

# CRECIMIENTO EN EUROPA Y EE.UU.: LOS DETERMINANTES DEL PROGRESO TÉCNICO\*

*(Publicado en Moneda y Crédito, Segunda Epoca, n° 214)*

RAFAEL MYRO  
Universidad Complutense de Madrid

PATRICIO PÉREZ  
Universidad de Cantabria

## 1.- Introducción

Si se considera un período temporal suficientemente largo, como el que componen los últimos veinticinco años, el PIB per cápita ha aumentado a un ritmo medio anual similar en los Estados Unidos y en el conjunto de los quince países que configuran la UE. Pero mientras que en el caso norteamericano su avance se ha apoyado en una gran medida en la extensión de la población empleada, en el de los países comunitarios ha descansado exclusivamente en las mejoras conseguidas en la productividad del trabajo, a su vez sostenidas por un importante incremento de la productividad multifactorial o productividad total de los factores (PTF). Tan sólo en la segunda parte del decenio de 1990, ésta última variable ha registrado una evolución más favorable en USA, al parecer como consecuencia de una intensa y superior expansión de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

El mayor incremento de la productividad del trabajo en Europa suele atribuirse, tanto a una mayor rigidez del mercado de trabajo, estímulo de la sustitución de trabajo por capital, como a la incorporación de progresos técnicos susceptibles de afianzar la competitividad de los productos europeos que incrementan la PTF. Como el efecto de la intensificación de capital tiende a agotarse paulatinamente con el tiempo, el aumento de la productividad del trabajo descansa en mayor medida cada vez en el avance de la PTF, por lo que resulta crucial conocer los factores que determinan éste, que es la finalidad de éste trabajo.

Más concretamente, el objetivo primero de ésta investigación es la explicación de la evolución de la PTF en las economías de los países más desarrollados e innovadores de Europa, Alemania, Francia y el Reino Unido. Sobre esta base, es fácilmente alcanzable

\* Queremos agradecer a Alberto Colino su extenso y cuidadoso trabajo de elaboración de la base de datos utilizada aquí. Tenemos también una gran deuda con Charles I. Jones, que no sólo nos facilitó una primera versión de su trabajo sobre EEUU, sino que además nos ayudó a resolver algunos problemas de las estimaciones. Aún así, no habríamos podido realizarlas sin la experta e inestimable ayuda de Emiliano Moyano, a quien expresamos nuestra gratitud. Por último, deseamos mostrar nuestro reconocimiento a Ángel de la Fuente y Rafael Doménech (y un evaluador anónimo), por sus atinados comentarios, que abren nuevas perspectivas para la investigación.

un segundo objetivo, el de ofrecer una contabilidad completa del crecimiento de los países mencionados, que no deje ningún residuo sin explicar. Para lograr estos objetivos, se utiliza un conocido modelo, en el que la productividad multifactorial se endogeniza a través de una función de ideas. Propuesto originalmente por Paul M. Romer (1990), este modelo ha sido generalizado en algunos de sus extremos y aplicado a los EEUU por Charles I. Jones (2002a), de quien se toma la formulación aquí empleada. La estimación se efectúa para el período 1950-1999 que es bastante similar al elegido por Jones, con objeto de facilitar la comparación<sup>1</sup>. Pero también se realiza sólo para los años 1976-1999, en los que el crecimiento económico europeo se ha ralentizado sensiblemente.

Este trabajo forma parte de otro más amplio, en el que se pretende incluir a otros países europeos, como España, cuya aportación al avance del stock mundial de conocimientos científicos es muy pequeña; aunque también han registrado aumentos importantes en su productividad multifactorial. Pero precisamente por ello, el estudio de este tipo de países puede resultar crucial para un mejor conocimiento de las pautas de difusión internacional del conocimiento científico<sup>2</sup>.

El texto que sigue se ordena de la siguiente manera: en primer lugar, se expone sucintamente el modelo de Paul M. Romer y Charles I. Jones. Posteriormente, se examina brevemente la dinámica seguida por las economías europeas objeto de análisis, utilizando las variables relevantes, y estableciendo una comparación sistemática entre ellas y con los EEUU. A continuación, se estima la función de ideas y se valoran los resultados obtenidos. Mas adelante, se realiza el ejercicio de contabilidad del crecimiento. Finalmente, se ofrecen unas consideraciones acerca del estado estacionario. El trabajo se cierra con un breve apartado de conclusiones, tras el que se inserta un apéndice, en el que se incluyen las estimaciones para el periodo 1976-99 y se da cuenta de fuentes de datos utilizadas.

---

<sup>1</sup> No obstante, Jones (2002) abarca el periodo 1950-1993, lo que pudiera alterar algo los términos de la comparación.

<sup>2</sup> La aplicación a estos países permitirá discutir con mayor rigor la idea de Jones de que este modelo sólo es aplicable al grupo de países capaces de expandir la frontera tecnológica mundial, Estados Unidos, Japón, Alemania, Francia y Reino Unido (G-5).

## 2.- El modelo

Siguiendo a Romer (1990) y a Jones (2000 y 2001), la función de producción de partida se representa de la siguiente manera:

$$Y_t = A_t^\sigma K_t^\alpha H_{Yt}^{1-\alpha}, \quad (1)$$

donde  $A_t$  es el stock total de conocimientos disponible para esta economía,  $K_t$  es el stock de capital agregado, y  $H_{Yt}$  es la cantidad total de capital humano empleado para producir bienes. Se supone la existencia de rendimientos constantes a escala para los factores capital físico y humano ( $0 < \alpha < 1$ ), y de rendimientos crecientes para la función en su conjunto ( $\sigma > 0$ ), dado que  $A_t$  se considera como un factor adicional de producción.

El capital físico se acumula según la siguiente expresión:

$$\Delta K_t = s_{Kt} Y_t - dK_t, \quad K_0 > 0. \quad (2)$$

en la que  $s_{Kt}$  representa la tasa de inversión en capital físico, es decir la proporción de la inversión sobre el producto y  $d > 0$  es la tasa exógena de depreciación.

El capital humano agregado utilizado en la producción de bienes se expresa como:

$$H_{Yt} = h_t L_{Yt}, \quad (3)$$

donde  $h_t$  es el capital humano por persona y  $L_{Yt}$  es la cantidad total de trabajo empleado en producir bienes. El capital humano por persona se considera una función del tiempo dedicado a la educación y formación, de acuerdo con la siguiente formulación:

$$h_t = e^{\psi l t}, \quad \psi > 0 \quad (4)$$

donde  $l h_t$  representa el tiempo que un individuo dedica a acumular capital humano<sup>3</sup>.

Finalmente, el último factor de la función de producción es el stock de ideas, que se introduce en el modelo con la generalización propuesta por Jones (1995 y 2002a):

$$\begin{aligned} \Delta A_t &= \delta H_{At}^\lambda A_t^\phi \\ A_0 &> 0; 0 < \delta, \lambda \leq 1; \phi < 1 \end{aligned} \quad (5)$$

donde  $H_{At}$  es el esfuerzo mundial en investigación, y  $\delta$  es un parámetro que mide su grado de difusión. A su vez  $H_{At}$  se obtiene como suma ponderada del número de investigadores en cada economía,  $L_{Ai}$ , según la expresión:

---

<sup>3</sup> Esta forma exponencial de (4) es consistente con la literatura acerca de educación y salarios, de la que el trabajo de Mincer (1974) es pionero. Observarse que  $h_t$  no es una medida de años de estudio, sino del impacto de estos sobre el salario o el output por trabajador.

$$H_{At} = \sum_{i=1}^M h_{it}^{\theta} L_{Ait}, \quad (6)$$

en la que las ponderaciones vienen dadas por el capital humano, con  $\theta \geq 0$ .

Que el progreso técnico de un país se haga depender del conocimiento científico mundial, sin distinguir entre el que se obtiene en el propio país y el que se obtiene fuera de él constituye sin duda una de las limitaciones del modelo para su aplicación empírica. Sin embargo, la introducción por separado en el modelo de los diferentes avances científicos exige mayor reflexión teórica y evidencia empírica acerca de su carácter sustitutivo o complementario.

En la función de ideas propuesta, el coeficiente  $\lambda$  expresa el rendimiento en términos de nuevas ideas del conjunto de científicos existente, mientras que  $\phi$  mide el impacto de las ideas previas sobre las nuevas. Por último,  $\delta$  puede considerarse una medida de la rapidez y la amplitud con la que las ideas se difunden. Mientras que el valor esperado para  $\lambda$  se sitúa entre 0 y 1, reflejando el hecho inevitable de que los nuevos descubrimientos de los científicos se solapan parcialmente, los valores de  $\phi$  pueden ser negativos, si las ideas más fundamentales y obvias se descubrieron primero. Finalmente,  $\delta$  no debería superar el valor máximo de 1, que reflejaría una difusión instantánea de las nuevas ideas.

Para finalizar, se supone que la población  $N_t$  crece a una tasa exógena constante  $n > 0$ :

$$N_t = N_0 e^{nt}, \quad N_0 > 0. \quad (7)$$

El tiempo del que un individuo dispone puede repartirlo entre la producción de bienes, la producción de ideas y la producción de capital humano, de forma que puede escribirse:

$$L_{At} + L_{Yt} = L_t = (1 - lh_t)N_t, \quad (8)$$

donde  $L_t$  es el empleo total. Además, se define  $l_A \equiv L_A / L$  como la parte de la fuerza de trabajo dedicada a producir ideas (ratio de “intensidad investigadora”), y  $l_Y \equiv L_Y / L$ .

Definidos ya todos los elementos del modelo, puede obtenerse una expresión para la renta por trabajador, partiendo de (1), incrementando los stocks de capital físico y

humano en  $1/L_t$ , elevando toda la expresión resultante a  $1/(1-\alpha)$  y sustituyendo  $H_{Y_t}$  por su valor en la expresión (3). El resultado<sup>4</sup> es:

$$y_t = \left( \frac{K_t}{Y_t} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} l_{Y_t} h_t A_t^{\frac{\sigma}{1-\alpha}} \quad (9)$$

que adopta la siguiente forma dinámica:

$$\hat{y}_t = \frac{\alpha}{1-\alpha} (\hat{K}_t - \hat{Y}_t) + \hat{h}_t + \hat{l}_{Y_t} + \frac{\sigma}{1-\alpha} \hat{A}_t \quad (10)$$

donde el acento circunflejo (^) denota el cambio medio en el logaritmo de la variable entre dos momentos de tiempo

Esta expresión permite realizar un ejercicio de contabilidad del crecimiento novedoso, de una parte, porque recoge expresamente la influencia de la relación capital/producto sobre la productividad del trabajo, lo que resulta interesante para economías muy cercanas al estado estacionario, en la que esta relación tiende a permanecer constante. De otra parte,  $A_t$  ha de ser al mismo tiempo el residuo convencional de Solow y el stock estimado de ideas, si se ha de endogenizar el progreso técnico. Es decir, ha de ocurrir que  $A_t$  cuadre el cálculo contable y al mismo tiempo sea un resultado de la función de ideas propuesta<sup>5</sup>.

En el estado estacionario, todos los términos del segundo miembro de la expresión (10) han de ser nulos, con excepción del último. Sin embargo, tampoco éste puede diferir mucho de cero, pues depende del ritmo de incremento del número de científicos, que normalmente será muy lento, pudiendo suponerse similar al del ascenso de la población. En realidad, puede demostrarse que ese último término será igual a  $\gamma n$ , donde

$$\gamma = \frac{\sigma}{1-\alpha} \frac{\lambda}{1-\phi} = \frac{\lambda}{1-\phi} \text{ depende de los parámetros de la función de ideas (Jones,$$

---

<sup>4</sup>La expresión resultante de practicar las transformaciones propuestas es:  $y_t = \left( \frac{K_t}{L_t} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \frac{h_t L_{Y_t}}{L_t} A_t^{\frac{\sigma}{1-\alpha}}$ ,

donde. Para llegar a la ecuación (9) aún debemos multiplicar y dividir el término entre paréntesis por  $Y_t$  y despejar  $y_t$ . Recuérdese que  $l_Y \equiv L_Y / L$ , y que  $y_t \equiv Y_t / L_t$ .

<sup>5</sup> En realidad, dado que los exponentes de la función de ideas son desconocidos, no hay posibilidad alguna de estimar A sin referencia al residuo de Solow.

2002a)<sup>6</sup>. Así, si se suma y se resta este valor al segundo miembro de la ecuación (10), se obtiene la siguiente ecuación final:

$$\hat{y}_t = \frac{\alpha}{1-\alpha}(\hat{K}_t - \hat{Y}_t) + \hat{h}_t + \hat{l}_Y + \left(\frac{\sigma}{1-\alpha} \hat{A}_t - \gamma\right) + \gamma \quad (11)$$

Esta es la expresión que se estima en las páginas siguientes para Alemania, Francia y el Reino Unido. En ella, la dinámica de la transición ha de dar cuenta de una elevada proporción del crecimiento cuando éste se produce a tasas anuales situadas en torno al dos por ciento, ya que, como se ha señalado, el crecimiento anual en el estado estacionario ha de ser muy reducido.

### 3. La dinámica del crecimiento en las economías europeas más innovadoras.

Los valores de la mayor parte de las variables incluidas en la ecuación (11) pueden obtenerse de las estadísticas disponibles, tal y como anteriormente se ha señalado. Sus tasas medias para Alemania, Francia y el Reino Unido en el período 1950-1999 se recogen en el cuadro 1. Se añaden también las estimadas por Jones para EE.UU., con el fin de facilitar una comparación. Hay que hacer notar que el término  $\hat{l}_Y$  es la tasa de crecimiento de la proporción de mano de obra que trabaja en la producción de bienes y servicios. Se computa como la tasa de crecimiento de  $1-l_A$ , donde  $l_A$  es la fracción de población ocupada en actividades de I+D. Ahora bien, habida cuenta de la escasa intensidad investigadora en todos los países, los cambios de  $l_A$ , y por consiguiente de  $\hat{l}_Y$ , son prácticamente despreciables.

La observación de este primer cuadro revela algunas cuestiones interesantes. La primera es la mayor semejanza del Reino Unido con EE.UU. en cuanto al avance de la productividad del trabajo, medida en producto por hora-hombre. En segundo lugar, el mayor crecimiento de la relación capital / producto en Europa, acorde con su atraso económico relativo en 1950. En tercer y último lugar, el que EE.UU. no destaca en el aumento de capital humano ni en el volumen de población empleada en actividades de I+D, base última de la expansión de  $A$ .

Una descripción más precisa de la dinámica seguida por las economías europeas exige observar la evolución de algunas de estas variables a lo largo del tiempo, pues no

---

<sup>6</sup> Esto significa que en el modelo propuesto, el crecimiento a largo plazo depende de los parámetros de la función de ideas, aparte del aumento de la población.

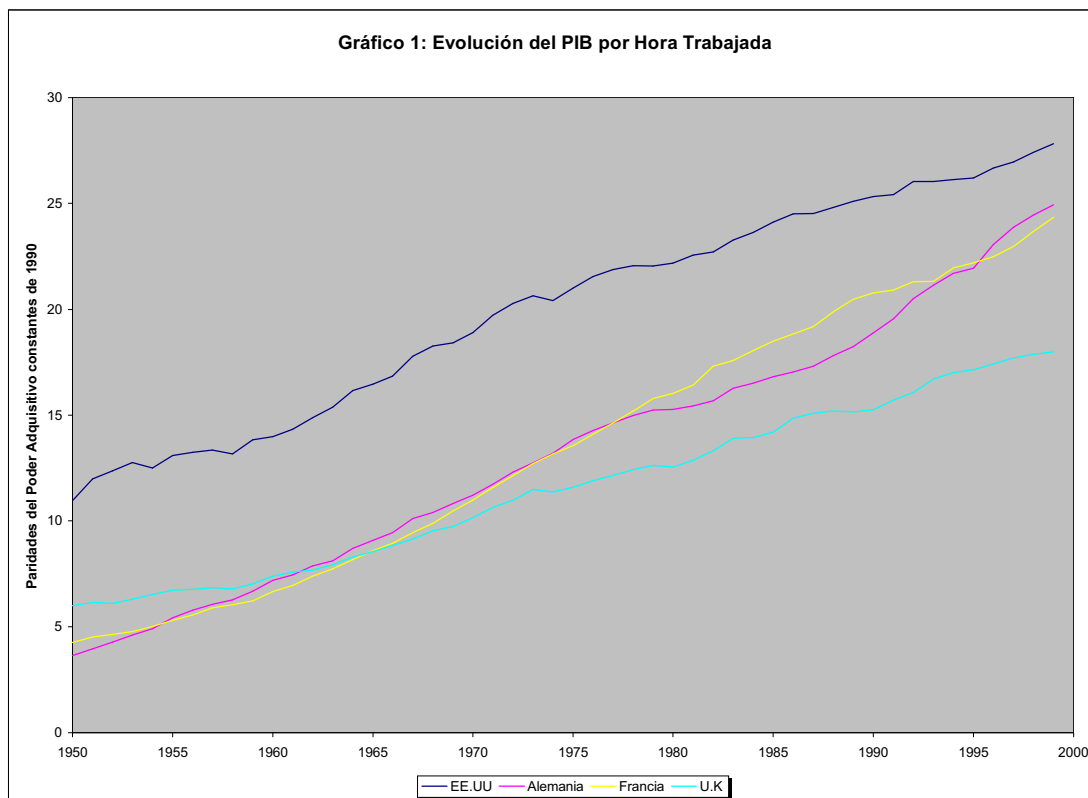
es tan constante como la de Estados Unidos. Europa, como es sabido, crece de una manera particularmente intensa en la denominada “Edad Dorada”, los decenios de 1950 y 1960. Una versión del cuadro 1, referida exclusivamente al período 1976-1999, que se recoge en el cuadro A1 del ANEXO 1, y se refiere exclusivamente al período 1976-1999 muestra una mayor similitud entre Europa y EE.UU. en la evolución de las diversas variables en ésta última etapa.

Cuadro 1: TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO, 1950-1999

Tasa de crecimiento		Valor muestral			
		Alemania	Francia	R. Unido	EE.UU. <sup>(a)</sup>
Producto por hora	$\hat{y}$	0,0395	0,0356	0,0225	0,0200
Relación capital-producto	$\hat{K} - \hat{Y}$	0,0026	0,0058	0,0129	-0,0015
Participación del empleo					
en la producción	$\hat{l}_Y$	-0,0002	-0,0002	-0,0001	-0,0001
Capital humano	$\hat{h}$	0,0026	0,0052	0,0061	0,0063
Productividad multifactorial	$\hat{A}$	0,0358	0,0276	0,0101	0,0146
Población empleada en I+D	$\hat{H}_A$	0,0530	0,0522	0,0447	0,0483
Cambio anual en $l_h$	$\Delta l_h$	0,0370	0,0747	0,0867	0,0902
<i>Agregados del G-5</i>					
Empleo total	$\tilde{n}$	0,0111			
Fracción del empleo en I+D	$\tilde{l}_A$	0,0346			

<sup>(a)</sup> Para EE.UU., el periodo es 1950-1993. La tilde (~) denota agregado del G-5.

El gráfico 1 recoge una comparación de los perfiles temporales de la variable que se pretende explicar, el producto por hora trabajada. En los cuatro países considerados ésta variable crece a ritmos sostenidos, pero inferiores en la segunda mitad del período. Los países europeos reducen sus distancias relativas con respecto a Estados Unidos. Alemania y Francia recortan también sus distancias absolutas, mientras que el Reino Unido apenas reduce su distancia relativa, en particular durante la segunda mitad del período considerado, y, desde luego, aumenta su distancia absoluta.

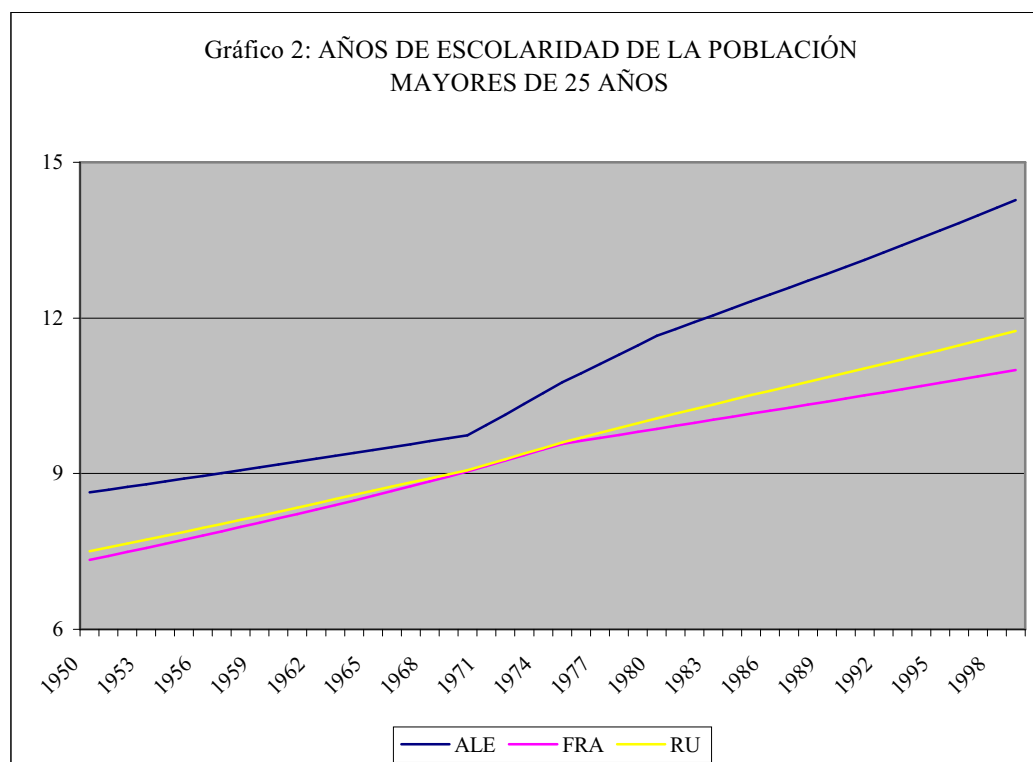


Como ya se ha señalado en la introducción de este trabajo, la evolución del PIB per cápita no ofrece una imagen comparativa tan favorable de Europa, pues el ascenso de la productividad aparente del trabajo va acompañado de una reducción del empleo por unidad de producción.

Por lo que respecta a la relación capital / producto, crece más en Europa cuando se considera todo el período, pero tiende a ralentizar muy sensiblemente su ritmo de aumento desde el comienzo del decenio de 1980, hasta el punto de que se mantiene prácticamente constante desde entonces en Alemania y el Reino Unido, aumentando sólo muy ligeramente en Francia. El hecho sin duda más sorprendente acerca de esta relación, sobre el que se ha llamado la atención en Myro y Pérez (2000), es que su valor en Europa, en torno a 3, supere al de EE.UU., un país con superior renta per cápita.

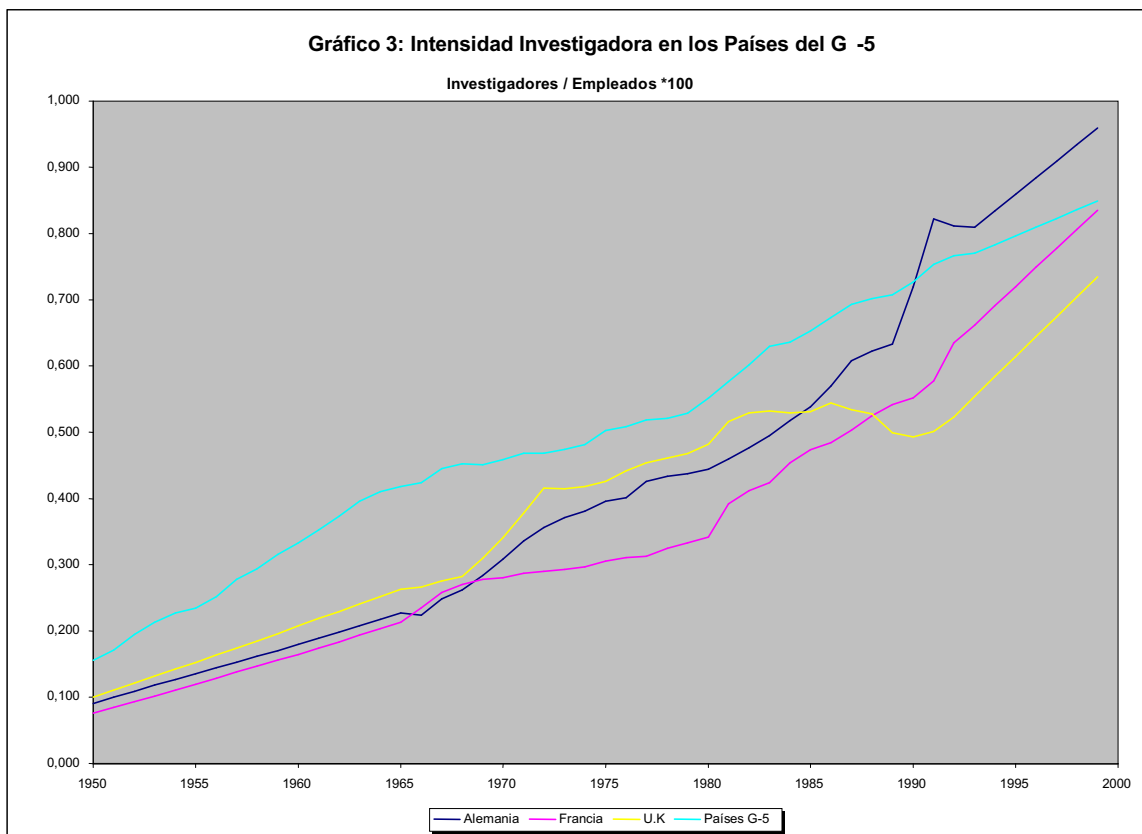
En cuanto al capital humano, si se siguen las estimaciones de De la Fuente y Doménech (2000), el crecimiento es sostenido para todo el período, salvo en Alemania, en donde se registra un punto de inflexión en 1970 (gráfico 2). No obstante, con los datos de Barro y Lee (2000), también este último país experimenta un aumento sostenido del número promedio de años de estudio que posee la población mayor de veinticinco años. Los países europeos aquí considerados pasan, aproximadamente, de 7

años de estudio en 1950 a 11 en 1999, manteniendo una distancia de algo más de un año con respecto a Estados Unidos.



Finalmente, merece destacarse por encima de todo, porque es comentado con menor frecuencia, el notable aumento de la intensidad investigadora,  $l_A$  (es decir, el porcentaje de la población total empleada en actividades de I+D), en todos los países que consideramos (gráfico 3). Es muy elevado en el G-5, aunque su avance se va ralentizando a lo largo del tiempo, en particular a partir de la mitad del período, esto es, durante los últimos veinticinco años. El contraste con EE.UU. es muy pronunciado, porque en este último país la intensidad investigadora se reduce drásticamente en el decenio de 1970. Parece otorgar un cierto aval a los resultados que obtuvieron Caballero y Jaffe (1993) al estimar una función de ideas, aunque éstos se referían sobre todo a la disminución del número de ideas nuevas, algo sobre lo que se tendrá ocasión de volver<sup>7</sup>. En todo caso, como consecuencia de su evolución opuesta en EE.UU. y en Europa durante los últimos años, la intensidad investigadora se sitúa en la actualidad en niveles similares en ambas áreas, en torno a un 0,8 por ciento de la población.

<sup>7</sup> Como ya se ha señalado, la reducción de la proporción de ideas nuevas ha de observarse en disminuciones del valor del parámetro  $\phi$ .



El incremento de la intensidad investigadora en los países europeos del G-5 es resultado de evoluciones dispares en cada uno de ellos. Así, en el caso de Alemania, el ascenso en la intensidad investigadora es muy pronunciado y sostenido, sin desaceleración alguna en los últimos años. En cambio, en el Reino Unido sólo lo es hasta 1980, en que se paraliza, para reiniciarse diez años después, al comienzo del decenio de 1990. Por último, en Francia sigue una evolución más parecida a la global, si bien el incremento que experimenta en los diez últimos años es particularmente intenso.

No es extraño que este ascenso formidable en la actividad investigadora suscite la atención de Romer y Jones, y les haga pensar que puede ofrecer una base firme de explicación al avance en la PTF. Más aún que el aumento en el capital humano, éste de la intensidad investigadora se revela como el hecho más destacado del crecimiento económico europeo en los últimos cincuenta años.

#### 4. Estimación de la función de ideas

Para acercarse a la contabilidad del crecimiento propuesta en la expresión (11) es preciso estimar previamente los parámetros de la función de ideas, de forma que se pueda obtener el crecimiento propio del estado estacionario,  $\gamma$ , así como el valor de  $\sigma^8$ . En relación con  $\sigma$  –y al no poder observar las ideas directamente–, Jones (2002a) propone la normalización  $\sigma=1-\alpha$ . Esto significa que  $A$  se considera progreso técnico neutral en el sentido de Harrod.

Mayor dificultad reviste la estimación del parámetro  $\gamma = \frac{\sigma}{1-\alpha} \cdot \frac{\lambda}{1-\phi} = \frac{\lambda}{1-\phi}$ .

Jones propone aproximar su valor a partir de un modelo discreto:

$$\log B_t = \log A_t + \varepsilon_t \quad (12)$$

$$\Delta A_{t+1} = \delta H_{At}^\lambda A_t^\phi, \quad (13)$$

donde  $B_t$  representa la PTF o productividad multifactorial calculada con anterioridad y  $A_t$  se trata como una variable latente, relacionada con  $B_t$  por el término de error estacionario  $\varepsilon_t \sim iid(0, \sigma^2)$ . Conocidos los valores que toman las variables  $B_t$  y  $H_{At}$ , se estiman por mínimos cuadrados no lineales los valores de los parámetros  $\delta$ ,  $\lambda$ ,  $\phi$  y  $A_0$  que minimizan la variación del término de error.<sup>9</sup>

En el cuadro 2 figuran los resultados obtenidos para Alemania, Francia y Reino Unido, así como los de Jones para Estados Unidos. Con los datos de capital humano de De la Fuente y Doménech (2000) no se consigue una expresión satisfactoria de la función de ideas para Alemania, por lo que se han utilizado los de Barro y Lee (2000).

Cuadro 2: ESTIMACIÓN DE  $\gamma$ , 1950-1999

País	$\lambda$	$\delta$	$\phi$	$\gamma_{\text{implícito}}$	$A_0$	$\bar{R}^2$
Alemania	0,195	0,073	-0,588	0,123	1,181	0,98
	(0,006)	(0,002)	(0,007)	(0,004)		

<sup>8</sup> También se han de escoger valores para algunos otros parámetros más convencionales, para los que se dispone de estimaciones,  $\alpha$  y  $\psi$  (véase el epígrafe 5, más adelante).

<sup>9</sup> Jones (2002a) propone otro método de estimación, que consiste en log-linealizar la función (5) de progreso técnico alrededor de una senda donde  $H_{At}$  y  $B_t$  están creciendo a tasas constantes. Los resultados de este segundo procedimiento los hemos estimado en un trabajo en curso.

Francia	0,033 (0,010)	0,106 (0,005)	-0,164 (0,014)	0,032 (0,009)	1,546	0,99
R. Unido	0,759 (0,016)	0,001 (0,000)	-1,118 (0,048)	0,359 (0,016)	2,487	0,96
EE.UU.	4,997 (2,44)	0,003 (0,008)	-16,09 (7,37)	0,292 (0,126)	4,755	0,98
«	0,500	0,547 (0,320)	-2,753 (0,316)	0,133 (0,011)	4,594	0,97

Los datos de EE.UU. proceden de Jones (2002a), que incluye el periodo 1950-1993. Los errores estándar de los parámetros figuran entre paréntesis. El error estándar de  $\gamma$  implícito se ha calculado por el método delta.

En esta primera especificación, el dominio de los parámetros no está restringido, si bien éstos tienen, generalmente, los signos esperados y toman valores dentro del rango previsto<sup>10</sup>. El parámetro  $\lambda$  resulta positivo, pero bastante inferior a la unidad para los países continentales, expresando un limitado impacto del aumento de los científicos sobre la productividad multifactorial, tal vez en parte debido a la duplicación de ideas. En cambio, en los países anglosajones se sitúan en la parte superior del intervalo, e incluso escapan de ella<sup>11</sup>.

En cuanto al parámetro  $\phi < 1$ , admite un rango muy amplio de valores. El hecho de que en todas las especificaciones se cumpla  $\phi < 0$  indicaría la disminución de los rendimientos en la producción de nuevas ideas, probablemente debido a que las más fundamentales se descubrieron primero<sup>12</sup>. No obstante, se trata de una conclusión que debe quedar muy matizada, porque el valor obtenido está condicionado por la hipótesis de partida (véase más arriba). Para  $\sigma < 1 - \alpha$ , el parámetro  $\phi$  podría tomar valores distintos, incluso positivos.

Otro aspecto de la estimación que ha de ser destacado es que el parámetro  $A_0$  es robusto a los valores iniciales en los tres países y, en todos, está muy próximo al origen de las respectivas series  $B_t$ . Este hecho, unido a los elevados  $R^2$  obtenidos, indica que el stock de ideas estimado se acerca mucho a valor de la PTF. Por último, también se

<sup>10</sup> En posteriores estimaciones, Jones (2002a) impone algunas restricciones a  $\lambda$ , para que tome valores dentro del rango especificado por el modelo.

<sup>11</sup> Jones señala la posibilidad de que en el caso de EE.UU. ello se deba a una correlación entre *shocks* de productividad multifactor y *shocks* de investigación en el ciclo económico.

cumple  $\delta > 0$ . En este modelo, la dinámica de transición no sólo hace referencia a la acumulación de capital, sino también a la transferencia internacional de tecnología<sup>13</sup>. Un cambio institucional que mejorara ésta, como la reducción de barreras arancelarias, se traduciría en un aumento de  $\delta$ <sup>14</sup>. Por eso, una profundización de este trabajo exige establecer relaciones con todos aquéllos que tratan de identificar los canales mediante los que se difunde internacionalmente la tecnología, como Coe y Helpman (1995).

A la vista de los resultados, se pueden distinguir dos prototipos de países: Francia y Alemania, por un lado, y el Reino Unido (que presenta mayor similitud con Estados Unidos), por otro. Mientras los dos primeros convergen rápidamente al óptimo, el tercero lo hace con mucha mayor lentitud; y, aparentemente, el mínimo de la función objetivo está definido en un rango de valores más estrecho. Es posible que los resultados sean sensibles a los valores iniciales de los parámetros<sup>15</sup>. En todo caso, los gráficos 4, 5 y 6 muestran la bondad del ajuste de la función de ideas, una vez usadas las estimaciones en la evolución de la PTF en Alemania, Francia y el Reino Unido.

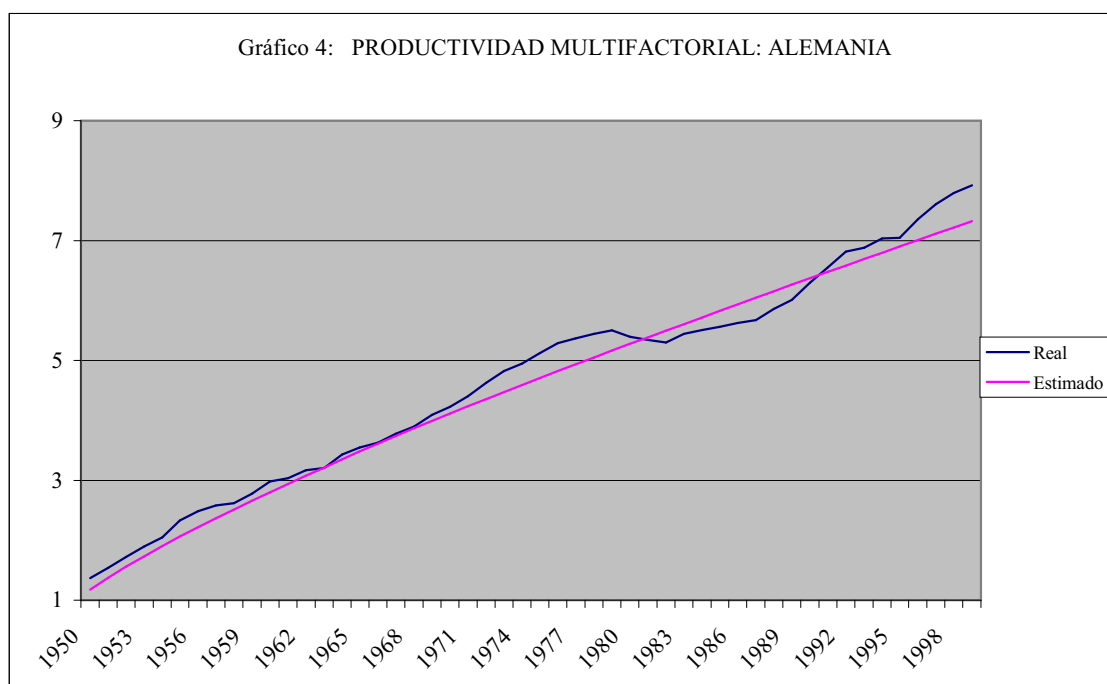
<sup>12</sup> Jones (1998).

<sup>13</sup> Jones (2002b)

<sup>14</sup> Medidas características de las distribuciones residual ( $B_i$ ) y estimada ( $A_i$ ):

País	Serie	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de variación
Alemania	Residual	4,66	1,79	0,38
«	Estimada	4,53	1,78	0,39
Francia	Residual	4,34	1,53	0,35
«	Estimada	4,23	1,55	0,37
R. Unido	Residual	3,37	0,60	0,18
«	Estimada	3,36	0,61	0,18

<sup>15</sup> Aunque, como se comprueba con el Reino Unido, esta circunstancia no tiene incidencia perceptible en la estimación de  $\gamma$  implícito. Es más, el rango resultante de las estimaciones -entre 0,35 y 0,38- indica que apenas hay capacidad para distinguir entre cuatro especificaciones de ese país.



Como el crecimiento de las economías europeas que se están contemplando, las más innovadoras, se hace más similar al de EE.UU. desde mitad del decenio de 1970, se han estimado también los parámetros de la función de ideas para el período 1976-1999, recogiendo los resultados en el cuadro A2 del ANEXO 1. También son buenos, y muestran más similitud entre Europa y EE.UU.<sup>16</sup>. Los valores obtenidos de  $\lambda$  y  $\delta$  crecen, probablemente indicando mayor rapidez en la difusión de ideas y su mayor impacto en la PTF, mientras que decrecen los de  $\phi$ , a causa de la creciente dificultad para descubrir nuevas ideas a medida que se acercan a la frontera tecnológica.

<sup>16</sup> La estimación de Alemania entre 1976 y 1999 no es muy satisfactoria, tal vez a causa de la unificación. Aunque los estimadores de los parámetros son todos significativos.

Gráfico 5: PRODUCTIVIDAD MULTIFACTORIAL: FRANCIA

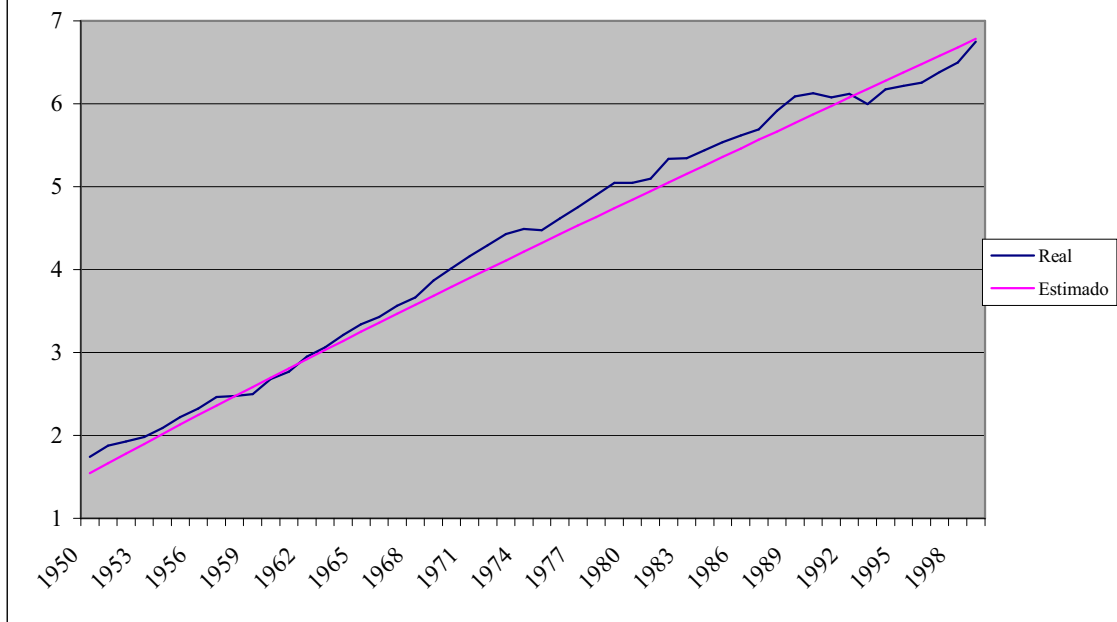
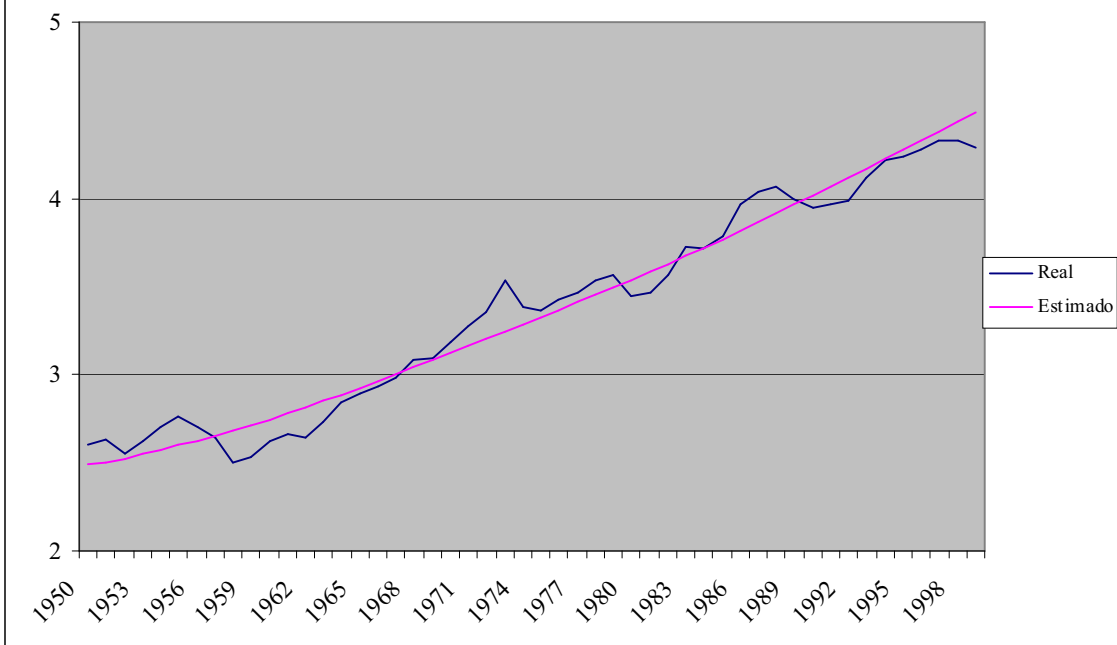


Gráfico 6: PRODUCTIVIDAD MULTIFACTORIAL: REINO UNIDO



## 5. Las fuentes del crecimiento económico en la Europa innovadora.

Usando ahora los datos del cuadro 1 y los valores estimados en el cuadro 2, se está en condiciones de realizar la contabilidad del crecimiento de la Europa líder en innovación, a través de la ecuación (11). No obstante, es necesario previamente asignar valores a los parámetros  $\alpha$  y  $\psi$ . A este respecto, se asumirá que  $\alpha=1/3$ , de acuerdo con la evidencia más común respecto a la participación del capital en el producto nacional (véase Mankiw *et al.*, 1992; y Mankiw, 1995, entre otros). Por otra parte, las estimaciones de Mincer (1974) sugieren un valor de 0,07 para el parámetro  $\psi$ . Es decir, un año adicional de escolarización tiene un efecto directo sobre la elevación de la productividad del trabajo estimado en un siete por ciento<sup>17</sup>.

Pues bien, con toda esta información, se ha procedido a descomponer el crecimiento de Alemania, Francia y el Reino Unido en sus factores determinantes, recogiendo los resultados obtenidos en el cuadro 3.

Entre 1950 y 1999, el producto por hora creció a ritmos similares en Alemania y Francia: a una tasa anual media del 3,5 en Francia y del 4 por ciento en Alemania. También fue semejante la estructura del crecimiento. De un lado, el efecto del trasvase de la población ocupada desde la producción de bienes y servicios a la producción de ideas fue irrelevante. De otro lado, la inversión en capital físico contribuyó modestamente al logro de esa vigorosa expansión. A causa de su estabilidad, la relación capital / producto sólo aportó entre 0,1 y 0,3 puntos porcentuales. Distinto es el caso del Reino Unido, país en el que dicha relación creció a la increíble tasa del 1,29 por ciento anual acumulativo; toda una sorpresa, sobre todo si se repara en que en Estados Unidos esta relación se redujo ligeramente. En consecuencia, la formación de capital físico explica casi un 30 por ciento del crecimiento británico, hasta el punto de erigirse en el principal rasgo distintivo de éste.

Por el contrario, la acumulación de habilidades por la vía educativa fue un factor fundamental, que aportó al crecimiento del producto por hora entre 0,5 y 0,6 puntos porcentuales, según los países. No es sino el reflejo del notable incremento que ha tenido lugar en el número de años medios de escolaridad de la población mayor de 25 años, que ya ha sido destacado con anterioridad. Las diferencias entre países son más relativas que absolutas, porque -siendo las bases sobre las que se calculan distintas-,

aportaciones parecidas suponen entre 1/3 y 1/4 del crecimiento en los países anglosajones, y alrededor de 1/10 en los países continentales.

Cuadro 3: CONTABILIDAD DEL CRECIMIENTO, 1950-1999

<i>Tasas</i>	$\hat{y}$	$\frac{\alpha}{1-\alpha}(\hat{K}-\hat{Y})$	$\hat{l}_Y$	$\hat{h}$	$\hat{A}-\gamma n$	$\gamma n$
Alemania	0,0395	0,0013	-0,0002	0,0026	0,0352	0,0006
Francia	0,0356	0,0029	-0,0002	0,0052	0,0275	0,0001
Reino Unido	0,0225	0,0064	-0,0001	0,0061	0,0090	0,0012
EE.UU. <sup>(1)</sup>	0,0200	-0,0007	-0,0001	0,0063	0,0111	0,003
« <sup>(2)</sup>	0,0200	-0,0007	-0,0001	0,0063	0,0130	0,002
<i>Porcentajes</i>	$\hat{y}$	$\frac{\alpha}{1-\alpha}(\hat{K}-\hat{Y})$	$\hat{l}_Y$	$\hat{h}$	$\hat{A}-\gamma n$	$\gamma n$
Alemania	100,0	3,2	-0,5	6,6	89,2	1,5
Francia	100,0	8,1	-0,4	14,7	77,3	0,3
Reino Unido	100,0	28,6	-0,6	27,0	39,9	5,2
EE.UU. <sup>(1)</sup>	100,0	-3,7	-0,6	31,5	55,3	17,5
« <sup>(2)</sup>	100,0	-3,7	-0,6	31,5	64,9	8,0

<sup>(1)</sup>  $\lambda = 4,997$ ; <sup>(2)</sup>  $\lambda = 0,50$ . Los datos de EE.UU. proceden de Jones (2002a), para el periodo 1950-1993.

<sup>17</sup> Aunque Klenow y Rodríguez-Clare (1997) y Ashenfelter *et al.* (1999) proponen un rango de valores más amplio.

Sin embargo, con ser relevante el efecto de la extensión de la educación, la principal fuente del crecimiento –y la que en mayor medida discrimina entre países- ha sido el incremento de la productividad multifactorial  $A_t$ , a su vez reflejo fiel de la expansión del stock de las ideas<sup>18</sup>. Como se recordará, ese avance aparece recogido en dos de los términos de la expresión (11). El primero, con mucho el más importante, registra el aumento del stock de ideas que excede de la tasa de crecimiento del estado estacionario. Éste ha sido el principal soporte del crecimiento de la productividad por hora en los cuatro países. Aporta, por sí solo, alrededor de tres puntos porcentuales en los países continentales europeos, en promedio anual, y en torno a un punto porcentual en los anglosajones. Para calibrar su importancia, basta reparar en que supone entre el 80 y el 90 por ciento del crecimiento en Francia y Alemania, y “sólo” la mitad en el Reino Unido, país que en este aspecto se sitúa bastante lejos de Estados Unidos, en donde este factor contribuye aproximadamente en dos tercios al aumento del producto por hora.

Finalmente, como cabía esperar, la contribución del último sumando de la ecuación (11), asociado al estado estacionario, resulta ser marginal. Más en Alemania y Francia (0,06 y 0,01 puntos porcentuales, respectivamente), que en Gran Bretaña (0,1 puntos porcentuales, que suponen el 5 por ciento del crecimiento total). En realidad, este componente sólo adquiere cierta relevancia en algunas especificaciones de Estados Unidos (en la no restringida, por ejemplo, donde representa 0,3 puntos porcentuales, equivalentes al 17,5 por ciento del crecimiento).

El destacado papel de  $A_t$  en la explicación del crecimiento de los países europeos más innovadores -unido al hecho de que su evolución se explica bastante bien a través de la intensidad investigadora-, parece indicar que el crecimiento económico europeo se ha beneficiado del avance en las ideas de forma especial, dado su mayor atraso respecto a Estados Unidos.

Pero, de la misma manera, la ralentización en el crecimiento de la innovación que tiene lugar en la Europa líder desde mitad del decenio de 1970, tiene su razón de ser en la menor expansión del stock de ideas, tanto en Europa como en EE.UU., a pesar de su rápido avance en Alemania. Esto es lo que se desprende del examen de la contabilidad del crecimiento realizada para el período 1976-1999 que se recoge en el cuadro A3 del

ANEXO 1. El peso de  $A_t$  en la explicación del producto por trabajador se reduce sustancialmente. Al mismo tiempo, la aportación del crecimiento propio del estado estacionario, aunque algo más elevada, sigue siendo muy pequeña, debido al lento incremento de la población.

De hecho, el crecimiento económico en esa segunda parte del período se habría ralentizado aún más de no haberse incrementado el impacto sobre  $A_t$  de la expansión del número de científicos, como indica el ascenso en el valor de  $\lambda$ . Aunque como contrapartida, el de  $\phi$  ha descendido. Téngase en cuenta que, en general, este parámetro ha tendido a hacerse más negativo, reflejando la dificultad de obtener nuevas ideas, de acuerdo con lo estimado por Caballero y Jaffe (1993). No obstante, también ha contribuido a aumentar el impacto del crecimiento del número de científicos sobre la PTF una mayor amplitud y rapidez en la difusión de las nuevas ideas observable en la elevación de los valores de  $\delta$ .

## 6. El estado estacionario

Para finalizar, podría suponerse que la intensidad investigadora se estabilizara en Europa en el nivel actual, al que se mantiene desde hace años en los Estados Unidos. En ese caso, ¿cuanto tiempo se tardaría en alcanzar el estado estacionario?; ¿convergería Europa con EE.UU.? La aproximación log-lineal al cálculo del tiempo necesario para alcanzar el estado estacionario proporciona resultados de cientos de años, tanto para los países europeos del G-5 como para Estados Unidos (cuadro 4, panel superior). No obstante, esta visión es engañosa. El panel inferior del mismo cuadro recoge la vida media exacta<sup>19</sup>, que resulta ser considerablemente más corta en todos los países: 18 años en Alemania, 31 en Francia y 50 en el Reino Unido. Otro tanto ocurre en Estados Unidos, donde los valores típicos caen dentro del rango de los países europeos. Así, para  $\lambda=0,5$  y  $\gamma=0,20$ , la vida media exacta estimada para ese país es de 26 años. El tiempo varía (todo lo demás igual) directamente con  $\gamma$ ; es decir, aumenta (disminuye) para valores mayores (menores) de dicho parámetro. Así se explica que Gran Bretaña, con el mayor  $\gamma$  implícito, tenga la transición más dilatada.

---

<sup>18</sup> Véase Engelbrecht (1997) para un análisis sobre la relación entre ambas variables.

<sup>19</sup> Calculada mediante la ecuación (17) de Jones (2002a).

Cuadro 4: LA VIDA MEDIA DE LA PTF

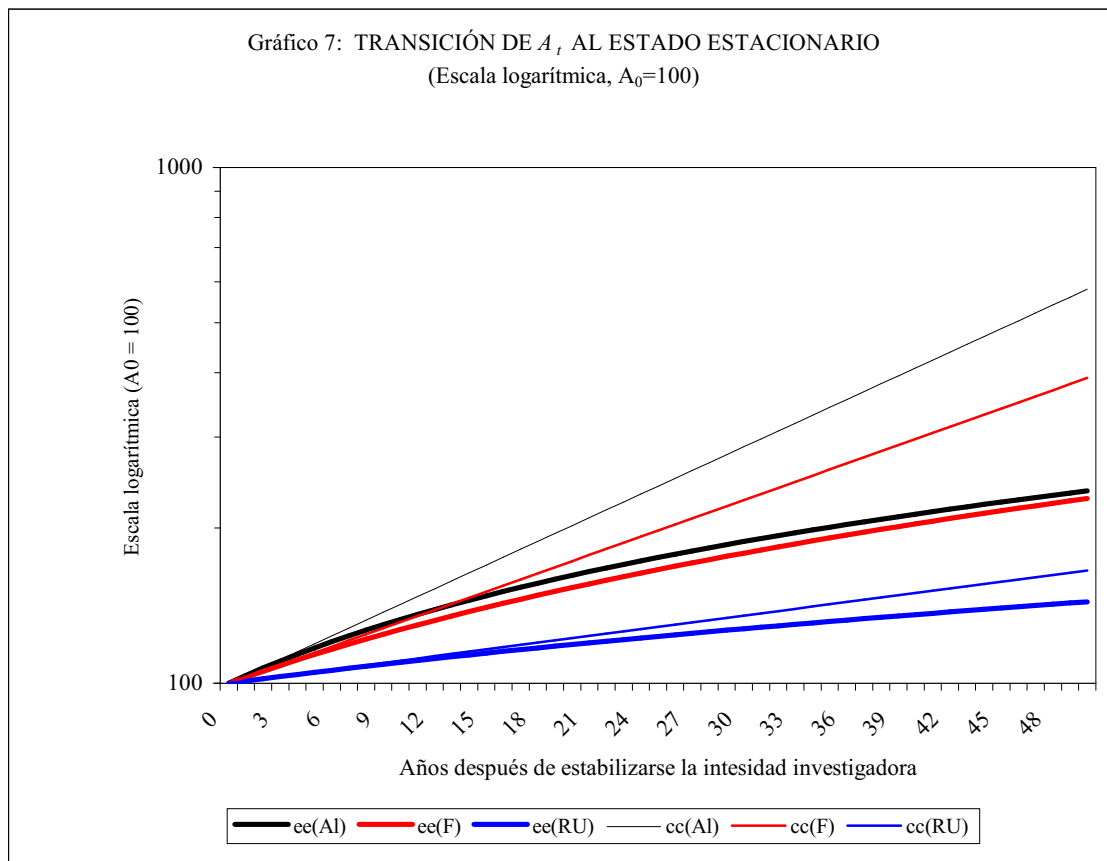
<i>Aproximación log-lineal para</i>				
País	$\lambda$	n	$\lambda n$	años
Alemania	0,195	0,005	0,0009	740,2
Francia	0,038	0,003	0,0001	5.619,-
Reino Unido	0,758	0,004	0,0031	224,7
Estados Unidos	0,500	0,010	0,0050	138.6

<i>Vida media exacta para</i>				
País	$\gamma$	n	$\gamma n$	años
Alemania	0,123	0,005	0,0006	17,7
Francia	0,032	0,003	0,0001	30,9
Reino Unido	0,359	0,004	0,0015	50,4
Estados Unidos	0,200	0,010	0,0020	25,7

*Nota:* Vidas medias exactas calculadas asumiendo un crecimiento inicial de la PTF igual al crecimiento medio del periodo 1950-1999, y el correspondiente valor de  $n$  en cada país. Para Estados Unidos, 1950-1993 (Jones, 2002a).

La estabilización de la intensidad investigadora permite calcular, asimismo, cuál hubiera sido la productividad multifactor de haber tenido aquella lugar en 1950, por ejemplo<sup>20</sup>. El gráfico 7 indica mediante este “contrafactual” que  $A_t$  habría sido en 1999 un 59 por ciento más bajo (de lo que realmente fue) en Alemania, un 41 por ciento en Francia y un 12 por ciento en Gran Bretaña. En Estados Unidos, para  $\gamma=0,2$  y  $\lambda=1$ , la pérdida relativa hubiera sido de un 32%. Es decir, los principales beneficiarios del aumento de la intensidad investigadora habrían sido los países con menor stock de ideas en 1950. De ahí la función difusora que habrían cumplido las instituciones.



Las líneas de trazo fino (cc) reflejan tasas de crecimiento constantes de la productividad multifactor.

Para contestar a la segunda de las preguntas planteadas al comienzo de este apartado, si habrá o no convergencia con EE.UU., en el gráfico 8 se representan las tasas estimadas de crecimiento del progreso técnico. Paralelamente, el gráfico 9 (construido a partir de los niveles iniciales de PTF), muestra la evolución del stock de ideas en el periodo considerado. En ambos se aprecia una rápida convergencia de Alemania y Francia con Estados Unidos los primeros decenios. Después, la convergencia se hace más lenta, de modo que a priori no se puede concluir si alcanzarán el mismo o diferentes estados estacionarios.

<sup>20</sup> A través de la ecuación (18) propuesta por Jones (2002a), se puede calcular el stock de ideas hipotético de los países analizados.

Grafico 8: TASA DE CRECIMIENTO DEL PROGRESO TÉCNICO

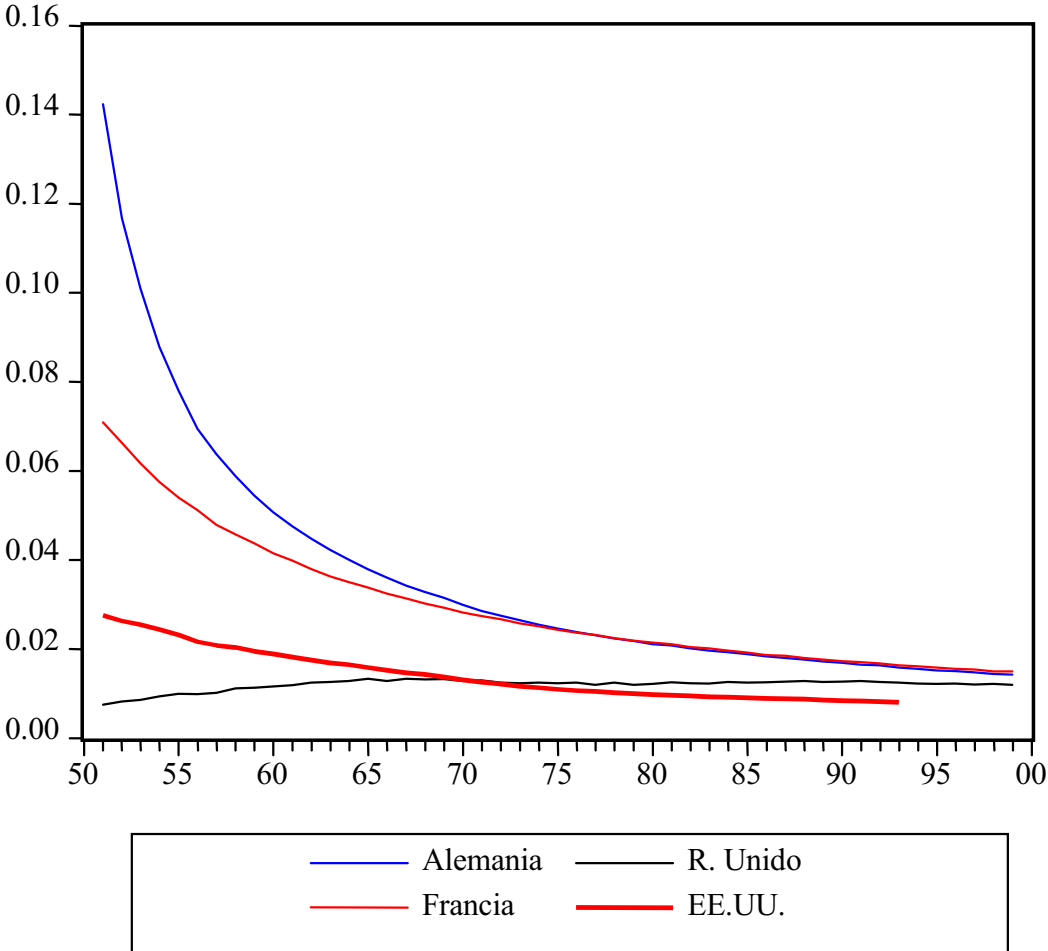
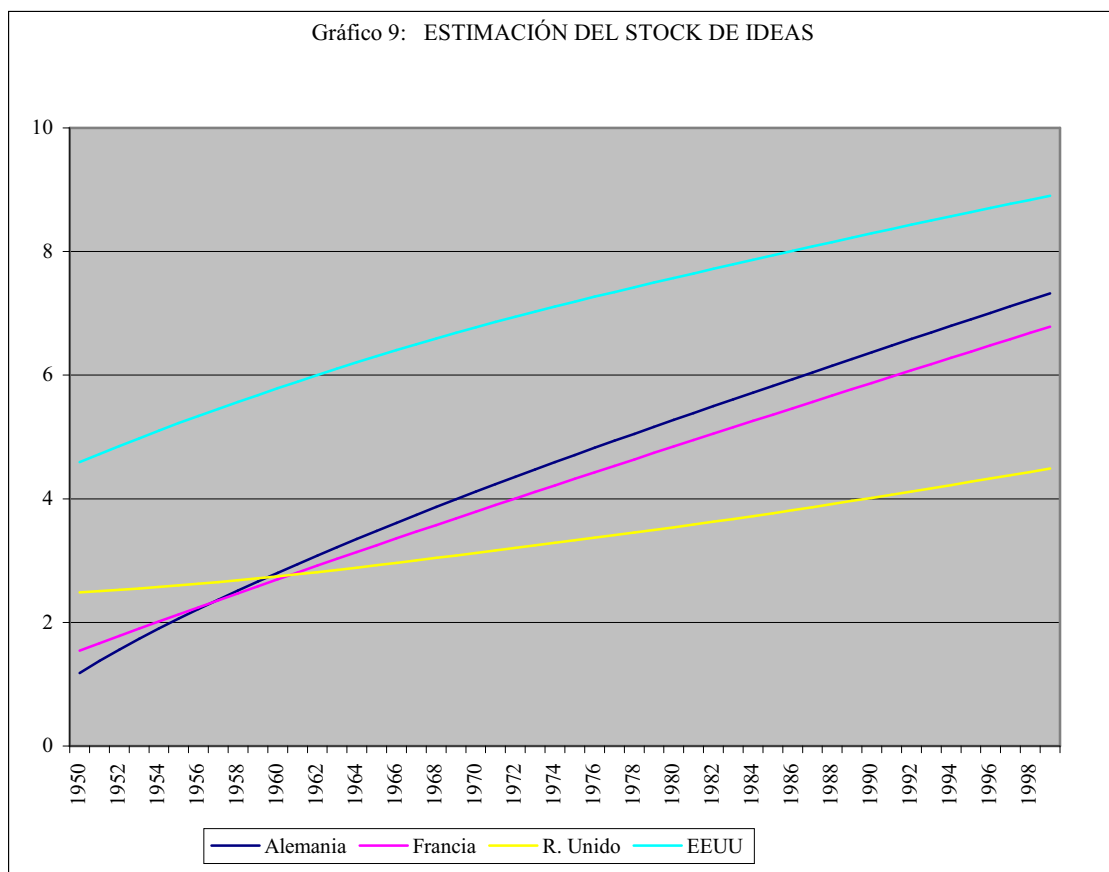


Gráfico 9: ESTIMACIÓN DEL STOCK DE IDEAS



Esta indeterminación resulta sin duda sorprendente porque si todos los países que poseen similares tasas de inversión en capital físico y humano, y de crecimiento de la población, acceden al mismo conocimiento científico, ¿cómo podría explicarse que no tuvieran a largo plazo el mismo stock de ideas?.

Una explicación se encontraría en el hecho de que la convergencia al mismo estado estacionario exige una total difusión de ideas a largo plazo y ésta puede verse obstaculizada por barreras permanentes, que podrían estar ligadas a diferentes especializaciones productivas<sup>21</sup>. Los países podrían estar especializados en segmentos del conocimiento científico cuya difusión internacional encontraría barreras permanentes.

A esta hipótesis apunta el hecho comprobado en diversas estimaciones realizadas en el marco de este trabajo que muestran que son los científicos del propio país, más que los de los restantes países encuadrados en el G-5, los que influyen la evolución de la PTF, sin que pueda captarse ningún proceso de difusión internacional de ideas. Sin

<sup>21</sup> Si la creación y difusión de ideas se encuentra asociada a una base productiva específica, han de existir procesos de especialización temática en la creación de ideas y diferentes capacidades y posibilidades de asimilación.

embargo, es obvio que este proceso existe y crece a lo largo del tiempo, conforme las economías se abren al exterior y se interrelacionan los países. Por consiguiente, el importante papel que aparentemente desempeñan los científicos domésticos puede no ser sino una expresión de las limitaciones del modelo, que no distingue entre las ideas generadas dentro y fuera del país y no explicita los canales a través de los cuales éstas últimas se reciben.

## 7. Conclusiones

Del análisis realizado en las páginas anteriores, pueden inferirse las siguientes conclusiones:

- El modelo de crecimiento utilizado aquí, basado en la estimación de un stock de ideas compatible con la medida de la productividad total de los factores (PTF), explica bien el crecimiento de los países europeos pertenecientes al G-5 (Alemania, Francia y Reino Unido), en la segunda mitad de la pasada centuria.
- El mayor crecimiento de Europa respecto a EE.UU. en este período descansa sobre todo en el aumento de la PTF, consecuencia de la expansión mundial de los conocimientos, de las ideas, fruto, a su vez, del incremento del número de científicos en el G-5.
- En consonancia con este hecho, el más lento crecimiento del stock de ideas desde mediado el decenio de 1970 ha recortado sensiblemente la capacidad de crecimiento de Europa, acercándola mucho a la de Estados Unidos. Cuanto más cerca se está de la frontera tecnológica mundial, más difícil resulta adquirir nuevas habilidades.
- Aunque no parece haber grandes diferencias entre los países europeos, se adivinan dos patrones: el de los países continentales europeos (siempre Alemania un poco por delante de Francia), por un lado, y el de los países anglosajones (Gran Bretaña siempre un poco por detrás de Estados Unidos), por otro.
- Como podía esperarse al endogenizar el progreso técnico, los tres países europeos del G-5, pero sobre todo el binomio franco-alemán, están lejos todavía del estado estacionario, en el que el crecimiento económico es próximo a cero. El aumento de la productividad en estas economías que ha tenido lugar entre 1950 y 1999 se inscribe pues en una dinámica de transición, derivada de la acumulación de capital

humano e ideas. Especialmente en Francia y Alemania, donde educación y stock de ideas aportan más del 90 por ciento. El caso del Reino Unido es algo distinto y se aproxima más a Estados Unidos, aunque con algunas diferencias; la más importante es un impacto mayor del capital físico en el Reino Unido.

- A pesar de que el stock de ideas de los países europeos considerados aquí ha ido acercándose al de los EEUU, la convergencia al mismo estado estacionario no resulta garantizada, lo que puede atribuirse a procesos de especialización de los países en diferentes campos del conocimiento científico y a la existencia de barreras a la difusión internacional de las ideas.
- A esta última hipótesis parece apuntar el hecho de que sean los científicos domésticos, más que los de los demás países integrantes del G-5, los que determinan la evolución de la PTF, aunque este hecho probablemente es también indicativo de las deficiencias de un modelo que no distingue entre ideas domésticas y exteriores y no contempla explícitamente los canales de transmisión de éstas últimas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ashenfelter, O; Harmon, C. y Oosterbeek, H. (1999), "A review of estimates of the schooling / earnings relationship, with tests for publication bias", *Labour Economics* 6, pp. 453-70.
- Barro, R. y Lee, J. (2000) "International Data on Educational Attainment: Updates and Implications", Working Paper no. 42, *Center for International Development* at Harvard University.
- Caballero, R.J. y Jaffe, A.B. (1993), "How high are the giant's shoulders: an empirical assessment of knowledge spillovers and creative destruction in a model of economic growth", *National Bureau of Economic Research, macroeconomics annual*.
- Coe, D.T. y Helpman, E. (1995), International R&D Spillovers, *European Economic Review* 39, pp. 859-887.
- Comisión de las Comunidades Europeas (1999), *European Economy*, 67. Anexo estadístico.
- De la Fuente y Doménech (2000), "Human capital in growth regressions: how much difference does data quality make?", Working Paper no. 262, OCDE.
- \_\_\_ (2001), "Schooling Data, Technological Diffusion and the Neoclassical Model", *American Economic Review* 91(2), *Papers and Proceedings*, pp. 323-7.
- Denison (1962), *The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternative Before Us*, New York: Committee for Economic Development.
- Engelbrecht, H. (1997), "International R&D spillovers, human capital and productivity in OECD countries: An empirical investigation", *European Economic Review* 41, pp. 1479-88.
- Jones, Ch. (1995), "R&D Based Models of Economic Growth", *Journal of Political Economy* 103, pp. 759-784.
- \_\_\_ (1998), *Growth: With or Without Scale Effects?*, Version 1.0, mimeo.
- \_\_\_ (2002a), "Sources of U.S. Economic Growth in a World of Ideas", *American Economic Review* 92(1), pp. 220-39.
- \_\_\_ (2002b), *Introduction to Economic Growth*, Second edition, Norton & Company, New York.
- Klenow, P. y Rodríguez-Clare, A. (1997), "The Neoclassical Revival in Growth Economics: Has it gone Too Far?", en B. Bernanke y J. Rotemberg, eds., *Macroeconomics annual 1997*, Cambridge, MA, MIT Press, pp. 73-102.
- Maddison, A. (1995), "Explaining the economic performance of nations: essays in time and space", *Economists of the Twentieth Century Series*, Aldershot, Hants: Edward Elgar.
- \_\_\_ (1997), *La economía mundial 1820-1992: Análisis y estadísticas*, París, Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico.
- Mankiew, N. G. (1995), "The Growth of Nations", *Brooking Papers on Economic Activity* 1, pp. 275-310.
- \_\_\_ Romer, D. y Weil, D. (1992), "A Contribution to the Empirics of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics* CVII, pp. 407-437.
- Mincer, J. (1974), *Schooling, Experience and Earnings*, New York: Columbia University Press.

- Myro, R. y Pérez, P. (2000), "Crecimiento económico", en R. Myro (dir.), *Economía Europea. Crecimiento, integración y transformaciones sectoriales*, Madrid, Cívitas, 2000, pp. 25-50.
- Romer, P.M. (1990): "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy* 98, October, pp. 71-102.
- Solow (1956), "A Contribution to the Theory of Economic Growth", *Quarterly Journal of Economics* 70, pp. 65-94.
- (1957), "Technical change and the aggregate production function", *Review of Economics and Statistics* XXXIX (3), pp. 312-320.

## ANEXO 1. ESTIMACIONES PARA EL PERÍODO 1976-1999

Cuadro A1: TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL PROMEDIO, 1976-1999

Tasa de crecimiento		Valor muestral			
		Alemania	Francia	R. Unido	EE.UU. <sup>(a)</sup>
Producto por hora	$\hat{y}$	0,0243	0,0238	0,0180	0,0183
Relación capital-producto	$\hat{K} - \hat{Y}$	0,0026	0,0067	0,0042	-0.0030
Participación del empleo					
en la producción	$\hat{l}_Y$	-0,0002	-0,0002	-0,0001	-0,0001
Capital humano	$\hat{h}$	0,0056	0,0042	0,0063	0,0056
Productividad multifactorial	$\hat{A}$	0,0176	0,0165	0,0097	0,0176
Población empleada en I+D	$\hat{H}_A$	0,0402	0,0456	0,0262	0,0336
Cambio anual en $l_h$	$\Delta l_h$	0,0805	0,0594	0,0895	0,0765
<i>Agregados del G-5</i>					
Empleo total	$\tilde{n}$	0,0120			
Fracción empleo en I+D	$\tilde{l}_A$	0,0363			

<sup>(a)</sup> Para EE.UU., periodo 1976-1993. La tilde (~) denota agregado del G-5.

Cuadro A2: ESTIMACIÓN DE  $\gamma$ , 1976-1999

País	$\lambda$	$\delta$	$\phi$	$\gamma_{\text{implícito}}$	$A_0$	$\bar{R}^2$
Alemania	0,929 (0,015)	0,200 (0,014)	-4,244 (0,021)	0,171 (0,003)	4,247	0,62
Francia	0,533 (0,031)	0,325 (0,038)	-3,082 (0,067)	0,131 (0,010)	4,505	0,95
R. Unido	0,769 (0,072)	0,001 (0,000)	-1,138 (0,198)	0,360 (0,067)	3,338	0,90
EE.UU.	0,783 (0,157)	0,190 (0,009)	-3,130 (0,551)	0,190 (0,063)	7,027	0,88

Para EE.UU. sólo el periodo 1976-1993. Los errores estándar de los parámetros figuran entre paréntesis. El error estándar de  $\gamma$  implícito se ha calculado por el método delta.

Cuadro A3: CONTABILIDAD DEL CRECIMIENTO, 1976-1999

<i>Tasas</i>	$\hat{y}$	$\frac{\alpha}{1-\alpha}(\hat{K}-\hat{Y})$	$\hat{l}_Y$	$\hat{h}$	$\hat{A}-\gamma n$	$\gamma n$
Alemania	0,0243	0,0013	-0,0002	0,0056	0,0172	0,0004
Francia	0,0238	0,0034	-0,0002	0,0042	0,0161	0,0003
Reino Unido	0,0180	0,0021	-0,0001	0,0063	0,0094	0,0003
EE.UU. <sup>(a)</sup>	0,0138	-0,0015	-0,0001	0,0054	0,0080	0,0021
<i>Porcentajes</i>	$\hat{y}$	$\frac{\alpha}{1-\alpha}(\hat{K}-\hat{Y})$	$\hat{l}_Y$	$\hat{h}$	$\hat{A}-\gamma n$	$\gamma n$
Alemania	100,0	5,3	-1,0	23,2	70,8	1,7
Francia	100,0	14,1	-1,0	17,5	67,9	1,4
Reino Unido	100,0	11,6	-0,7	34,9	52,5	1,7
EE.UU. <sup>(a)</sup>	100,0	-11,0	-0,8	38,7	58,2	14,9

<sup>(a)</sup> Para EE.UU., periodo 1976-1993.

## ANEXO 2. ELABORACIÓN DE LOS DATOS

- *PIB por Hora*. Los datos de Producto Interior Bruto a precios constantes de 1990 han sido calculados principalmente a partir de Eurostat (Anexo estadístico de la revista *European Economy*). Los valores correspondientes al periodo 1950-1960 se basan en las series de Movimiento del PIB ofrecidas por Maddison (1997). Las horas de trabajo por semana en las actividades no-agrícolas se han obtenido de los Anuarios Estadísticos del Trabajo, publicados por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), siendo necesaria la utilización de varios números de Labour Force Statistics de la OCDE para la estimación de algunos de los valores correspondientes al Reino Unido.
- *Capital Humano*. Los datos de Años medios de Educación de la población mayor de 25 años proceden de De la Fuente y Doménech (2000) y (en el caso de Alemania) de Barro y Lee (2000).
- *Ingenieros y Científicos Enrolados en actividades de I+D*. La fuente es la misma que se indica en Jones (2002a), habiendo sido necesaria la estimación del periodo 1994-1999 mediante el método del alisado exponencial.
- *Empleados*. El punto de partida es el número de empleados totales en 1960, obtenido de Labour Force Statistics, OCDE. La serie de los años posteriores se ha obtenido aplicando a ese número las tasas de variación ofrecidas por Eurostat, en *European Economy*. En cambio, la serie de los años anteriores, 1950-1960, es el resultado de descontar del número de empleados en 1960 las variaciones anuales ofrecidas por Maddison (1997).
- *Capital Físico*. El stock de capital fijo ha sido calculado mediante el método del inventario permanente, aplicando una depreciación del 4 por 100 al stock de 1960. Así se han obtenido los valores absolutos para los años 1997, 1998 y 1999. Para los años anteriores hasta 1960, se han estimado aplicando tasas anuales de variación del stock de capital ofrecidas por la OCDE. Para los comprendidos entre 1950 y 1960, se han aplicado las tasas de variación anuales ofrecidas por Maddison (1995).
- *Inversión*. La Inversión Bruta en Capital a precios constantes de 1990 ha sido calculada a partir de Eurostat (Anexo de *European Economy*). Los valores para el periodo 1950-1960 se han calculado utilizando las tasas de variación ofrecidas por Maddison (1995).