
INNOVACIÓN Y BIENESTAR SOCIAL

JAVIER ANDRÉS

Universidad de Valencia

ALFONSO ARELLANO

BBVA Research y

Universidad Complutense de Madrid

RAFAEL DOMÉNECH

BBVA Research y Universidad de Valencia

El análisis de los efectos del progreso tecnológico sobre el bienestar individual y colectivo de los ciudadanos ha sido un tema central en la preocupación de los economistas, desde los clásicos como Adam Smith, David Ricardo, Karl Marx y Alfred Marshall, o, más tarde, John M. Keynes y Robert Solow, hasta los más recientes premios Nobel Edmund Phelps, Robert Lucas, Paul Romer o William Nordhaus, por citar solo algunos de los más relevantes.

Desde los años ochenta del siglo XX, la literatura económica ha prestado una especial atención a los efectos de la innovación y el cambio técnico sobre el crecimiento económico. De hecho, muchos de los modelos de crecimiento endógeno de esa época han considerado los recursos destinados a las actividades de I+D y sus resultados como motores del crecimiento de la productividad y la renta per cápita (véase, por ejemplo, Romer, 1990, Jones, 1995, o Aghion *et al.*, 2014). Aunque en los modelos teóricos la maximización del bienestar era el criterio bajo el cual los agentes económicos determinan óptimamente sus decisiones, la evidencia empírica se ha centrado casi exclusivamente en contrastar los efectos de dichas actividades sobre el crecimiento del PIB per cápita o de la productividad. Esta estrategia empírica está justificada en la medida que estas variables sean buenas aproximaciones al bienestar agregado de las sociedades.

Sin embargo, en la última década han aparecido aproximaciones empíricas al bienestar agregado (por ejemplo, Jones y Klenow, 2016) que, aunque muestran una correlación elevada con la renta per cápita, también encuentran diferencias significativas en algunas economías y en el ranking de países en función de la medida elegida. Estas diferencias se deben a que el bienestar agregado no sólo depende del consumo (público y privado) per cápita, sino también de otras variables como el ocio, la desigualdad y la esperanza de vida. Aunque, utilizando datos anuales para los países de la OCDE desde 1960 hasta la actualidad, el consumo per cápita guarda una estrecha relación con el PIB per cápita (0,97), existen diferencias importantes en el resto de determinantes del bienestar, tal y como se muestra en este artículo.

La principal contribución de este artículo es la evaluación de los efectos de la innovación sobre el

bienestar social, aproximado por el indicador de Jones y Klenow (2016). Para ello utilizamos una muestra de 35 países de la OCDE desde 1960 y diferentes medidas de los recursos agregados destinados a la innovación, como son la inversión en I+D sobre el PIB o la participación del número de investigadores sobre el empleo total. Dado el objetivo de esta investigación, el enfoque utilizado es macroeconómico, por lo que utilizamos información agregada para cada país. Nuestro punto de partida es la estimación de ecuaciones de convergencia similares a las utilizadas en la literatura empírica del crecimiento económico. Estas ecuaciones, además de proporcionar un adecuado marco conceptual cuando los países no se encuentran en sus estados estacionarios sino en sus sendas de convergencia a los mismos, permiten justificar la inclusión de otras variables con las que controlar con más precisión los efectos de la innovación sobre el bienestar. Las estimaciones se realizan tanto para una muestra de datos de corte transversal como de datos de panel. Los resultados obtenidos en este artículo indican que los efectos de la innovación sobre el bienestar social son estadísticamente significativos, bastante robustos a cambios en las especificaciones estimadas y económicamente relevantes.

La estructura de este trabajo es la siguiente. En la primera sección se ofrece una panorámica de los fundamentos teóricos y empíricos de la innovación sobre el crecimiento económico. A continuación se explica cómo se calcula la medida de bienestar utilizada. En la siguiente sección se discuten los datos utilizados, se presenta la evidencia sobre la relación entre PIB per cápita y bienestar, las correlaciones entre las distintas variables utilizadas, las especificaciones estimadas y los resultados de las estimaciones con datos de corte transversal y con datos de panel. Esta sección también incluye un ejercicio contrafactual con el que se calcula cuál habría sido el bienestar en 2017 si cada país hubiera invertido en I+D un 2 por ciento del PIB. Por último, se resumen las principales conclusiones de esta investigación.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS Y EMPÍRICOS ▼

Junto con la mejora de las instituciones y del capital humano, el progreso técnico ha sido el principal determinante del crecimiento económico en las economías avanzadas desde la primera revolución industrial y, gracias a ello, un motor del progreso social. Este proceso no ha sido lineal en el tiempo ni homogéneo en el espacio. Se ha concentrado fundamentalmente en los dos últimos siglos y ha tenido una incidencia desigual por países y regiones. Las razones por las que este proceso se desató con una fuerza especial en un momento y unos países determinados son todavía objeto de debate y discrepancias entre los científicos sociales, pero el análisis económico ha aportado argumentos y evidencia empírica suficientes que relacionan directa y causalmente la capacidad de producir más bienes y

servicios con el mismo esfuerzo, es decir, el avance tecnológico con el crecimiento económico.

La aportación continuada de más mano de obra y de capital a la producción manufacturera no explica en su totalidad el aumento observado en la producción. Lo que resulta determinante para el crecimiento de la renta per cápita es el hecho de que los nuevos trabajadores son más productivos por sus conocimientos adquiridos en el proceso productivo, por una mejor organización del trabajo y porque manejan una maquinaria y tecnologías cada vez más sofisticadas y eficientes. La incorporación del conocimiento científico y técnico a la producción es la base de lo que conocemos como progreso técnico.

Las distintas generaciones de modelos de crecimiento económico han señalado el papel determinante del aumento en la productividad total de los factores (PTF en adelante) en el crecimiento de la renta per cápita de los países y han reconocido de forma implícita, o más explícitamente en el caso de los modelos de crecimiento endógeno (véase, por ejemplo, Barro y Sala-i-Martin, 1995, o Romer, 1990), el papel de la inversión en I+D y las innovaciones como motores de dicha productividad. Estas innovaciones pueden ser de muy diversos tipos, desde aquellas que aumentan la eficiencia de todos los trabajadores y en todas las ocupaciones simultáneamente, a otras que mejoran la eficiencia del capital o de algunos grupos de trabajadores en tareas específicas. Con frecuencia el progreso técnico tiene un fuerte componente disruptivo, dando lugar a la aparición de nuevas ocupaciones, empresas e industrias y a la desaparición de otras (véase Aghion y Howitt, 1992). Estas distintas formas de avance tecnológico se manifiestan de forma diferente sobre el empleo y en el precio y utilización de los factores productivos, pero todas desplazan la frontera tecnológica y contribuyen a aumentar la capacidad de generar riqueza agregada de los países.

La evidencia empírica que relaciona la inversión en I+D y la aparición de innovaciones, reflejadas en nuevas patentes, modelos y prototipos, con la PTF y con el crecimiento de la renta per cápita es muy abundante. Esta relación es un elemento central de los modelos de crecimiento y actúa a través de diversos y variados canales. La dificultad de identificar con precisión cada uno de estos canales explica que una buena parte del análisis empírico en este campo se haya centrado en intentar captarlos conjuntamente mediante análisis de causalidad estadística. Por ejemplo, Pradhan *et al.* (2017) aplican técnicas de cointegración y análisis de causalidad de Granger a variables como el esfuerzo innovador (patentes, inversión en I+D, número de científicos e investigadores), penetración de TICs (acceso a internet, telefonía móvil, etc.) y crecimiento económico, a una base de datos de 32 países desarrollados de la OCDE entre 1970 y 2016. Los autores encuentran relaciones de cointegración a largo plazo y de cau-

salidad a corto entre la innovación y el crecimiento económico, que sobreviven a la incorporación de otras variables como el gasto público o la apertura al exterior. Esta causalidad es con frecuencia bidireccional, lo que indica que el propio crecimiento es un factor motor de las innovaciones en las economías más avanzadas en un proceso que se autoalimenta.

En un estudio similar, para el conjunto de las economías europeas, Pradhan *et al.* (2019), también encuentran una relación robusta de largo plazo entre variables de innovación, penetración de TICs y crecimiento económico, de forma que el aumento de las innovaciones dirigidas a este sector y aplicadas en un contexto de elevada digitalización de la economía es un factor determinante del crecimiento a largo plazo. Estos autores también estiman una relación de causalidad a corto plazo entre estas variables más compleja y multidireccional. Risso y Sánchez (2019) obtienen unos resultados similares a partir de modelos de causalidad y ecuaciones explicativas del crecimiento de la renta per cápita para una amplia muestra de países desarrollados y en desarrollo. Estos autores encuentran que hay un nivel mínimo de gasto en I+D a partir del cual contribuye efectivamente al crecimiento económico. Este nivel depende, entre otras variables, del capital humano disponible en la economía, sin el cual el gasto en I+D no es efectivo o incluso puede ser contraproducente para el crecimiento.

Otros trabajos han adoptado una modelización econométrica basada en los modelos de crecimiento económico. Nonneman y Vanhoudt (1996) estiman una ecuación de convergencia en la línea de Mankiw, Romer y Weil (1992), aumentada con capital tecnológico, cuya tasa de inversión se aproxima por la inversión en I+D sobre PIB. A partir de datos para los países de la OCDE entre 1960 y 1985 encuentran que esta variable afecta positivamente a la tasa de crecimiento de la renta per cápita de los países de la muestra, y contribuye de forma significativa a explicar las diferencias internacionales de renta a largo plazo. Goel y Ram (1994) llevan a cabo un enfoque similar en una muestra más amplia, que incluye países en desarrollo, con resultados positivos de la I+D sobre el crecimiento, pero con una baja significatividad estadística.

Nair, Pradhan y Arvin (2020) estiman un modelo VECM en el que encuentran una relación estadística significativa entre el gasto en I+D, la implantación de TICs y la tasa de crecimiento, de modo que las dos primeras variables contribuyen al crecimiento de la renta per cápita a largo plazo en las economías de la OCDE. También para los principales países de la OCDE entre 1981 y 1997 y para distintos sectores manufactureros (química, electrónica, maquinaria y transporte y médico-farmacéutico), Ulku (2007) analiza la relación entre diversos indicadores de esfuerzo inversor en I+D, incluyendo el número de patentes, y el crecimiento del sector. Mediante métodos de panel de datos (para cada sector en diferentes países

a lo largo del periodo considerado), el autor estima dos ecuaciones para cada sector, una para analizar el impacto del stock de patentes y el gasto en I+D en proporción al output sobre el flujo de patentes, y otra para la tasa de crecimiento de la producción de cada sector. Los resultados confirman que el conocimiento previo y el esfuerzo en I+D inciden positivamente sobre la tasa de innovación, que es a su vez el principal determinante de la tasa de crecimiento del sector.

Zachariadis (2017) contrasta el modelo Schumpeteriano de crecimiento en el que la inversión en I+D impulsa la productividad, que a su vez afecta positivamente al crecimiento de la renta per cápita, para 10 economías avanzadas en la OCDE entre 1971 y 1995, tanto para datos agregados como para el sector industrial. En ambos casos, el impacto de la I+D es positivo y significativo, e incluso más elevado en el caso del PIB agregado, indicando que la innovación en la industria puede tener un potente efecto diseminador al resto de la economía. Hasan y Tuccic (2010) analizan una muestra de casi 60 países entre 1980 y 2003 y encuentran una contribución significativa de las actividades de innovación y el crecimiento económico. Los autores aumentan las ecuaciones clásicas de crecimiento económico, en las que controlan por un conjunto de factores como la renta inicial, la tasa de inversión, el capital humano o la apertura al exterior, con indicadores de cantidad y de calidad de patentes, y encuentran que su incremento da lugar a un aumento sustancial y estadísticamente significativo de la tasa de crecimiento a largo plazo de la renta per cápita en estas economías.

Otros autores han profundizado en los canales a través de los cuales la inversión en I+D influye sobre el crecimiento económico. Griffith, Redding y Van Reenen (2004) enfatizan un doble papel para la inversión en I+D sobre la PTF de un país. Por una parte, esta inversión genera innovaciones que permiten desplazar la frontera del conocimiento, haciendo más eficiente la producción. Además, el esfuerzo en I+D facilita la imitación, que denominan *capacidad de absorción* de tecnologías existentes, acelerando el proceso de aproximación a la frontera tecnológica y con ello la convergencia en renta per cápita. Los autores incorporan estos dos canales en un modelo empírico en el que el crecimiento de la PTF de cada sector productivo en un país concreto depende de la inversión en I+D en dicho sector, o efecto directo, y de la interacción de esta inversión con la distancia de la PTF del sector a su frontera tecnológica (lo que aproxima la capacidad de absorción). Los resultados empíricos proporcionan evidencia favorable a la presencia de ambos canales de influencia de la I+D en un amplio panel de industrias para 12 países de la OCDE entre 1974 y 1990.

Madsen, Islam y Ang (2010) analizan el efecto de la intensidad en I+D sobre el crecimiento de la PTF, que es a su vez el determinante fundamental de la

evolución de la renta per cápita de un país a largo plazo. El estudio abarca una muestra de 55 países, 23 de ellos pertenecientes a la OCDE y el resto países en vías de desarrollo, de 1970 a 2004. En su análisis consideran diversas medidas de inversión en I+D (porcentaje sobre PIB, científicos e ingenieros como proporción del total de la población activa y número de patentes) y tienen en cuenta la distancia de cada país respecto a la frontera tecnológica (en PTF) y el capital humano. Las estimaciones empíricas confirman la influencia de la inversión en I+D como un factor determinante del crecimiento de la productividad, aunque el papel del esfuerzo investigador difiere según se trate de países en vías de desarrollo o los más desarrollados de la OCDE. En estos últimos la investigación da lugar a innovaciones que desplazan la frontera tecnológica, mientras que en los menos desarrollados la distancia con la frontera tecnológica juega un papel fundamental en el crecimiento de la productividad. En este caso, la contribución de la inversión en I+D opera facilitando la imitación de tecnologías y acelerando la convergencia. Sin embargo, una vez la distancia con la frontera va perdiendo relevancia, estos países necesitan variar la orientación de su esfuerzo innovador hacia tareas más creativas que de imitación, para mantener un ritmo de crecimiento elevado.

Los resultados de Madsen, Islam y Ang (2010) destacan también la importancia no sólo del nivel sino, sobre todo, de la composición del esfuerzo inversor en I+D para el crecimiento de la renta per cápita de los distintos países, en función del nivel de desarrollo en el que se encuentran. Estos resultados son consistentes con la evidencia empírica y el modelo teórico de crecimiento endógeno propuesto por Acemoglu, Aghion y Zilibotti (2006), que también distingue entre un esfuerzo de I+D centrado en la adopción de tecnologías (*investment-based* o capacidad de absorción, en la terminología de Griffith, Redding y Van Reenen, 2004) y otro basado en la generación de innovaciones propiamente dichas (*innovation-based*) que empujan la frontera tecnológica. Si bien la primera estrategia es adecuada en fases iniciales del desarrollo, la segunda es la apropiada para mantener un crecimiento sostenido una vez que un país ha alcanzado un nivel tecnológico suficientemente cercano a la frontera. De hecho, una composición inadecuada entre ambas formas de I+D o el retraso en adoptar una estrategia decididamente innovadora (y por tanto de seguir confiando en la mera adopción) puede resultar en el estancamiento relativo de la PTF en algunos países y del proceso de convergencia en renta per cápita.

Kacprzyk y Świeczewska (2019) encuentran un resultado similar analizando la relación entre el stock de I+D privado y público con el crecimiento en la Unión Europea entre 1997 y 2014. Mientras que la I+D privada incide positivamente en el crecimiento del PIB en los países cerca de la frontera tecnológica, este efecto no se observa para la I+D pública. Los autores asocian la I+D privada a una estrategia basada

en la innovación mientras que la I+D pública es más compatible con una estrategia de adopción.

Esta breve, pero representativa, panorámica de estudios empíricos sobre la relación entre innovaciones y crecimiento económico deja pocas dudas sobre la importancia de las primeras como forma de mantener un aumento continuado de la producción per cápita. El crecimiento económico ha dado lugar a un rápido aumento de los niveles de renta por habitante y por ello del consumo per cápita, un indicador generalmente aceptado del bienestar material que los ciudadanos de un país pueden alcanzar. Las innovaciones nos proporcionan una mayor capacidad de consumo promedio, pero ¿nos aportan más bienestar? La asociación entre bienestar y crecimiento basado en la tecnología no es inequívoca ya que, junto a su efecto indudable sobre la capacidad de producir bienes y servicios, el avance tecnológico siempre tiene un cierto carácter disruptivo del statu quo individual y colectivo. Por ello, es necesario ampliar el foco del análisis y considerar otras dimensiones del progreso que también condicionan nuestro bienestar.

DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO AL BIENESTAR: LA EVIDENCIA EN LA OCDE ↓

La innovación y las mejoras de productividad permiten aumentar la producción por hora trabajada, y con ello la renta disponible y el consumo privado y público. El aumento del consumo como consecuencia del aumento de la renta es sin duda un determinante importante de nuestro bienestar, pero hay otros muchos factores que también nos afectan y que guardan una relación más compleja con el PIB y con el progreso tecnológico. Construir un indicador agregado de bienestar como un promedio de preferencias individuales es un objetivo muy complejo, a no ser que podamos parametrizarlas de una forma restringida que, lógicamente, no refleja toda la heterogeneidad de estas. Jones y Klenow (2016) proponen un indicador de bienestar social que, si bien está sujeto a esta limitación, va más allá de la mera capacidad de disfrute de bienes y servicios que trata de reflejar el consumo per cápita. El cálculo de esta medida es el resultado de una sólida fundamentación teórica y parte de propiedades bien conocidas de las funciones de preferencias tradicionales en la teoría económica, facilitando así la comparación en el tiempo y entre países.

Para medir el bienestar social, Jones y Klenow (2016) utilizan como punto de partida la expectativa del bienestar individual medido por la utilidad a lo largo del ciclo vital del individuo representativo, que es función del consumo (C) y del ocio (l , inversamente relacionado con el número de horas trabajadas), y de la esperanza de vida (que a su vez depende de la probabilidad de supervivencia, S , es decir la probabilidad de vivir por encima de una determinada edad, a):

$$U = E \sum_{a=1}^{100} \beta^a u(C_a, l_a) S(a) \quad (1)$$

La comparación de bienestar entre dos países (que también permite analizar su evolución temporal) se hace en términos del consumo anual equivalente necesario para que una persona escogida al azar en un país sea indiferente a vivir en otro (por ejemplo, Estados Unidos). Aunque esta forma de comparación parezca muy diferente a la que se lleva a cabo simplemente comparando el PIB de dos países, en realidad el principio subyacente es similar, ya que al hacerlo con el PIB estamos teniendo en cuenta la capacidad de disfrutar del conjunto de bienes y servicios producidos en cada país.

Al considerar el (consumo de) ocio estamos incluyendo en nuestra valoración una dimensión muy importante de la eficiencia. El progreso técnico no sólo permite que cada uno de nosotros seamos capaces de producir más, sino que podemos hacerlo con unas jornadas laborales más reducidas, eligiendo así entre aumentar todavía más la producción o dedicar nuestro tiempo a otras actividades que nos proporcionan utilidad. También influye en nuestro bienestar el aumento del tiempo de disfrute de estos bienes, incluido el ocio, es decir la esperanza de vida. El crecimiento económico y el cambio técnico también tienen una influencia directa en esta dimensión de nuestro bienestar, ya que las innovaciones en el campo de la salud, medicina, vacunas y las mejoras en higiene han propiciado un aumento de la esperanza de vida sin precedentes durante los siglos anteriores (véase, por ejemplo, Lichtenberg, 2004, en el caso de Estados Unidos en la segunda mitad del siglo XX).

Pero todas estas variables son inevitablemente medidas en términos promedio, con lo que no corrigen una de las principales deficiencias del PIB per cápita a la hora de medir el impacto del aumento de la producción en nuestro bienestar. El acceso a los bienes, al ocio o a una vida más longeva no se distribuyen por igual en una sociedad por lo que, en la medida que las personas tienen aversión al riesgo, es preferible vivir en países con menor desigualdad para el mismo promedio de consumo, ocio y esperanza de vida. Una mayor probabilidad de estar en una posición particularmente desfavorable respecto al disfrute de estas ventajas del crecimiento nos preocupa más de lo que nos atrae una mayor probabilidad de que suceda lo contrario. Esta aversión al riesgo justifica que en la comparación del consumo anual equivalente se deba tener en cuenta la equidad.

Esta es una de las principales ventajas del indicador de Jones y Klenow, ya que la relación entre innovación y bienestar es más ambigua en el caso de su impacto sobre la desigualdad. Las innovaciones afectan a la posición de cada individuo en la distribución de renta y riqueza en una sociedad de una forma difícil de predecir (como también lo hacen las crisis y las recesiones). Incluso aunque tengan un efecto positivo generalizado a largo

plazo, los beneficios del cambio tecnológico pueden tardar en generalizarse y alcanzar a amplias capas de la población, por lo que las olas de innovación han dado lugar a lo largo de la historia a periodos de aumento de la desigualdad que, aún siendo transitorios, pueden llegar a ser muy duraderos (véase Milanovic, 2016, o Aghion *et al.*, 2019, para la evidencia más reciente de Estados Unidos).

Si los datos microeconómicos de encuestas representativas para estas variables que determinan el bienestar estuvieran disponibles para todos los países, podría realizarse una aproximación todavía más afinada del bienestar para cada país en comparación a Estados Unidos. En la práctica, no disponemos de esta información para todos los países de la OCDE, por lo que hay que realizar algunos supuestos adicionales para poder utilizar la información de bases de datos con información macroeconómica para amplias muestras de países, en lugar de encuestas con datos microeconómicos, sólo disponibles para muestras más reducidas. Jones y Klenow muestran que la aproximación con datos macroeconómicos es bastante buena en el caso de las 13 economías (avanzadas y en desarrollo) para las que disponen también de datos microeconómicos: la correlación de los niveles de bienestar medidos con datos macro y microeconómicos es igual a 0,999.

En concreto, la medida de bienestar relativa (λ_i) de cada país de la OCDE en relación con Estados Unidos ($\lambda_{us} = 1$) se calcula a partir de la siguiente expresión, en la que e_i , c_i , $v(l_i)$ y σ_i son, respectivamente, la esperanza de vida, el consumo per cápita, una función del ocio y la varianza del consumo entre los habitantes del país «i»; por su parte, las variables con subíndice «us» corresponden a las mismas variables referidas a Estados Unidos:

$$\log \lambda_i^{simple} = \frac{(e_i - e_{us})}{e_{us}} \left(\underline{u} + \log c_i + v(l_i) - \frac{1}{2} \sigma_i^2 \right) + (\log c_i - \log c_{us}) + (v(l_i) - v(l_{us})) - \frac{1}{2} (\sigma_i^2 - \sigma_{us}^2) \quad (2)$$

Los cuatro términos representan, respectivamente, el efecto de las diferencias en esperanza de vida, consumo, ocio y equidad en la distribución de la renta de cada país con respecto al país de referencia. Esta expresión permite obtener no sólo un índice de bienestar que abarca todos estos elementos, sino también descomponer de forma intuitiva la naturaleza de las diferencias internacionales en bienestar. Una vez construido este indicador el objetivo en el resto del artículo es analizar el efecto de la innovación, aproximada por distintos indicadores de I+D, sobre el bienestar agregado de cada economía, mediante un enfoque econométrico similar al utilizado para estudiar los determinantes del crecimiento del PIB per cápita.

EVIDENCIA EMPÍRICA Y RESULTADOS ECONOMÉTRICOS

Especificaciones estimadas

Como hemos visto, dada la abundante literatura existente que ha analizado los efectos de la innovación y la inversión en I+D en el crecimiento económico, parece razonable establecer como punto de partida una aproximación parecida a la propuesta por Nonneman y Vanhoudt (1996) para considerar la contribución del capital tecnológico al crecimiento económico, controlando por la inversión en capital fijo y humano, y el crecimiento de la población. De acuerdo con esta generalización del modelo de Solow a tres tipos de capital, el PIB por trabajador en el estado estacionario (y^*) del país i puede expresarse mediante la siguiente expresión:

$$\ln y_i^* = \alpha_0 + \alpha_1 \ln s_i^k + \alpha_2 \ln s_i^h + \alpha_3 \ln s_i^t - (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) \ln(n_i + \delta) + \epsilon_i$$

(3)

en donde s^k es la tasa de inversión en capital fijo, s^h es la tasa de inversión en capital humano, s^t es la tasa de inversión en capital tecnológico, n la tasa de crecimiento del trabajo, la tasa de depreciación y un término de error. Los coeficientes de las tasas de inversión se corresponden a la elasticidad del output respecto a los factores productivos y representan parámetros tecnológicos de la función de producción.

Cuando las economías no se encuentran en su estado estacionario, de la ecuación (2) puede derivarse una ecuación de convergencia al estado estacionario, tal que

$$\ln y_{it} - \ln y_{i0} = -\beta \ln y_{i0} + \beta \alpha_1 \ln s_i^k + \beta \alpha_2 \ln s_i^h + \beta \alpha_3 \ln s_i^t - \beta (\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3) \ln(n_i + \delta) + \epsilon_i$$

(4)

El parámetro β permite derivar la velocidad de convergencia del PIB por trabajador a su estado estacionario. En el caso de que en lugar de disponer de la tasa de inversión de capital humano se disponga de una aproximación al stock de su estado estacionario (h^*), la ecuación de convergencia puede expresarse como sigue

$$\ln y_{it} - \ln y_{i0} = -\beta \ln y_{i0} + \beta \alpha_1 \ln s_i^k + \beta \alpha_2 \ln h_i^* + \beta \alpha_3 \ln s_i^t - \beta (\alpha_1 + \alpha_3) \ln(n_i + \delta) + \epsilon_i$$

(5)

Dado que el PIB per cápita muestra una correlación elevada con el bienestar social, la ecuación (5) sugiere que, a la hora de estudiar los efectos de la inversión en I+D, también resulta apropiado controlar por otros determinantes importantes de la productividad, como son la tasa de inversión en capital fijo, el nivel de capital humano o el crecimiento de la población. De otra manera, podría estar asignándose un efecto de la inversión en I+D sobre el bienestar

que fuera resultado en realidad de la contribución de otros determinantes de la renta per cápita.

Teniendo en cuenta las hipótesis anteriores, la ecuación que se estima para el bienestar social (W) viene dada por la siguiente expresión:

$$\ln W_{it} - \ln W_{i0} = \alpha - \beta \ln W_{i0} + \gamma_1 (I/PIB)_i + \gamma_2 \ln h_i + \gamma_3 n_i + \gamma_4 (I + D/PIB)_i + \epsilon_i$$

(6)

donde (I/PIB) es la tasa de inversión en capital fijo sobre el PIB, e $(I+D/PIB)$ la tasa de inversión en I+D sobre el PIB. A diferencia de la ecuación de convergencia para el PIB por trabajador, no es posible asumir la existencia de una función de producción en la determinación del bienestar social, por lo que no imponemos restricciones sobre los parámetros de las tasas de inversión, crecimiento de población y capital humano, sino que dejamos libres estos parámetros.

Datos y evidencia preliminar

Cuando la disponibilidad de información lo permite, la medida de bienestar para los países de la OCDE se calcula desde 1960. La esperanza de vida al nacer (e) se obtiene de la base de datos de Gapminder (2020). El consumo per cápita (C/POB), el PIB per cápita (PIB/POB), la tasa de inversión (I/PIB), el capital humano (h), el crecimiento de la población ($\ln POB$) y el número de horas trabajadas sobre la población en edad de trabajar provienen de PWT 9.1 (véase Feenstra, Inklaar y Timmer, 2015). Para la desigualdad de la renta disponible después de impuestos y transferencias se utilizan preferentemente los coeficientes de Gini de Eurostat (2020) y OCDE (2020a) (cuando están disponibles), SWIID 8.3 (Solt, 2020), Atkinson *et al.* (2017) y, para España hasta 2015, la actualización de Prados de la Escosura (2008). (1) Con estas variables calculamos el nivel de bienestar (W) de cada país desde 1960 o el primer año disponible. Por último, utilizamos dos medidas de innovación, cuyos datos se extraen de la OCDE (2020b): inversión en I+D como porcentaje del PIB ($I+D/PIB$), y número de trabajadores en actividades de investigación sobre el empleo total ($Linvest/L$), salvo para Colombia e Israel para los que la OCDE no ofrece esta información.

La disponibilidad de datos nos permite construir un panel no equilibrado o incompleto para 35 países de la OCDE, con observaciones desde 1960 para Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Suiza, Alemania, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Reino Unido, Grecia, Irlanda, Italia, Japón, Corea, Holanda, Noruega, Nueva Zelanda, Portugal, Suecia y Estados Unidos, desde 1970 para Colombia, México e Islandia, desde 1980 para Hungría, desde 1990 para Estonia, Israel, Lituania, Eslovaquia, Eslovenia y Turquía, y desde 2000 para Luxemburgo, Polonia y Chequia.

CUADRO 1
PRINCIPALES VARIABLES, OCDE, PROMEDIOS 2010-17

NUM	País	W	C/POB	PIB/POB	I+D/PIB	Linvest/L	I/PIB	h	$\Delta \ln$ POB
1	AUS	1,02	32871	47733	2,00	0,93	25,98	3,48	1,48
2	AUT	0,99	31177	42030	2,95	0,98	28,96	3,32	0,54
3	BEL	0,95	29351	38692	2,35	1,05	31,93	3,11	0,64
4	CAN	0,93	30984	43197	1,74	0,90	26,23	3,68	1,01
5	CHE	1,08	33952	60915	3,23	0,81	27,38	3,66	1,15
6	COL	0,18	9988	12635	0,26		20,69	2,47	0,97
7	CZE	0,56	21162	27818	1,74	0,67	26,73	3,65	0,16
8	DEU	0,97	31888	43852	2,88	0,86	20,33	3,66	0,18
9	DNK	0,93	30624	45497	2,99	1,47	25,04	3,50	0,46
10	ESP	0,77	23334	31385	1,27	0,68	26,07	2,87	-0,03
11	EST	0,43	19175	24362	1,63	0,73	27,60	3,54	-0,25
12	FIN	0,96	30163	38281	3,18	1,54	25,91	3,40	0,88
13	FRA	0,97	28995	37061	2,23	0,98	25,24	3,12	0,46
14	GBR	0,88	30664	36332	1,64	0,89	21,49	3,58	0,56
15	GRE	0,57	21724	22243	0,84	0,70	15,85	3,02	-0,31
16	HUN	0,40	18557	22515	1,27	0,59	22,30	3,33	-0,30
17	IRL	0,77	25698	56944	1,45	1,12	28,87	3,09	0,52
18	ISL	1,07	32216	40529	2,16	1,14	21,16	3,14	0,73
19	ISR	0,48	25709	30536	4,25		23,77	3,67	1,71
20	ITA	0,86	27268	34984	1,30	0,48	23,37	3,06	-0,06
21	JAP	0,92	28404	37533	3,24	1,00	22,01	3,53	-0,11
22	KOR	0,55	22050	33921	3,88	1,30	32,30	3,58	0,40
23	LVA	0,34	17883	20618	0,61	0,42	22,92	3,08	-1,19
24	LUX	1,09	38269	54633	1,33	0,67	37,72	3,34	2,04
25	MEX	0,25	12547	16057	0,42	0,09	20,26	2,67	1,41
26	NLD	0,99	31230	45047	1,92	0,83	23,59	3,32	0,30
27	NOR	1,17	35290	81808	1,80	1,10	26,18	3,61	1,19
28	NZL	0,75	26407	33491	1,24	0,89	20,94	3,28	1,06
29	POL	0,48	20197	23889	0,89	0,50	17,35	3,32	-0,05
30	PRT	0,60	21255	24525	1,35	0,89	21,52	2,42	-0,39
31	SVK	0,53	21404	24663	0,83	0,66	23,18	3,70	0,11
32	SVN	0,64	21123	26605	2,25	0,90	24,99	3,46	0,27
33	SWE	0,99	30900	43257	3,22	1,29	27,51	3,38	0,78
34	TUR	0,40	16308	22168	0,86	0,35	29,12	2,33	1,56
35	USA	0,99	42835	51931	2,74	0,89	20,94	3,72	0,73

Fuente: Elaboración propia

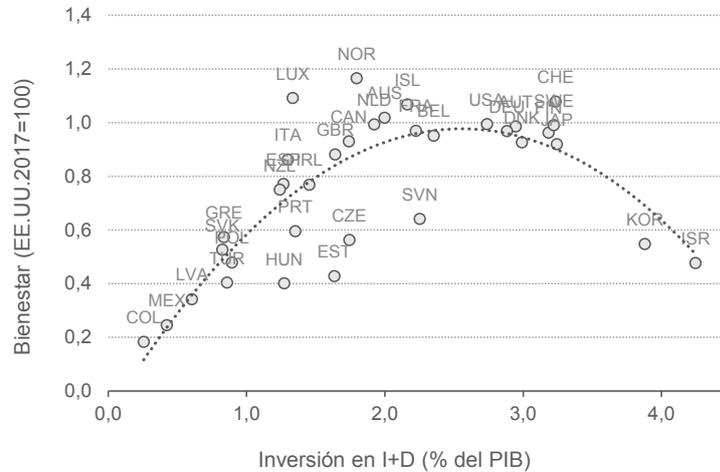
En el Cuadro 1 se presentan los promedios entre 2010 y 2017 de las principales variables utilizadas en las regresiones de la ecuación (4) anteriormente descrita. Utilizando estos promedios, en el Gráfico 1 se representa la relación entre bienestar (W) e inversión en I+D como porcentaje del PIB ($I+D/PIB$). Como puede apreciarse, existe una clara relación creciente entre ambas variables hasta niveles de $I+D/PIB$ en el entorno del 2,5 por ciento. A partir de ese nivel la relación pasa a ser negativa. Esta representación gráfica no permite asegurar el carácter lineal o no lineal de esta relación ya que el tramo decreciente de la misma podría deberse a que países como Corea o Israel estuvieran todavía muy lejos de sus niveles de bienestar de estado estacionario, o a que

su tasa de inversión en I+D, como porcentaje del PIB, no fuera socialmente óptima.

En el Gráfico 2 se representa la relación no lineal entre los promedios de 2010 a 2017 del bienestar y de la participación de investigadores en el empleo. En este caso, el tramo con una relación negativa es menos evidente. Primero, porque no disponemos de datos homogéneos de Israel. Segundo, porque Corea tiene una participación de investigadores sobre el empleo total que se sitúa más en línea a la de los países nórdicos y no tan destacada como en el caso de la inversión en I+D sobre PIB.

En cualquier caso, esta evidencia preliminar sugiere la necesidad de contrastar la presencia de términos

GRÁFICO 1
BIENESTAR SOCIAL E INVERSIÓN EN I+D, OCDE, 2010-2017



Fuente: Elaboración propia a partir de Penn World Tables, SWIID, OCDE Gapminder.

CUADRO 2
MATRIZ DE CORRELACIONES, PROMEDIOS MUESTRALES

	ln W	ln W ₀	ln W ₂₀₁₇	I+D/PIB	ln invest/L	I/PIB	ln h	Δln POB	ln c	Gini	e	Horas_PET
Δln W	-0,59	-0,76	-0,55	-0,15	0,07	0,13	-0,31	0,21	-0,67	0,15	-0,43	0,17
ln W		0,89	0,85	0,57	0,36	0,36	0,43	-0,13	0,94	-0,48	0,86	0,00
ln W ₀			0,81	0,39	0,21	0,08	0,49	-0,07	0,88	-0,44	0,62	-0,15
ln W ₂₀₁₇				0,31	0,05	0,14	0,29	-0,12	0,83	-0,32	0,71	-0,18
I+D/PIB					0,71	0,39	0,56	-0,05	0,60	-0,48	0,46	0,40
ln invest/L						0,48	0,52	-0,03	0,34	-0,58	0,31	0,46
I/PIB							0,04	0,01	0,32	-0,24	0,43	0,38
ln h								-0,06	0,55	-0,57	0,34	0,38
Δln POB									-0,15	0,35	-0,11	-0,04
ln c										-0,50	0,76	0,11
Gini											-0,37	-0,14
e												0,16

Fuente: Elaboración propia, 35 observaciones, significatividad al 5% cuando la correlación es mayor a 0.33 (en negrita). La variable I/PIB se calcula neta de I+D/PIB

cuadráticos para las variables de I+D en la estimación de la ecuación (4). La posible existencia de una relación no lineal tiene sentido en la medida que, al igual que ocurre con la regla de oro del crecimiento (véase, por ejemplo, Barro y Sala-i-Martin, 1995), un uso excesivo de recursos productivos o producción en actividades de I+D puede estar sujeto a rendimientos decrecientes y reducir el consumo per cápita o cualquier otro determinante del bienestar social.

En el Cuadro 2 se presenta la matriz de correlaciones de los promedios muestrales de las principales variables, incluyendo no sólo el bienestar promedio (W) sino también al inicio (W_0) y final (W_{2017}) de la muestra. Para evitar algún tipo de correlación espúrea, la tasa de inversión (I/PIB) se ha calculado neta de inversión en I+D. En este cuadro se han destacado aquellas correlaciones que son estadísticamente significati-

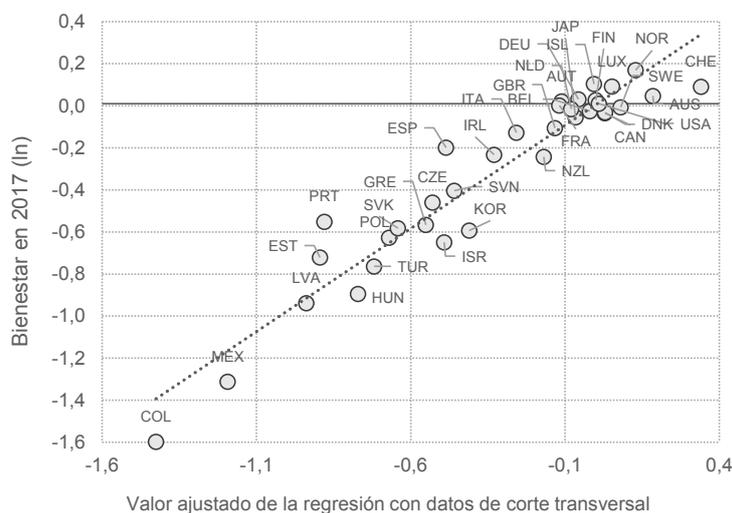
vas. De las variables consideradas, las que guardan mayor relación con el bienestar son el promedio de capital humano y la inversión en I+D, sobre todo con el bienestar promedio. Tanto la tasa de inversión (I/PIB) como, sobre todo, el capital humano (h) se encuentran significativamente correlacionadas con las variables de investigación y desarrollo. Por su parte, la tasa de crecimiento media de la población no guarda correlación con el resto de variables. En cuanto a los componentes del bienestar, el promedio del consumo per cápita de cada país, la esperanza de vida y el número de horas trabajadas por persona en edad de trabajar están positiva y significativamente correlacionados con las variables de I+D, la tasa de inversión y el capital humano. Las correlaciones de estas variables con el coeficiente de Gini son negativas.

CUADRO 4
REGRESIONES DE CRECIMIENTO DEL BIENESTAR SOCIAL, MUESTRA COMPLETA

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Vble. Dependiente	$\Delta \ln W$							
Constante	-0,002 (0.79)	0,034 (2.76)	-0,018 (1.95)	-0,011 (0.50)	-0,018 (1.92)	-0,014 (1.39)	-0,011 (0.51)	0,000 (0.05)
$\ln W_0$	-0,013 (9.04)	-0,014 (9.36)	-0,015 (8.82)	-0,016 (8.58)	-0,015 (8.60)	-0,015 (8.57)	-0,015 (9.07)	-0,014 (16.7)
$\ln \text{invest./L}$	1,104 (1.99)		6,564 (2.15)	6,556 (2.19)	6,421 (2.04)	8,879 (3.11)	8,538 (2.43)	5,457 (5.28)
$(\ln \text{invest./L})^2$			-508,5 (1.90)	-524,9 (2.15)	-494,6 (1.79)	-685,6 (2.69)	-664,9 (2.36)	-429,2 (4.99)
$\ln \ln \text{invest./L}$		0,006 (2.47)						
$\ln I/\text{PIB}$				0,005 (0.43)			0,003 (0.21)	0,016 (4.48)
$\Delta \ln \text{POB}$					0,065 (1.52)		0,064 (1.48)	0,059 (2.31)
$\ln h$						-0,010 (1.14)	-0,010 (1.02)	0,006 (1.68)
d_{29+34}								0,019 (7.95)
R^2 aj.	0,676	0,707	0,712	0,707	0,715	0,719	0,713	0,925
Obs.	33	33	33	33	33	33	33	33

Fuente: Elaboración propia. Estimación mediante MCO con errores robustos a heterocedasticidad

GRÁFICO 3
BIENESTAR SOCIAL EN 2017 Y VALOR AJUSTADO, OCDE



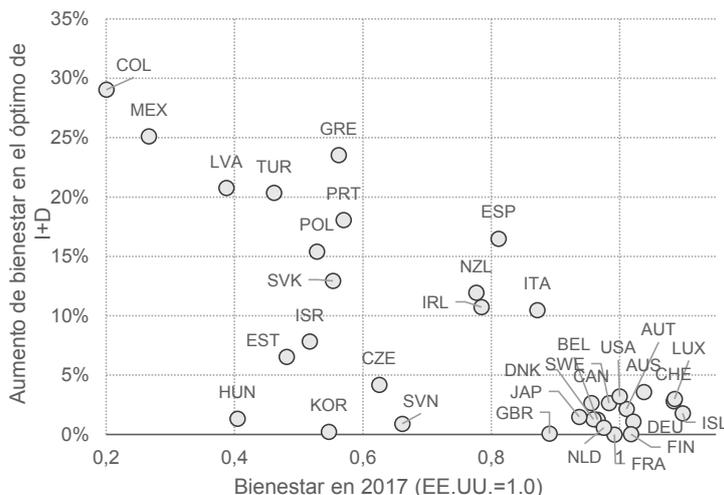
Fuente: Elaboración propia.

rios y entre paréntesis se muestra el *t*-ratio de cada coeficiente, robusto de heterocedasticidad.

En la columna (1) se muestra el resultado de la regresión incluyendo sólo dos variables explicativas. El bienestar inicial resulta ser muy significativo, con una velocidad de convergencia relativamente baja, lige-

ramente superior al 1 por ciento. La inversión en I+D aparece con el signo correcto, pero no es estadísticamente significativa, lo que sí es el caso cuando se utiliza el logaritmo de dicha tasa de inversión en I+D, como puede verse en la columna (2). Este resultado alerta sobre la posible existencia de una relación no lineal entre bienestar e I+D, como mostramos en el

GRÁFICO 4
CONTRIBUCIÓN AL BIENESTAR DE 2017 DE HABER ALCANZADO LA TASA DE INVERSIÓN ÓPTIMA EN I+D DESDE 1960



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 1. Dicha relación, se capta mejor cuando se incluye un término cuadrático para $I+D/PIB$, como muestra la columna (3). En este caso, las dos variables de investigación y desarrollo resultan ser estadísticamente significativas. En las columnas (4) a (8) se observa que dicha significatividad es robusta a la inclusión de otras variables como la tasa de inversión, el crecimiento de la población o el capital. Ninguna de estas variables resulta ser estadísticamente significativa, salvo en la columna (8), una vez que se incluyen variables artificiales para dos países atípicos en la muestra, con residuos estadísticamente significativos (Polonia y Turquía). De acuerdo con los resultados de la columna (8), el efecto sobre el bienestar se maximiza para una tasa de inversión entre el 1,5 y el 2,0 por ciento.

Los signos de todas las variables son los esperados, salvo para el caso de la tasa de crecimiento de la población. De acuerdo con los modelos de crecimiento, el signo esperado para esta variable es negativo, cuando el crecimiento de la población es exógeno. El signo positivo estimado en la columna (8) puede estar reflejando un problema de endogeneidad del crecimiento de la población, bien porque responde a políticas de incentivos a la natalidad en aquellas economías con mayor bienestar o porque los flujos migratorios son endógenos al bienestar relativo entre países.

En el Cuadro 4 se estiman las mismas especificaciones que en el Cuadro 3, pero haciendo uso de la participación de investigadores en el empleo total, en lugar de la tasa de inversión en I+D. Los resultados son, en general, muy similares. La variable de empleo en investigación es estadísticamente significativa en todas las especificaciones, particularmente en la columna (8), cuando se incluyen todos los

regresores y las variables artificiales para dos países con residuos atípicos. Al igual que para $I+D/PIB$, también se estima una relación no lineal entre la participación de investigadores en el empleo total y el bienestar. De acuerdo con los resultados de la columna (8), el efecto sobre el bienestar se maximiza para una ratio de investigadores sobre empleo total entre el 0,50 y el 0,75 por ciento.

Resultados con datos de panel

En el Cuadro 5 se muestran los resultados para el panel de datos construido utilizando los promedios para las décadas disponibles para cada país desde 1960. Como hemos indicado anteriormente, para 22 de los 35 países disponemos de la muestra completa, por lo que tenemos 6 observaciones para cada uno de ellos. Para el resto, los promedios por décadas se calculan en función de los datos disponibles. Sólo en el caso de 3 países disponemos únicamente de 2 observaciones, con datos desde 2000. En total contamos con 170 observaciones cuando se utiliza $I+D/PIB$ y 160 en el caso de $Linvest/L$.

Para simplificar, sólo se muestran los resultados de las estimaciones con efectos fijos para cuatro especificaciones de la ecuación de convergencia. En la columna (1) se controla sólo por el bienestar inicial de cada década y por el promedio de la inversión en I+D sobre PIB. El coeficiente del bienestar inicial es mayor que en la estimación con datos de corte transversal y la velocidad de convergencia más elevada, en línea con los resultados de la literatura empírica sobre crecimiento económico, cuando se acorta la dimensión temporal de la muestra y se incluyen efectos fijos. Por su parte, la variable $I+D/PIB$ resulta estadísticamente significativa. En la columna (2) se incluyen el resto de regresores. La velocidad

CUADRO 5
REGRESIONES DE CRECIMIENTO DEL BIENESTAR SOCIAL. DATOS DE PANEL, MEDIAS POR DÉCADAS

	(1)	(2)	(3)	(4)
Vble. Dependiente	$\Delta \ln W$	$\Delta \ln W$	$\Delta \ln W$	$\Delta \ln W$
$\ln W_0$	-0,024 (4.59)	-0,053 (8.39)	-0,038 (6.62)	-0,057 (7.90)
I+D/GDP	0,558 (2.00)	0,632 (2.36)		
$\ln \text{Invest./L}$			2,479 (4.69)	1,661 (2.47)
$\ln I/\text{GDP}$		0,035 (4.69)		0,031 (3.73)
$\Delta \ln \text{POB}$		-0,016 (0.95)		-0,005 (0.34)
$\ln H$		0,121 (5.51)		0,109 (3.91)
R ² aj.	0,334	0,538	0,393	0,553
Efectos fijos	Sí	Sí	Sí	Sí
Obs.	175	175	160	160

Fuente: Elaboración propia. Estimación mediante MCO con errores robustos a heterocedasticidad

de convergencia (relativa) en bienestar es mayor, al controlar por los determinantes del estado estacionario de cada país. Tanto la inversión (I/PIB) como, sobre todo, el capital humano (h) son estadísticamente significativos. La tasa de crecimiento de la población no lo es y pasa a tener signo negativo, lo que parece indicar que al corregir por los efectos fijos de cada país y estimar con datos para periodos temporales más cortos se mitigan algunos problemas potenciales de endogeneidad de esta variable. En la columna (2) aumenta el valor del coeficiente de $I+D/\text{PIB}$ y su significatividad, pero el término cuadrático deja de ser significativo.

En las columnas (3) y (4) se estiman las mismas especificaciones anteriores, pero utilizando el porcentaje de investigadores sobre el empleo total en lugar de $I+D/\text{PIB}$. Los resultados son muy similares a los anteriores. La velocidad de convergencia aumenta, la tasa de inversión y el capital humano siguen siendo significativos, al igual que la variable $\ln \text{Invest./L}$, para la que tampoco resulta ser significativa su término cuadrático.

En general, estos resultados para el panel de datos son consistentes con los obtenidos con datos de corte transversal y dan robustez a las conclusiones alcanzadas. La excepción es que con datos de panel no se confirma la relación no lineal entre bienestar y las variables de I+D que se encuentra con datos de sección cruzada.

Los efectos de la I+D sobre el bienestar

Para evaluar la importancia económica de la I+D sobre el bienestar hemos realizado un ejercicio con-

trafactual. En concreto, calculamos el efecto sobre el bienestar al final de la muestra si todos los países hubieran mantenido tasa de inversión en I+D desde 1960 cerca del nivel óptimo estimado. Para ello, utilizamos una de las especificaciones econométricas estimadas de la ecuación de convergencia, en particular, la correspondiente a la columna (8) del Cuadro 3. A partir de la expresión (6), resulta fácil de ver que la ecuación de convergencia permite escribir el bienestar de 2017 en función del bienestar inicial y de los determinantes del estado estacionario considerados, entre los que se encuentra la tasa de inversión en I+D. En el Gráfico 3 se ha representado el nivel de bienestar de cada país en 2017 y el ajuste que puede obtenerse a partir de los resultados de la columna (8) del Cuadro 3. Como puede observarse, la especificación estimada explica muy bien ($R^2=0,93$) las diferencias de bienestar en 2017 entre países, sobre todo teniendo en cuenta que se incluyen economías emergentes junto a otras desarrolladas. De acuerdo con el Gráfico 3, España muestra un nivel de bienestar por encima de sus fundamentales, lo que plantea el reto de aumentar el capital y las tasas de inversión en capital físico e I+D, para mantener o mejorar a largo plazo ese nivel relativo de bienestar. Teniendo en cuenta la propuesta de Israeli (2007) para determinar las contribuciones de las variables explicativas al R^2 de una regresión lineal utilizando el denominado enfoque de Shapley, la contribución de la tasa de I+D en la explicación de la varianza del bienestar es del 22,4 por ciento, sólo superada por la del bienestar inicial, con un 55,5 por ciento. Esta contribución no da una idea de la relevancia económica de las actividades de I+D sobre el bienestar.

A continuación, calculamos cuál habría sido el bienestar del 2017 si todos los países hubieran mantenido una tasa óptima de inversión en I+D desde el principio de la muestra. Teniendo en cuenta que los coeficientes estimados en la columna (8) del Cuadro 3 apuntan a que ese nivel se encuentra cerca del 2 por ciento, para simplificar tomamos este valor como referencia. Una vez realizado este ejercicio, se calcula la diferencia porcentual relativa del nivel de bienestar correspondiente a este contrafactual respecto al bienestar de 2017. Esta variable es la que se representa en el eje vertical del Gráfico 4, cuya interpretación es inmediata.

Aquellos países cuyo promedio muestral de la tasa de inversión se ha mantenido cerca del 2 por ciento, como es el caso de bastantes economías avanzadas, pero también de algunas que, como Corea, exhiben niveles de bienestar más reducidos en 2017, apenas habrían mostrado aumentos de su bienestar, tal y como muestra el Gráfico 4. Por el contrario, países como Colombia o México, podrían haber alcanzado un bienestar entre un 25 y un 30 por ciento superior de haber realizado un esfuerzo inversor en I+D cerca del óptimo. Algo parecido ocurre con economías del sur de Europa, como Grecia, Portugal, España o Italia, con ganancias potenciales en el entorno del 15 por ciento de su nivel de bienestar al final de muestra.

CONCLUSIONES ↓

En este artículo se han analizado los efectos de la innovación sobre el bienestar social en una muestra de 35 países de la OCDE desde 1960 hasta la actualidad. Nuestro punto de partida ha sido la estimación de ecuaciones de convergencia similares a las utilizadas en la literatura empírica del crecimiento económico, convenientemente modificadas para analizar los determinantes de una medida del bienestar que va más allá de la renta per cápita. Los resultados obtenidos en este artículo indican que los efectos de la innovación sobre el bienestar social son positivos, estadísticamente significativos y económicamente relevantes, y el impacto estimado de la innovación, tanto medido con la inversión en I+D sobre el PIB como por la participación del número de investigadores sobre el empleo total, es robusto a especificaciones econométricas alternativas.

En la mayor parte de las especificaciones estimadas encontramos una relación no lineal entre bienestar e I+D, de manera que la tasa óptima de inversión en I+D se sitúa cerca del 2 por ciento y la de investigadores sobre empleo total cerca del 0,75 por ciento. En el artículo también realizamos un ejercicio contrafactual con el que se calcula cuál habría sido el bienestar en 2017 si cada país hubiera invertido en I+D un 2 por ciento del PIB. Se obtiene que, de haber mantenido un esfuerzo inversor en I+D cerca del óptimo, algunos países emergentes podrían haber alcanzado un bienestar hasta entre un 25 y un 30 por ciento superior al observado en 2017. En el caso concreto de las economías del sur de Europa, como Grecia, Portugal, España o Italia, estas ganancias potenciales de bienestar también son muy notables, alcanzando hasta un 15 por ciento del nivel de 2017.

Estos resultados sobre los efectos positivos de la innovación sobre el bienestar social invitan a realizar algunas extensiones interesantes. En particular, cuantificar los efectos sobre los distintos determinantes del bienestar, como el consumo per cápita, el número de horas trabajadas, la desigualdad o la esperanza de vida permitiría entender los canales a través de los cuales la mayor innovación mejora el bienestar. Adicionalmente, y tal y como proponen Andrés y Doménech (2020), aumentar la medida de bienestar social para considerar la sostenibilidad medioambiental, permitiría también evaluar en qué medida la innovación facilita la transición energética hacia economías neutrales en carbono.

Los autores agradecen la ayuda de los proyectos de la CICYT SEC ECO2017-84632-R y de la Generalitat Valenciana PROMETEO2020-083

NOTAS ↓

[1] A partir del coeficiente de Gini, la desviación típica de la renta disponible se aproxima bajo el supuesto de log-normalidad de la distribución de la renta, teniendo

en cuenta que para esta función Gini $= 2\text{erf}(\sigma/(2^{0.5}))$, en donde erf es la distribución normal estándar acumulativa.

REFERENCIAS ↓

Acemoglu, D., P. Aghion, y F. Zilibotti (2006): «Distance to Frontier, Selection, and Economic Growth.» *Journal of the European Economic Association* 4: 37–74. <https://doi.org/10.1162/jeea.2006.4.1.37>

Aghion, P. y P. Howitt (1992): «A Model of Growth through Creative Destruction.» *Econometrica* (March 1992), 323–351.

Aghion, P., Akcigit, U., y Howitt, P. (2014): «What do we learn from Schumpeterian growth theory?» *Handbook of Economic Growth*, vol. 2, pp. 515-563.

Aghion, P., U. Akcigit, A. Bergeaud, R. Blundell, y D. Hémous, D. (2019): «Innovation and top income inequality.» *The Review of Economic Studies*, 86(1), 1-45.

Atkinson, A. B., J. Hasell, S. Morelli y M. Roser (2017), «The Chartbook of Economic Inequality.» Mimeo.

Andrés, J. y R. Doménech (2020): *La Era de la Disrupción Digital. Empleo, desigualdad y bienestar social ante las nuevas tecnologías globales*. Deusto. Planeta de Libros.

Barro, R., y X. Sala-i-Martin (1995): *Economic Growth* (New York: McGraw Hill).

Eurostat (2020): Gini coefficient of equivalised disposable income. <http://bit.ly/3aacqzj>

Feenstra, R. C., Inklaar, R., y Timmer, M. P. (2015): «The next generation of the Penn World Table.» *American Economic Review*, 105(10), 3150-82.

Gapminder (2020): Life expectancy at birth. <https://bit.ly/3coJZ3p>

Goel, R. K., y Ram, R. (1994): «Research and development expenditures and economic growth: A cross-country study.» *Economic Development and Cultural Change*, 42(2), 403-411.

Griffith, R., S. Redding, y J. Van Reenen (2004): «Mapping the Two Faces of R&D: Productivity Growth in a Panel of OECD Industries.» *The Review of Economics and Statistics*, vol.86(4), pages 883-895. <https://www.mitpressjournals.org/doi/pdf/10.1162/0034653043125194>

Hasan, I., y C.L. Tuccic (2010): «The innovation–economic growth nexus: Global evidence», *Research Policy*, 39 (2010) 1264–1276, <https://doi.org/10.1016/j.respol.2010.07.005>

Israeli, O. (2007): «A Shapley-based decomposition of the R-square of a linear regression.» *The Journal of Economic Inequality*, 5(2), 199-212.

Jones, C.I. (1995): «R&D-Based Models of Economic Growth.» *Journal of Political Economy*, 103, 759-83.

Jones, C.I. y P. Klenow (2016): «Beyond GDP? Welfare across Countries and Time.» *American Economic Review*, vol. 106(9), 2426-2457.

Kacprzyk, A. y I. Świeczewska (2019): «Is R&D always growth-enhancing? Empirical evidence from the EU countries.» *Applied Economics Letters*, 26:2, 163-167, DOI: 10.1080/13504851.2018.1444257

Lichtenberg, F. R. (2004): «Sources of US longevity increase, 1960–2001.» *The Quarterly Review of Economics and Finance*, 44(3), 369-389.

Madsen, J.B., Md.R. Islam, y J.B. Ang (2010): «Catching up to the technology frontier: the dichotomy between in-

novation and imitation», *Canadian Journal of Economics / Revue Canadienne d'Économique*, Vol. 43, No. 4. <https://www.jstor.org/stable/40925281?seq=>

Nair, M., R. P. Pradhan, y M. B. Arvin (2020): «Endogenous dynamics between R&D, ICT and economic growth: Empirical evidence from the OECD countries», *Technology in Society*, 62 (2020). <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101315>

Mankiw, N., D. Romer, y D. Weil (1992): «A Contribution to the Empirics of Economic Growth», *Quarterly Journal of Economics*, 107, 407–437. <https://doi.org/10.2307/2118477>

Milanovic, B. (2016): *Global inequality: A new approach for the age of globalization*. Harvard University Press.

Nonneman, W., y P. Vanhoudt (1996): «A further augmentation of the Solow model and the empirics of economic growth for OECD countries.» *The Quarterly Journal of Economics*, 111(3), 943-953. <https://doi.org/10.2307/2946677>

OCDE (2020a): Income Inequality. <http://bit.ly/2MrMhnl>

OCDE (2020b): Research and Development Statistics. <http://ft.ly/REL9>

Pradhan, R.P., M.B. Arvin, M.Nair, S.E. Bennett, y J.H. Hall (2019): «The information revolution, innovation diffusion and economic growth: An examination of causal links in European countries», *Quality & Quantity*, 53:1529–1563. <https://doi.org/10.1007/s11135-018-0826-2>

Pradhan, R.P., M.B. Arvin, S. Bahmani y S.E. Bennett (2017): «The innovation- growth link in OECD countries: Could other macroeconomic variables matter?», *Technology in Society*, 51, 113-123. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techsoc.2017.08.003>

Prados De La Escosura, L. (2008): «Inequality, poverty and the Kuznets curve in Spain, 1850–2000.» *European Review of Economic History*, 12(3), 287-324.

Risso, W.A. y E. J. Sánchez (2019): «On the impact of innovation and inequality in economic growth», *Economics of Innovation and New Technology*, 28:1, 64-81, <https://doi.org/10.1080/10438599.2018.1429534>

Romer, P. (1990): «Endogenous Technological Change», *Journal of Political Economy* 98:5, S71–S102.

Solt, F. (2020): «Measuring income inequality across countries and over time: The standardized world income inequality database.» *Social Science Quarterly*, 101(3), 1183-1199.

Ulku, H. (2007): «R&D, innovation, and growth: evidence from four manufacturing sectors in OECD countries», *Oxford Economic Papers* 59, 513–535 513. <https://doi.org/10.1093/oeq/gpl022>

Zachariadis, M. (2004): «R&D-induced Growth in the OECD?», *Review of Development Economics*, 8(3), 423–439. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9361.2004.00243.x>