

1. INTRODUCCIÓN

Un número importante de los estudios pioneros sobre las fuentes del crecimiento económico suponía que la mayor parte del progreso técnico *no estaba incorporado* a los procesos de acumulación de capital [véase Solow (1956) y Jorgenson (1966)]. De este modo, el progreso técnico observado en las economías occidentales estaría ligado a aspectos tales como el progresivo desarrollo y la mejor organización de los mercados de factores y productos, el perfeccionamiento en las técnicas de organización y gestión de recursos a nivel empresarial, etc., que aumentan la eficiencia de todos los factores productivos desplazando la frontera de posibilidades de producción en la economía.

Sin embargo, el propio Solow (1960) señalaba que la hipótesis anterior entraba en conflicto con una simple observación: la mayor parte de las innovaciones tecnológicas producen efectos sobre la eficiencia y productividad de la economía siempre y cuando se realicen las inversiones necesarias que hagan que dicha tecnología esté disponible para las empresas. Desde esta perspectiva, la mayor parte del progreso técnico no sería neutral, sino que estaría *incorporado* en la adquisición de nuevos bienes de capital por parte de las empresas. Resulta, pues, de especial interés tratar de identificar cuál de los anteriores mecanismos determina el progreso técnico.

El objeto de este artículo es doble. En primer lugar, trata de resumir el estado actual del debate sobre la medida en la que los procesos de inversión en bienes de equipo y nuevas tecnologías disponibles determinan el progreso técnico de la economía. Los trabajos más recientes concluyen que el progreso técnico incorporado en la adquisición de bienes de equipo parece haber explicado en torno al 60% de la tasa de crecimiento de la productividad del trabajo de la economía estadounidense durante el período 1954-2000, siendo esta fracción mucho mayor si solo se analiza el período 1994-2000 (1). Dichos resultados aparecen resumidos en la segunda sección de este artículo. En la sección tercera, se presenta *nueva evidencia para la economía estadounidense* sobre cuáles son los efectos, en el corto plazo, de las dos formas de progreso técnico sobre el crecimiento de la productividad, así como sobre la creación y destrucción de empleo. Las estimaciones econométricas parecen indicar que, a corto pla-

(1) Véanse Gordon (1990), Jorgenson (1995), Greenwood, Hercowitz y Krussel (1996) y, recientemente, Cummins y Violante (2002).

zo, el progreso técnico de tipo neutral puede tener efectos adversos sobre la dinámica del empleo, que no aparecen cuando el progreso técnico se encuentra incorporado al capital. Por supuesto, en cualquier caso, ambas formas de incorporar el cambio técnico son favorecedoras del empleo y la productividad en el largo plazo.

2. PROGRESO TÉCNICO INCORPORADO Y NO INCORPORADO EN LA INVERSIÓN EN BIENES DE CAPITAL

Se puede demostrar que, a lo largo de una senda de crecimiento equilibrado, la tasa de variación de la productividad del trabajo de una economía (Δy_n , medida como *output* por hora trabajada) puede expresarse (en desviaciones respecto a su media) como una media ponderada de las dos formas de progreso técnico consideradas (2):

$$\Delta y_n = \left(\frac{1}{1-\alpha} \right) \Delta z + \left(\frac{\alpha}{1-\alpha} \right) \Delta q \quad [1]$$

donde α representa la elasticidad del *output* al capital físico en la función de producción, Δz representa la tasa de variación del progreso técnico neutral, y Δq representa la tasa de variación del progreso técnico incorporado al capital. A partir de la información de la tasa de variación de la productividad del trabajo, así como del índice de precios de los bienes de inversión ajustados por calidad, es posible obtener como residuo la fracción de la tasa de crecimiento de la productividad asociada con el progreso técnico neutral.

Para medir el progreso técnico incorporado, resulta necesario definir qué es una unidad de un bien de capital ajustado de calidad, q . Para ello, resulta conveniente expresar la inversión en términos de unidades de consumo. En este caso, q refleja el número de unidades de bienes de inversión que se estaría dispuesto a obtener por unidad de bien de consumo.

Desde un punto de vista práctico, controlar todos los cambios en la calidad resulta extremadamente complicado, pero es crucial para identificar la contribución que la acumulación de bienes de capital tiene sobre el progreso técnico. No obstante, Gordon (1990) y, recientemente, Cummins y Violante (2002) han construido índices de precios de producción de bienes de equipo ajustados por calidad para EEUU usando información desagregada sectorial.

En el gráfico 1 se presentan los niveles y las tasas de variación de los índices q y z para la

(2) Véanse Greenwood, Hercowitz y Krusell (1997) para más detalles.

economía estadounidense durante el período 1948-2001. Como puede apreciarse, dos son los principales resultados que surgen del análisis de las fuentes del progreso técnico en Estados Unidos. En primer lugar, el índice q crece de manera pronunciada, lo que sugiere que la hipótesis de Solow (1960) parece ajustarse más a los datos, pues existe una proporción importante del progreso técnico que ha estado asociado a la inversión en bienes de equipo, es decir, a la acumulación de capital productivo. En segundo lugar, la descomposición entre las fuentes del progreso técnico permite identificar dos grandes subperíodos. El primero, desde comienzos de los años cincuenta hasta mediados de los años setenta, en el que se aprecia que los dos componentes del progreso técnico —neutral e incorporado al capital— resultan relevantes para explicar el comportamiento de la productividad. Sin embargo, una primera revolución tecnológica, que arrancó en la segunda mitad de los setenta, generó un cambio importante en la composición de dicho progreso técnico. Así, a partir de ese momento se observa un descenso en la productividad americana, asociado a la reducción de la tasa de crecimiento del progreso técnico neutral, mientras que la mayor parte de las ganancias de productividad observadas durante los noventa han estado asociados a la fuerte expansión de la inversión en nuevas tecnologías de la comunicación y la información (véase el segundo panel del gráfico 1).

Finalmente, usando la expresión [1] se obtiene que, para valores de α entre el 0,25 y el 0,30, el progreso técnico incorporado en el capital explica algo más del 60% de las variaciones observadas en la productividad del trabajo americana. La anterior cifra aumenta de forma significativa durante la última década de los noventa, fundamentalmente como consecuencia de los importantes procesos de inversión en nuevas tecnologías.

3. PROGRESO TÉCNICO, CREACIÓN Y DESTRUCCIÓN DE EMPLEO

Aunque existe el consenso de que el progreso técnico, de uno u otro signo, es el motor del crecimiento y el bienestar a largo plazo, al garantizar mayores niveles de *output* por hora trabajada, mayor consumo e inversión por unidad de producto, se dispone de menos evidencia sobre los efectos de dicho progreso técnico sobre el ajuste a corto plazo de las economías. En un reciente trabajo, Michelacci y López-Salido (2003) analizan las implicaciones que uno y otro tipo de progreso técnico tienen sobre los flujos de creación y destrucción de empleo en el sector de las manufacturas de EEUU.

En particular, existen dos modelos económicos que responden de forma muy distinta a la anterior pregunta. Por un lado, desde una perspectiva neoclásica, aumentos en el progreso técnico de uno u otro signo tienden a aumentar la productividad de los trabajadores. Es decir, el avance y desarrollo tecnológico no solo es beneficioso a largo plazo, sino también a corto plazo, de no existir dificultades de ajuste de los factores productivos empleados. Así, en respuesta a un *shock* tecnológico positivo, la creación de empleo, el consumo y la inversión aumentan a corto plazo, sin afectar a la destrucción de empleo.

Alternativamente, existen modelos que, en línea con los trabajos de Shumpeter, sugieren que, a corto plazo, el progreso técnico provoca olas de destrucción creativa de puestos de trabajo. Es decir, para obtener todos los beneficios asociados a cualquier mejora tecnológica, es necesario que las empresas sacrifiquen los puestos de trabajo tecnológicamente obsoletos, al objeto de sanear su productividad y poder extraer todos los beneficios de la innovación, mediante la creación de nuevos trabajos tecnológicamente más avanzados. Esta visión de destrucción previa a la creación de puestos de trabajo implica que a corto plazo los efectos del progreso técnico podrían suponer una caída transitoria del empleo, el consumo e incluso el *output*.

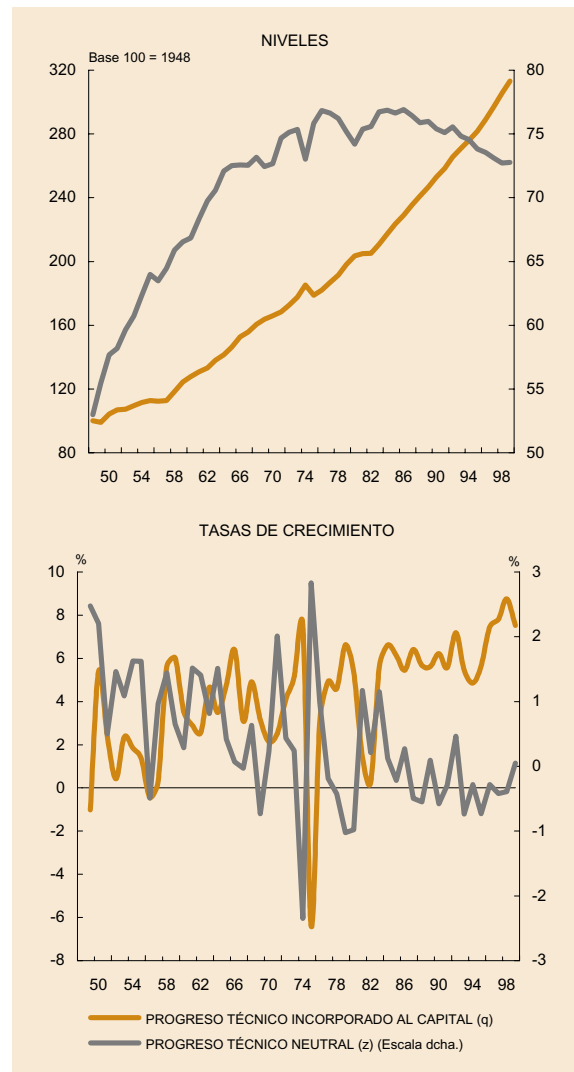
Michelacci y López-Salido (2003) descomponen las ganancias de productividad de la economía americana en el período 1954-2000 entre aquellas asociadas al progreso técnico incorporado en los bienes de equipo, q , y aquellas asociadas a la productividad total de los factores, z , usando la expresión anterior [1]. A partir de esta, estiman los efectos que una innovación tecnológica de uno y otro tipo tienen sobre un conjunto de variables agregadas, así como sobre los flujos de creación y destrucción de empleo en las manufacturas. Un resumen de los resultados aparece en la tabla 1 (3).

El progreso técnico de tipo neutral, z , tiene efectos *shumpeterianos* a corto plazo sobre el sector manufacturero estadounidense, es decir, tiende a aumentar a corto plazo la destrucción de empleo, aunque esta variable recupera progresivamente su senda de ajuste original, mientras que el proceso de creación de empleo no se reactiva de modo instantáneo. Como consecuencia, el empleo neto cae a corto plazo, para

(3) En el trabajo, los *shocks* tecnológicos de tipo q son aquellos que solo afectan a dicha variable a largo plazo, mientras que los *shocks* asociados a la productividad total de los factores (z) son aquellos que solo afectan a la variable z a largo plazo. Ambos afectan al nivel, es decir, al largo plazo, de la productividad del trabajo.

GRÁFICO 1

Fuentes del progreso técnico en EEUU



ir aumentando a medida que se activa la creación de empleo ligada al nuevo avance tecnológico. Resulta difícil identificar las razones de tal efecto. Probablemente, dado que este *shock* se identifica de forma imprecisa al obtenerse a partir de una variable calculada como un residuo, su comportamiento cíclico puede estar afectado, por ejemplo, por la existencia de imperfecciones en el mercado de trabajo (rigideces en el ajuste del factor trabajo). De este modo, aunque se está atribuyendo el ajuste estimado en el empleo a un *shock* neutral de productividad, este podría estar recogiendo las citadas imperfecciones

Por el contrario, el progreso técnico incorporado en el capital, q , genera efectos neoclásicos sobre el ajuste de la economía en respuesta al mismo. Así, la inversión en generaciones más avanzadas de capital tecnológico no au-

Efectos del progreso técnico en el corto plazo. EEUU. Período 1954-1993

Efectos de un <i>shock</i> en el progreso técnico neutral, <i>z</i> , sobre		
Creación empleo	Destrucción empleo	Empleo neto
+	+	-
Efectos de un <i>shock</i> en el progreso técnico incorporado al capital, <i>q</i> , sobre		
Creación empleo	Destrucción empleo	Empleo neto
0/+	-/0	+

Nota: Los signos +, -, 0 indican que los efectos son positivos, negativos o no significativos, respectivamente, para cada variable.

menta la destrucción de empleo, sino que impulsa al factor trabajo a ajustar su contenido tecnológico, al tiempo que favorece nuevas contrataciones. Esto induce un aumento del empleo en la economía a lo largo de su senda de ajuste ante el *shock* tecnológico, y por tanto, del consumo y de la producción.

sultados sugieren que la inversión productiva en tecnologías innovadoras resulta la herramienta más eficaz para asegurar un progreso económico sostenido.

17.7.2003.

4. CONCLUSIONES

La evidencia empírica revisada en este artículo ha mostrado que la mayor parte del progreso técnico observado en Estados Unidos durante la segunda mitad del siglo XX ha estado ligado a los procesos de acumulación de bienes de capital. En concreto, las cuantificaciones más recientes señalan que en torno a un 60% del crecimiento de la productividad del trabajo se explica a partir de dicho tipo de progreso técnico, siendo el resto debido a la evolución de la productividad total de los factores. A partir de la segunda mitad de los setenta, este proceso se acentuó, alcanzando un máximo durante la segunda mitad de los noventa como resultado del crecimiento de la inversión en las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones. Sumado a que ambas clases de progreso técnico favorecen el crecimiento de la economía, se ha encontrado que el progreso técnico incorporado al capital reduce la destrucción de puestos de trabajo y activa progresivamente aumentos en la creación de empleo. Estos re-

BIBLIOGRAFÍA

- CUMMINS, J. y VIOLANTE, G. (2002). «Investment-Specific Technical Change in the US (1947-2000): Measurement and Macroeconomic Consequences», *Review of Economic Dynamics*, 5, 243-284.
- GORDON, R. (1990). *The Measurement of Durable Good Prices*, NBER Monograph Series, University of Chicago Press.
- GREENWOOD, J., HERCOWITZ, Z. y KRUSELL, P. (1997). «Long-Run Implications of Investment-Specific Technological Change», *American Economic Review*, 87, 342-362.
- JORGENSEN, D. W. (1966). «The embodiment hypothesis», *Journal of Political Economy*, 74(1), 1-17.
- (1995). «Productivity Postwar US Economic Growth», MIT Press, Cambridge MA.
- MICHELACCI, D. y LÓPEZ-SALIDO, D. (2003). *Technology Shocks and Job Flows*, Banco de España, Documento de Trabajo 0308.
- SOLOW, R. (1956). «A Contribution to the Theory of Economic Growth», *Quarterly Journal of Economics*, 70, 65-94.
- (1960). «Investment and Technical Progress», en *Mathematical Methods in the Social Sciences, 1959*, adoptado por K. Arrow, S. Karlin, y P. Suppes, Stanford University Press.