentar com a resultat d'un increment del capital disponible per hora treballada (o intensificació o aprofundiment de l'ús del capital) o per un major grau d'eficiència econòmica, mesurat per mitjà dels increments de la productivitat total dels factors (PTF). De fet, aquest segon component, l'acceleració de la PTF, corroboraria l'existència d'un procés substancial de canvi econòmic, ja que, en la pràctica, comportaria un salt significatiu en l'eficiència del conjunt del sistema econòmic. Tot i així, i a diferència de la productivitat del treball, la PTF presenta importants problemes de càlcul i la seva estimació és complexa. Habitualment, la literatura empírica internacional fa servir l'estimació economètrica d'un coeficient de canvi tecnològic, a partir d'una representació estàndard i

neoclàssica del creixement de la productivitat del treball d'una funció agregada de producció. Aquesta relació se sol representar sota la forma funcional següent: $(\dot{Y}/Y) = \alpha (\dot{K}/K) + \dot{A}$, on Y és l'output, L és el treball, K és el capital, α és la participació del capital en la renda nacional, A és el nivell de productivitat total dels factors i $\dot{\cdot}$ representa el canvi percentual. En aquesta aproximació, la dependència del capital (\dot{K}/K) representa els canvis en la productivitat del treball atribuïbles a nivells més elevats de capital per treballador, mentre que la PTF (\dot{A}) representa les millores d'eficiència general del sistema econòmic, derivades de les combinacions entre capital, treball i tecnologia per a la producció de l'output.

Prenent com a base la modelització anterior i tenint present el fort ritme d'avenç del creixement i de la productivitat del treball als Estats Units, l'anàlisi de l'impacte de les TIC ha estat objecte d'una important controvèrsia acadèmica. En efecte, la taxa de creixement del producte per hora treballada en el sector privat no agrari dels Estats Units ha presentat un salt significatiu, ja que ha passat de créixer a taxes properes a l'1,5% entre els anys 1990 i 1995 a un increment del 2,7% entre els anys 1996 i 2000. Dades més actualitzades confirmen aquest important repunt alcista, per bé que amb matisos temporals. Una primera fase que va del quart trimestre del 1995 al segon trimestre del 2000 (2,6% de mitjana), una segona fase d'afebliment (0,7% d'increment mitjà entre el tercer trimestre del 2000 i el tercer trimestre del 2001) i un espectacular repunt alcista, des de final del 2001 fins a l'actualitat (amb progressos pròxims al 3% de mitjana entre el quart trimestre del 2001 i el tercer trimestre del 2005, i amb avenços anuals del 3,9% el 2003 i del 3,4% el 2004). En aquest context, i a partir de les aportacions inicials de Jorgenson i Stiroh (2000; 2001), Oliner i Sichel (2000) i Whelan (2000), que atribueixen una importància significativa de les TIC en l'acceleració del creixement de la productivitat del treball als Estats Units, Gordon (1999; 2000) va aprofundir en aquesta anàlisi i va destacar que l'acceleració de la productivitat del treball als Estats Units era atribuïble gairebé exclusivament al sector TIC, cosa que desmuntava els arguments dels efectes sinèrgics de les TIC cap a la resta de l'economia i, en conseqüència, l'argumentació a favor de l'existència d'una nova economia basada en el coneixement. Amb tot, un altre reconegut investigador de la productivitat, Nordhaus (2001; 2002), emprant dades actualitzades i millors mesures de l'output, va arribar precisament a la conclusió contrària: gairebé la meitat de l'acceleració de la productivitat del treball als Estats Units era conseqüència de la utilització de les TIC per la resta de branques productives de l'economia no vinculades al sector de producció de béns i serveis digitals. De fet, aquest conjunt de treballs, que parteixen d'una funció de producció agregada amb presència d'innovació tecnològica per a l'explicació de la productivitat del treball, distingeixen tant l'acumulació de factors com la PTF en dos components: l'associat al sector TIC i la resta de l'economia. Doncs bé, s'ha arribat a un cert consens en relació amb el fet que el principal element explicatiu de la intensificació del capital als Estats Units ha estat la inversió en TIC. I, encara més, també hi ha un acord acadèmic sobre el fet que una bona part de les millores d'eficiència del sistema econòmic és atribuïble a la producció del sector TIC. Ara bé, les discordances es troben

en l'altre component de la PTF, els efectes sinèrgics de la innovació tecnològica digital cap al conjunt de branques productives de l'economia.

En aquest sentit, podem afirmar que l'acceleració de la productivitat del treball en el sector privat no agrari dels Estats Units durant la segona meitat de la dècada dels noranta és atribuïble, depenent dels treballs, entre un 25% i un 50% a la intensificació de capital TIC, i prop d'un 25% addicional a la PTF directament vinculada a la producció de béns i serveis digitals. En canvi, en la literatura no hi ha un consens clar en relació amb l'impacte que tenen les TIC sobre l'eficiència del conjunt del sistema econòmic. Arribats a aquest punt, hem de distingir dues posicions. La primera, que anomenarem *escèptica*, liderada pel professor Gordon (2000), considera que l'acceleració de la PTF durant la segona meitat dels noranta es deu en gran manera als efectes cíclics vinculats a l'espectacular increment de la inversió en TIC. L'afebliment de la productivitat del treball a final del 2000 i començament del 2001, i els primers resultats empírics en l'àmbit microeconòmic, que atribuïen la pràctica totalitat de l'increment de productivitat en el sector dels ordinadors, els semiconductors, el programari i les telecomunicacions, donen credibilitat a aquesta aproximació. Tot i així, estudis sectorials i empírics posteriors (Stiroh, 2001; Baily i Lawrence, 2001) amplien aquesta visió i indiquen una important acceleració de la productivitat en els sectors que, com les finances, el comerç al detall i a l'engròs i algunes indústries manufactureres, usen intensivament les TIC. Concretament, la idea d'aquests treballs és la següent: els sectors que durant la dècada dels noranta han invertit més en TIC són els que han presentat un increment de la productivitat més substancial. Aquesta aproximació, que anomenarem *favorable*, considera que una part substancial dels avenços de la productivitat del treball és estructural i s'estén progressivament al conjunt de branques d'activitat, especialment a les intensives en l'ús de TIC. Ara bé, la pregunta fonamental és si aquests efectes són cíclics o estructurals o, en altres paraules, si estan relacionats amb l'avenç espectacular de la inversió en equipaments digitals i programari, i si aquests efectes sinèrgics seran persistents en el temps (FMI, 2001).

Finalment, hem de destacar que un nou i recent conjunt d'investigacions sobre l'impacte de les TIC en el creixement de la productivitat del treball als Estats Units ha confirmat l'aproximació favorable en el sentit que la inversió en les TIC i l'ús que se'n fa representen una indubtable millora de la intensificació del capital, tant del sector TIC com dels sectors intensius en l'ús d'aquestes tecnologies, i també, i encara més rellevant, un increment de la PTF, igualment del sector TIC i dels sectors intensius en la inversió i l'ús digital. En aquest sentit, Gordon (2003) acaba reconsiderant la seva aproximació inicial i afirma que l'anàlisi de l'impacte de la revolució tecnològica digital sobre l'avenç de la productivitat del treball als Estats Units ens dona bones i males notícies. Les males notícies estan relacionades amb la confluència inusual d'un període de creixement extraordinari d'aquesta inversió amb xocs macroeconòmics (creixement dels mercats borsaris, inflació baixa i atur reduït) i microeconòmics (creixement espectacular de la demanda de TIC, explosió d'Internet i llei de Moore) extraordinàriament positius. Per tant, la coincidència en el temps de totes aquestes implicacions fa excepcional la segona meitat de la dècada dels noranta pel que fa als increments de productivitat del treball i les seves fonts.

Amb tot i això, també hi ha bones notícies que estan bàsicament vinculades a una certa extensió dels efectes sinèrgics de la inversió i l'ús digital cap a altres branques de producció, com els nous comerços al detall, els serveis financers i algunes indústries manufactureres d'alt valor afegit. En aquest sentit, l'autor conclou que és molt difícil que es puguin mantenir ritmes de creixement de la inversió digital pròxims al 30% durant els pròxims anys, per bé que també cal considerar altres tipus d'inversió i millores organitzatives, més vinculades al marc institucional i a les capacitats dels agents econòmics, i no tant directament relacionades amb la inversió digital. Així, doncs, podem afirmar que Gordon ha matisat el seu escepticisme inicial, bàsicament en tres direccions. Primera, les darreres investigacions de l'impacte de les TIC sobre el creixement de la productivitat del treball suggereixen una vinculació favorable si aquesta relació es combina amb l'impuls de les institucions (Gordon, 2004c). Segona, les TIC fan més eficient la producció d'alguns sectors productius. L'impacte d'Internet i del programari i els serveis informàtics sobre les empreses s'ha evidenciat darrerament, sobretot en els serveis financers i comercials (Gordon, 2004b). I, tercera, la comparació històrica ens mostra una clara similitud entre els increments actuals de la productivitat del treball als Estats Units i els avenços d'aquesta magnitud durant la dècada dels anys vint. Les dues són el resultat d'un procés acumulatiu i dinàmic d'inversió en noves tecnologies i d'ús d'aquestes tecnologies (Gordon, 2004a).

2. Els resultats de Jorgenson, Ho i Stiroh: intensificació del capital i millores d'eficiència als Estats Units

En la mateixa direcció favorable, cal destacar la investigació subjecta a crítica en aquest document. Jorgenson, Ho i Stiroh (2005) analitzen les fonts del creixement econòmic, de la productivitat del treball i de la PTF als Estats Units per a un llarg període de temps. El punt de partida conceptual de l'anàlisi l'hem de buscar en la frontera de possibilitats de producció (FPP), que mesura el conjunt de combinacions eficients d'outputs i d'inputs del conjunt de l'economia i que té els avantatges, en relació amb les aproximacions basades en la funció agregada de producció, de permetre la incorporació de preus ponderats per la qualitat i de costos d'ajustament. En aquest sentit, els autors proposen una funció de possibilitats de producció en la qual l'output Y és integrat per béns i serveis de consum i d'inversió, que són produïts per un conjunt d'inputs basat en la combinació de serveis de capital i de treball. Aquesta funció pren la forma $Y(Y_n, Y_c, Y_s, Y_m) = A f(K_n, K_c, K_s, K_m, L)$, on l'output recull els béns i serveis no-TIC (Y_n) i els béns i serveis produïts pels ordinadors (Y_c), el programari (Y_s) i els equips de comunicació (Y_m). De la mateixa manera, els inputs inclouen els serveis de capital no-TIC (K_n), els serveis de capital d'ordinadors (K_c), els serveis de capital del programari (K_s) i els serveis de capital dels equips de telecomunicació (K_m), a més de l'input treball L . A és el factor que denota la productivitat total dels factors (PTF). Sota l'assumpció que els mercats de productes i de factors són competitius, l'equilibri en la producció implica que el creixement ponderat dels outputs és igual al creixement ponderat dels inputs més l'increment de la PTF. És

a dir, $w_{Y_n} \Delta \ln Y_n + w_{Y_c} \Delta \ln Y_c + w_{Y_s} \Delta \ln Y_s + w_{Y_m} \Delta \ln Y_m = v_{K_n} \Delta \ln K_n + v_{K_c} \Delta \ln K_c + v_{K_s} \Delta \ln K_s + v_{K_m} \Delta \ln K_m + v_L \Delta \ln L + \Delta \ln A$, on w i v representen el valor de participació sobre el total de cada variable. Addicionalment, tant inputs com outputs compleixen la condició de rendiments constants a escala. És a dir, $w_{Y_n} + w_{Y_c} + w_{Y_s} + w_{Y_m} = v_{K_n} + v_{K_c} + v_{K_s} + v_{K_m} + v_L = 1$. Finalment, aquests resultats es poden presentar en termes de productivitat del treball, definida com la ràtio entre el producte total i les hores treballades ($y = Y/H$), i en termes de dependència dels serveis de capital per hora treballada ($k = K/H$). En aquesta aproximació, si hi agreguem els components TIC i no-TIC, tenim que: $\Delta \ln y = v_K \Delta \ln k + v_L (\Delta \ln L - \Delta \ln H) + \Delta \ln A$. Així, doncs, el creixement de la productivitat del treball dependrà de tres fonts. La primera és la dependència del capital, el creixement de l'input capital per hora treballada que reflecteix la substitució de capital i treball. La segona és la millora de la qualitat del treball, i captura la proporció d'hores de treball que representen un increment del producte marginal. La tercera és el creixement de la PTF, que té una contribució punt a punt respecte a l'increment de la productivitat del treball. Sota aquesta forma funcional, els principals resultats d'aquest treball, recollits a la taula 1, confirmen la creixent aportació de la inversió en TIC en l'explicació dels fonaments de l'economia dels Estats Units.

En efecte, pel que fa al creixement econòmic, i en el període 1995-2002, la inversió en TIC ha explicat 0,64 punts percentuals de l'increment del PIB, cosa que representa un 17,8% del creixement econòmic del període, davant una participació del 15,2% en el període 1989-1995, de l'11,8% en el període 1973-1989 i del 2,8% en el període 1948-1973. Pel que fa a les fonts de la productivitat del treball, la investigació corrobora la importància de les TIC no tan sols en la intensificació del capital, sinó també en la PTF. Així, la inversió en les TIC i l'ús d'aquestes tecnologies ha esdevingut un element explicatiu fonamental de l'acceleració de la productivitat del treball als Estats Units a partir de la segona meitat de la dècada dels noranta. De l'increment mitjà de la productivitat del treball en el període 1995-2002, xifrat en un 2,4%, la contribució de les TIC ha estat del 55,5%: 0,88 punts percentuals en la dependència del capital i 0,47 punts percentuals en la PTF. Finalment, també hem d'assenyalar que la important acceleració de la PTF en el període 1995-2002, un 0,71% (davant el 0,26% del període 1989-1995), és en gran part atribuïble a l'impacte de les TIC, que expliquen ni més ni menys que dues terceres parts de la millora d'eficiència de l'economia dels Estats Units. Podem afirmar, doncs, que l'evidència empírica per al cas dels Estats Units confirma la notable i creixent participació de les TIC en l'explicació del creixement econòmic i de la productivitat. I, encara més important, aquesta contribució positiva no tan sols es dona en la intensificació del capital, sinó que també es corrobora en el desenvolupament de l'eficiència del sistema econòmic.

3. Les TIC i la productivitat al món: extensió dels efectes sinèrgics

D'altra banda, i davant la significativa importància de les dades de l'impacte digital per a l'economia dels Estats Units, un conjunt creixent

d'investigacions han estès l'anàlisi a altres economies del món. Partint dels treballs inicials dels economistes vinculats a l'OCDE (Schreyer, 2000; Scarpetta, Bassanini, Pilat i Schreyer, 2000), l'anàlisi internacional de l'impacte de les TIC sobre el creixement de la productivitat s'ha portat a terme bàsicament des de dues perspectives: un primer conjunt d'estudis estima la contribució de les TIC a la dependència del capital emprant la teoria convencional sobre la comptabilització del creixement econòmic (Schreyer, 2000; Colecchia, 2001; Colecchia i Schreyer, 2001; Daveri, 2001; Roeger, 2001), mentre que un altre focus d'anàlisi estudia el paper dels sectors productius, tant del sector TIC com de les altres branques d'activitat que fan servir les TIC, en l'explicació del creixement econòmic (Pilat i Lee, 2001; Van Ark, 2001; Banc Central Europeu, 2001; Van Ark, Inklaar i McGuckin, 2002).

La primera aproximació ens mostra que la inversió en tecnologies digitals (dependència del capital basada en les TIC) ha realitzat una destacada contribució al creixement econòmic d'un important grup de països. En efecte, podem assenyalar que els Estats Units no són l'únic país que s'ha beneficiat dels efectes expansius sobre el creixement de la renda per càpita de la inversió en TIC. En particular, hem d'esmentar els casos del Canadà, Austràlia i Finlàndia, per bé que els altres grans països analitzats, especialment els quatre grans de la Unió Europea (Alemanya, Regne Unit, França i Itàlia), han presentat una contribució del sector TIC menys important, però també creixent en el temps. Això ens porta a afirmar que la consolidació d'un sector productiu TIC important és una condició necessària, però no suficient, per a l'impacte de les tecnologies digitals sobre el creixement econòmic. Els casos d'Austràlia i el Canadà suggereixen que la difusió de les TIC té un paper important en la contribució al creixement econòmic d'aquestes tecnologies, sense que això vagi acompanyat d'un sector digital intern molt desenvolupat.

La segona família de treballs ens aproxima a la contribució del sector TIC i dels sectors intensius en els usos digitals al creixement de la productivitat i del PIB per a un conjunt de països. Seguint les classificacions de l'OCDE (1999; 2000a; 2000b), aquests treballs integren en el sector TIC la maquinària d'oficina, de càlcul i els ordinadors, l'equipament de ràdio, televisió i comunicacions, els serveis postals i de telecomunicacions, i el programari i els serveis informàtics. En el treball de Van Ark (2001), els sectors intensius en usos TIC són la indústria manufacturera de productes químics, la maquinària elèctrica i aparells, i els instruments mèdics, òptics i de precisió, com també els serveis d'intermediació financera, les assegurances, els lloguers de maquinària i equip, la investigació i el desenvolupament, i les altres activitats empresarials que inclouen els serveis a les àrees funcionals de les empreses. En el treball de Pilat i Lee (2001) es consideren activitats intenses en l'ús de TIC el comerç a l'engròs i al detall, els serveis financers i les assegurances, els serveis a les àrees funcionals de l'empresa i la investigació i el desenvolupament. A més, per al conjunt de països del G7, la contribució dels sectors intensius en els usos TIC ha estat més rellevant que al sector TIC mateix. En relació amb l'increment de la productivitat del treball (Pilat i Lee, 2001), la contribució del sector TIC i de les branques intenses en el seu ús també ha estat rellevant en els països analitzats durant la segona meitat de la dècada dels noranta, bé per una important contribució del sector pro-

ductiu de les tecnologies digitals (en especial Finlàndia), bé per la notable aportació dels usos intensius de les TIC (Estats Units, Dinamarca i el Regne Unit). En relació amb la PTF, l'evidència trobada és mixta. D'una banda, països amb un destacat pes relatiu del sector TIC, com Finlàndia, Irlanda i els Estats Units, han presentat un important repunt alcista d'aquest indicador d'eficiència econòmica durant la segona meitat dels noranta, per bé que altres països amb un sector TIC representatiu, com el Japó i els quatre grans de la Unió Europea, han presentat progressos gairebé imperceptibles de la PTF. Tot i així, altres països amb un pes relatiu del sector TIC baix, com Austràlia, han mostrat una notable acceleració de la PTF, cosa que suggereix que el fet que hi hagi un sector TIC desenvolupat no és necessari per a accelerar la PTF.

Conclusions

A manera de resum, podem concloure aquesta revisió de l'evidència empírica internacional relativa a la contribució de les TIC al creixement econòmic i de la productivitat del treball a partir de quatre afirmacions bàsiques. Primera, el fort increment de la inversió en equipaments digitals i programari als Estats Units explica bona part del repunt alcista del creixement econòmic i de la productivitat en aquell país. En efecte, la dependència del capital i la PTF, relacionada amb la inversió i la producció TIC, ha estat l'element subjacent en les millores tendencials de la productivitat als Estats Units. A més, també s'acumulen evidències, des de la perspectiva sectorial, en relació amb el fet que les millores de productivitat s'estenen progressivament cap a la resta de branques d'activitat, especialment en el sector financer, el comercial, el de transport, els serveis a les empreses i algunes indústries manufactureres. Segona, a partir de la segona meitat de la dècada dels noranta un conjunt de països de l'OCDE també ha presentat millores significatives en el progrés tendencial de la productivitat. De fet, s'han trobat evidències concloents en relació amb el fet que la inversió en TIC explica bona part del creixement econòmic dels països analitzats, especialment Austràlia, Finlàndia i el Canadà. Les aproximacions sectorials també certifiquen la importància de les TIC en l'explicació del creixement del PIB i de la productivitat, a l'hora que evidencien la progressiva importància dels efectes sinèrgics de l'ús intensiu d'aquestes tecnologies (especialment a Dinamarca i al Regne Unit). Tercera, l'evidència relativa a les millores de l'eficiència global del sistema econòmic (PTF), com a conseqüència de l'ús intensiu de les TIC, és mixta. Alguns països, com Finlàndia, Noruega, Suècia, Irlanda i Austràlia, han presentat notables millores d'eficiència durant la segona meitat dels noranta, per bé que al Japó i als quatre grans de la UE no s'observen progressos de l'indicador bàsic d'eficiència. I, quarta, els problemes de mesura, sobretot les diferències d'interpretació comptable de la inversió en TIC, el càlcul dels deflactors de preus i la manca d'estadístiques recents, com també la vinculació entre les TIC i les habilitats de la força de treball i la consideració residual de l'indicador habitual d'eficiència econòmica, podrien subestimar alguns dels resultats obtinguts respecte als modestos progressos de la PTF en alguns països.

En definitiva, podem dir que s'acumula evidència concloent en relació amb el fet que la inversió en tecnologies digitals explica bona part

de l'increment del creixement econòmic i de la productivitat d'uns determinats països. A més, l'aproximació sectorial confirma un cert efecte sinèrgic de l'ús intensiu de les TIC cap a la resta de l'aparell productiu, cosa que ens porta a afirmar que hi ha algun element nou darrere la recent acceleració de la PTF a partir de la segona meitat dels noranta. Tanmateix, encara resten per respondre dues qüestions clau. Primera, ¿el repunt alcista dels components de la PTF no vinculats físicament amb els inputs té el seu origen en els efectes sinèrgics i les externalitats en xarxa derivades de la inversió en TIC? Segona, ¿aquesta acceleració és cíclica o estructural? En altres paraules, la literatura empírica internacional ens proporciona evidència de l'impacte macroeconòmic de la inversió en TIC sobre el progrés de la productivitat i del creixement econòmic, com també sobre l'eficiència del sistema econòmic general. Ara bé, aquesta literatura no ens explica definitivament les causes d'aquests efectes, ni tampoc si les millores d'eficiència perduraran en el temps. Segurament, la solució a aquests dos interrogants passa per la incorporació com a instruments d'anàlisi d'altres factors com els aspectes institucionals o les capacitats dels agents econòmics, i també per esperar que la revolució digital vagi estenent els seus efectes sobre un nombre creixent de branques productives. Tot i així, una cosa és segura: la innovació, de la qual la inversió digital és un component fonamental, serà la peça clau en l'explicació del creixement econòmic i de la productivitat durant els propers anys. En aquest sentit, un conjunt encara més recent d'investigacions (Greenan, Horty i Mairesse, 2002; Timmer, Ypma i Van Ark, 2003 i OCDE, 2003) confirmen, emprant noves mesures comparables d'output i de preus, la importància creixent de la inversió i l'ús digital en l'explicació de la productivitat agregada i sectorial, tant en el component de la intensificació del capital com en la PTF.

Si ens referim al treball de Jorgenson, Ho i Stiroh (2005) elaborat per als països del G7 i recollit a la taula 2, per bé que en el període 1995-2001 la productivitat del treball només ha accelerat el seu creixement, en relació amb el període 1989-1995, als Estats Units, el Canadà i el Japó, les TIC s'han convertit en un clar impulsor de la intensificació del capital en tots els països de la mostra, amb una participació sobre el creixement de la productivitat xifrada entre els 0,49 punts percentuals de França i els 0,92 punts percentuals dels Estats Units. Addicionalment, encara és més destacable el paper que han tingut les TIC en les millores de l'eficiència global del conjunt del teixit econòmic. En efecte, el component TIC de la PTF ha augmentat significativament la seva participació en el període 1995-2001 (comparant-ho amb el període 1985-1995), cosa que explica des dels 0,17 punts percentuals de l'increment de la productivitat del treball al Canadà fins als 0,82 punts al Regne Unit. En síntesi, aquest treball posa clarament en relleu la creixent i significativa participació de les TIC en l'explicació del creixement de la productivitat dels països del G7. Així, doncs, si hi agreguem la participació de les TIC, tant pel que fa a l'aprofundiment del capital com a les millores d'eficiència, ens trobem davant una notable participació de la inversió i dels usos digitals en l'explicació de la productivitat del treball durant el període 1995-2001 (un 62,8% als Estats Units, un 68,1% al Canadà, un 89,5% al Regne Unit, un 66,4% a França, un 86% a Alemanya, un 122,8% a Itàlia i un 42,2% al Japó).

Taula 1. Les fonts del creixement econòmic, la productivitat del treball i la PTF als Estats Units, 1948-2002

Punts percentuals de creixement	1948-2002	1948-1973	1973-1989	1989-1995	1995-2002
Creixement econòmic					
PIB	3,46	3,99	2,97	2,43	3,59
Contribució de les TIC	0,28	0,11	0,35	0,37	0,64
Ordinadors	0,13	0,03	0,18	0,15	0,34
Programari	0,07	0,02	0,08	0,15	0,19
Equips de comunicació	0,08	0,07	0,09	0,08	0,11
Contribució d'altres tecnologies	3,18	3,88	2,62	2,05	2,95
Inversió en tecnologies no digitals	0,69	1,05	0,44	0,21	0,41
Consum en tecnologies no digitals	2,49	2,82	2,18	1,85	2,54
Productivitat del treball					
PIB	3,46	3,99	2,97	2,43	3,59
Hores treballades	1,23	1,06	1,60	1,02	1,16
Productivitat del treball	2,23	2,93	1,36	1,40	2,43
Dependència del capital	1,23	1,49	0,85	0,78	1,52
TIC	0,33	0,14	0,34	0,44	0,88
Tecnologies no digitals	0,90	1,35	0,51	0,34	0,64
Qualitat del treball	0,33	0,43	0,23	0,36	0,20
PTF	0,67	1,00	0,29	0,26	0,71
TIC	0,17	0,05	0,20	0,23	0,47
Tecnologies no digitals	0,50	0,95	0,09	0,03	0,24
Productivitat total dels factors (PTF)					
PTF	0,67	1,00	0,29	0,26	0,71
TIC	0,17	0,05	0,20	0,23	0,47
Ordinadors	0,10	0,02	0,13	0,13	0,33
Programari	0,02	0,00	0,03	0,06	0,06
Equips de comunicació	0,04	0,03	0,05	0,04	0,08
Tecnologies no digitals	0,50	0,95	0,09	0,03	0,24

Font: Elaboració pròpia a partir de Jorgenson, Ho i Stiroh (2005).

Taula 2. Les fonts de la productivitat del treball als països del G7, 1980-2001

Punts percentuals de creixement i percentatges de variació	EUA	Canadà	R. Unit	França	Alemanya	Itàlia	Japó
PIB							
1980-1989	3,38	3,10	2,69	2,38	1,99	2,51	3,98
1989-1995	2,43	1,39	1,62	1,30	2,34	1,52	2,39
1995-2001	3,76	3,34	2,74	2,34	1,18	1,90	1,89
Hores treballades							
1980-1989	1,79	1,87	0,82	-0,66	0,11	0,15	0,95
1989-1995	1,02	0,20	-1,17	-0,41	-0,71	-0,57	-0,51
1995-2001	1,53	1,93	1,03	0,91	-0,11	0,99	-1,14
Productivitat del treball							
1980-1989	1,58	1,23	1,87	3,04	1,88	2,36	3,04
1989-1995	1,40	1,19	2,79	1,71	3,05	2,09	2,90
1995-2001	2,23	1,41	1,71	1,43	1,29	0,92	3,03
Dependència capital TIC							
1980-1989	0,40	0,35	0,22	0,19	0,19	0,23	0,45
1989-1995	0,44	0,48	0,29	0,20	0,28	0,28	0,39
1995-2001	0,92	0,79	0,71	0,39	0,46	0,45	0,85
Dependència capital no-TIC							
1980-1989	0,37	0,42	1,20	2,29	1,20	2,25	0,86
1989-1995	0,34	0,16	2,11	1,15	1,33	1,06	1,37
1995-2001	0,55	-0,14	-0,21	0,25	0,70	0,61	0,96
Qualitat del treball							
1980-1989	0,30	0,40	0,12	0,24	0,26	0,23	0,72
1989-1995	0,36	0,55	0,49	0,61	0,33	0,38	0,31
1995-2001	0,23	0,18	0,30	0,19	0,23	0,35	0,37
PTF TIC							
1980-1989	0,23	0,14	0,23	0,29	0,28	0,32	0,19
1989-1995	0,23	0,14	0,32	0,29	0,43	0,38	0,20
1995-2001	0,48	0,17	0,82	0,56	0,65	0,68	0,43
PTF no-TIC							
1980-1989	0,29	-0,08	0,11	0,03	-0,05	-0,68	0,82
1989-1995	0,03	-0,14	-0,43	-0,55	0,69	-0,01	0,63
1995-2001	0,06	0,41	0,09	0,04	-0,75	-1,17	0,42
Promemòria: (dependència capital TIC + PTF TIC / productivitat del treball)							
1980-1989	39,9%	39,8%	24,1%	15,8%	25,0%	23,3%	21,1%
1989-1995	47,9%	52,1%	21,9%	28,7%	23,3%	31,6%	20,3%
1995-2001	62,8%	68,1%	89,5%	66,4%	86,0%	122,8%	42,2%

Font: Elaboració pròpia a partir de Jorgenson, Ho i Stiroh (2005).

Bibliografia

- ATKESON, A.; KEHOE, P.J. (2001). *The Transition to a New Economy after the Second Industrial Revolution* [Document de treball 8676 NBER en línia]. <<http://papers.nber.org/papers/w8676>>
- BANC CENTRAL EUROPEU (2001, juliol). «Nuevas tecnologías y productividad en la zona euro». *Boletín Mensual*. Pàg. 45-58.
- BAI, C.; YUEN, C. (2003). *Technology and the New Economy*. Cambridge: The MIT Press.
- BAILY, M.N.; LAWRENCE, R.Z. (2001). *Do We Have A New E-Economy?* [Document de treball 8423 NBER en línia]. <<http://www.nber.org/papers/w8423>>
- BRYNJOLFSSON, E.; KAHIN, B. (2000). *Understanding the Digital Economy*. Cambridge: The MIT Press.
- CASTELLS, M. (1996). *La era de la informació: economía, sociedad y cultura. Volumen I: La sociedad red*. Segona edició. Madrid: Alianza Editorial.
- CASTELLS, M. (2004). *The Information Society*. Cheltenham i Northampton: Edward Elgar.
- COLECCHIA, A. (2001). *The Impact of Information and Communications Technologies on Output Growth: Issues and Preliminary Findings* [Document de treball 11 STI en línia]. <http://www.oecd.org/dsti/sti/prod/sti_wp.htm>
- COLECCHIA, A.; SCHREYER, O. (2001). *ICT Investment and Economic Growth in the 1990s: Is the United States a Unique Case? A Comparative Study of Nine OCDE Countries* [Document de treball 2001/7 STI en línia]. <http://www.oecd.org/dsti/sti/prod/sti_wp.htm>
- CRAFTS, N. (2000). «The Solow Productivity Paradox in Historical Perspective». A: *Long-Term Trends in the World Economy*. Universitat de Copenhaguen.
- DAVERI, F. (2001). *Information Technology and Growth in Europe* [Document de treball]. Universitat de Parma.
- DAVID, P.A. (2000). «Understanding Digital Technology's Evolution and the Path of Measured Productivity Growth: Present and Future in the Mirror of the Past». A: *Understanding the Digital Economy*. Cambridge: The MIT Press.
- DE LONG, B. (2001). «A Historical Perspective on the New Economy». A: *Montreal New Economy Conference (2001: Mont-real)* [Conferència en línia]. <<http://www.econ161.berkeley.edu>>
- DEPARTAMENT DE TREBALL DELS EUA (2005). «Productivity and Costs» [Document en línia]. Washington D.C.: Bureau of Labor Statistics. <<http://www.bls.gov/lpc/home.htm>>
- FELDSTEIN, M. (2003). *Why is Productivity Growing Faster?* [Document de treball 9530 NBER en línia]. <<http://www.nber.org/papers/w9530>>
- FONS MONETARI INTERNACIONAL (2001). «The Information Technology Revolution» [Article en línia]. A: *World Economic Outlook October 2001*. Washington D.C. <<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2001/02/>>
- GORDON, R.J. (1999). *Has the «New Economy» Rendered the Productivity Slowdown Obsolete?* [Document de treball]. Northwestern University.
- GORDON, R.J. (2000). «Does the "New Economy" Measure Up the Great Inventions of the Past?». *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 14 (tardor), pàg. 49-74.
- GORDON, R.J. (2003). *Hi-Tech Innovation and Productivity Growth: Does Supply Create its Own Demand?* [Document de treball 9437 NBER en línia]. <<http://www.nber.org/papers/w9437>>
- GORDON, R.J. (2004a). «The 1920s and the 1990s in Mutual Reflection». A: *Economic History Conference: Understanding the 1990s: The Long Term Perspective*. Universitat Duke.
- GORDON, R.J. (2004b). *Five Puzzles in the Behavior of Productivity, Investment, and Innovation* [Document de treball]. Northwestern University.
- GORDON, R.J. (2004c). *Why was Europe left at the Station When America's Productivity Locomotive Departed?* [Document de treball]. Londres: Centre for Economic Policy Research (CEPR).
- GREENAN, N.; HORTY, Y.; MAIRESSE, J. (2002). *Productivity, Inequality, and the Digital Economy*. Cambridge: The MIT Press.
- GREENSPAN, A. (1999). «Information, Productivity, and Capital Investment». *The Business Council*. Boca Raton.
- JORGENSEN, D.W.; STIROH, K.J. (1999). «Productivity Growth: Current Recovery and Longer-term Trends». *American Economic Review, Papers and Proceedings*. Vol. 89, núm. 2, pàg. 109-115.
- JORGENSEN, D.W.; STIROH, K.J. (2000). «Raising the Speed Limit: US Economic Growth in the Information Age». *Brookings Papers on Economic Activity*. Vol. 1, pàg. 161-167.
- JORGENSEN, D.W.; STIROH, K.J. (2001). «Information Technology and the US Economy». *AMERICAN ECONOMIC REVIEW*. Vol. 91 (MARÇ), PÀG. 1-32.
- JORGENSEN, D.W.; STIROH, K.J. (2005). *INFORMATION TECHNOLOGY AND THE AMERICAN GROWTH RESURGENCE*. THE MIT PRESS.
- NORDHAUS, W.D. (2001). *Productivity Growth and the New Economy* [Document de treball 8096 NBER en línia]. <<http://www.nber.org/papers/w8096>>
- NORDHAUS, W.D. (2002, juny). *Alternative Methods for Measuring Productivity Growth Including Approaches When Output is Measured With Chain Indexes* [Document de treball]. Universitat de Yale.
- O'MAHONY, M.; VAN ARK, B. (2003). *EU Productivity and Competitiveness: An Industry Perspective. Can Europe Resume the Catching-up Process?* Luxemburg: Comissió Europea.
- OCDE (1999). *Tableau de bord de l'OCDE de la Science, de la Technologie et de l'Industrie 1999. Mesurer les économies fondées sur le savoir*. Paris.
- OCDE (2000a). *A New Economy? The Changing Role of Innovation and Information Technology in Growth*. Paris.
- OCDE (2000b). *Measuring the ICT Sector*. Paris.
- OCDE (2001). *OECD Science, Technology and Industry Outlook*. Paris.
- OCDE (2003). *ICT and Economic Growth. Evidence from OECD Countries, Industries and Firms*. Paris.
- OLINER, S.D.; SICHEL, D.E. (2000). «The Resurgence of Growth in the Late 1990s: Is Information Technology the Story». *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 14 (tardor), pàg. 3-22.
- PILAT, D.; LEE, F.C. (2001). *Productivity Growth in ICT-Producing and ICT-Using Industries. A Source of Growth Differentials in the OCDE?* [Document de treball 2001/4 STI en línia]. <http://www.oecd.org/dsti/sti/prod/sti_wp.htm>
- ROEGER, W. (2001). «The Contribution of Information and Communication Technologies to Growth in Europe and the United States: A Macroeconomic Analysis». *Economic Papers*. Núm. 147. Brussel·les: Comissió Europea.
- SCARPETTA S.A.; BASSANINI A.; PILAT, D.; SCHREYER, P. (2000). *Economic Growth in the OECD Area: Recent Trends at the Aggregate and Sectoral Levels* [Document de treball 248 OECD Economics Department en línia]. <[http://www.oecd.org/olis/2000doc.nsf/4f7adc214b91a685c12569fa005d0ee7/c12568d1006e03f7c1256903004f0f1d/\\$FILE/00079565.PDF](http://www.oecd.org/olis/2000doc.nsf/4f7adc214b91a685c12569fa005d0ee7/c12568d1006e03f7c1256903004f0f1d/$FILE/00079565.PDF)>
- SCHREYER, P. (2000). *The Contribution of Information and Communication Technologies to Output Growth* [Document de treball 2000/2 STI en línia]. <http://www.oecd.org/dsti/sti/prod/sti_wp.htm>
- STIROH, K.J. (2001). *Information Technology and the U.S. Productivity Revival: What Do the Industry Data Say? Staff Report*. Núm. 115. Nova York: Banc de la Reserva Federal.

TIMER, M.; YPMA, G.; VAN ARK, B. (2003). *IT in the European Union: Driving Productivity Convergence*. Universitat de Groningen.

TORRENT, J. (2004). *Innovació tecnològica, creixement econòmic i economia del coneixement*. Barcelona: Edicions del Consell de Treball, Econòmic i Social de Catalunya (CTESC).

VAN ARK, B. (2001). *The Renewal of the Old Economy: Europe in an Internationally Comparative Perspective*. Universitat de Groningen.

VAN ARK, B.; INKLAAR, R.; MCGUCKIN, R. (2002). *Changing Gear. Productivity, ICT and Service Industries: Europe and United States*. Universitat de Groningen.

VILASECA, J.; TORRENT, J. (2005a). *Cap a l'empresa xarxa. Les TIC i les transformacions de l'empresa catalana*. Barcelona: Edicions de la Universitat Oberta de Catalunya.

VILASECA, J.; TORRENT, J. (2005b). *Principios de Economía del Conocimiento. Hacia una economía global del conocimiento*. Madrid: Editorial Pirámide.

WHELAN, K. (2000). «A Guide to the Use of Chain Aggregated NIPA Data». A: *Finance and Economics Discussion Paper 2000/35*. Washington D.C.: Board of Governors of the Federal Reserve System.

Citació recomanada:

TORRENT, Joan (2006). «TIC, productivitat i creixement econòmic: la contribució empírica de Jorgenson, Ho i Stiroh». *UOC Papers* [article en línia]. Núm. 2. UOC. [Data de consulta: dd/mm/aa].

<<http://www.uoc.edu/uocpapers/2/dt/cat/torrent.pdf>>

ISSN 1885-1541



Aquesta obra està subjecta a la llicència Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 2.5 de Creative Commons. Podeu copiar-la, distribuir-la i comunicar-la públicament sempre que n'especifiqueu l'autor i UOC Papers; no en feu un ús comercial; i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/es/deed.ca>



Joan Torrent i Sellens

Director dels Estudis d'Economia i Empresa de la UOC

Coordinador del grup de recerca de l'Observatori de la Nova Economia (ONE) de la UOC
jtorrent@uoc.edu

Llicenciat en Ciències Econòmiques i Empresariales per la Universitat Autònoma de Barcelona i doctor en Societat de la Informació i el Coneixement per la UOC. També és màster en Anàlisi en economia aplicada per la Universitat Autònoma de Barcelona. Exerceix de coordinador del grup de recerca de l'Observatori de la Nova Economia (ONE) adscrit a l'Institut Interdisciplinari d'Internet (IN3) de la UOC.

És especialista en creixement econòmic, economia del coneixement i empresa xarxa. El seus projectes de recerca en curs són els següents: Projecte productivitat i competitivitat a Catalunya, Projecte Internet Catalunya: les TIC i les transformacions de l'empresa catalana, i Projecte regional IST.