

Innovación y productividad: ¿Dónde estamos? ¿Dónde vamos?

José García Montalvo
K Fund Investors day
6 de Junio de 2023



Universitat
Pompeu Fabra
Barcelona

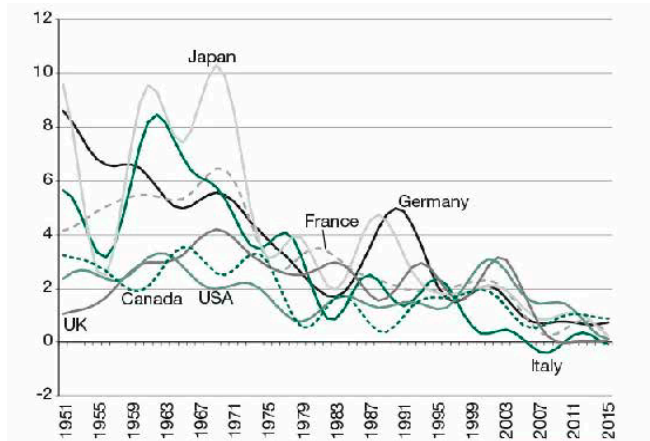
Productividad: la piedra filosofal

- Los economistas nos ponemos de acuerdo en pocas cosas pero una es clara: un país donde la productividad no crece está destinado al fracaso
- ¿Cómo medimos los economistas la productividad? TFP (“total factor productivity”) o el crecimiento del output por trabajador que no puede ser explicado por el crecimiento del capital, de la calidad del trabajo y de los inputs intermedios. Por eso se denomina también el residuo de Solow

$$\Delta \ln Y_t = \alpha_t \Delta \ln K_t + (1 - \alpha_t)(\Delta \ln H_t + \Delta \ln LC_t) + \Delta \ln TFP_t.$$

$$\Delta \ln Y_t - \Delta \ln H_t = \alpha_t(\Delta \ln K_t - \Delta \ln H_t) + (1 - \alpha_t)\Delta \ln LC_t + \Delta \ln TFP_t.$$

La paradoja de la productividad

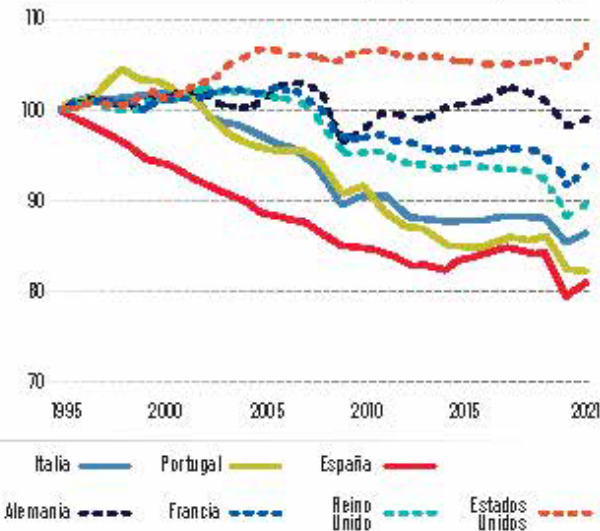


La paradoja de la productividad:

Versión siglo XX: paradoja 1.0

Solow: “Se ven ordenadores ordenadores en todas partes menos en las estadísticas de productividad”

Gráfico 4. Productividad Total de los Factores (PTF): 1995-2021 (1995=100)



Versión siglo XXI: paradoja 2.0

Se habla de inteligencia artificial y aprendizaje automático todo el tiempo pero no se ve en las estadísticas de productividad

...con un intervalo brillante

Tasa de productividad acumulada
El crecimiento de la productividad se concentra entre 1995 y 2005

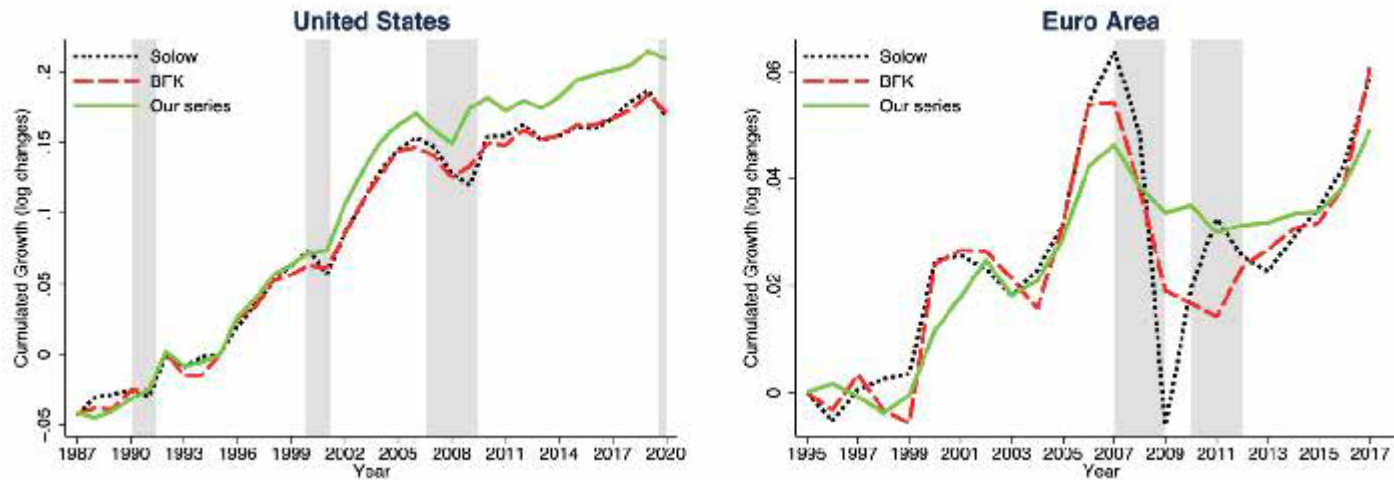
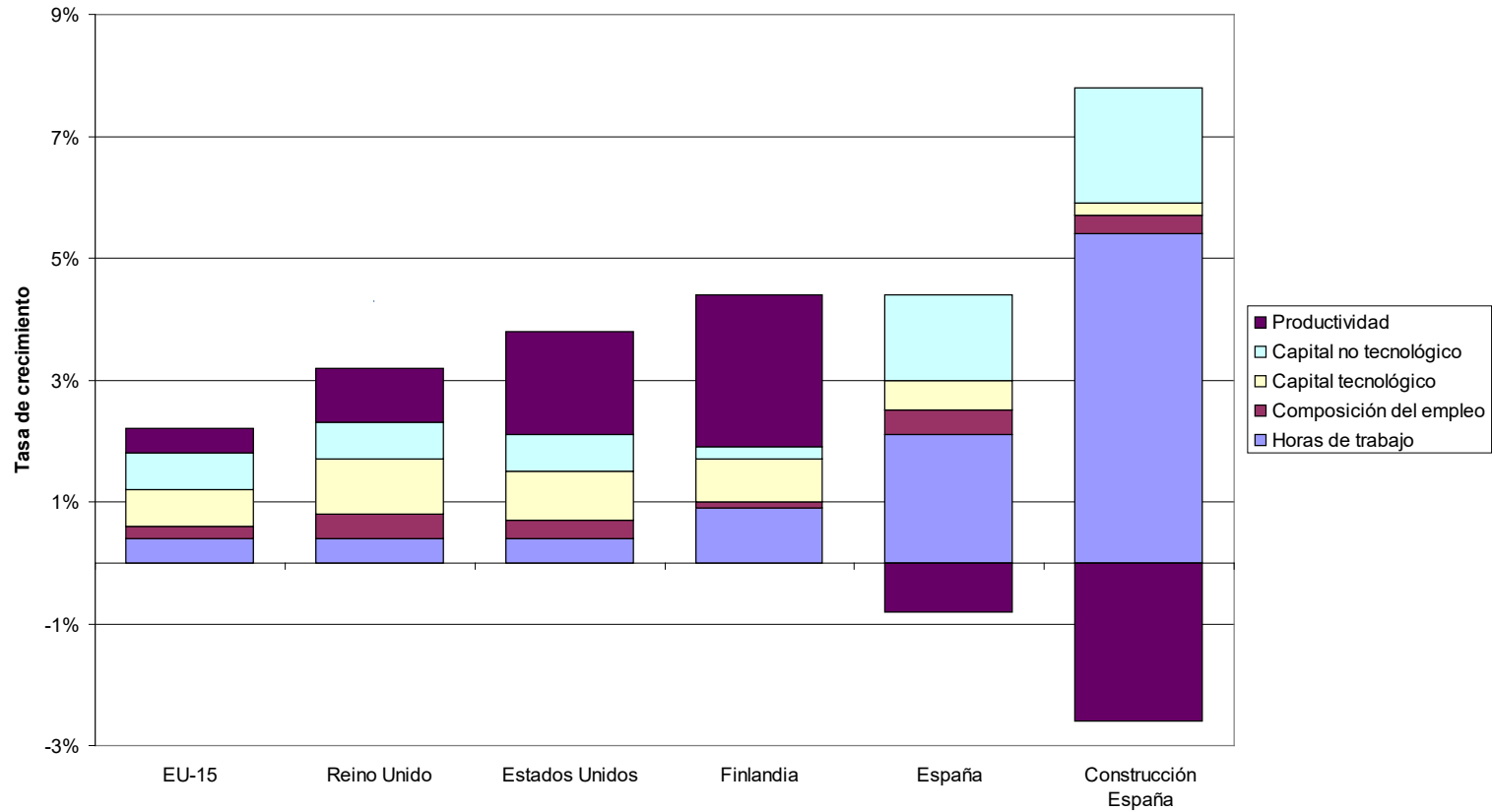


Table 2: Sources of U.S. labor productivity growth

| | Labor productivity | TFP | Capital deepening | Labor quality |
|----------------|--------------------|-------|-------------------|---------------|
| 1996–2004 | 3.32 | 1.82 | 1.13 | 0.36 |
| 2005–2019 | 1.39 | 0.45 | 0.54 | 0.40 |
| Change | -1.93 | -1.37 | -0.59 | 0.03 |
| % of LP change | | 71 | 30 | -2 |

Productividad: la piedra filosofal

Contribución al crecimiento de la producción de mercado 1996-2005



Fuente: Montalvo (2008)



Factores en la caída de la productividad

- Estancamiento tecnológico: caída en la tasa de nuevos descubrimiento / menos efectivos
 - La cuarta revolución industrial no es una revolución
 - Reducción significativa de la productividad de la investigación
 - Reducción de la innovaciones disruptivas
 - Envejecimiento de la población
 - Reducción de la competencia en el mercado
 - Bajos tipos de interés ralentizan la destrucción creativa
- Problemas con el capital humano: falta de mano de obra cualificada y talento; Desajuste entre la cualificación demanda y la poseída
- Mala distribución del capital
- Problemas de medida de los inputs y el output
- Retardos en el impacto
- ~~Otros: sobrecarga regulatoria, deficiencias en infraestructuras, falta de demanda (“secular stagnation”), teletrabajo, distracción digital, etc.~~



Factores en la caída de la productividad

- Estancamiento tecnológico: caída en la tasa de nuevos descubrimiento / menos efectivos
 - La cuarta revolución industrial no es una revolución
 - Reducción significativa de la productividad de la investigación
 - Reducción de la innovaciones disruptivas
 - Envejecimiento de la población
 - ~~• Reducción de la competencia en el mercado~~
 - ~~• Bajos tipos de interés ralentizan la destrucción creativa~~
- ~~• Problemas con el capital humano: falta de mano de obra cualificada y talento; Desajuste entre la cualificación demanda y la poseída~~
- ~~• Mala distribución del capital~~
- Problemas de medida de los inputs y el output
- Retardos en el impacto

Factores en la caída de la productividad

- Estancamiento tecnológico: caída en la tasa de nuevos descubrimiento / menos efectivos
 - **La cuarta revolución industrial no es una revolución**
 - Reducción significativa de la productividad de la investigación
 - Reducción de la innovaciones disruptivas
 - Envejecimiento de la población
 - ~~• Reducción de la competencia en el mercado~~
 - ~~• Bajos tipos de interés ralentizan la destrucción creativa~~
- ~~• Problemas con el capital humano: falta de mano de obra cualificada y talento; Desajuste entre la cualificación demanda y la poseída~~
- ~~• Mala distribución del capital~~
- Problemas de medida de los inputs y el output
- Retardos en el impacto



¿Es la cuarta revolución industrial una verdadera revolución?

- Gordon (2014), *The rise and fall of American productivity*
- El mejor principio para organizar el pensamiento sobre la innovación es distinguir entre las revoluciones industriales:
 - 1ª (1770-1840) tuvo impacto hasta 1900: motor de vapor, ferrocarril, barcos a vapor, transición de la madera al acero, hilado del algodón
 - 2ª (1870-1920) tuvo impacto hasta el 1970: electricidad, luz, ascensores, aire acondicionado, motor de combustión interna, coches, aviones, teléfono, fonógrafo, radio, televisión, agua corriente, reducción de la mortalidad infantil, químicos, plásticos, antibióticos, medicina 2.0, etc.
 - 3ª (desde 1960): revolución del entretenimiento y las tecnologías de la información y las comunicaciones: TV a color y streaming, del mainframe al PC, web, comercio electrónico, teléfonos móviles, ATM, códigos de barras, rápida autorización de tarjeta de crédito, etc.

¿Es la cuarta revolución industrial una verdadera revolución?

Figure 1-2. Average Annual Growth Rates of Output per Hour and Its Components, Selected Intervals, 1890-2014

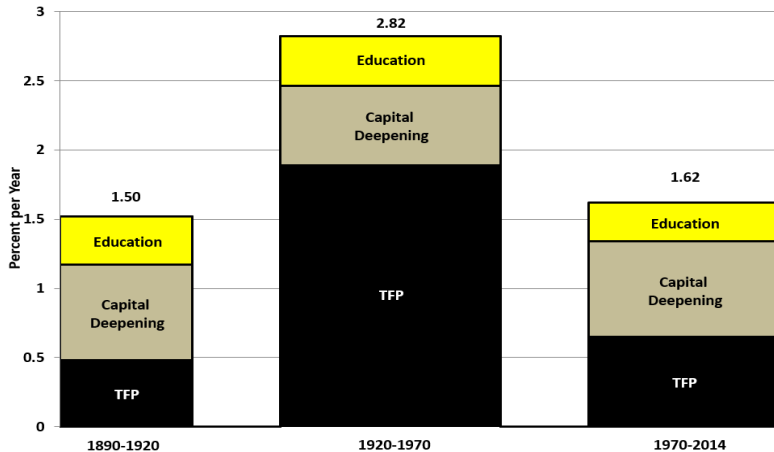
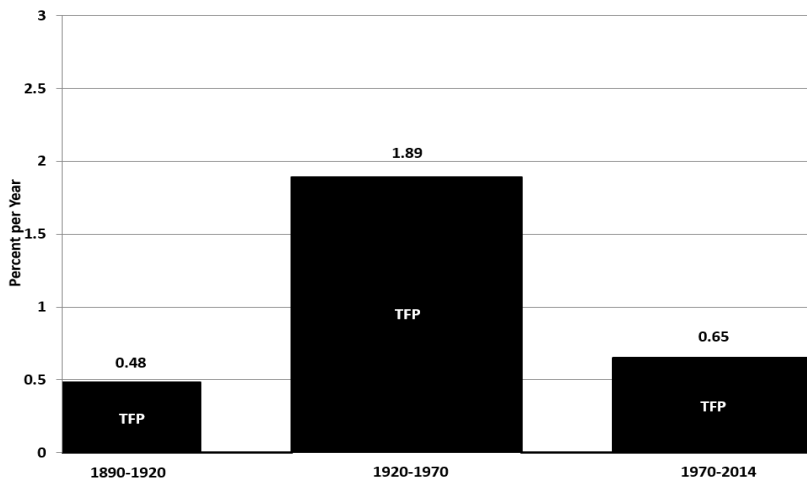


Figure 1-2. Average Annual Growth Rates of Total Factor Productivity, Selected Intervals, 1890-2014



- La tercera revolución industrial solo genera un crecimiento 1/3 parte la anterior y la mayor parte del aumento de la TFP se produjo entre 1996 y 2004
- La tercera revolución industrial parecía provocar un éxtasis allí donde miraras (laptops por todas partes, códigos de barras en los comercio, ATM en las finanzas, electronic medical records, etc.)
- Las innovaciones continuaron pero, ¿cómo de importantes son respecto al pasado? Ganancias de expectativa de vida pequeñas (aumento entre los americanos entre 45 y 54 años), gap entre expectativa de vida de ricos y pobres, etc.



¿Es la cuarta revolución industrial una verdadera revolución?

- ¿Por qué creció tan rápido la productividad en la segunda revolución industrial?
“One time only inventions”:
 - Llamas para la luz -> la electricidad (on-off)
 - Energía del motor de vapor y cintas -> máquinas eléctricas
 - Oficinas y casas frías o calientes dependiendo de las estaciones -> calefacción central y aire acondicionado
 - Caballos -> vehículos de motor y viajes aéreos
 - Principalmente rural en 1870 -> principalmente urbano en 1950



¿Es la cuarta revolución industrial una verdadera revolución?

- Las innovaciones han continuado pero son evolucionarias más que revolucionarias (coches sin conductor, inteligencia artificial, etc)
- Los ordenadores son complementarios y no sustitutivos de los trabajadores (reorganizan en lugar de eliminar el trabajo): las ATM no acabaron con los cajeros, los códigos de barras no acabaron con los cajeros de supermercado, los radiólogos no han desaparecido.
- La inteligencia artificial aplicada al marketing es un juego de suma 0
- Vientos de frente:
 - La educación fue una de los principales factores de la mejora de la productividad en el siglo XX pero en muchos países está aumentando el porcentaje de drop outs de high school y alumnos que no completan la universidad
 - Caída del número de horas por trabajador y reducción de la participación laboral



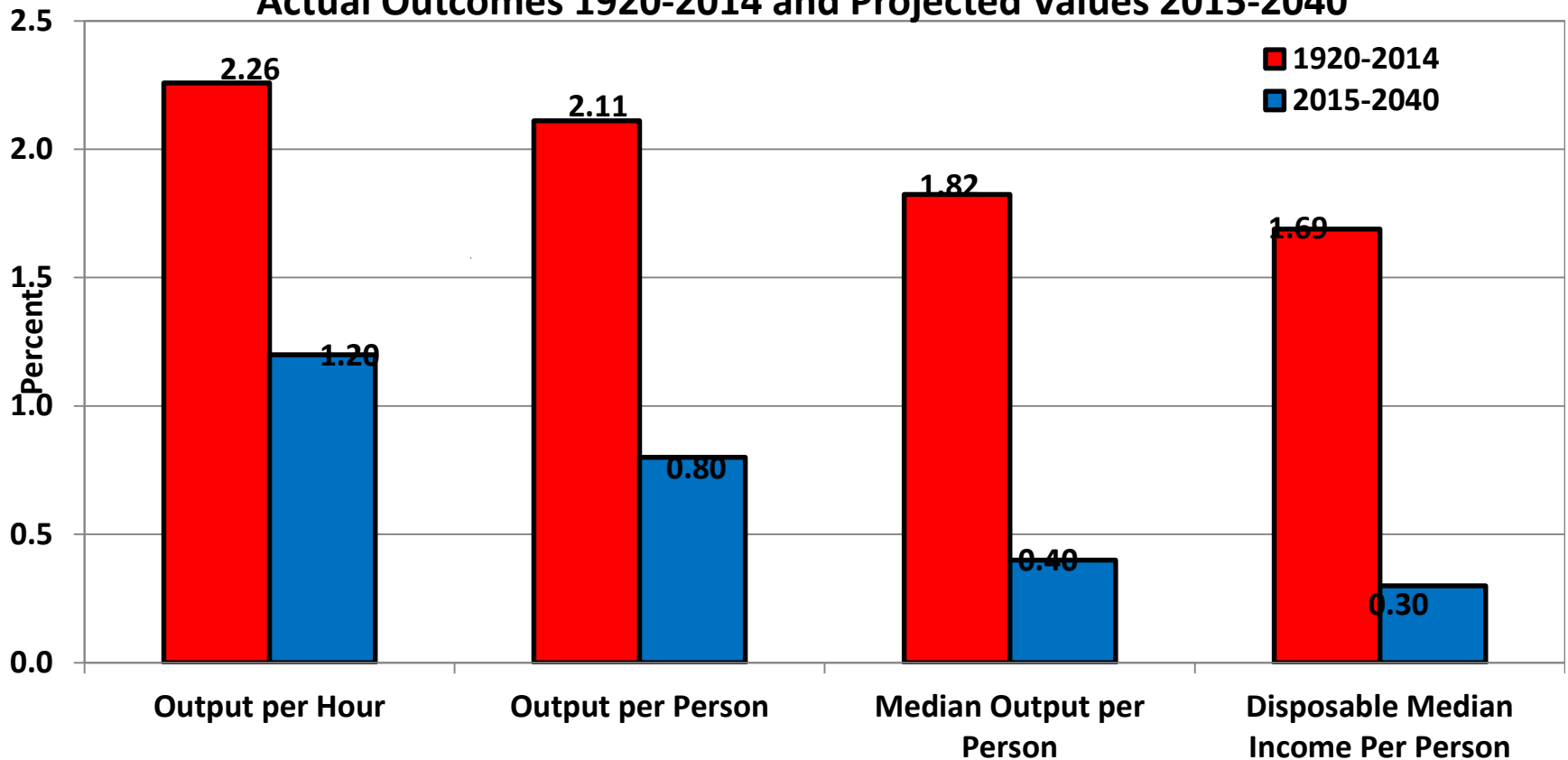
¿Es la cuarta revolución industrial una verdadera revolución?

- La mejora de la productividad se concentró entre 1995 y 2005 en Estados Unidos fundamentalmente por el aumento del capital en ICT en particular en los sectores de servicios de mercado y hardware, que generó efectos spillover sobre la TPF en lugar de estar limitado al canal del aumento de la intensidad del capital
- En contraste en Europa en el mismo periodo la caída de la productividad se debió a la escasa inversión en ICT lo que impidió capturar los beneficios de eficiencia de las ICT
- Después de 2005 tanto en los Estados Unidos como en Europa, se ha producido una reducción del crecimiento indicando que los beneficios de la revolución ICT fueron temporales en lugar de producir una era de crecimiento de la productividad más rápido
- Estos resultados son consistentes con la visión de que las innovaciones actuales son menos potentes para aumentar el crecimiento de la productividad que las de pasadas revoluciones industriales



¿Es la cuarta revolución industrial una verdadera revolución?

**Annual Growth Rate of Alternative Real Income Concepts,
Actual Outcomes 1920-2014 and Projected Values 2015-2040**



Source: Gordon.

Factores en la caída de la productividad

- Estancamiento tecnológico: caída en la tasa de nuevos descubrimiento / menos efectivos
 - La cuarta revolución industrial no es una revolución
 - **Reducción significativa de la productividad de la investigación**
 - Reducción de la innovaciones disruptivas
 - Envejecimiento de la población
 - ~~• Reducción de la competencia en el mercado~~
 - ~~• Bajos tipos de interés ralentizan la destrucción creativa~~
- ~~• Problemas con el capital humano: falta de mano de obra cualificada y talento; Desajuste entre la cualificación demanda y la poseída~~
- ~~• Mala distribución del capital~~
- Problemas de medida de los inputs y el output
- Retardos en el impacto



Caída de la productividad de la investigación

- Bloom et al. (2020), Are ideas harder to find?, AER.
- Caída en la tasa de nuevos descubrimientos
- Crec. Econ. = productividad investigación (-) x numero de investigadores (+)
- Ejemplos de reducción de la productividad
 - El número de investigadores para doblar la densidad de chips cada casi dos años es más de 18 veces mayor hoy que en 1970 (caída del 7% anual)



Caída de la productividad de la investigación

- Bloom et al. (2020), Are ideas harder to find?, AER.
- Crec. Econ. = productividad investigación (-) x numero de investigadores (+)
- Ejemplos de reducción de la productividad
 - El número de investigadores para doblar la densidad de chips cada casi dos años es más de 18 veces mayor hoy que en 1970 (caída del 7% anual)
 - La productividad de la investigación sobre la mejora de los resultados en la producción de productos agrícolas ha caído un 5% anual

Caída de la productividad de la investigación

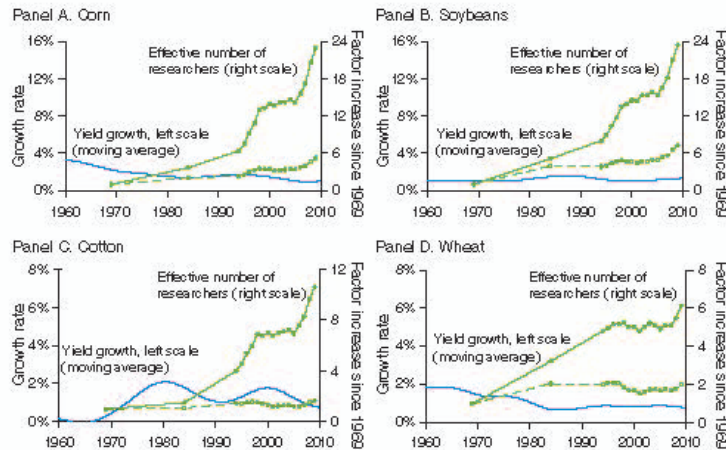


FIGURE 6. YIELD GROWTH AND RESEARCH EFFORT BY CROP

Notes: The blue line is the annual growth rate of the smoothed crop yields over the following 5 years; national realized yields for each crop are taken from the US Department of Agriculture National Agricultural Statistics Service (2016). The two green lines report effective research: the solid line is based on R&D targeting seed efficiency only; the dashed lower line additionally includes research on crop protection. Both are normalized to 1 in 1969. R&D expenditures are deflated by a measure of the nominal wage for high-skilled workers. See the online Appendix for more details.

TABLE 2—RESEARCH PRODUCTIVITY IN AGRICULTURE, 1969–2009

| | Effective research | | Research productivity | |
|-----------------------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | Factor increase | Avg. growth (%) | Factor decrease | Avg. growth (%) |
| Research on seed efficiency only | | | | |
| Corn | 23.0 | 7.8 | 52.2 | -9.9 |
| Soybeans | 23.4 | 7.9 | 18.7 | -7.3 |
| Cotton | 10.6 | 5.9 | 3.8 | -3.4 |
| Wheat | 6.1 | 4.5 | 11.7 | -6.1 |
| Research includes crop protection | | | | |
| Corn | 5.3 | 4.2 | 12.0 | -6.2 |
| Soybeans | 7.3 | 5.0 | 5.8 | -4.4 |
| Cotton | 1.7 | 1.3 | 0.6 | +1.3 |
| Wheat | 2.0 | 1.7 | 3.8 | -3.3 |
| Agriculture | | | | |
| US research, 1970–2008 | 1.9 | 1.8 | 3.9 | -3.7 |
| Global research, 1980–2010 | 1.6 | 1.6 | 5.2 | -5.5 |

Notes: Research productivity is the ratio of idea output, yield growth, to the effective number of researchers, measured as R&D expenditures deflated by the nominal wage for high-skilled workers. In the first panel of results, the research input is based on R&D expenditures for seed efficiency only. The second panel additionally includes research on crop protection. See the online Appendix for more details.

Reducción de la productividad de todo tipo de productos agrícolas a pesar de un aumento muy significativo de los investigadores en dichos campos

Dependiendo de los productos las caídas medias están entre el 3 y el 10%



Caída de la productividad de la investigación

- Bloom et al. (2020), Are ideas harder to find?, AER.
- Crec. Econ. = productividad investigación (-) x numero de investigadores (+)
- Ejemplos de reducción de la productividad
 - El número de investigadores para doblar la densidad de chips cada casi dos años es más de 18 veces mayor hoy que en 1970 (caída del 7% anual)
 - La productividad de la investigación sobre la mejora de los resultados en la producción de productos agrícolas ha caído un 5% anual
 - La caída es similar en la investigación para reducir la mortalidad por cáncer o ataques al corazón

Caída de la productividad de la investigación

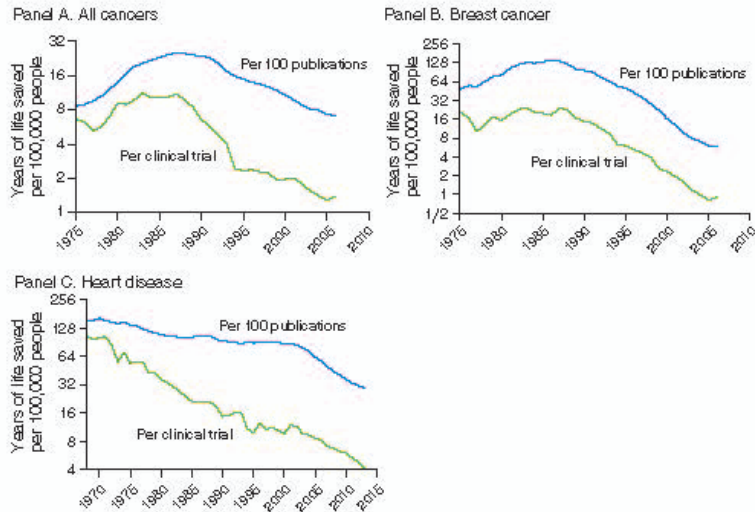


FIGURE 9. RESEARCH PRODUCTIVITY FOR MEDICAL RESEARCH

Note: Research productivity is computed as the ratio of years of life saved to the number of publications.

TABLE 3—RESEARCH PRODUCTIVITY FOR MEDICAL RESEARCH

| Disease | Effective research | | Research productivity | |
|----------------------|--------------------|-----------------|-----------------------|-----------------|
| | Factor increase | Avg. growth (%) | Factor decrease | Avg. growth (%) |
| All publications | | | | |
| Cancer, all types | 3.5 | 4.0 | 1.2 | -0.6 |
| Breast cancer | 5.9 | 5.7 | 8.2 | -6.8 |
| Heart disease | 5.1 | 3.6 | 5.3 | -3.7 |
| Clinical trials only | | | | |
| Cancer, all types | 14.1 | 8.5 | 4.8 | -5.1 |
| Breast cancer | 16.3 | 9.0 | 22.6 | -10.1 |
| Heart disease | 24.2 | 7.1 | 25.3 | -7.2 |

Notes: Research productivity is computed as the ratio of years of life saved to the number of publications. In the first panel, the research input is based on all publications in PubMed with “Neoplasms” or “Breast Neoplasms” or “Heart Diseases” as a MeSH keyword. The second panel restricts to only publications involving clinical trials. Results for cancer and breast cancer cover the years 1975–2006, while those for heart disease apply to 1968–2011. See the online Appendix for more details.

Los años de aumento de vida por publicación / ensayos clínicos se han reducido significativamente

En el caso del cáncer de pecho la productividad de la investigación (medida por ensayos clínicos) ha caído un 10.1% de media



Caída de la productividad de la investigación

- Bloom et al. (2020), Are ideas harder to find?, AER.
- Crec. Econ. = productividad investigación (-) x numero de investigadores (+)
- Ejemplos de reducción de la productividad
 - El número de investigadores para doblar la densidad de chips cada casi dos años es más de 18 veces mayor hoy que en 1970 (caída del 7% anual)
 - La productividad de la investigación sobre la mejora de los resultados en la producción de productos agrícolas ha caído un 5% anual
 - La caída es similar en la investigación para reducir la mortalidad por cáncer o ataques al corazón
 - Hay sustancial heterogeneidad entre empresa para la productividad de la investigación está cayendo entre el 8 (Census) y el 10% (Compustat)
- Podría pensarse que la productividad está cayendo mucho en casos particulares pero no para el conjunto de la economía, por ejemplo con la invención de nuevas variedades -> no es el caso. La productividad de la investigación para la economía de Estados Unidos se ha reducido por 41 desde 1930 (media de caída del 5% anual)

Caída de la productividad de la investigación

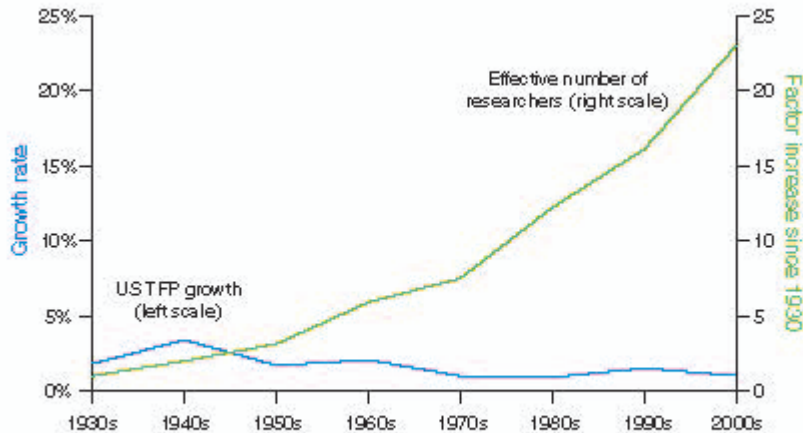


FIGURE 1. AGGREGATE DATA ON GROWTH AND RESEARCH EFFORT

La reducción de la productividad se refleja en el conjunto de la economía

Aumenta el número efectivo de investigadores...

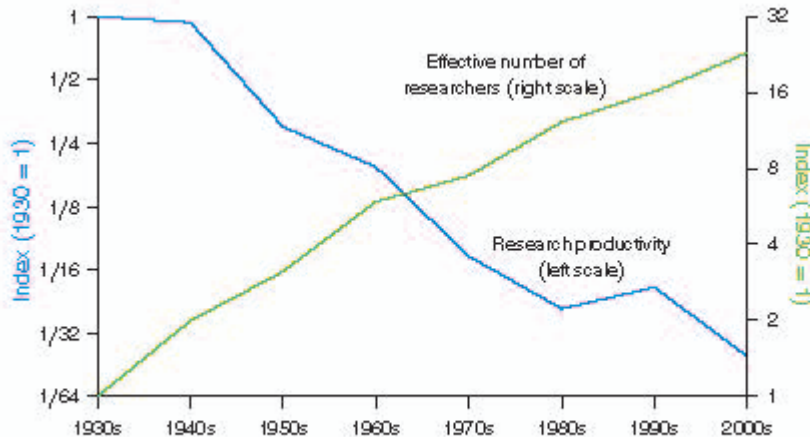


FIGURE 2. AGGREGATE EVIDENCE ON RESEARCH PRODUCTIVITY

mientras se reduce la productividad de la investigación



Factores en la caída de la productividad

- Estancamiento tecnológico: caída en la tasa de nuevos descubrimiento / menos efectivos
 - La cuarta revolución industrial no es una revolución
 - Reducción significativa de la productividad de la investigación
 - **Reducción de la innovaciones disruptivas**
 - Envejecimiento de la población
 - ~~• Reducción de la competencia en el mercado~~
 - ~~• Bajos tipos de interés ralentizan la destrucción creativa~~
- ~~• Problemas con el capital humano: falta de mano de obra cualificada y talento; Desajuste entre la cualificación demanda y la poseída~~
- ~~• Mala distribución del capital~~
- Problemas de medida de los inputs y el output
- Retardos en el impacto

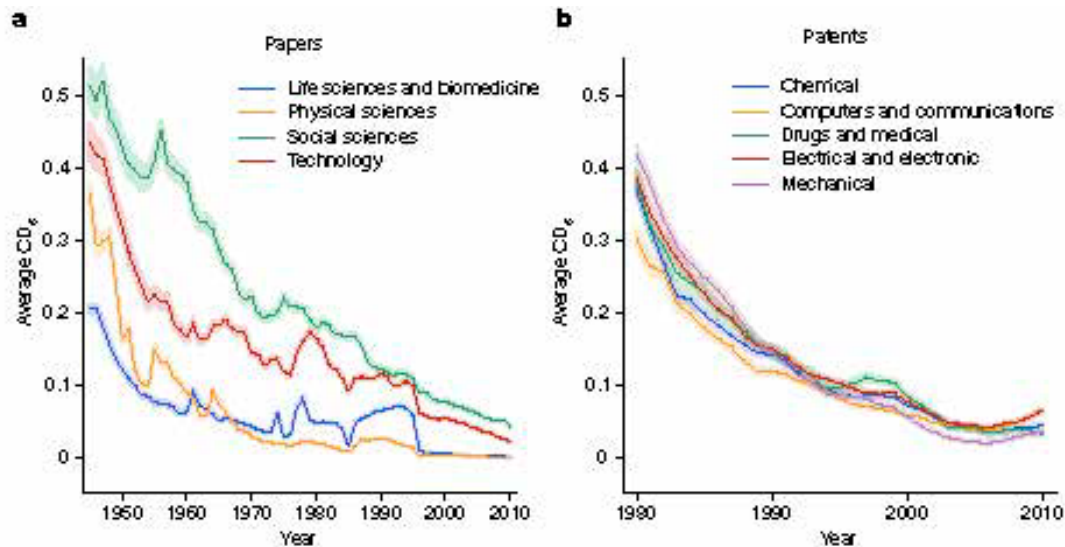


Innovaciones menos disruptivas

- Park et al. (2023), Papers and patents are becoming less disruptive over time, Nature
- Patentes y publicaciones cada vez son menos disruptivas respecto al trabajo anterior y con menor probabilidad de conectar áreas de conocimiento muy diferentes. Estos son dos componentes percusores básicos de la innovación
- Trabajo basado en 25 millones de artículos (390 millones de citas) publicados entre 1945 y 2010 en Web of Science y 3.9 millones de patentes (35 millones de citas) entre 1976-2010 en la US Patents and Trademark Office (USPTO)
- Las teorías dunacionales sobre la naturaleza de la innovación y el cambio técnico distinguen entre dos tipos de descubrimientos:
 - los que mejoran el conocimiento existente (consolidan el status quo)
 - los que suponen una interrupción del conocimiento existente haciéndolo obsoleto y empujando la ciencia y la tecnología en nuevas direcciones

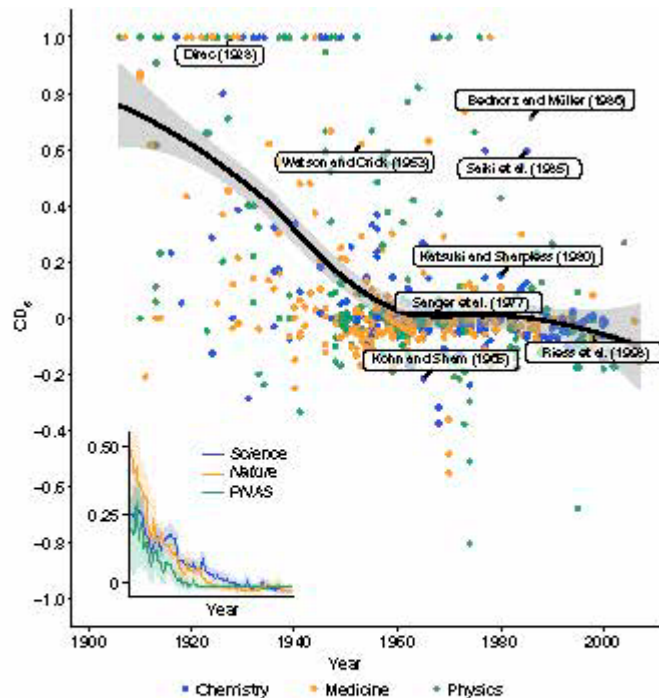
Innovaciones menos disruptivas

Caída muy significativa de la disruptión tanto de los nuevos artículos como de las patentes en todas las disciplinas e industrias



Innovaciones menos disruptivas

- ¿Qué explica esta disminución de la disruptividad de las innovaciones?



Dirac (1928): Discovery of the Dirac equation of relativistic quantum theory
 Watson and Crick (1953): Discovery of the structure of the DNA
 Kohn and Sham (1965): Development of a new method for calculating electronic structure
 Sanger et al. (1977): Development of a new method for mapping the order of nucleotides
 Katsuki and Sharpless (1980): Development of asymmetric epoxidation
 Saiki et al. (1985): Discovery of polymerase chain reaction
 Bednorz and Müller (1986): Discovery of superconductivity in ceramic materials
 Riess et al. (1998): Discovery of the accelerating expansion of the universe

- No es probable que este causado por una reducción de la calidad de la ciencia y la tecnología -> restringir la muestra a los artículos en Nature, PNAS y Science muestra que el trend decreciente persiste
- Si cambiamos las fuentes (JSTOR, PunMed etc.) los resultados son los mismos
- Si controlamos por cambios en las prácticas de publicaciones, citas o “authorships” los resultados se mantienen



Innovaciones menos disruptivas

- En conclusión, estar expuesto a un amplio rango de conocimientos es necesario para un proceso de innovación disruptiva, y este requerimiento parece cada vez más difícil con el paso del tiempo
- Descansar en franjas estrechas de conocimiento beneficia las carreras individuales pero no el progreso científico en general
- No es que los científicos e inventores requieren más formación para alcanzar la frontera de sus campos y, por tanto, tienen menos tiempo para empujarla, ni que las innovaciones más sencillas ya se hayan producido. La estabilidad en el número de papers y patentes disruptivas sugiere que la ciencia y la tecnología no parece haber alcanzado el límite de su “frontera sin límite”



Factores en la caída de la productividad

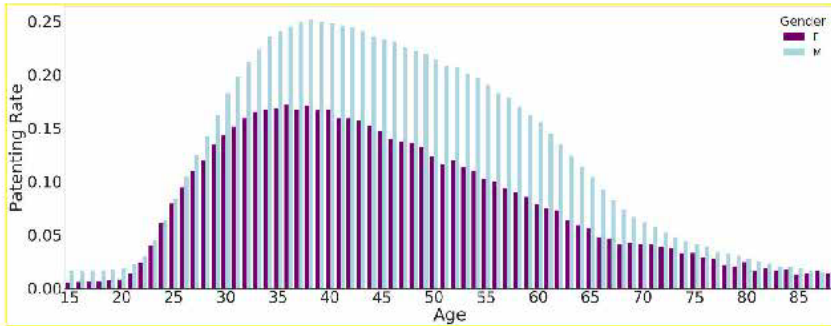
- Estancamiento tecnológico: caída en la tasa de nuevos descubrimiento / menos efectivos
 - La cuarta revolución industrial no es una revolución
 - Reducción significativa de la productividad de la investigación
 - Reducción de la innovaciones disruptivas
 - **Envejecimiento de la población**
 - ~~• Reducción de la competencia en el mercado~~
 - ~~• Bajos tipos de interés ralentizan la destrucción creativa~~
- ~~• Problemas con el capital humano: falta de mano de obra cualificada y talento; Desajuste entre la cualificación demanda y la poseída~~
- ~~• Mala distribución del capital~~
- Problemas de medida de los inputs y el output
- Retardos en el impacto



Innovación y envejecimiento de la población

- Tasas de fertilidad están cayendo rápidamente : 98 países tenían en 2010 tasas de fertilidad menores de 2.1. En 2021 son 124
- La inmigración podría ser una solución si el declive demográfico no afectara cada vez a más países, incluidos países en vías de desarrollo...
- ... pues este efecto no solo se produce en los países desarrollados. Países de desarrollo medio como Tailandia (1.3) o Brasil (1.6) se encuentran en la misma situación. Las 15 mayores economías del mundo (incluyendo India, China y México) tienen tasas de fertilidad por debajo del 2.1
- El envejecimiento de la población tiene múltiples implicaciones económicas (pensiones, tipos de interés, ahorro e inversión, etc.) pero en términos de innovación significa tener menos gente con “inteligencia fluida” (jóvenes) y más con “inteligencia cristalizada” (viejos) que no son equivalentes

Innovación y envejecimiento de la población



Dependiendo de la disciplina científica la tasa de patentes alcanza su máximo entre los 30 y los 40 años y declina con posterioridad

El nivel de disrupción (basado en las citas de una determinada invención en patentes futuras DS) de las patentes de los jóvenes es mucho mayor

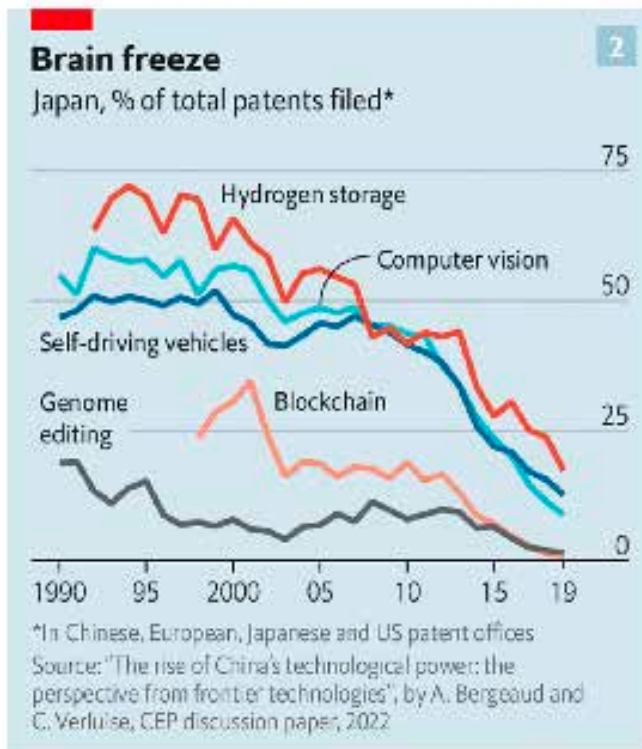
Las patentes de los más jóvenes inventores es más probable que sean completamente nuevas, que cambien la disciplina, mientras que los mayores tienden a innovaciones incrementales



Figure 2 Age at first patent for inventors with multiple patents

Innovación y envejecimiento de la población

Un caso sintomático: Japón



Además el espíritu emprendedor es muy inferior en países envejecidos: un aumento de una desviación estándar de la edad mediana de un país (equivalente a 3.5 años) implica un reducción de 2.5 puntos de la tasa de emprendedurismo.

Este efecto es enorme si se tiene en cuenta que el baseline era 6.1% en 2010

Además los más viejos tienen sesgos difíciles de vencer: Supercomputer Marenostrum CTO



Factores en la caída de la productividad

- Estancamiento tecnológico: caída en la tasa de nuevos descubrimiento / menos efectivos
 - La cuarta revolución industrial no es una revolución
 - Reducción significativa de la productividad de la investigación
 - Reducción de la innovaciones disruptivas
 - Envejecimiento de la población
 - ~~• Reducción de la competencia en el mercado~~
 - ~~• Bajos tipos de interés ralentizan la destrucción creativa~~
- ~~• Problemas con el capital humano: falta de mano de obra cualificada y talento; Desajuste entre la cualificación demanda y la poseída~~
- ~~• Mala distribución del capital~~
- **Problemas de medida de los inputs y el output**
- Retardos en el impacto

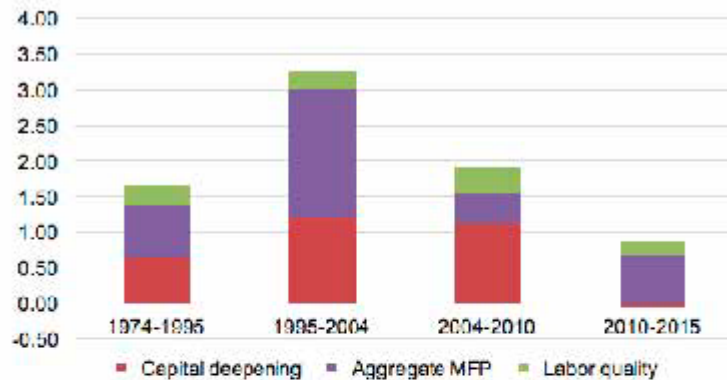


¿Problemas de medida?

- La medición del PIB nominal: sector público, servicios de mercado, servicio financieros
- La medición del PIB real: índices de precios y tecnología. Sesgos en el índice deflactor por la caída del precio de los productos tecnológicos y ajustes hedónicos (productos farmacéuticos, comunicaciones, semiconductores, software y ordenadores)
- ¿Pueden la mala medición del output y los inputs en el sector de producción de nuevas tecnologías e intangibles explicar la paradoja de la productividad?

¿Problemas de medida?

Official Data



Alternative Tech Prices

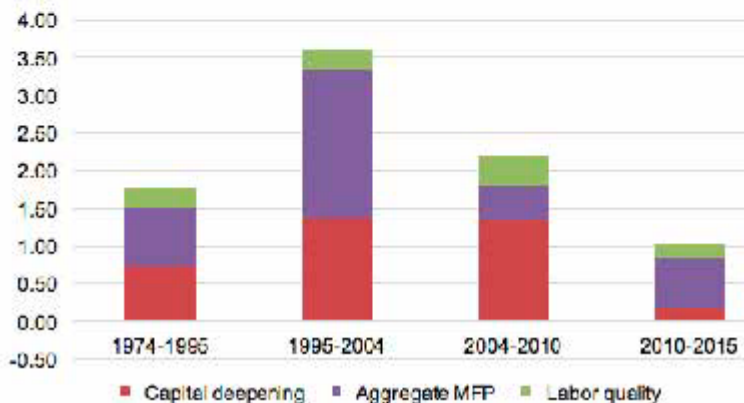


Table 1 Official and alternative research price indexes for high-tech products, average percent change, 2004-2015

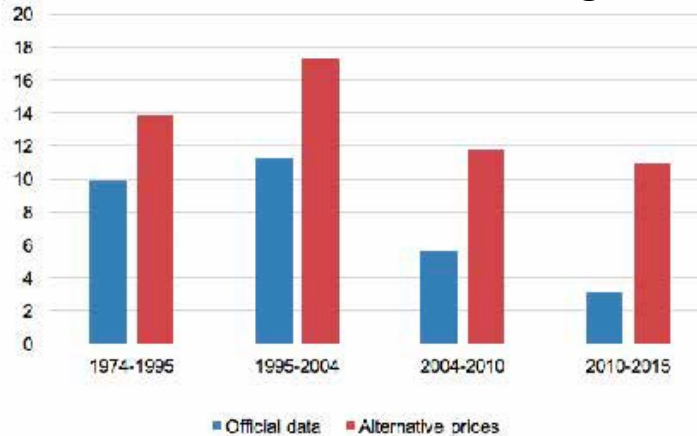
| | Official index | Alternative research index | Measurement gap (percentage pts) |
|--------------------------|----------------|----------------------------|----------------------------------|
| Computing equipment | -11.2 | -18.9 | 7.7 |
| Communications equipment | -2.4 | -7.9 | 5.4 |
| Software | -2 | -7.0 | 8.8 |
| Semiconductors | -15.5 | -29.1 | 13.6 |

El cambio en la medición de los precios de los productos de alta tecnología no parece que sea suficiente para explicar la paradoja de la productividad

No obstante, si que tiene un efecto significativo en la distribución de la TFP entre el sector tecnológico y el resto de la economía

¿Problemas de medida?

Crec. TFP sector tecnológico



Crec. TFP resto economía

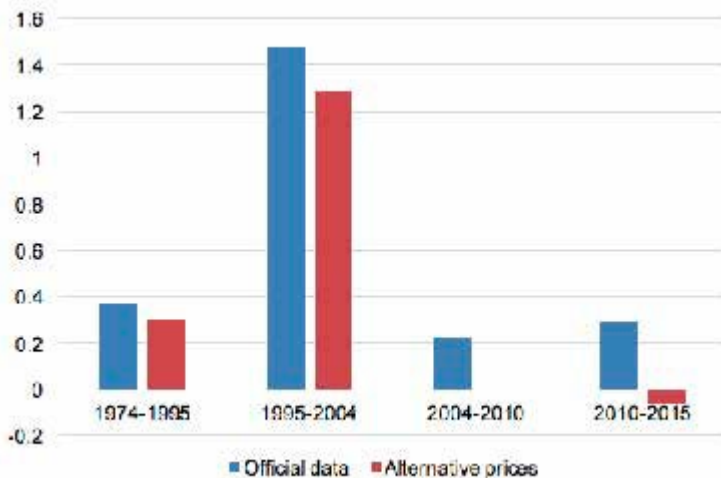


Table 1 Official and alternative research price indexes for high-tech products, average percent change, 2004-2015

| | Official index | Alternative research index | Measurement gap (percentage pts) |
|--------------------------|----------------|----------------------------|----------------------------------|
| Computing equipment | -11.2 | -18.9 | 7.7 |
| Communications equipment | -2.4 | -7.9 | 5.4 |
| Software | -2 | -7.0 | 8.8 |
| Semiconductors | -15.5 | -29.1 | 13.6 |

El crecimiento de la productividad del sector tecnológico es mucho mayor usando los precios alternativos...

... pero corrigiendo por los precios alternativos de los productos del sector tecnológico (producción de ordenadores, software, comunicaciones y semiconductores) la tasa de crecimiento de la TFP del resto de la economía es todavía menor

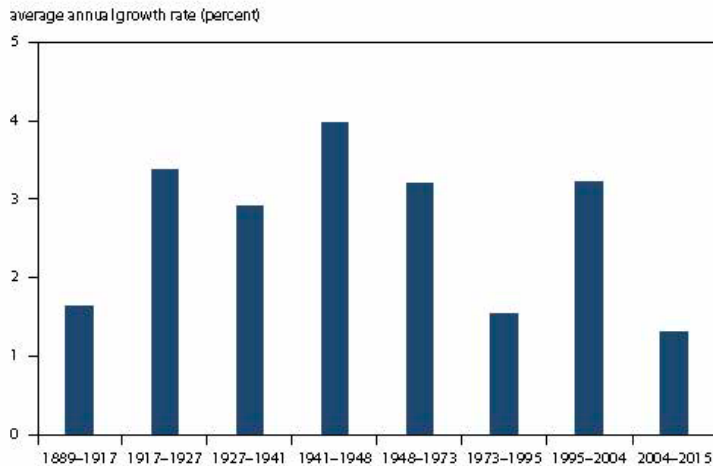


Innovación y retardos

- Los largos retardos entre la innovación y su difusión a través de la economía en una forma que fomente la productividad total podría ser la causa de la paradoja de la productividad
- El patrón de lenta difusión de la innovación ya se vio en la electrificación de finales del siglo XIX y principios del XX al igual como con los semiconductores en la segunda mitad del siglo XX
- Cuando el impacto medible de la productividad finalmente llega aparecen en ondas (ráfagas) en lugar de un periodo uniforme de rápido crecimiento de la productividad
- Durante los 80's y 90's fue necesario una significativa coinversión en software y training para poder extraer la productividad de la inversión anterior en ordenadores-> por tanto no fue tan raro que los beneficios en términos de productividad, de la revolución de las ICT llegaran mucho después que las principales tecnologías fueran desarrolladas y comercializadas

Innovación y retardos: visión de largo plazo

Figure 1 Average annual growth of labor productivity in the US business sector, 1889–2015



Sources: Data for 1947–2015 are from the Bureau of Labor Statistics. Data on real output for 1929–47 are from the Bureau of Economic Analysis. All other data for 1889–1946 are from Kendrick (1961).

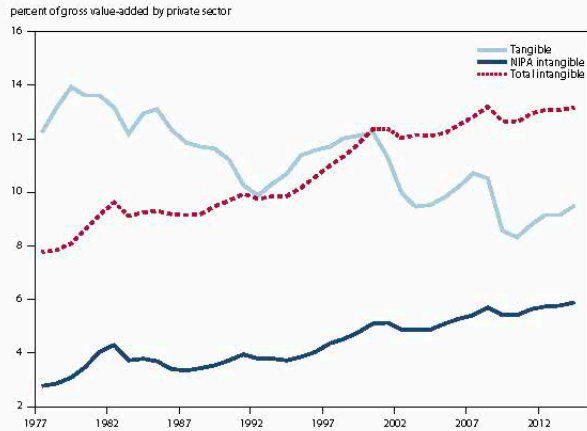
La ralentización de la productividad no es extraña en Estados Unidos:

1. Hansen predijo en 1938 que la economía estaba entrando en “secular stagnation”. No se cumplió
2. En 1970 rápida reducción del crecimiento de la productividad. En 1990 Krugman predijo que la productividad no se recuperaría pero entre 1995 y 2004 alcanzó el 3%
3. En 2001 el CBO proyectó un 2.7% de crecimiento de la productividad pero cayó a 1/5 de ese nivel

Todos estos episodios muestran que el crecimiento pasado de la productividad es una mala guía del futuro

Innovación y retardos

Figure 2 Tangible and intangible investment as share of total value added by the private sector in United States, 1977-2014



NIPA = National Income and Product Accounts
 Note: Tangible investment excludes intangible assets included in the GDP accounts, such as software and research and development. The total intangible share is adjusted by adding the additional intangible output to the denominator as well the numerator.
 Source: Update to Corrado et al. (2012) provided by Camil Corrado. Total intangible share is adjusted for additional intangible output in denominator of share.

¿Por qué los pesimistas pueden estar equivocados?:

1. Datos oficiales estiman a la baja la tasa de innovación en IT: los precios caen más de lo supuesto
2. Los datos oficiales infra-estiman la fortaleza de la inversión por una mala medida de los intangibles
3. El efecto de la innovación y la inversión en nuevas tecnologías tardan tiempo en emerger

Table 1 Conservative and optimistic projections of productivity growth

| Item | Conservative scenario | Optimistic scenario |
|---|-----------------------|---------------------|
| Annual percentage growth in labor productivity (baseline from Byrne, Oliner, and Sichel 2017) | 1.50 | 1.50 |
| Source of additional productivity growth (percentage points) | | |
| Big data in healthcare | 0.07 | 0.14 |
| Robotics | 0.07 | 0.25 |
| E-learning | 0.15 | 0.30 |
| Higher research intensity in non-Western economies | 0.10 | 0.25 |
| Total augmented labor productivity growth (percent) | 1.89 | 2.44 |
| Memorandum: | | |
| Second wave scenario from Byrne, Oliner, and Sichel (2017) (percent) | 2.20 | 2.20 |

Predicciones optimistas para el futuro: crecimiento de la productividad entre 1.9% y 2.4%. Esto implica doblar la productividad en 29 años



Conclusiones

- La paradoja de la productividad está acompañando el periodo de grandes innovaciones posterior al 1970 con la breve excepción de los años 1995-2004
- Existe bastante evidencia de la reducción de la productividad de la investigación aunque es menos claro que está sea la causa de la desaceleración de la productividad
- El envejecimiento puede afectar a la capacidad de descubrir innovaciones disruptivas
- Los errores de medida pueden tener un impacto en la medición de la productividad pero no parece que por si solos puedan explicar la desaceleración de la productividad
- Los retardos en el impacto de la innovación sobre la productividad son la causa más probable de la desaceleración. Esto significaría un futuro brillante para la productividad



**Universitat
Pompeu Fabra**
Barcelona