

**LOCALIZACIÓN, CRECIMIENTO Y EXTERNALIDADES  
REGIONALES. UNA PROPUESTA BASADA EN LA  
ECONOMETRÍA ESPACIAL**

**Esther Vayá Valcarce**

Tesis dirigida por el Dr. Jordi Suriñach  
en el marco del programa de doctorado  
“Economía i Territori” de la Universidad de Barcelona

Departamento de Econometría, Estadística y Economía Española

Barcelona, Septiembre de 1998.

B.U.B. Secció d'Econòmiques  
Diagonal, 690, 08034 Barcelona  
Tel. 402 19 66

---

elevada persistencia en los criterios de localización mostrados por las empresas españolas. Este último hecho es evidenciado por la inexistencia de variaciones substanciales en los resultados obtenidos a lo largo del período de tiempo analizado,<sup>64</sup> observando a su vez una importante persistencia de la especialización productiva. Asimismo, es interesante resaltar que de este estudio se obtienen resultados similares a los de Krugman (1991b) en el caso de EE.UU. en relación a la escasa evidencia de una relación positiva entre grado de concentración y contenido tecnológico (son los sectores como el de la automoción, piezas y accesorios o el textil los que presentan un grado superior de dependencia territorial). Por último, en relación a este último estudio, cabría destacar los resultados derivados tras la estimación de un modelo de localización inspirado en el de Henderson *et al* (1992). Del mismo se confirma la relación positiva entre localización industrial (medida en términos de empleo industrial a nivel provincial) y la dimensión histórica del propio sector así como con la especialización industrial histórica relativa del territorio en relación al conjunto nacional (actuando ésta como un factor de atracción importante para la localización de nuevas empresas del sector).

Por otra parte, en Herce *et al* (1996) y Goicolea *et al* (1995, 1997) puede encontrarse un estudio más exhaustivo del sistema territorial de la actividad industrial en las provincias españolas. Asimismo, en los citados trabajos se lleva a cabo una discusión acerca del papel de las externalidades estáticas y dinámicas definidas por Glaeser *et al* (1992) en la promoción del crecimiento y en la localización industrial en las provincias españolas. En relación al primer tipo de externalidades, los autores obtienen evidencia a favor de la importancia de las economías estáticas de urbanización (relacionadas con una elevada demanda local), al contrario de lo ocurrido con las economías de localización (derivadas de la existencia de un mercado de *inputs* especializado o de recursos naturales inmóviles, de una demanda segura para la industria en su totalidad o de la posibilidad de ejercer por parte de las firmas un poder de monopsonio a la hora de contratar al factor trabajo). Respecto a las economías externas dinámicas, los autores siguen básicamente el modelo

---

<sup>64</sup>Sin embargo, las autoras ponen especial énfasis en la excesiva amplitud del ámbito territorial escogido, en la medida en la que entienden que las economías externas no presentan un impacto geográfico tan extenso ni ceñido a las fronteras administrativas.

de Glaeser *et al.*<sup>65</sup> Así, regresan el crecimiento del empleo en la industria  $i$  y en el territorio  $j$  en función del crecimiento del empleo para la industria del país en el período analizado pero excluyendo al territorio  $j$ , de los salarios medios, del empleo de la industria  $i$  en el territorio  $j$  en el período inicial, de un índice de competencia, uno de diversidad y uno de especialización, calculados estos últimos para el año inicial (controlando asimismo por el tipo de sector con variables artificiales multiplicativas). Tras esta estimación obtienen que tanto las externalidades tipo Jacobs como tipo Porter son significativas, no encontrando evidencia a favor de las externalidades tipo MAR. De esta forma, los *spillovers* tecnológicos parecerían producirse entre firmas pertenecientes a diferentes industrias y básicamente favorecidas por un clima de elevada competencia local. Así, la especialización parece llevar al declive industrial mientras que la competencia y la diversidad tienen un efecto contrario sobre el crecimiento del empleo industrial.

De forma similar, Serrano (1998), basándose en términos generales en el modelo de Glaeser *et al*, intenta contrastar la existencia de una relación entre economías externas y crecimiento desigual de las Comunidades Autónomas (CC.AA.) españolas durante el período 1980-1994 desde una perspectiva sectorial para seis sectores de actividad (utilizando, por tanto, un panel de datos). Tras este ejercicio, Serrano concluye en la relevancia de las economías externas tecnológicas, tanto de especialización como de diversidad, como una de las fuentes determinantes del crecimiento desigual existente en el seno de las regiones españolas. En concreto, obtiene que el efecto corriente de la difusión de tecnología entre firmas de un mismo sector es mayor en sectores intensivos en capital, energía e industria, y menos significativo en los sectores intensivos en factor trabajo. Asimismo, obtiene que la diversidad muestra un impacto positivo y significativo con dos retardos temporales de manera que la difusión de tecnología entre firmas de diferentes sectores parece ser más lenta y requerir de un período de maduración de la información mayor que dentro de un mismo sector. Por último, detecta que la buena accesibilidad a los mercados de una región tiene un efecto positivo sobre el valor añadido bruto del sector que en ella se ubique.

---

<sup>65</sup> Si bien el modelo general es el especificado por Glaeser *et al* (1992), Goicolea *et al* (1997) llevan a cabo un tratamiento por medio de datos de panel de dicha ecuación, obteniendo resultados más ricos de los que se derivaría de la estimación *cross-section* del mismo.

### 2.4.2 Consecuencias de la concentración: desequilibrios territoriales en la UE y en España

Del apartado anterior hemos podido detectar la existencia de un elevado nivel de concentración de la actividad, mayoritariamente presente en las regiones centrales europeas. En este caso, la consecuencia inmediata que se deriva de dicho resultado es la aparición de importantes desequilibrios territoriales en la distribución de la actividad económica y de la riqueza así como de una profunda heterogeneidad espacial, la cual se ha visto materializada en un esquema centro-periferia entre las regiones de la UE (muy marcado en términos de poder de compra pero no de población). Un esquema que, lejos de ser reciente, ya se dibujaba durante la década de los cincuenta, estando todavía presente en la actualidad,<sup>66</sup> a pesar de la pérdida de importancia de la disponibilidad de recursos naturales como factores de atracción y a pesar de las teorías que preconizaban que el cambio desde un sistema de producción en masa (que imperaba con anterioridad a la década de los setenta y que potenciaba el aprovechamiento de economías de escala y la concentración espacial) a otro de producción flexible (basado en la descentralización de la actividad productiva) favorecería la aparición de un nuevo modelo de organización espacial más complejo. Un nuevo modelo con importantes modificaciones en el ámbito social y político, donde el crecimiento podría aparecer en cualquier lugar del territorio de forma que el origen de los desequilibrios sería, en todo caso, aleatorio. En este sentido, únicamente se ha producido, tras la crisis industrial motivada por el hundimiento del sistema fordista, una relocalización del Centro y de las actividades principales. Así, las regiones de Lorena, Norte-Paso de Calais, Picardía, Walonia, Renania del Norte de Westfalia, Yorkshire, Humberside, y Norte y Noroeste de Inglaterra (principales centros donde se concentraba la producción de las industrias claves, atraídas en aquel entonces por la presencia de importantes fuentes de energía y materias primas), han visto perder sus posiciones destacadas<sup>67</sup> como consecuencia de su rigidez e incapacidad para ajustarse a los

---

<sup>66</sup>No obstante, es importante destacar el sistema de desarrollo regional detectado por Illeris (1993) en las economías de Europa Occidental, donde durante las últimas dos décadas se puede observar un mosaico de regiones estancadas y dinámicas que reemplaza a la inicial concentración uniforme de crecimiento económico en las áreas centrales.

<sup>67</sup>Esta posible decadencia de los antiguos centros industriales europeos (especializados en sectores como el automóvil, materiales eléctricos, etc) y la aparición desde finales de los setenta de una concentración de nuevas actividades punteras diferentes a las anteriores (telecomunicaciones, sectores de alta tecnología,

nuevos patrones de consumo, además de perder gran cantidad de empleo, absorbido posteriormente por el sector público y terciario precario y de baja cualificación. Por contra, han sido las regiones capitales de Estado y de Nación las que han asumido la consideración de centro, especializándose en un sector terciario de elevada productividad como el decisonal y de gestión (Sudeste de Inglaterra, Isla de Francia, Lazio, Madrid y Países Bajos Occidentales).<sup>68</sup>

Asimismo, las antiguas regiones intermedias (Norte de Italia, Sur de Francia, Sudoeste de Inglaterra y East Anglia, junto a las comunidades de Cataluña, Valencia, Aragón y Baleares) que rodeaban a los centros tradicionales pero sin presentar las deseconomías de aglomeración de éstos, han mejorado sus posiciones relativas, especializándose en la neo-industria y en el sector turístico o terciario dinámico. Por último, las regiones heterogéneas que conformaban la antigua Periferia (regiones del *arco atlántico* y del *resto del mediterráneo*) han visto destruido su tejido productivo escasamente competitivo (en relación a las nuevas áreas del centro y a países extracomunitarios) y han sufrido un traspaso directo desde una especialización en el sector primario hacia un sector público y terciario precario, de baja cualificación e inseguridad contractual, sin presentar indicios de industrialización intermedia (Rodríguez Pose, 1995).

---

etc) podrían, en parte, estar contrarrestando un proceso de difusión industrial y frenando, en este sentido, la convergencia a nivel regional.

<sup>68</sup> Este hecho también se ha observado en las regiones españolas durante la década de los ochenta, en la medida que las regiones más ricas se han especializado en servicios destinados a la venta, con una mayor aportación y que facilitan en mayor medida la obtención de mejores niveles de vida. Por el contrario, las regiones más atrasadas han tendido a especializarse en servicios no destinados a la venta, con una menor contribución al crecimiento regional (ver Llorca *et al*, 1996).

---

**CAPÍTULO 3:**

**TEORÍAS DE CRECIMIENTO Y CONVERGENCIA REGIONAL**

---

### 3.1 Introducción

Frente al análisis estático del desarrollo económico llevado a cabo en el ámbito de la teoría económica durante la primera mitad del siglo XX, el estudio del crecimiento económico se convirtió, tal y como apunta de la Fuente (1995), en el centro de atención de la mayoría de los economistas durante la segunda mitad de siglo. Al principio de este segundo período, la teoría neoclásica de crecimiento se alzó como el modelo de crecimiento por excelencia,<sup>1</sup> cuyo marco analítico se puede encontrar en el trabajo pionero de Solow (1956). En el citado trabajo, Solow proponía de forma explícita un modelo dinámico de la evolución de la economía basado en dos supuestos claves: la existencia de rendimientos decrecientes de los factores acumulables y la inexistencia de progreso técnico. Dos conclusiones básicas podían extraerse del mismo: primera, la imposibilidad de crecimiento sostenible a largo plazo y, segunda y más optimista, la posible convergencia futura de países pobres y ricos, siempre que ambos mostrasen unas preferencias similares y accediesen a una tecnología común.

Sin embargo, poco a poco fue haciéndose más evidente la incapacidad del modelo neoclásico para explicar, entre otros hechos, la tendencia hacia una aceleración del crecimiento y la persistencia (o, incluso, incremento) de las desigualdades a nivel internacional. Como consecuencia, durante la década de los ochenta aparecieron diversos trabajos (Romer, 1986, 1990; Lucas, 1988) en el marco de lo que acabaría por denominarse modelos de crecimiento endógeno, cuyos principios básicos chocaban con los sostenidos por la teoría neoclásica. Así, el supuesto de rendimientos crecientes, la existencia de externalidades y la incorporación explícita de progreso técnico explicado de forma endógena pasarían a un primer plano en este tipo de modelos, obteniendo unas conclusiones diametralmente opuestas a las derivadas por los modelos neoclásicos, esto es, crecimiento sostenido a largo plazo y divergencia a nivel internacional.

---

<sup>1</sup> El modelo de crecimiento económico utilizado como referencia con anterioridad al propuesto por Solow fue el modelo de Harrod-Domar (Harrod, 1939; Domar, 1946), en el cual se intentaron combinar dos conceptos básicos de la economía keynesiana para explicar el crecimiento a largo plazo: el multiplicador y el acelerador.

Teniendo ello en cuenta, en los apartados 3.2, 3.3 y 3.4 se repasan los supuestos básicos, respectivamente, del modelo neoclásico de Solow-Swan, de los modelos basados en la noción de progreso técnico exógeno y de los principales modelos de crecimiento endógeno. No obstante, es preciso resaltar que dichos apartados, lejos de pretender recoger un estudio exhaustivo sobre las teorías de crecimiento,<sup>2</sup> se centrarán en aquellos aspectos más relevantes que serán posteriormente recuperados en el capítulo 5. En el apartado 3.5 se analiza el concepto de  $\beta$ -convergencia, utilizado habitualmente como mecanismo para contrastar la validez de las teorías neoclásicas *versus* los modelos de crecimiento endógeno. En el apartado 3.6 se realiza una somera revisión de la principal evidencia empírica existente en términos de convergencia y crecimiento, en el ámbito tanto europeo como español. Por último, en el apartado 3.7 se discuten brevemente las consecuencias del proceso de integración económica sobre la evolución de las disparidades regionales.

### 3.2 Teoría neoclásica del crecimiento: el modelo de Solow

Los supuestos tecnológicos sobre los que se basa el modelo neoclásico básico o de Solow-Swan (Solow, 1956; Swan, 1956) pueden ser analizados a partir de la siguiente función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas:<sup>3</sup>

$$Y = F(K, L) = AK^\alpha L^\beta \quad (3.1)$$

donde  $Y$  es el producto nacional,  $K$  y  $L$  son los factores productivos capital (acumulable) y trabajo (factor no acumulable similar a la tierra),  $A$  el índice de

<sup>2</sup> Así, por ejemplo, no se revisa la literatura existente en torno a los vínculos entre crecimiento y sistema financiero, sistema político, capital público, infraestructuras, etc.

<sup>3</sup> En relación a este primer supuesto, tal y como definen Barro y Sala-i-Martin (1995), una función de producción será neoclásica siempre que cumpla las tres condiciones de Inada (Inada, 1963), es decir: (1) siempre que  $F(\cdot)$  exhiba productos marginales positivos y decrecientes respecto a cada *input*; (2) siempre que  $F(\cdot)$  exhiba rendimientos constantes a escala en ambos factores; y (3), siempre que los productos marginales de  $K$  y  $L$  se acerquen a infinito (0) a medida que  $K$  y  $L$  se acercan a 0 (infinito). En este sentido, la función de tipo Cobb-Douglas cumple las tres condiciones, por lo que es utilizada habitualmente en el análisis del crecimiento.



desarrollo tecnológico<sup>4</sup> o de productividad total de los factores (PTF) y, por último,  $\alpha$  y  $\beta$  las elasticidades del producto nacional al stock de capital y trabajo respectivamente. Asimismo, se asume que únicamente existe un sector en la economía, el cual produce un bien homogéneo que es consumido o invertido para crear nuevas unidades de capital físico.

Partiendo de la anterior expresión, el modelo neoclásico básico incorpora tres supuestos claves:

- *rendimientos constantes a escala de los factores*

El modelo de Solow-Swan (o, simplemente, modelo de Solow) parte de la existencia de rendimientos constantes a escala de los factores capital y trabajo, de manera que  $\alpha + \beta = 1$ , por lo que la expresión (3.1) puede ser reespecificada como:

$$Y = AK^\alpha L^{1-\alpha} \quad (3.2)$$

El supuesto de rendimientos constantes a escala de ambos factores implica que, para un  $L$  fijo, existen rendimientos decrecientes del factor capital. Así, la función de producción por trabajador:

$$y = Y/L = AK^\alpha L^{1-\alpha} / L = AK^\alpha / L^\alpha = Ak^\alpha \quad (3.3)$$

presentará rendimientos decrecientes ( $\alpha < 1$ ) respecto al stock de capital por trabajador ( $k$ ). De esta forma, dado que el producto marginal del capital será una función decreciente del stock acumulado de dicho factor, el incremento en el producto p.c.<sup>5</sup> derivado de un aumento en la dotación de  $k$  será cada vez menor.

---

<sup>4</sup> Tal y como expone Sala-i-Martin (1994), el parámetro  $A$  no debe ceñirse al sentido estrictamente microeconómico de la palabra y pensar únicamente en elementos tecnológicos sino en todos aquellos elementos que, de alguna forma, afectan a la tecnología en un sentido macroeconómico.

<sup>5</sup> Dado que se parte del supuesto de pleno empleo, la variable  $y$ , definida como el producto nacional dividido por el factor trabajo, puede ser asimilada al valor del producto p.c..

- *tecnología estacionaria*

En el modelo básico se supone que no existe progreso técnico, de modo que el crecimiento de A es nulo (F(.) es independiente del tiempo). Este supuesto tiene una implicación fundamental en términos de las fuentes de crecimiento del producto: únicamente un incremento en la dotación de los factores K y L permitirá un crecimiento de Y, el cual, dado el supuesto de rendimientos constantes a escala de ambos factores, crecerá en la misma proporción que lo hagan el capital y el trabajo.

- *comportamiento ahorrador*

Inicialmente, siguiendo a Solow (1956) y a Swan (1956), se asume que, en una economía cerrada, la tasa de ahorro de esta última es una constante positiva determinada exógenamente e igual a s.

Teniendo en cuenta los tres supuestos anteriores, y en la medida en que la fracción s del producto total se invierte por completo,<sup>6</sup> se acaba obteniendo la siguiente tasa de crecimiento del stock agregado del capital:

$$\frac{\dot{K}}{K} = \frac{sLAk^\alpha - dK}{K} = sAk^{\alpha-1} - d \quad (3.4)$$

una tasa de crecimiento del stock de capital por trabajador igual a:

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L} = sAk^{\alpha-1} - (d+n)^7 \quad (3.5)$$

y una tasa de crecimiento del producto p.c. igual a:

$$\frac{\dot{y}}{y} = \alpha \frac{\dot{k}}{k} = \alpha [sAk^{\alpha-1} - (d+n)] \quad (3.6)$$

<sup>6</sup> Se supone inicialmente que se trata de una economía cerrada, por lo que necesariamente el ahorro bruto se iguala a la inversión bruta.

<sup>7</sup> El término n+d puede ser considerado como la tasa de depreciación efectiva del ratio K/L.

donde  $\dot{K}$ ,  $\dot{k}$  y  $\dot{y}$  representan los incrementos instantáneos del stock de capital físico, del stock de capital por trabajador y del producto p.c. respectivamente,  $d$  la tasa de depreciación del stock de capital y  $n$  la tasa de crecimiento de la población ocupada.

A partir de (3.5) es posible observar como, suponiendo rendimientos decrecientes ( $\alpha < 1$ ) y una inversión constante, existe una relación inversa entre la tasa de crecimiento y el nivel de stock de capital por trabajador (idéntica relación es encontrada en 3.6 para el caso de la renta p.c.).<sup>8</sup>

Asimismo, a partir de (3.5) es posible derivar el único valor de estado estacionario del stock de capital por trabajador en el modelo de Solow. Para ello, será necesario igualar la tasa de crecimiento de  $k$  a 0,<sup>9</sup> de manera que los incrementos del stock de capital cubran exactamente la sustitución del stock de capital depreciado y el incremento de la población, manteniéndose por tanto el capital a un nivel constante. Tras este paso, se observa como el estado estacionario de  $k$  será igual a:

$$k^* = \left( \frac{sA}{d+n} \right)^{1/1-\alpha} \quad (3.7)$$

Para analizar la transición dinámica del modelo hacia el estado estacionario basta con representar gráficamente la relación existente entre la tasa de crecimiento y el nivel de stock de capital por trabajador. En este caso, se puede observar como, cuando  $k$  es menor (mayor) al valor de estado estacionario, la tasa de crecimiento será positiva (negativa).<sup>10</sup> Ello implica que el modelo es globalmente estable y que, por tanto, dicho

<sup>8</sup> Esta relación será la base para la hipótesis de  $\beta$ -convergencia propuesta por Barro y Sala-i-Martin (1991, 1992a).

<sup>9</sup> Definimos como estado estacionario a aquella situación donde todas las variables crecen a una tasa constante. Tal y como muestra Sala-i-Martin (1994), para el caso del modelo de Solow, la única tasa de crecimiento consistente con el modelo neoclásico es 0, de manera que en el estado estacionario:

$$\left( \frac{\dot{k}}{k} \right)^* = \left( \frac{\dot{y}}{y} \right)^* = 0$$

Sin embargo, las variables en niveles,  $K$  y  $Y$ , crecerán a la misma tasa que la población,  $n$  (Barro y Sala-i-Martin, 1995).

<sup>10</sup> Ello es debido a que la curva  $sAk^{\alpha-1}$  presenta una pendiente negativa bajo el supuesto de rendimientos decrecientes. No obstante, cabría una situación donde la curva de ahorro presentase una forma convexa

valor de estado estacionario es asimilable al nivel de equilibrio a largo plazo al cual converge la economía gradualmente. Asimismo, se puede observar como, cuanto más alejada se encuentre la economía de su estado estacionario, mayor será su tasa de crecimiento, reduciéndose ésta poco a poco hasta detenerse cuando el valor de equilibrio a largo plazo haya sido alcanzado.

De forma similar puede ser deducido el nivel de estado estacionario de la renta p.c.:

$$y^* = A(k^*)^\alpha = A\left(\frac{sA}{d+n}\right)^{\alpha/(1-\alpha)} \quad (3.8)$$

A partir de esta última expresión se puede observar como el nivel de equilibrio a largo plazo del producto p.c. depende básicamente de parámetros tecnológicos, de la tasa ahorro-inversión de la economía y del crecimiento de la población activa. En relación a este último aspecto, dos implicaciones básicas pueden ser extraídas.

Primero, a partir de la expresión (3.8) se observa como aquel país que presente una tasa de ahorro superior o una menor tasa de crecimiento de la población tenderá hacia un nivel de equilibrio a largo plazo superior. Por el contrario, siempre que dos economías sean similares en los citados parámetros y tengan acceso a una tecnología común, tenderán hacia un mismo estado estacionario, con independencia de las dotaciones iniciales de las que partan (si bien aquella economía que se encuentre más alejada de dicho valor estacionario presentará tasas de crecimiento superiores).<sup>11</sup> En relación al supuesto de acceso a una tecnología común, tal y como destaca de la Fuente (1997),

---

con dos puntos de corte con la curva de depreciación. En este caso, estaríamos ante una trampa de la pobreza (*poverty trap*) en la medida que aquellas economías con un volumen inicial de capital muy escaso tendrían un estado estacionario con una tasa de crecimiento nula y una renta p.c. de equilibrio muy baja. Por el contrario, los países que se situaran a la derecha del segundo punto de corte tendrían una renta p.c. en el largo plazo superior (suponiendo que hay dos valores de equilibrio estables a largo plazo). Una solución a este problema pasaría por un incremento de la tasa de ahorro o de A o un decremento de n suficientemente importante como para que la curva de ahorro no cortara en ningún punto a la de depreciación, mostrando todos los países tasas de crecimiento siempre positivas (Barro y Sala-i-Martin, 1995).

<sup>11</sup> No obstante, aun cuando dos economías difieran en alguno de estos parámetros pero se mantenga el supuesto de rendimientos decrecientes del factor capital cabría hablar de convergencia, aunque esta vez condicionada y únicamente hacia el estado estacionario propio de cada economía. Un estudio más detallado del concepto de convergencia condicionada podrá encontrarse en el apartado 3.5.

únicamente es necesario considerar a la innovación tecnológica como un bien público puro y suponer que a largo plazo existirá un efecto de acercamiento tecnológico como el descrito por Abramovitz (1979, 1986). Así, según Abramovitz, los países menos desarrollados podrán ir reduciendo paulatinamente el *gap* que los separa de los países más desarrollados gracias a la posibilidad de imitar a bajo coste la tecnología utilizada por estos últimos.<sup>12</sup>

Segundo, es importante destacar que, si bien un cambio en  $A$ ,  $s$ ,  $n$  o en  $\delta$  afectarán al nivel de estado estacionario de  $k$  y de  $y$ , dichos cambios no influirán sobre sus tasas de crecimiento a largo plazo (al ser éstas igual a 0), de manera que, a partir del modelo básico de Solow, no será posible obtener ninguna explicación de los determinantes del crecimiento p.c. a largo plazo.

Por tanto, y a modo de conclusión, se puede observar como en el marco de economías cerradas, los supuestos de rendimientos decrecientes del factor acumulable y de ausencia de progreso técnico del modelo de Solow (asumiendo una tasa de ahorro constante) comportan los cinco resultados siguientes:

- primero, dada la ausencia de progreso técnico, el crecimiento del producto nacional únicamente será posible siempre que incremente la dotación de los factores capital y trabajo, actuando la acumulación de capital físico como auténtico motor del crecimiento.
- segundo, dada la presencia de rendimientos decrecientes del factor capital, un incremento del mismo (manteniéndose fijo  $L$ ) proporcionará incrementos cada vez menores en el producto p.c., de manera que, finalmente, se alcanzará un nivel de equilibrio a largo plazo donde tanto la tasa de crecimiento del capital por trabajador como del producto p.c. serán nulas, imposibilitando un crecimiento sostenido a largo plazo.

---

<sup>12</sup> Sin embargo, es necesario destacar que este proceso no es automático y depende fundamentalmente de que el país en desarrollo sea capaz de incorporar dichas tecnologías, una capacidad que dependerá de la cualificación de su factor trabajo así como del entorno político y del marco económico que presente.

- tercero, dada la relación inversa obtenida entre el stock agregado de capital por trabajador y su tasa de crecimiento (al igual que en el caso del producto p.c.), es de esperar que los países pobres converjan hacia los países ricos en la medida en que los primeros mostrarán un crecimiento mayor (dada su menor dotación de capital inicial y, por tanto, su mayor productividad marginal derivada de incrementos en dicho factor).
- cuarto, en el largo plazo las tasas de crecimiento de las variables p.c. (capital por trabajador y producto p.c.) serán nulas y, por tanto, independientes de parámetros como la tasa de ahorro, de modo que cualquier política fiscal que modifique ésta última tendrá únicamente un efecto transitorio sobre la tasa de crecimiento (aunque permanente sobre las variables en niveles a largo plazo).
- quinto, y relacionado con el anterior, dado que a largo plazo existirá un equilibrio eficiente, pudiéndose conseguir convergencia a nivel internacional, el espacio dejado libre para una intervención del gobierno será insignificante.

Por último, es preciso destacar que las conclusiones citadas se verán reforzadas aun más si se modifican dos supuestos de partida asumidos en el modelo neoclásico: la existencia de una tasa de ahorro constante y exógena y el supuesto de economías cerradas.

En relación al primer aspecto citado, diversos autores han tratado de subsanar la hipótesis excesivamente restrictiva en relación a la tasa de ahorro impuesta en el modelo de Solow, pasando a considerar como endógenas las decisiones tomadas por agentes racionales en relación al ahorro e inversión. Así, encontramos los modelos de Cass (1965) y Koopmans (1965), basados ambos en el modelo de Ramsey (1928), donde los individuos distribuyen sus recursos entre consumo inmediato y futuro, obtenido éste último tras un proceso de ahorro e inversión. En este sentido, se tratan de modelos de interacción intergeneracional en la medida en la que la generación actual maximiza la utilidad incorporando una restricción presupuestaria sobre un horizonte temporal infinito. En este caso, se considera que, a diferencia del modelo de Solow, las decisiones

de ahorro no son exógenas sino que dependen de tres factores básicos: la inversa de la elasticidad intertemporal de sustitución (disposición de los agentes a sustituir consumo futuro por presente),<sup>13</sup> la tasa de descuento intertemporal (impaciencia de los agentes por consumir cuanto antes) y el tipo de interés o rentabilidad de la inversión (entendido como pago del mercado por posponer el consumo presente). A partir de estos tres elementos, se puede derivar la tasa de crecimiento del consumo p.c.<sup>14</sup> en función del stock agregado del capital por trabajador:

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{r - \rho}{\sigma} = \frac{1}{\sigma} (\alpha A k^{\alpha-1} - d - \rho) \quad (3.9)$$

donde  $r$  es el tipo de interés,<sup>15</sup>  $\rho$  la tasa de descuento intertemporal y  $\sigma$  la inversa de la elasticidad de sustitución intertemporal. Igualando la expresión (3.9) a 0<sup>16</sup> es posible obtener nuevamente los niveles de equilibrio a largo plazo de  $k$  y  $y$  como:

$$k^* = \left( \frac{\alpha A}{d + \rho} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (3.10)$$

$$y^* = A \left( \frac{\alpha A}{d + \rho} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} \quad (3.11)$$

<sup>13</sup> Cuanto mayor sea la inversa de la elasticidad de sustitución, mayor es el deseo de los consumidores de alisar su consumo en el tiempo, es decir, consumir poco a poco cada día.

<sup>14</sup> La tasa de crecimiento del consumo p.c. ha sido obtenida tras un proceso de maximización de una función de utilidad individual como la siguiente  $U = \int_0^{\infty} \frac{C_t^{1-\sigma}}{1-\sigma} e^{-\rho t} dt$  sujeta a la restricción presupuestaria

$\dot{k} = Ak^{\alpha} - c - (d + n)k$  donde  $C_t$  es el consumo y  $c_t$  el consumo p.c. (ver Barro y Sala-i-Martin, 1995).

<sup>15</sup> Dado que se trata de una economía competitiva, el precio del factor capital  $r$  deberá reflejar su producto marginal neto de depreciación, de modo que:  $r = \frac{\partial Y}{\partial K} - d = \alpha AK^{\alpha-1} L^{1-\alpha} - d = \alpha Ak^{\alpha-1} - d$ . A partir de

esta expresión se puede observar como la rentabilidad de la inversión decrece a medida que incrementa  $k$ , desincentivando con ello el ahorro y, por tanto, frenando la acumulación del capital.

<sup>16</sup> Nuevamente, al igual que en el caso del modelo de Solow, la única tasa de crecimiento constante en el largo plazo es 0 (ver Sala-i-Martin, 1994). De esta forma, en el estado estacionario:

$$\left( \frac{\dot{c}}{c} \right)^* = \left( \frac{\dot{k}}{k} \right)^* = \left( \frac{\dot{y}}{y} \right)^* = 0$$

donde ahora  $s$  es sustituida por los parámetros de preferencias y tecnología que acabarán por determinar el nivel de ahorro óptimo. De esta forma se puede observar como, cuando se endogeneizan las decisiones de ahorro en el modelo, se refuerza el efecto anteriormente citado en relación al límite del proceso de acumulación. Así, el cada vez menor producto marginal del capital reducirá la rentabilidad de la inversión y, por tanto, el incentivo a invertir, reduciendo con ello las posibilidades de crecimiento futuro. Asimismo, el proceso de convergencia entre países similares se verá reforzado ya que los países pobres (con menor stock de capital por trabajador inicial) crecerán más rápidamente dado que presentarán una mayor productividad marginal de la inversión (teniendo la inversión mayores efectos sobre el producto p.c.) y un mayor incremento del incentivo a sustituir consumo presente por futuro (acumulando, por tanto, más capital).

Por otra parte, en relación al segundo supuesto citado, la apertura de la economía al exterior y la posible movilidad de los factores facilitarán una convergencia más rápida (ver, por ejemplo, Barro *et al*, 1992). Esto será debido a que el país más rico, al tener unos mayores salarios y una menor rentabilidad del capital, tenderá a exportar capital e importar mano de obra (hasta que los precios se igualen en ambos países). Esto conducirá a un mayor crecimiento de la población y a una menor tasa de inversión, ralentizando su crecimiento. En cambio, el país pobre mostrará la situación opuesta, favoreciendo con ello un crecimiento más rápido y una reducción del *gap* que le separa del país más rico.

### 3.3 El residuo de Solow: la fuente de los modelos de progreso técnico exógeno

Como se ha podido comprobar, el motor básico del crecimiento en el modelo de Solow-Swan era la acumulación del capital físico. Sin embargo, poco después Solow (1957), en un intento de medir las fuentes del crecimiento americano, encontró que una parte muy significativa del crecimiento del producto por trabajador no podía ser explicado únicamente por la acumulación de capital físico (maquinaria, edificios, etc.), recibiendo dicha componente no explicada el nombre de residuo de Solow. En concreto, y partiendo de la expresión (3.3):



$$y = Ak^\alpha$$

observó que, para la economía americana durante la primera mitad del presente siglo, la contribución del factor residual, relacionado con la componente A, representaba cerca del 90% del crecimiento de la renta p.c., es decir,

$$\frac{\dot{A}/A}{\dot{y}/y} = \frac{(\dot{y}/y) - \alpha(\dot{k}/k)}{\dot{y}/y} = 87,5\% \quad (3.12)$$

Obviamente, la pregunta inmediata que surgió tras este resultado fue qué se escondía tras el término A de la ecuación (3.1), en definitiva, que recogía el residuo de Solow. En este sentido, algunos autores se decantarían por considerar que dicho residuo recogía el efecto del progreso técnico procedente, entre otras fuentes, de la inversión en I+D y de la importación de tecnología, el cual revertiría en un incremento de la productividad de los factores.<sup>17</sup> De esta forma, el progreso técnico reflejaría la acumulación de capital tecnológico. Por otra parte, otros autores, entre ellos Schultz (1961), considerarían que la importancia aparente del factor A cabría explicarla, sobre todo, como consecuencia de una medición errónea del factor trabajo, en la medida que no se consideraba el incremento paulatino en la calidad del mismo como consecuencia de la inversión en educación y sanidad.<sup>18</sup>

En cualquier caso, la dimensión y relevancia del residuo de Solow llevó a replantear el modelo neoclásico básico, viéndose como necesaria tanto la incorporación del progreso técnico en la teoría del desarrollo económico como la consideración de un concepto más amplio de capital (capital físico, humano y tecnológico). De esta forma, apareció un primer grupo de modelos de crecimiento que introdujeron el progreso técnico en el modelo neoclásico, asumiendo una tasa de crecimiento de A positiva

<sup>17</sup> De modo que el crecimiento económico sería más explicado por un incremento en la calidad (productividad) de los factores que por un incremento en su cantidad.

<sup>18</sup> Asimismo, Hicks (1960) consideró que la explicación de la magnitud del residuo se encontraba en el supuesto equivocado de rendimientos constantes. Según dicho autor, el modelo de crecimiento debería de ser analizado en el seno de un mundo de competencia monopolística y de rendimientos crecientes.

exógena,  $\dot{A} / A > 0$ . Para verlo, partamos de una función de producción agregada, nuevamente de tipo Cobb-Douglas,

$$Y = K^\alpha (AL)^{1-\alpha} \quad (3.13)$$

similar a la descrita en (3.1) pero donde ahora  $A$  se encuentra multiplicando al factor trabajo, de forma que se asume que el progreso tecnológico incrementa el número de unidades de eficiencia obtenidas por hora trabajada, posibilitando por tanto que el trabajo por hora no sea un factor fijo sino creciente en el tiempo (a la par con el incremento en el índice tecnológico  $A$ ).<sup>19</sup>

A partir de (3.13) y siguiendo a Barro y Sala-i-Martin (1995), se puede obtener la siguiente expresión del producto por trabajador:

$$y = \frac{Y}{L} = \left(\frac{K}{L}\right)^\alpha A^{1-\alpha} = A \left(\frac{K}{AL}\right)^\alpha = A\hat{k}^\alpha \quad (3.14)$$

donde  $\hat{k}$  indica el ratio capital por trabajo en unidades de eficiencia. De esta forma, es posible definir la tasa de incremento de  $\hat{k}$  como:

$$\frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = \frac{\dot{K}}{K} - \frac{\dot{L}}{L} - \frac{\dot{A}}{A} = \frac{\dot{K}}{K} - (n + g_A) = s\hat{k}^{\alpha-1} - (d + n + g_A) \quad (3.15)$$

donde  $g_A$  indica la tasa de incremento exógeno y constante del nivel tecnológico de la economía.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> En este sentido, tal y como muestra Phelps (1962, 1966), el único progreso técnico que permite la existencia de un estado estacionario en una economía es el progreso técnico neutral en sentido de Harrod, esto es, potenciador de trabajo. Es decir, aquél que posibilita que con una misma cantidad de capital sea necesaria menos cantidad de trabajo para obtener un mismo aumento de producción (Barro y Sala-i-Martin, 1995).

<sup>20</sup> Se asume una tasa de ahorro constante y exógena.

Por otra parte, en el estado estacionario nuevamente el stock de capital por trabajador y la renta p.c. (ambas en unidades de eficiencia)<sup>21</sup> crecerán a una tasa igual a 0, mientras que las variables en términos p.c. crecerán a una tasa igual al de la tecnología.<sup>22</sup>

A partir de la ecuación anterior, es posible deducir como la economía convergerá hacia un nivel de estado estacionario del stock de capital por unidad de eficiencia definido como:

$$\hat{k}^* = \left( \frac{s}{d + n + g_A} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (3.16)$$

Asimismo, cabe notar que, si bien a largo plazo la renta en unidades de eficiencia será constante, no ocurrirá lo mismo con la renta p.c., la cual presentará la siguiente senda de equilibrio a largo plazo:

$$y_t^* = A_t (\hat{k}^*)^\alpha = A_0 e^{g_A t} (\hat{k}^*)^\alpha \quad (3.17)$$

o, tomando logaritmos,

$$\ln y_t^* = \ln A_0 + g_A t + \alpha \ln \hat{k}^* \quad (3.18)$$

A partir de la última expresión, se observa como la tasa de crecimiento de la renta p.c. en el equilibrio a largo plazo (determinada por la pendiente de la recta en 3.18) vendrá determinada únicamente por el ritmo de progreso técnico,  $g_A$ . Así, cualquier política que modifique alguno de los parámetros del modelo, como por ejemplo la tasa de ahorro, tendrá efectos permanentes sobre el nivel de renta estacionario (al incrementar  $\hat{k}^*$ ) pero únicamente transitorios sobre su tasa de crecimiento. Por esta razón, dos países que presenten tasas de inversión diferentes, diferirán en sus niveles de renta p.c. estacionarios pero no en sus tasas de crecimiento a largo plazo, dado que la tasa de

<sup>21</sup> Donde  $\hat{y} = \frac{Y}{AL}$ .

<sup>22</sup> En cambio, las variables en niveles K y Y crecerán en el estado estacionario a una tasa igual a  $n+g_A$ .

inversión no afectará a la tasa de progreso técnico  $g_A$  (pendiente de  $\ln y_t^*$ ). De esta forma, si los países difieren no sólo en sus dotaciones iniciales sino también en  $s$ , ambas economías convergerán hacia diferentes estados estacionarios, si bien a largo plazo el *gap* entre ellas en términos de renta p.c. será estable (dado que sus tasas de crecimiento serán idénticas).

De esta forma, se puede concluir que la introducción de progreso técnico en el modelo neoclásico tradicional lleva a las tres siguientes conclusiones:<sup>23</sup>

- primero, a diferencia del modelo básico de Solow, al asumir progreso técnico, será posible un crecimiento sostenido a largo plazo de la renta p.c. (aún a pesar de la existencia de rendimientos decrecientes del factor capital).
- segundo, de forma similar al modelo de Solow, siempre que se mantenga el supuesto de que, en el largo plazo, todos los países pueden acceder a una tecnología común, los países pobres podrán converger hacia los ricos.
- tercero, en los modelos de progreso técnico exógeno se produce una desvinculación entre inversión y crecimiento, dejando sin efecto a cualquier medida de política económica que tenga como objetivo alterar el ritmo de crecimiento a largo plazo.

### 3.4 Modelos de crecimiento endógeno

Como se ha podido observar, la teoría neoclásica de crecimiento, partiendo de los supuestos de rendimientos decrecientes de los factores acumulables y de la inexistencia de progreso técnico, obtuvo dos conclusiones básicas: la imposibilidad de crecimiento sostenido a largo plazo y la posible convergencia a nivel internacional. Sin embargo, ambos resultados no casaban con la evidencia empírica observada para un elevado

---

<sup>23</sup> Para un análisis detallado del modelo de progreso técnico exógeno con decisiones de ahorro endógenas y/o economías abiertas, ver Barro y Sala-i-Martin (1995).

número de países. En concreto, podían extraerse dos regularidades empíricas: primero, el mantenimiento de un elevado grado de desigualdad en el producto a nivel internacional y, segundo, la tendencia creciente de la tasa media de crecimiento de la productividad. En este sentido, si bien los modelos de progreso técnico exógeno posibilitaban el crecimiento a largo plazo (siendo compatibles con el segundo hecho estilizado apuntado), sin embargo presentaban todavía dos limitaciones: compartían con los modelos neoclásicos el resultado en términos de convergencia internacional y, además, al no explicar de forma endógena el progreso técnico, no contribuían a entender los determinantes del mismo.

Como consecuencia, fueron apareciendo en los años siguientes, en especial durante los últimos quince años,<sup>24</sup> un grueso de modelos bautizados con el nombre de modelos de crecimiento endógeno, que intentarían subsanar las limitaciones de las anteriores teorías. En este sentido, este tipo de modelos se caracterizarán por la ausencia de rendimientos decrecientes de los factores acumulables y por su interés por explicar los determinantes del progreso técnico a partir de variables endógenas. De esta forma, dichos modelos permitirían abandonar las tasas de crecimiento nulas de la economía en el estado estacionario o explicadas a partir únicamente de variables exógenas, posibilitando un crecimiento sostenido a largo plazo como consecuencia de la eliminación de los rendimientos decrecientes a escala. Para ello recurrirán a la introducción de capital humano y de externalidades (Romer, 1986; Lucas, 1988; Rebelo, 1991; Barro 1991) o a la inversión explícita en procesos de I+D en el marco de un comportamiento no competitivo (Romer, 1987, 1990; Grossman y Helpman, 1991; Aghion y Howitt, 1992).

---

<sup>24</sup> Si bien los principales modelos de crecimiento endógeno cabe localizarlos en especial a partir de 1986, ya en trabajos de Arrow (1962) o Shell (1966) se pueden encontrar rasgos comunes con los modelos desarrollados durante la pasada década. Sin embargo, y de forma similar a lo ocurrido en el ámbito de la teoría de la localización, la imposibilidad de introducir estructuras de mercado no competitivas en modelos dinámicos de crecimiento obstaculizó su desarrollo. En este sentido, los avances realizados en el ámbito de la organización industrial, el mayor dominio de técnicas informáticas y la mejora destacable de los medios informáticos utilizados por los investigadores, posibilitaron que durante los ochenta se retomaran los modelos de crecimiento endógeno de los sesenta. Por otra parte, cabe destacar que el cambio fomentado por Lucas (1988) en los intereses de los macroeconomistas (pasando de la preocupación por los ciclos económicos a la preocupación por la promoción del crecimiento) también influyó de forma decisiva en la recuperación de este tipo de modelos.

### 3.4.1 La tecnología AK

Tal y como analizamos en el apartado 3.2, para el caso del modelo neoclásico sin progreso técnico, la existencia de rendimientos decrecientes del factor capital llevaba a que la única tasa de crecimiento a largo plazo posible para el stock de capital por trabajador y para la renta p.c. fuese cero. Sin embargo, la evidencia empírica reflejaba un escenario contrario. En este sentido, la tecnología AK se muestra como una solución a la aparente contradicción apuntada, convirtiéndose en el modelo de crecimiento endógeno más sencillo de todos. En este caso, la hipótesis fundamental de dicho modelo es la siguiente: si, como vimos, el supuesto de rendimientos decrecientes del factor capital dirigía a una imposibilidad de crecimiento sostenido en el modelo de Solow, ¿por qué no asumir la existencia de rendimientos constantes del factor capital?. Este supuesto implicaría que, en el caso de la función de producción (3.1),  $\alpha$  es igual a 1 y  $\beta$  igual a 0 (manteniéndose la hipótesis de rendimientos constantes del modelo).

En este sentido, fue Rebelo (1991) el primero que propondría la utilización de la tecnología AK en los modelos de crecimiento.<sup>25</sup> En concreto, especificó una función de producción lineal respecto del capital, de manera que:

$$Y = F(K,L) = AK \quad (3.19)$$

la cual presenta rendimientos constantes a escala respecto del capital agregado, entendido éste último como un concepto global de capital.<sup>26</sup> A partir de (3.19) y en el ámbito de una economía cerrada y con una tasa de ahorro exógena, la tasa de crecimiento del stock de capital por trabajador y de la renta p.c. vendrían dadas por:

<sup>25</sup> Una idea similar puede encontrarse en Jones y Manuelli (1990) y King y Rebelo (1993).

<sup>26</sup> Sala-i-Martin (1994) muestra como es posible interpretar el modelo AK como un modelo donde existen dos tipos de factores de capital, capital físico (K) y capital humano (H), definido este último como el factor trabajo L por su calidad h. Asimismo, se asume que ambos factores son sustitutivos perfectos y que presentan idénticas tasas de rendimiento y de depreciación. En este caso, y bajo el supuesto de rendimientos constantes a escala (de manera que para un L fijo, al doblar K y H se incrementará Y en la misma cuantía), la función de producción de este modelo  $Y=BK^\alpha H^{1-\alpha}$  puede ser reespecificada como  $Y=AK$ . De esta forma, al pensar en el capital desde una perspectiva más general que incorpora también capital humano, el modelo AK adquiere un mayor realismo.

$$\frac{\dot{k}}{k} = \frac{\dot{y}}{y} = sA - (d + n) \quad (3.20)$$

Como se puede comprobar, existe una cierta similitud entre las tasas de crecimiento obtenidas en el modelo de Rebelo y las derivadas para el caso del modelo de Solow, si bien aparece una diferencia fundamental: la tasa de crecimiento del capital p.c. es constante e independiente de las dotaciones iniciales de capital.

A partir de la expresión anterior puede extraerse una conclusión inmediata: bajo el supuesto de una tecnología AK, las variables p.c. del modelo crecerán siempre a una tasa constante y positiva,<sup>27</sup> aun sin progreso técnico, de manera que la economía se encontrará en todo momento en el estado estacionario, sin existir ninguna transición dinámica hacia el mismo. Asimismo, bajo el supuesto de tasas de ahorro endógenas:

$$\left(\frac{\dot{k}}{k}\right)^* = \left(\frac{\dot{y}}{y}\right)^* = \left(\frac{\dot{c}}{c}\right)^* = \frac{A - \rho - d}{\sigma} \quad (3.21)$$

Llegado este punto, es interesante destacar como, a través de un sencillo modelo AK, es posible obtener crecimiento endógeno (es decir, crecimiento positivo a largo plazo) sin más que eliminar el supuesto de rendimientos decrecientes del factor acumulable.<sup>28</sup> De esta forma, y a diferencia del modelo de Solow, las tasas de crecimiento en el estado estacionario se verán explicadas por la disponibilidad a ahorrar ( $\rho$ ,  $\sigma$ ) y por la productividad del capital ( $A$ ).

Por otra parte, cabe destacar que bajo una tecnología AK, no puede ser derivada la hipótesis de convergencia, ni absoluta ni condicional, dado que, como se ha visto en (3.21), la tasa de crecimiento de una economía no está relacionada con el stock inicial de capital del mismo (ni positiva ni negativamente).<sup>29</sup> Así, siempre que dos economías

<sup>27</sup> Siempre que se cumpla que  $sA > d + n$  en (3.21).

<sup>28</sup> Violando por tanto las condiciones de Inada.

<sup>29</sup> En este sentido, tal y como apuntan Barro y Sala-i-Martin (1995), el modelo AK puede llegar a ser una buena aproximación del comportamiento a largo plazo de la economía en el modelo neoclásico siempre que la velocidad de convergencia detectada sea muy lenta.

difieran únicamente en sus dotaciones iniciales, dado que todas las economías crecerán a una tasa constante, la diferencia inicial se perpetuará, no convergiendo por tanto las economías en el largo plazo. Por otra parte, si dos economías difieren además de en sus dotaciones iniciales en algún otro parámetro (por ejemplo  $A^{30}$  o  $s$ ), el país menos desarrollado siempre crecerá a una tasa menor que aquél que presente un mayor valor de  $A$  o de  $s$ , ampliándose el *gap* de renta p.c. inicial de forma continua.

Por último, cabe destacar que a partir de (3.20) y (3.21) se observa como, a diferencia de lo ocurrido en el modelo de Solow o en el modelo con progreso técnico exógeno, todas aquellas medidas de política que alteren la tasa de ahorro-inversión de una economía (o cualquier otro parámetro como  $A$ ,  $n$  o  $d$ ) tendrán efectos en las tasas de crecimiento a largo plazo de dicha economía.

Una interpretación alternativa de la tecnología AK analizada aparece en el modelo propuesto por Barro (1990) donde, además de capital privado  $K$ , introduce en la función de producción un segundo tipo de capital,  $G$  (o  $g$  en términos p.c.), provisto por el sector público.<sup>31</sup> Así, la función de producción agregada en términos p.c. tendrá la siguiente expresión:

$$y = f(k, g) = Ak^\alpha g^{1-\alpha} \quad (3.22)$$

A partir de (3.22) se observa como la economía muestra rendimientos constantes a escala en  $k$  y en  $g$ , generándose por tanto crecimiento endógeno.

Asimismo, la inclusión de  $G$  lleva a que, además de las familias y empresas, aparezca un nuevo sector, el público, el cual, al igual que las familias, está sujeto a una restricción presupuestaria: el total del gasto  $G$  no podrá exceder del total de sus ingresos. En este caso, dichos ingresos serán obtenidos a través de un gravamen a la renta de las familias

---

<sup>30</sup> Ver Escot y Galindo (1997) para un análisis de la inclusión de la hipótesis de difusión tecnológica en el modelo AK.

<sup>31</sup> En este caso, si bien Barro supuso  $G$  como un bien privado de provisión pública, también cabría pensar en él como un bien público (rival o no) como las infraestructuras públicas o la defensa nacional.



( $\tau$ ) de manera que éstas deberán de tomar sus decisiones de consumo presente y futuro<sup>32</sup> y maximizar su utilidad<sup>33</sup> en base a su renta disponible tras pagar impuestos,  $(1-\tau)Ak^\alpha g^{1-\alpha}$  (y siempre tomando como dado el gasto público).

Teniendo esto en cuenta, y de forma similar al resto de modelos analizados, tras un proceso de maximización de la utilidad es posible obtener la tasa de crecimiento del consumo p.c., el cual tendrá la siguiente expresión:

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{\alpha A^{1/\alpha} (1-\tau) \tau^{(1-\alpha)/\alpha} - \rho - d}{\sigma} \quad (3.23)$$

Asimismo, y de forma idéntica a lo ocurrido en el modelo de Rebelo, es posible comprobar como, en el modelo de Barro con gasto público, nuevamente todas las variables p.c. crecerán a una tasa constante (asumiendo  $\tau$  constante) y positiva igual a la tasa de crecimiento del consumo p.c., de manera que en el estado estacionario  $\left(\frac{\dot{c}}{c}\right)^*$ ,  $\left(\frac{\dot{k}}{k}\right)^*$ ,  $\left(\frac{\dot{y}}{y}\right)^*$  y  $\left(\frac{\dot{g}}{g}\right)^*$  serán iguales a (3.23). De esta forma se observa como en todo momento el consumo crece a una tasa constante de manera que dicho consumo se encuentra siempre en equilibrio, no existiendo por tanto ninguna transición dinámica hacia el estado estacionario.<sup>34</sup> Asimismo, como en el modelo de Rebelo, el crecimiento de la economía en el largo plazo se verá explicado de forma endógena y no a partir de variables exógenas.

Por otra parte, es importante destacar que dada la aparición de  $\tau$  en (3.23), el Estado podrá influir sobre el crecimiento de la economía. En este sentido, esta acción del gobierno tendrá dos tipos de efectos, uno negativo y otro positivo. En concreto, el término  $(1-\tau)$  muestra el efecto negativo consecuencia del gravamen impuesto, mientras que  $\tau^{(1-\alpha)/\alpha}$  recoge el efecto beneficioso del gasto público sobre el producto marginal.

<sup>32</sup> Nuevamente, suponemos decisiones endógenas de ahorro.

<sup>33</sup> Los individuos estarán sujetos a la siguiente restricción:

$$\dot{k} = (1-\tau)Ak^\alpha g^{1-\alpha} - c - (d+n)k$$

<sup>34</sup> De igual forma, a partir de (3.23) se puede observar como, al no existir una relación entre la tasa de crecimiento y la dotación inicial de capital, no es posible derivar una relación de convergencia.

De ello se deriva la existencia de una relación en forma de U-invertida entre la tasa de crecimiento de la economía y el tamaño del gobierno, medido por  $G/Y$ . Así, para valores de  $\tau$  suficientemente bajos (o elevados), el efecto positivo (negativo) de la actuación del gobierno prevalecerá sobre el negativo (positivo), llevando a una relación positiva (negativa) entre la tasa de crecimiento de la economía y el tamaño del sector público. En concreto, tal y como muestra Barro, el crecimiento de la renta p.c. puede ser maximizado cuando  $\tau^* = 1 - \alpha$ , es decir, suponiendo un equilibrio competitivo, cuando la participación del producto provisto por el sector público se iguale a la participación derivada de la tecnología  $(1 - \alpha)$ .<sup>35</sup>

Por último, y en relación al modelo de Barro, es importante destacar que dado que cada individuo considera el gasto público como dado, no considera la “externalidad de la inversión” existente en el modelo analizado. Así, cada individuo únicamente tiene en cuenta la tasa de rendimiento privado de su inversión sin considerar que una parte de cada unidad de capital invertida va directamente al erario público, el cual, a través de la provisión de bienes públicos, hará incrementar la productividad marginal de todos los productores. Por esta razón, no existirá una correspondencia directa entre la tasa de rendimiento privada y la tasa social, por lo que se producirá una subinversión privada, creciendo la economía a una tasa inferior a la óptima.<sup>36</sup>

### 3.4.2 Una aproximación a las fuentes de progreso técnico

Tal y como hemos podido comprobar en el apartado anterior, una vía para conseguir una tasa de crecimiento a largo plazo positiva es suponer, como en los modelos de Rebelo y Barro, la existencia de un único factor, el factor capital entendido en sentido amplio (capital físico y humano en Rebelo, capital privado y público en Barro) el cual muestra rendimientos constantes a escala. Sin embargo, tal y como menciona Sala-i-Martin (1994), otra forma para entender una tasa de crecimiento a largo plazo positiva es suponer la existencia de rendimientos constantes del factor acumulable pero asumiendo

---

<sup>35</sup> Esta condición lleva también a maximizar la utilidad de los individuos.

<sup>36</sup> Para un análisis detallado de un modelo de congestión con sector público, ver Barro y Sala-i-Martin (1995).

a su vez la existencia de factores no acumulables, de manera que  $\beta > 0$ . Obviamente, en este caso, el resultado será la aparición de un modelo con rendimientos crecientes a escala, un supuesto que hace difícil el recurso a las técnicas de optimización habitualmente utilizadas. En este sentido, los modelos que serán analizados a continuación incorporan el supuesto de rendimientos crecientes, solucionando la limitación anterior por medio o bien del recurso a la existencia de externalidades (Romer 1986; Lucas, 1988) o bien al supuesto de mercados no competitivos (Romer, 1987, 1990; Grossman y Helpman, 1991, Aghion y Howitt, 1992).

Por otra parte, y a diferencia de lo ocurrido en 3.4.1, los modelos de crecimiento endógeno analizados a continuación especificarán de forma explícita los determinantes del progreso técnico.<sup>37</sup> Tal y como apunta de la Fuente (1992), dentro de este tipo de modelos es posible distinguir dos grandes grupos: un primer grupo, cuya característica básica es la consideración del progreso técnico como un subproducto de otras actividades económicas (y, por lo tanto, sin costes aparentes<sup>38</sup>) y un segundo grupo, el cual, a diferencia del anterior, considera que el aumento de la productividad surge fruto de la inversión específica realizada en educación o investigación (siendo, por lo tanto, un proceso costoso). Este hecho implica que, si bien en el primer caso, la acumulación de capital físico (principal motor de crecimiento en el modelo neoclásico) y el progreso técnico son complementarios, en el segundo tipo de modelos existe un *trade-off* entre ambos, llevando a una necesaria distribución de unos recursos disponibles entre dos tipos de actividades costosas: la inversión en capital físico y la inversión en capital humano o tecnológico.

---

<sup>37</sup> En los modelos de Rebelo y de Barro se ha supuesto la existencia de rendimientos constantes del factor acumulable capital, base del crecimiento sostenido del producto p.c. Sin embargo, en ningún momento se ha tratado de introducir un índice de la tecnología explicado de forma endógena.

<sup>38</sup> En un mundo de competencia perfecta, todos los factores son retribuidos según su productividad marginal de manera que el producto nacional es agotado en el pago a los factores trabajo y capital físico. Por este motivo, no restan recursos disponibles para financiar la actividad investigadora. Sin embargo, en caso de que el progreso técnico sea asumido como un subproducto de otras actividades, su producción no requiere compensación (de la Fuente, 1992).

### 3.4.2.1 El progreso técnico como un proceso no costoso: los modelos *learning by doing* y los efectos desbordamiento

En relación al primer tipo de modelos de crecimiento endógeno definidos, cabe distinguir dos ramas diferentes dentro del mismo: los modelos *learning by doing* o de “aprendizaje por la práctica”, los cuales asumen que el progreso técnico (aumento en el stock de saber útil) es una consecuencia de la experiencia acumulada; y, una segunda rama, cuya rasgo relevante es la asunción del supuesto de rendimientos crecientes como principal fuente de crecimiento.

#### i) Los modelos *learning by doing*

Tal y como se ha indicado, este tipo de modelos parten del supuesto de que el incremento en la productividad es resultado directo del proceso de aprendizaje que presenta el factor trabajo, de forma que el progreso técnico vendrá explicado endógenamente a partir de la experiencia acumulada (ligada, por tanto, a la inversión). De esta forma, el aumento del conocimiento será una función creciente de la experiencia acumulada.<sup>39</sup>

Con el propósito de analizar las consecuencias de la asunción de la existencia de una curva de aprendizaje, de la Fuente (1995) incorpora este supuesto a un modelo de crecimiento similar al de Solow con progreso técnico exógeno desarrollado en el apartado 3.3. En el citado modelo, la función de producción agregada se correspondía con la expresión (3.13):

$$Y = K^{\alpha}(AL)^{1-\alpha}$$

---

<sup>39</sup> En este sentido, ya Arrow (1962) y Sheshinski (1967) incorporaron la hipótesis del aprendizaje por la práctica. En concreto, Arrow, partiendo de una tecnología de coeficientes fijos, supuso que la cantidad del factor L necesaria para obtener una unidad de *output* en una máquina de reciente incorporación decrecía a medida que los trabajadores adquirían experiencia en su manejo.

Sin embargo, si bien en el modelo del apartado 3.3, la tasa de crecimiento del índice tecnológico era igual a una constante exógena positiva,  $g_A$ , en el modelo presentado en este apartado la tasa de progreso técnico puede ser explicada de forma endógena como:

$$g_A = \frac{\dot{A}}{A} = \gamma \hat{k}^\alpha \quad (3.24)$$

De esta forma, se observa como ahora  $g_A$  refleja la acumulación de conocimiento obtenida durante el proceso de aprendizaje, recogiendo  $\gamma$  la velocidad de dicho proceso. En este caso, si bien las modificaciones realizadas respecto del modelo teórico descrito en 3.3 son leves, sin embargo, las conclusiones derivadas de éste contradicen básicamente los resultados obtenidos del anterior. Así, en primer lugar, en el presente modelo modificaciones en la política económica tendrán efectos permanentes tanto en los niveles de equilibrio como en las tasas de crecimiento. Y, en segundo lugar, la convergencia internacional no estará asegurada, pudiendo seguir el crecimiento una trayectoria explosiva.

En relación al primer punto, este resultado puede ser derivado sin más que sustituir (3.24) en (3.15), obteniendo las siguientes expresiones para la tasa de crecimiento de  $\hat{k}$  y para la tasa de crecimiento a largo plazo del producto p.c.:

$$\frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = (s - \gamma \hat{k}) \hat{k}^{\alpha-1} - (d + n) \quad (3.25)$$

$$g_y^* = g_A^* = \gamma (\hat{k}^*)^\alpha \quad (3.26)$$

A partir de las expresiones anteriores se observa como ligeros cambios en la tasa de ahorro (inversión) en una economía, afectarán al nivel de equilibrio a largo plazo del

stock de capital/trabajo agregado por unidad de eficiencia<sup>40</sup> así como a la pendiente de la senda de equilibrio de  $\ln y_t^*$  descrita en (3.18),

$$\ln y_t^* = \ln A_0 + g^* A t + \alpha \ln \hat{k}^*$$

influyendo por tanto de forma permanente sobre la tasa de crecimiento a largo plazo de la renta p.c..

Asimismo, y en relación a la segunda de las implicaciones mencionadas, se puede observar como a partir de (3.25), dado que las tasas de crecimiento a largo plazo de dos economías que difieran en sus tasas de ahorro serán diferentes, el ratio de rentas p.c. no se estabilizará a largo plazo en torno a un valor determinado como ocurría en los modelos de progreso técnico exógeno. En su lugar, una economía que presente una mayor tasa de ahorro, también mostrará una tasa de crecimiento de la renta p.c. superior a largo plazo, de modo que las diferencias en el nivel de renta p.c. entre ambas economías incrementará de forma explosiva.

## ii) Modelos con rendimientos crecientes y efectos desbordamiento

Al igual que en el anterior caso, este tipo de modelos tratan de explicar de forma endógena el progreso técnico como consecuencia indirecta de otras actividades. En concreto, esta fuente indirecta se basa en la existencia de rendimientos crecientes del factor capital. Sin embargo, y dadas las dificultades analíticas de incorporar en los modelos dinámicos el supuesto de rendimientos crecientes a nivel interno de cada firma,<sup>41</sup> una posibilidad es recurrir al concepto de externalidades marshallianas ya

---

<sup>40</sup> En concreto,  $\hat{k}^*$  se obtendrá para aquel valor de  $\hat{k}$  donde la curva  $(s - \gamma \hat{k}) \hat{k}^\alpha$  se iguale a la recta formada por  $(d+n)$ , es decir, allá donde el incremento de  $\hat{k}$  sea nulo. En este caso concreto, el modelo será estable dado que la economía convergerá hacia el  $\hat{k}^*$  gradualmente (a pesar de que la curva  $(s - \gamma \hat{k}) \hat{k}^\alpha$  mostrará una forma de U invertida).

<sup>41</sup> La incorporación de rendimientos crecientes a nivel interno violaría el supuesto asumido de que el precio de cada factor se iguala exactamente a su producto marginal, superando por tanto las retribuciones de los factores capital y trabajo al valor del producto total nacional. Asimismo, dicho supuesto implicaría

analizadas en el capítulo 2. En este caso, las economías de escala serán externas a cada agente privado y surgirán como consecuencia de la existencia de efectos desbordamiento en la acumulación de capital físico o humano, hecho que permitirá analizar este nuevo supuesto en el seno de los modelos competitivos habituales. Así, supondremos que las decisiones tomadas por cada agente individual repercutirán positivamente sobre la producción del resto de productores sin éste saberlo, enfrentándose la economía en su conjunto a rendimientos crecientes.

Para ver más detalladamente este supuesto, analicemos el modelo propuesto por Romer (1986).<sup>42</sup> En concreto, Romer elimina el supuesto de rendimientos decrecientes del factor capital valiéndose de la idea de que el conocimiento es resultado de la inversión en capital físico, de manera que un índice de experiencia podría ser el stock de capital. Para incorporar este supuesto, basta con especificar una tecnología ahorradora de trabajo para una firma  $i$ ,

$$Y_i = F(K_i, A_i L_i) \quad (3.27)$$

donde  $F(\cdot)$  cumpliría las condiciones de Inada, pero donde ahora  $A_i$  crece de forma paralela a la inversión acumulada. De esta forma, se asume el supuesto de aprendizaje por la práctica presente en Arrow, de manera que un incremento en el stock de capital de una firma incrementará su stock de conocimiento  $A_i$ , reflejando los efectos positivos del aprendizaje sobre la productividad. Asimismo, y partiendo de la consideración del conocimiento como un bien público sin costes para las empresas, se asumirá que cualquier incremento del conocimiento de una firma se extenderá hacia el resto de empresas (efecto desbordamiento o *spillover* de conocimiento), de manera que  $A_i$  será proporcional al stock de capital a nivel agregado de todas las empresas,  $K$ . Si introducimos esta condición en (3.27), observaremos como la función de producción para una firma  $i$  presenta la siguiente expresión:

---

la existencia de una competencia fiera en precios por el deseo de maximizar la cuota de mercado y reducir costes, pudiendo acabar por dominar una estructura monopolista.

<sup>42</sup> Los tres elementos básicos del modelo de Romer son la existencia de externalidades, de rendimientos crecientes en la producción del *output* y de rendimientos decrecientes en la producción de nuevo conocimiento.

$$Y_i = F(K_i, L_i, K) = K_i^\alpha (KL_i)^{(1-\alpha)} \quad (3.28)$$

Como se puede comprobar, para un  $K$  y un  $L_i$  constantes,  $Y_i$  presenta rendimientos decrecientes respecto del stock de capital privado  $K_i$  ( $\alpha < 1$ ). Sin embargo, para un  $L_i$  dado, la función de producción presenta rendimientos constantes respecto del stock de capital a nivel agregado en la medida en la que, dados los *spillovers* de conocimiento, cualquier incremento en  $K_i$  llevará a un incremento en la misma cuantía de  $K$ . De esta forma la consideración de dos supuestos como son el aprendizaje por la práctica y la existencia de *spillovers* de conocimiento tiene como principal consecuencia la aparición de rendimientos constantes del capital, llevando a crecimiento endógeno.

En concreto, la función de producción para toda la economía tendrá la siguiente expresión:

$$Y = K^\alpha L^{1-\alpha} K^{1-\alpha} \quad (3.29)$$

En este caso, y partiendo de la no existencia de crecimiento de la población, es posible deducir la tasa de crecimiento del consumo p.c.:<sup>43</sup>

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\sigma} (\alpha L^{1-\alpha} - \rho - d) \quad (3.30)$$

obtenido tras un proceso de maximización de la utilidad de los individuos (tomando como dados  $K$  en el momento inicial y  $K$ ) sujetos a la restricción presupuestaria habitual. A partir de la expresión (3.30) y asumiendo proporcionalidad entre la producción agregada p.c. y el stock de capital por trabajador, es posible comprobar como la economía crecerá a la misma tasa que el consumo p.c., es decir, a una tasa constante e independiente de  $t$  (asumiendo  $L$  constante). De esta forma, se observa como, al igual que en el caso de los modelos AK anteriormente analizados, en el modelo de Romer no existirá ninguna transición dinámica.

---

<sup>43</sup> Asimismo, se establece el supuesto de que  $K=Lk$ , donde  $k$  es el capital por trabajador.



De esta última expresión, caben destacar dos aspectos importantes. Primero, a partir de (3.30) se observa como nuevamente no existe ninguna relación entre la tasa de crecimiento de la economía y el nivel de stock de capital inicial, de manera que, como en los modelos AK, no es posible derivar convergencia hacia un equilibrio a largo plazo. En este caso, los supuestos de aprendizaje por la práctica y de desbordamiento tecnológico explicarán este resultado al eliminar los rendimientos decrecientes del factor trabajo. Y, segundo, se observa una relación positiva entre crecimiento de la economía y tamaño de la población (*efecto escala*),<sup>44</sup> hecho que implica, por una parte, que cuanto mayor sea el tamaño de la población mayor será el crecimiento de la economía y, por la otra, que si se elimina el supuesto de que  $n=0$  y se permite que  $L$  crezca a lo largo del tiempo, la tasa de crecimiento será creciente.<sup>45</sup>

Por último, cabe destacar que los agentes, al tomar  $K$  como dado, no tendrán en cuenta la externalidad de conocimiento, es decir, no tienen en cuenta el efecto positivo de la inversión de una unidad adicional de capital por parte de un agente sobre la productividad del resto. Esto lleva a que se produzca una subinversión privada por lo que la tasa de crecimiento de la economía será menor a la que se obtendría en caso de que un planificador central internalizase la externalidad existente.

Por otra parte, y tomando como base el modelo de Romer (1986), de la Fuente (1995) desarrolla un modelo de crecimiento endógeno donde, a diferencia del modelo de Romer, no aparecen efectos escala y donde se analiza la posible existencia de rendimientos crecientes a nivel agregado del factor capital. Para ello, parte de un modelo similar al de Solow con progreso técnico exógeno pero donde introduce un nuevo parámetro  $\phi$ :

$$Y = \phi K^\alpha (AL)^{1-\alpha} = \phi AL \hat{k}^\alpha \quad (3.31)$$

<sup>44</sup> Esta relación es consecuencia directa del supuesto establecido en relación a la externalidad, la cual se supone que depende del stock agregado de capital y no del stock medio de capital ( $K/L$ ).

<sup>45</sup> Este hecho implica que la función de producción presentará rendimientos crecientes respecto al  $K$  agregado y a  $L$ .

donde  $\phi$  refleja las externalidades positivas asociadas al factor capital. Un parámetro  $\phi$  asumido como constante por cada firma a nivel individual<sup>46</sup> y que vendrá determinado por el ratio capital/trabajo por unidad de eficiencia a nivel agregado:

$$\phi = \hat{k}^\mu \quad (3.32)$$

En este caso, es necesario notar que, a diferencia del modelo de Romer, la externalidad se define a partir del stock de capital por trabajador en unidades de eficiencia, hecho que eliminará el efecto escala en el largo plazo. Sustituyendo (3.32) en (3.31) se obtiene la función de producción a nivel agregado siguiente:

$$Y = AL\hat{k}^{\alpha+\mu} \quad (3.33)$$

donde  $\alpha+\mu$  refleja los rendimientos crecientes a escala de  $\hat{k}$  tanto internos ( $\alpha$ ) como externos ( $\mu$ ). De esta forma, se puede observar como la tasa de crecimiento de  $\hat{k}$  vendrá dada por :

$$\frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = s\hat{k}^{\alpha+\mu-1} - (d + n + g_A) \quad (3.34)$$

A partir de aquí, cabría plantearse si el modelo analizado es estable, existiendo por tanto un nivel de equilibrio a largo plazo al cual la economía convergerá gradualmente. La respuesta a esta pregunta dependerá del grado de importancia del efecto externo. Así, si  $\mu$  es relativamente pequeño, de modo que la economía siga reflejando rendimientos decrecientes del capital ( $\alpha+\mu < 1$ ), el modelo será estable, de manera que el crecimiento

---

<sup>46</sup> De esta forma, como apuntábamos al comienzo, el supuesto de equilibrio competitivo podrá ser mantenido de modo que cada factor será retribuido en función de su producto marginal privado. Sin embargo, en este caso, la participación de cada factor en el producto nacional no será igual a la elasticidad del *output* respecto al mismo. La principal implicación de este hecho será que el procedimiento para medir el crecimiento de producto definido en (3.12) subestimarán la contribución del capital al aumento del producto, al no tener en cuenta el efecto externo de la acumulación del mismo, sobrestimando por tanto la contribución del progreso técnico al crecimiento (es decir, sobrestimando el residuo de Solow).

del stock de capital por trabajador en unidades de eficiencia será positivo (negativo) si  $\hat{k}$  es inferior (superior) al nivel de equilibrio a largo plazo<sup>47</sup> de  $\hat{k}^*$  definido como:

$$\hat{k}^* = \left( \frac{s}{d + n + g_A} \right)^{\frac{1}{1-\alpha-\mu}} \quad (3.35)$$

De esta forma se observa como las economías convergerán hacia  $\hat{k}^*$ . Sin embargo, si  $\mu$  es suficientemente elevado como para que  $\alpha+\mu$  sea mayor a 1, estaremos ante el caso de rendimientos crecientes de  $\hat{k}$ , de manera que el ritmo de acumulación incrementará, en lugar de disminuir, a medida que  $\hat{k}$  sea mayor.<sup>48</sup> Esto llevará a que el modelo sea inestable, no existiendo en consecuencia convergencia hacia ningún estado estacionario (al no existir un nivel de equilibrio a largo plazo).

En este contexto, la existencia de rendimientos crecientes hace imposible la convergencia entre economías aun cuando éstos difieran únicamente en sus dotaciones iniciales. Así, en este caso, dado que la tasa de crecimiento del ratio capital/trabajo depende positivamente del nivel de  $\hat{k}$ , aquel país que presente en el momento inicial un valor superior del citado ratio (siempre mayor a  $\hat{k}^*$ ), crecerá continuamente y a una tasa superior que la del país más pobre, incrementándose por tanto el *gap* en términos de renta p.c. con el tiempo. Asimismo, la divergencia podría incluso ser superior si se eliminan los supuestos de tasa de ahorro constante y de economías cerradas.

---

<sup>47</sup> Así, la pendiente de la curva  $s\hat{k}^{\alpha+\mu-1}$  seguirá siendo negativa y existirá un nivel de estado estacionario al cual la economía se dirigirá en el largo plazo.

<sup>48</sup> Es fácil observar este hecho sin más que representar gráficamente la relación existente entre  $\hat{k}$  y su tasa de crecimiento. En este caso, y a diferencia del resto de modelos anteriormente analizados, si  $\alpha+\mu > 1$ , la curva  $s\hat{k}^{\alpha+\mu-1}$  tendrá pendiente positiva y no negativa. De esta forma, se observa como para valores de  $\hat{k}$  superiores (inferiores) a  $\hat{k}^*$ , la tasa de crecimiento de  $\hat{k}$  será positiva (negativa), observándose una trayectoria explosiva y un modelo no estable.

Por último, cabe destacar que, a diferencia del modelo neoclásico y de progreso técnico exógeno, bajo el supuesto de rendimientos constantes o crecientes en el capital, será posible la existencia de crecimiento sostenido, con y sin progreso técnico.<sup>49</sup>

### 3.4.2.2 El progreso técnico como consecuencia de un proceso de inversión

Como se ha comentado anteriormente, y a diferencia de los modelos analizados en el apartado precedente, existe un segundo grupo de modelos que consideran el crecimiento endógeno como resultado de un proceso costoso, fruto de la inversión de las familias y/o empresas. En este caso, como señala de la Fuente (1992), en la literatura pueden distinguirse dos tipos de modelos, los cuales se diferencian tanto por lo que hace referencia a la fuente del progreso técnico como a los agentes financiadores del mismo.

El primer tipo de modelos, entre los que merece destacar a Uzawa (1965), Lucas (1988) y Becker *et al* (1990), parten del supuesto de que el principal determinante del crecimiento a largo plazo es el capital humano. De este modo, uno de los principales motores del crecimiento es el incremento continuo de la calidad del factor trabajo, una calidad que podría ser aumentada tras un proceso educativo financiado por unas familias que invertirían parte de su tiempo y de sus recursos disponibles. Por el contrario, los modelos de Judd (1985), Romer (1987, 1990) o Grossman y Helpman (1991) consideran como condición indispensable para el crecimiento endógeno la existencia de progreso técnico, un progreso técnico resultado de la existencia de unos agentes específicos, las empresas de I+D, las cuales invierten sus recursos para obtener nuevos o mejores bienes de capital.

---

<sup>49</sup> Bajo el supuesto de  $g_A=0$  y rendimientos constantes,  $\alpha+\mu=1$ , el producto p.c. vendrá dado por  $y = A \hat{k}$ , el cual irá asociado a una tasa de crecimiento de  $y$  igual a  $\frac{\dot{y}}{y} = \frac{\dot{\hat{k}}}{\hat{k}} = s - (d+n)$ . Esto implica que

la tasa de crecimiento del producto p.c. será constante si  $s > d+n$  y la renta p.c. crecerá de forma continuada y siempre a la misma tasa (en este caso, este resultado coincide con los obtenidos en los modelos basados en la tecnología AK).

### i) Inversión en capital humano

Dentro de esta línea, se encuentra el modelo de Lucas (1988), el cual parte del supuesto de la existencia de dos sectores. En concreto, en el primer sector, se produce un bien final (que podría ser consumido o transformado en capital físico) para cuya producción es necesario utilizar dos factores: capital físico y capital humano. En el otro sector, el sector educativo, se lleva a cabo la producción y acumulación de capital humano, utilizando únicamente dicho factor,<sup>50</sup> y para el cual se utiliza una tecnología diferente a la observada en el sector de bienes finales.

A partir de aquí, Lucas especifica la siguiente función de producción agregada de tipo Cobb-Douglas para el primer sector:

$$Y = AK^\alpha (\mu hL)^{1-\alpha} h_a^\psi \quad (3.36)$$

donde  $\mu$  es la fracción de tiempo que el factor trabajo dedica al sector de bienes finales y  $h$  la cualificación media de los trabajadores (siendo por tanto  $\mu hL$  el trabajo total ajustado por su calidad). Por último,  $h_a^\psi$  recoge la existencia de una externalidad del stock medio de capital humano (siendo  $h_a$  el capital humano medio de la fuerza de trabajo) derivada del supuesto de que los trabajadores muestran una mayor productividad si están rodeados a su vez de otros trabajadores de elevada cualificación.

A partir de (3.36) es posible obtener la expresión del crecimiento instantáneo del stock de capital por trabajador  $k$  como:

<sup>50</sup> Como muestran Barro y Sala-i-Martin (1995), el modelo de Lucas (1988) es un caso particular de un modelo más general donde

$$Y = C + \dot{K} + \delta K = A(vK)^\alpha (\mu H)^{1-\alpha}$$

$$\dot{H} + \delta H = B[(1-v)K]^\eta [(1-\mu)H]^{1-\eta}$$

$v$  y  $1-v$  ( $\mu$  y  $1-\mu$ ) es la fracción de capital físico (capital humano) usado en la producción de bienes finales (en educación). En concreto, en los modelos de Uzawa (1965) y Lucas (1988)  $\eta$  es igual a 0, de manera que el sector educativo es intensivo en capital humano. Asimismo, Lucas incorpora una externalidad de capital humano no existente en el modelo de Uzawa.

$$\dot{k} = Ak^\alpha(\mu h)^{1-\alpha} h_a^\psi - c - (d_k + n)k \quad (3.37)$$

donde  $d_k$  recoge la tasa de depreciación del capital físico.

Por otra parte, suponiendo que para la producción de capital humano se utiliza  $h$  como único factor (el cual presenta rendimientos constantes a escala), obtenemos la siguiente expresión para el incremento instantáneo del stock de capital humano p.c.:

$$\dot{h} = \phi h(1 - \mu) - (d_h + n)h \quad (3.38)$$

donde  $\phi$  refleja la productividad del sector educativo y  $d_h$  la tasa de depreciación del stock de capital humano, siendo  $\phi h(1 - \mu)$  la producción de capital humano.

A partir de aquí, los individuos elegirán aquellos valores de  $c$  y  $\mu$  de manera que maximicen su función de utilidad intertemporal sujeta a las restricciones (3.37) y (3.38), tomando como dados tanto los stocks de capital físico y humano iniciales como el valor de  $h_a$ .<sup>51</sup> A partir de aquí, y tras suponer que  $h = h_a$  y que  $d_k = d_h$  y obtener la tasa de crecimiento del consumo p.c. y del stock de capital por trabajador, es posible derivar la siguiente tasa de crecimiento de la economía a largo plazo:

$$\left(\frac{\dot{c}}{c}\right)^* = \left(\frac{\dot{k}}{k}\right)^* = \left(\frac{\dot{y}}{y}\right)^* = \frac{(\phi - \rho - d)(1 - \alpha + \psi)}{\sigma(1 + \psi - \alpha) - \psi} \quad (3.39)$$

mientras que la tasa de crecimiento de  $h$  en el largo plazo será igual a:<sup>52</sup>

$$\left(\frac{\dot{h}}{h}\right)^* = \frac{(\phi - \rho - d)(1 - \alpha)}{\sigma(1 + \psi - \alpha) - \psi} \quad (3.40)$$

<sup>51</sup> A diferencia de los modelos unisectoriales anteriores, la existencia de dos sectores tiene como consecuencia la aparición de dos restricciones en el proceso de maximización.

<sup>52</sup> En ausencia de externalidades, se cumple que:

$$\left(\frac{\dot{c}}{c}\right)^* = \left(\frac{\dot{k}}{k}\right)^* = \left(\frac{\dot{y}}{y}\right)^* = \left(\frac{\dot{h}}{h}\right)^*$$

y donde la fracción de tiempo del factor trabajo destinado a largo plazo al sector educativo será:

$$1 - \mu^* = \frac{1}{\sigma} \left( \frac{\dot{h}^*}{h} + d + n \right) \quad (3.41)$$

A partir de (3.39) y (3.40) se puede derivar una diferencia básica respecto del modelo de Rebelo, el cual consideraba que las funciones de capital físico y humano eran idénticas. Así, mientras que en el modelo de Rebelo el determinante principal del crecimiento de la economía era el índice de productividad en el sector de bienes finales ( $A$ ), en el modelo de Lucas el elemento determinante del crecimiento se encuentra en la productividad del sector educativo ( $\phi$  en 3.39). De esta forma, la acumulación de capital humano se revela como el motor de crecimiento de la economía.

Por último, cabe destacar que, de forma similar a lo ocurrido en los modelos de crecimiento endógeno ya analizados, la existencia de una externalidad, esta vez de capital humano, lleva a que el rendimiento de la inversión en el sector educativo sea inferior al rendimiento social, de modo que se produce una subinversión privada. De esta forma, el crecimiento de la economía será inferior al que podría ser conseguido en caso de que un planificador central internalizase la externalidad existente.

## ii) Modelos de I+D

En los modelos analizados hasta el momento se ha podido comprobar como la consideración de un concepto amplio de capital (incluyendo capital humano) o la incorporación de la existencia de efectos desbordamiento derivados de la inversión en capital físico (Arrow, 1962; Romer, 1986) o humano (Lucas, 1988) han hecho posible relajar la hipótesis restrictiva de rendimientos decrecientes y permitir crecimiento endógeno de la economía, aún en ausencia de progreso tecnológico. Sin embargo, tal y como exponen Grossman y Helpman (1993), los modelos de crecimiento endógeno anteriores no son capaces de identificar el mecanismo que realmente permite un crecimiento sostenido. Por este motivo, algunos autores defienden la necesidad de

progreso tecnológico como única vía para conseguir crecimiento endógeno a largo plazo, apoyándose en la seguridad de la existencia de rendimientos decrecientes del factor trabajo, aun cuando éste incluya capital humano.<sup>53</sup> En este contexto, los modelos que serán analizados a continuación tratarán de analizar explícitamente los determinantes de dicho progreso técnico, un progreso que será resultado de un proceso costoso de inversión en el sector de I+D por parte de unas empresas buscadoras de beneficio.

No obstante, si bien dentro de este enfoque todos los modelos comparten la idea de la acumulación de conocimiento como determinante del crecimiento,<sup>54</sup> se pueden distinguir dos enfoques distintos en relación a lo que se entiende como acumulación de conocimiento. Así, en el primero de ellos, cabría ubicar a aquellos modelos como los desarrollados por Romer (1987, 1990) o Grossman y Helpman (1991, cap. 3), que consideran que el progreso técnico se materializa en forma de un incremento en el número de bienes de capital utilizados como factores productivos, es decir, en un aumento en la variedad de los *inputs* utilizados. En cambio, en el segundo caso, Aghion y Howitt (1992), Grossman y Helpman (1991, cap. 4) o Barro y Sala-i-Martin (1995, cap. 7) consideran que el progreso tecnológico se presenta en forma de una mejora paulatina en la calidad de los bienes existentes dentro de una industria ya establecida (*quality ladder* o modelos de escaleras de calidad).<sup>55</sup> En este caso, cuando un producto o técnica mejora, el viejo producto quedará obsoleto,<sup>56</sup> desapareciendo del mercado y siendo reemplazado por aquel de mejor calidad y así sucesivamente, llevando a cabo un proceso de destrucción creativa y a la existencia de una escalera de calidad.

---

<sup>53</sup> Considerando por tanto que únicamente a través de una acumulación de capital físico y humano no es posible mantener un crecimiento positivo a largo plazo.

<sup>54</sup> Coe y Helpman (1995) muestran que tanto los stocks de conocimiento (o los gastos acumulados en I+D) de un país como los de sus socios comerciales explicarían el crecimiento en la productividad total de los factores habida en los países de la OCDE (ver Nadiri y Kim, 1996 y Berstein y Yan, 1997, para críticas posteriores en relación al argumento de Coe y Helpman).

<sup>55</sup> En este caso, se parte del supuesto de la existencia de la noción schumpeteriana de “destrucción creativa”, de manera que cuando una empresa alcanza un determinado nivel de calidad de su producto, éste se convierte en obsoleto, llevando a que dicha empresa invierta en I+D con tal de mantener su liderazgo. De forma simultánea, las empresas dedicadas a actividades de I+D tratarán de arrebatarse el liderazgo de las empresas ya instaladas, desencadenándose una guerra tecnológica que fomenta el progreso técnico.

<sup>56</sup> A diferencia de Romer y de Grossman y Helpman, Young (1993), junto a otros autores, consideran que existe incertidumbre inherente relacionada con la investigación industrial y que lleva a que las nuevas tecnologías únicamente puedan alcanzar una viabilidad comercial tras un cierto período de aprendizaje.



En relación al primer enfoque comentado, y a modo de ejemplo, analizaremos una versión simplificada del modelo de Romer (1990) desarrollada por Sala-i-Martin (1994) y por Barro y Sala-i-Martin (1995, cap. 6). En este caso, se supone la existencia de tres tipos de agentes económicos: las empresas productoras de bienes finales, las empresas de I+D y los consumidores. Más concretamente, las empresas productoras de bienes finales utilizan dos factores de producción, trabajo y bienes de capital, siendo éstos últimos alquilados a las empresas de I+D. De esta forma, la función de producción para el sector de bienes finales será igual a:

$$Y_t = A_t \left( \sum_{i=1}^{N_t} x_{it}^\alpha \right) L_t^{1-\alpha} \quad (3.42)$$

donde  $x_i$  son los *inputs* intermedios especializados de capital<sup>57</sup> y donde  $N_t$  es el número total de bienes  $x_i$  (el cual depende del tiempo).<sup>58</sup> En este caso, el progreso tecnológico se materializará en un incremento en el número de bienes intermedios  $N_t$ , de manera que el crecimiento será proporcional al ratio de innovaciones.<sup>59</sup> Asimismo, se asume que dichas empresas deben pagar un precio igual a  $R_t$  por los bienes alquilados  $x_i$ .

Por otra parte, las empresas de I+D invierten una cantidad constante e igual a  $\eta$ <sup>60</sup> sustraída de la producción con tal de financiar el coste de los nuevos productos, cuya producción se realiza a un coste marginal constante e igual a  $v$  (en este caso, se asume que los inventores de los nuevos diseños son también los productores de los bienes intermedios que los incorporan). De forma similar al caso de las empresas productoras

<sup>57</sup> Se asume el supuesto de igual calidad de todos los inputs utilizados.

<sup>58</sup> Puede observarse en la expresión (3.42) como la función de producción presenta rendimientos decrecientes respecto de cada *input* pero constantes a escala respecto a todos los *inputs* de capital en conjunto.

<sup>59</sup> Para comprobarlo supongamos que la cantidad empleada de cada bien intermedio es la misma, supuesto que lleva a reespecificar (3.42) como

$$Y_t = AL_t^{1-\alpha} N_t x_t^\alpha = AL_t^{1-\alpha} (N x_t)^\alpha N^{1-\alpha}$$

a partir de la cual se observa que la tecnología presenta rendimientos decrecientes para los bienes intermedios y constantes para el número total de los mismos,  $N_t$ .

<sup>60</sup> Se asume la no existencia de incertidumbre, ni acerca de la cantidad de recursos necesarios para generar una invención ni acerca del éxito o fracaso de la invención. Asimismo, dado que la finalidad de este modelo es analizar los determinantes del crecimiento a largo plazo, se asume un comportamiento determinista de los precios de I+D, obviando posibles fluctuaciones derivadas de ciclos de negocios.

de bienes finales, las empresas de I+D escogerán la cantidad producida de cada bien  $x_i$  y  $R_i$  que maximice sus beneficios. Sin embargo, las empresas de I+D disfrutan de una patente<sup>61</sup> perpetua sobre aquellos bienes que han inventado, lo que les permitirá disfrutar de un poder de monopolio y aplicar un *mark-up* sobre sus costes marginales (que actúa como recompensa por su inversión en investigación), por medio del cual podrán recuperar sus inversiones en I+D iniciales.<sup>62</sup>

Por último, los consumidores deberán escoger entre consumo presente y futuro con el objetivo de maximizar su utilidad. En este caso, los consumidores dispondrán de dos fuentes de ingresos: una derivada de su trabajo y otra de la rentabilidad  $r$  recibida de los activos de los que son propietarios. Teniendo esto en cuenta, la trayectoria de consumo será igual a:

$$\frac{\dot{c}}{c} = \frac{1}{\sigma}(r - \rho) \quad (3.43)$$

y la tasa de crecimiento de equilibrio a largo plazo de la economía igual a:

$$\left(\frac{\dot{c}}{c}\right)^* = \left(\frac{\dot{y}}{y}\right)^* = \left(\frac{\dot{N}}{N}\right)^* = \frac{1}{\sigma} \left( \left(\frac{L}{\eta}\right)^{1-\alpha} A \alpha s (\alpha / v)^\alpha (1 - \alpha)^{1-\alpha} - \rho \right) \quad (3.44)$$

donde  $v/\alpha$  es el precio de monopolio que las empresas de I+D cargan sobre su coste marginal.<sup>63</sup> De esta forma se observa como la dinámica de la renta p.c. vendrá determinada por el progreso técnico únicamente, entendido éste como aumento en el número de nuevos diseños (y, por tanto, nuevas variedades de *inputs* de capital intermedios).

<sup>61</sup> En este tipo de modelos, dada la posibilidad de imitación por parte de otras empresas seguidoras de las innovaciones conseguidas y financiadas por unas empresas líderes, se hace necesario un sistema de protección para los innovadores, al menos temporalmente. En este sentido, una posible protección legal puede provenir de la existencia de patentes que permitan mantener el incentivo a invertir en I+D (ver Ordover, 1991, acerca de los mecanismos de los derechos de propiedad más apropiados). En concreto, en los modelos de Romer (1990) y Grossman y Helpman (1991) esta patente es de duración infinita.

<sup>62</sup> Es necesario algún grado de competencia imperfecta en el mercado de productos para poder incentivar la inversión privada en nuevas tecnologías.

<sup>63</sup> Se asume que no existe crecimiento de la población, es decir,  $n=0$ , y que el crecimiento en el número de unidades de cada bien es nulo, de manera que una vez descubierto un nuevo bien de capital se produce una determinada cantidad, no volviéndose a producir más de este tipo de bien concreto en el futuro.

A partir de (3.44), además de la relación usual en el equilibrio entre crecimiento de la economía y los parámetros  $\sigma$ ,  $\rho$  y  $A$ , similar a la encontrada en los modelos AK, es posible extraer tres conclusiones básicas.<sup>64</sup> Primero, existe una relación negativa entre tasas de crecimiento del producto y los costes de las actividades de I+D,  $\eta$ . Segundo, la economía crecerá menos a largo plazo cuanto mayor sea el poder de monopolio de las empresas creadoras de bienes de capital, medido por el precio de monopolio que imponen dichas empresas (es decir, el margen que aplican sobre el coste marginal,  $v/\alpha$ ). Este hecho provoca que el rendimiento de la inversión en I+D sea menor del que se obtendría si cada bien se alquilara o vendiera a su precio de equilibrio competitivo, es decir, a su coste marginal  $v$ . Este menor rendimiento provoca una subinversión, con el consiguiente menor crecimiento de la economía a largo plazo en comparación con el que sería el óptimo.<sup>65</sup>

Por último, a partir de (3.44) puede observarse una relación positiva entre la tasa de crecimiento a largo plazo y el tamaño de la población de una economía. Este efecto escala, similar al aparecido en el modelo de Romer (1986), es consecuencia de la naturaleza no rival de la tecnología, lo que lleva a que el coste de un nuevo producto no dependa del número de personas que acaben utilizándolo. Esto hace que, al permanecer constantes los recursos destinados a I+D, una mayor población ocupada impulsará un menor coste de la invención por unidad de trabajo y, por tanto, supondrá un mayor ritmo de progreso técnico.

Si bien los resultados finales son similares a los obtenidos por Romer (1990), el modelo anteriormente presentado difiere en tres puntos básicos respecto de aquél. En primer lugar, Romer<sup>66</sup> parte de la existencia de tres sectores: el sector de I+D que lleva a cabo

---

<sup>64</sup> No obstante, cabe decir que la economía crecerá a una tasa igual a (3.44) siempre que ésta sea positiva. En caso de que no lo fuera, ello supondría que los inventores potenciales no tendrían suficientes incentivos para invertir, por lo que, dados los rendimientos decrecientes de  $Nx_t$ , la economía crecería a largo plazo a una tasa igual a 0.

<sup>65</sup> Barro y Sala-i-Martin (1995) analizan a su vez la bondad de un subsidio aplicado al producto final (incentivando con ello la demanda de bienes intermedios), compensando con ello la subinversión.

<sup>66</sup> El modelo de Romer está basado en tres premisas básicas: primera, que el conocimiento tecnológico es el motor del crecimiento; segundo, que el cambio tecnológico surge a partir del deseo de la obtención de beneficios por parte de unas firmas que muestran un comportamiento racional maximizador de beneficios y que responden a incentivos del mercado (de manera que el cambio tecnológico sea endógeno); y, por

los diseños para nuevos productos durables, el sector de bienes intermedios que utiliza dichos diseños para producir nuevos bienes de capital que serán utilizados durante el proceso de producción de los productos finales y, por último, las empresas productoras de bienes finales las cuales operan en competencia perfecta y cuyo *output* final será consumido o ahorrado para invertir como nuevo capital.

La segunda diferencia hace referencia a los *inputs* básicos. Así, además de capital, trabajo y un índice del nivel de tecnología (medido por el número de diseños acumulados), Romer introduce el factor de capital humano como una medida del efecto acumulado de la educación o del entrenamiento en el trabajo (siendo la oferta agregada de trabajo y de capital humano fijas). En este caso, el capital humano será utilizado como factor productivo tanto por las empresas productoras de bienes finales (las cuales utilizarán a su vez bienes de capital intermedios y factor trabajo) como, de forma intensiva, por las empresas de I+D. Es importante destacar que, de esta forma, Romer consigue separar la componente rival y excluible del conocimiento, es decir, el capital humano, de la componente no rival<sup>67</sup> del mismo, es decir, A. En este caso, la noción de capital humano utilizada por Romer es más limitada que la encontrada en los modelos de Rebelo o Lucas donde, de forma implícita, se combina la noción de conocimiento con la noción, en términos de mercado de trabajo, de capital humano y donde se considera al conocimiento como un bien no rival y no excluible.

Por último, cabe destacar que Romer introduce el conocimiento en la producción por medio de dos vías. Primero, un nuevo diseño o idea permite la producción de un nuevo *input* intermedio de capital. Pero, a su vez, un nuevo diseño incrementa el stock total de conocimiento (el cual es utilizado también como *input* en el sector de investigación), llevando a una reducción de los costes de invención y a un incremento en la productividad del factor trabajo que es empleado en el sector de I+D. Evidentemente, esto supone que los beneficios derivados de un nuevo diseño no son totalmente

---

último, que el cambio tecnológico se materializa en la aparición de nuevos diseños cuya tecnología implícita podrá ser nuevamente utilizada sin coste adicional.

<sup>67</sup> La no rivalidad del conocimiento surge como consecuencia de su independencia respecto de cualquier objeto físico de manera que, una vez creado un diseño, éste podrá ser utilizado en tantas actividades diferentes como se desee.

apropiables por el innovador, haciendo por tanto del conocimiento un bien no rival y parcialmente excluible. Este hecho tiene tres implicaciones importantes. Primero, al hacer del conocimiento un bien en parte excluible permite la existencia de firmas buscadoras de beneficio en el sector de I+D.

Segundo, el considerar el conocimiento como un bien parcialmente no excluible lleva a la generación de *spillovers* de conocimiento, los cuales harán posible el crecimiento endógeno. En relación a este último aspecto, es conveniente destacar que al utilizar el sector de I+D capital humano (factor trabajo dedicado a la investigación), ello podría conducir a un crecimiento nulo a largo plazo. El proceso sería el siguiente: a medida que la economía fuese creciendo, se produciría una presión sobre los costes de investigación fruto del alza de los salarios del factor trabajo que trabaja en el sector de I+D, reduciéndose con ello la tasa de rendimiento de dicho sector y, por tanto, el incentivo a invertir en el mismo, afectando a las posibilidades de crecimiento futuro.<sup>68</sup> Tal y como se ha visto anteriormente, Barro y Sala-i-Martin (1995) solucionan el problema partiendo del supuesto de que los costes de I+D permanecen constantes a lo largo del tiempo, posibilitando tasas de crecimiento positivas a largo plazo. Por el contrario, tanto Romer (1990) como Grossman y Helpman (1991, cap. 3), superan este obstáculo al considerar la existencia de externalidades del conocimiento, asumiendo que los costes de I+D serán cada vez menores a medida que incrementa el número de diseños y, por tanto, el número de *inputs* intermedios (contrarrestando el proceso de rendimientos decrecientes presentes durante el proceso de inversión en tecnología).

Por último, la tercera de las implicaciones que cabría destacar es que, debido a la existencia de efectos desbordamiento del conocimiento, se producirá una subinversión en el sector de I+D de manera que será necesario internalizar las externalidades positivas y subsidiar a dicho sector.<sup>69</sup>

---

<sup>68</sup> Un proceso similar ocurría con la acumulación de capital físico en el modelo neoclásico básico.

<sup>69</sup> No obstante, tal y como destaca Shaw (1992), el problema que surge en este caso es el de identificar los sectores de I+D relevantes.

Teniendo en cuenta los supuestos introducidos en el modelo de Romer, la principal conclusión a la que llega dicho autor es que el stock de capital humano es el principal determinante del crecimiento a largo plazo de la economía<sup>70</sup> en la medida que el sector de I+D (causante del progreso técnico vía la invención de diseños para nuevas variedades de *inputs* de capital) utiliza intensivamente capital humano. Este resultado implica, primero, que disponer de una elevada población no será una condición suficiente para generar crecimiento si el país no dispone de un abundante capital humano (hecho que explicaría el crecimiento cercano a cero de algunos países subdesarrollados) y, segundo, que subsidiar la producción de capital humano será beneficioso para el crecimiento de la economía.

Antes de finalizar este apartado es interesante destacar que uno de los rasgos que caracterizan de forma generalizada a los modelos de crecimiento endógeno basados en la inversión en I+D como el modelo de Romer (1990), de Grossman y Helpman (1991) o de Aghion y Howitt (1992) es la existencia de un efecto escala, de manera que un mayor tamaño de la población (o de científicos) lleva a un crecimiento mayor de la economía a largo plazo. Sin embargo, tal y como muestra Jones (1995), la evidencia empírica revela la inconsistencia de la predicción de dicho efecto escala. Así, muestra como si bien el crecimiento en el número de científicos destinados al sector de I+D incrementó de forma notable en los últimos 40 años en los países desarrollados, sus ratios de crecimiento se mantuvieron prácticamente constantes o descendieron ligeramente.<sup>71</sup> Teniendo esto en cuenta, Jones reespecifica el modelo de Romer (1990) con tal de eliminar dicho efecto escala, obteniendo lo que llama un modelo de crecimiento semi-endógeno. En este caso, el modelo de Jones se asimila al resto de modelos en el supuesto de que el progreso tecnológico es el resultado de la actuación de unas firmas con un comportamiento racional maximizador de beneficios. No obstante, se aleja de los mismos (acercándose en parte hacia el modelo de Solow) en que las tasas de crecimiento de la economía a largo plazo únicamente vendrán determinadas por

---

<sup>70</sup> Uzawa (1965), Lucas (1988) y Romer (1990) coincidirán en la importancia del capital humano como elemento crucial en el proceso de crecimiento. Así, la acumulación de capital humano se revelaría como más importante que la acumulación de capital físico (Shaw, 1992).

<sup>71</sup> La inconsistencia del efecto escala con la evidencia empírica también ha sido constatada por otros autores como Kremer (1993) o Barro y Sala-i-Martin (1995).

variables usualmente tomadas por exógenas (sobre las que las políticas gubernamentales como subsidios a la I+D<sup>72</sup> no tendrán efectos) como son la tasa de crecimiento de la fuerza laboral y el grado de rendimientos externos del conocimiento (de ahí su condición de modelo semi-endógeno). En relación a este último aspecto, es interesante destacar que Jones introduce dos tipos de externalidades: las externalidades habituales que relacionan la aparición de nuevos diseños con el stock de conocimientos acumulado (si bien introduce la posibilidad de que cuanto mayor sea el citado stock de conocimientos acumulados menor puede ser la probabilidad de aparición de una nueva idea), y una segunda externalidad relacionada con la posible existencia de duplicaciones y solapamientos en el proceso de I+D.

### iii) El comercio y la difusión tecnológica: efectos sobre el crecimiento

Uno de los aspectos que adquieren especial relevancia en el entorno de los modelos de crecimiento endógeno basados en I+D es el comercio entre economías y sus consecuencias sobre el crecimiento. Dichas consecuencias han sido analizadas, entre otros, por Lucas (1988), Grossman y Helpman (1990, 1991), Romer (1990), Feenstra (1990), Young (1991) y Barro y Sala-i-Martin (1995).

Respecto al vínculo existente entre crecimiento y comercio, de forma habitual se ha recurrido a fundamentar las ventajas derivadas del comercio en base a la especialización de cada economía según sus ventajas comparativas o a la obtención de economías de escala, llevando a que el nivel de ingresos y el consumo de una economía abierta fuesen netamente superiores a los mostrados por una economía cerrada.<sup>73</sup> Sin embargo, tal y como exponen Grossman y Helpman (1991 cap. 9), si bien la mayor parte de estudios se centran en analizar el efecto nivel del comercio (efectos sobre el nivel de ingresos de

---

<sup>72</sup> No obstante, el modelo deja una puerta abierta a la intervención del gobierno, esta vez para corregir la diferencia entre el *share* de la fuerza laboral que trabaja en el sector de I+D existente y la óptima desde un punto de vista social (una no coincidencia fruto de la existencia de externalidades presentes en el modelo de I+D). De esta forma, si bien dichas medidas de política activa no influirán en la tasa de crecimiento a largo plazo, acelerarán la transición dinámica hacia el estado estacionario.

<sup>73</sup> Ver Bajo (1996) para un análisis de los efectos de un proceso de integración en un modelo de crecimiento.

un país), el efecto ratio quedaba por analizar (consecuencias sobre el ratio de crecimiento a largo plazo de una economía).

Por este motivo, dichos autores tratan de describir el proceso por el cual en el seno de los modelos de crecimiento endógeno basados en I+D, el comercio puede llegar a tener un claro efecto ratio. El proceso es el siguiente. Como se comentó anteriormente, en el contexto de los modelos de I+D como el de Romer (1990) o de Grossman y Helpman (1990), el sector de investigación de una economía cerrada utiliza como *inputs* productivos capital humano y el stock de conocimiento general existente en la misma, obteniendo un nuevo diseño que posteriormente será utilizado para fabricar nuevos bienes de capital. Asimismo, y dada la naturaleza no rival y parcialmente excluible del conocimiento, la nueva innovación contribuye a incrementar dicho stock de conocimiento del cual podrá beneficiarse toda la comunidad científica de dicho país,<sup>74</sup> incrementando con ello la productividad del capital humano empleado en el sector de I+D y posibilitando un crecimiento sostenido a largo plazo.

Sin embargo, ¿qué ocurre cuando se permite el intercambio entre dos economías? En primer lugar, la apertura comercial tiene como consecuencia el acceso a un tamaño mayor de mercado al cual operan las firmas, teniendo este hecho dos efectos claramente diferenciados sobre los innovadores de cada país. Así, si bien un mayor mercado supondrá unas ventas y beneficios superiores, a su vez, ello implicará una mayor competencia por parte de los innovadores extranjeros.

En segundo lugar, la posibilidad de intercambio de bienes entre dos economías con dotaciones similares de recursos llevará implícita la posibilidad de incrementar el número de contactos entre investigadores locales y extranjeros,<sup>75</sup> permitiendo con ello la generación de *spillovers* de conocimiento a nivel internacional y ampliar, por tanto, el stock de conocimiento general al cual el sector de I+D de cada país puede acceder. En

---

<sup>74</sup> En este caso, se supone que no existe una difusión internacional de la tecnología inmediata (como sí ocurría en el caso de los modelos de crecimiento con progreso técnico exógeno) sino que dicha difusión surge cuando se abren las fronteras entre economías. Para un análisis exhaustivo de las consecuencias de la incorporación del supuesto de difusión tecnológica en los diferentes modelos de crecimiento endógenos analizados, ver Escot y Galindo (1997).

<sup>75</sup> Grossman y Helpman suponen que el intercambio de bienes lleva implícito un intercambio de ideas.



este caso, si la importancia relativa de los *spillovers* internacionales de conocimiento es elevada y no declina con el tiempo, el comercio a nivel internacional permitirá una acumulación de conocimiento (fuente del crecimiento) más rápida y un descenso más rápido en los costes de investigaciones posteriores (impulsando la introducción de nuevos diseños). Este hecho lleva, como exponen Rivera-Batiz y Romer (1991), a un aumento en el rendimiento del capital humano en el sector de I+D, favoreciendo con ello un trasvase de capital humano desde el sector de manufacturas al sector de investigación.<sup>76</sup> Todo ello tendrá como resultado un incremento del ratio de crecimiento de la economía de ambos países a largo plazo.<sup>77</sup> Si, por el contrario, la relevancia de los citados *spillover* es escasa o decrece con el tiempo, el comercio internacional no afectará al crecimiento a largo plazo de cada economía, el cual vendrá determinado por los recursos locales y por los parámetros que describen los gustos y la tecnología de cada país. No obstante, en este último caso, el intercambio acelerará la transición hacia el estado estacionario al promover los contactos y, por tanto, la acumulación de conocimiento.<sup>78</sup>

En relación a este segundo aspecto, cabe notar que la apertura comercial, al fomentar la competencia internacional, incentiva a las firmas a tratar de invertir sus esfuerzos en nuevos y diferentes diseños, tratando de evitar con ello una posible duplicación en las innovaciones. Este hecho cobra especial relevancia en términos de los efectos de la apertura comercial sobre el incremento en el stock de conocimiento mundial. Así, siguiendo a Rivera-Batiz y Romer, si el intercambio de ideas no estuviese vinculado al intercambio de bienes, en caso de que no existiese apertura comercial no existirían incentivos para no reinventar diseños ya aparecidos en otro país, incrementando con ello la probabilidad de duplicaciones en la innovaciones. Esto tendría como consecuencia que, en caso de que se permitiera tan sólo intercambio de ideas (por medio de la apertura

---

<sup>76</sup> Suponiendo, en el modelo de Rivera-Batiz y Romer, que se produce tanto un intercambio de bienes como de ideas entre dos economías con idénticas dotaciones de recursos.

<sup>77</sup> Por este motivo, políticas comerciales como determinados subsidios a las exportaciones o a las importaciones podrían fomentar dichos efectos.

<sup>78</sup> No obstante, tal y como señalan Grossman y Helpman (1990), las conclusiones obtenidas sobre la relación existente entre crecimiento a largo plazo y comercio no son siempre aplicables de manera que, si bien la apertura comercial y la integración económica pueden tener efectos positivos sobre el crecimiento a largo plazo, en otras ocasiones restricciones al comercio podrían contribuir a incrementar el ratio de crecimiento mundial.

de una red de comunicaciones que permita el flujo de ideas), el stock de conocimiento general mundial sería menor en comparación al que se obtendría de no existir solapamientos, con los subsiguientes menores efectos sobre el crecimiento de las economías. No obstante, en este último caso, tal y como exponen Grossman y Helpman (1991, cap.9), se produciría una convergencia en los ratios de innovación a largo plazo entre ambos países, la cual sería mayor cuanto mayor fuese la fuerza de trabajo destinada en cada país al sector de I+D y menor el solapamiento en los proyectos de investigación de ambos. Por el contrario, si únicamente se produjese un intercambio de bienes pero no existiese difusión tecnológica, dicho intercambio únicamente tendría efectos sobre el *output* futuro en ambas economías (efecto nivel) pero no sobre su crecimiento a largo plazo (en la medida en la que no se produciría un trasvase de capital humano desde el sector manufacturero al sector de I+D).

No obstante, es importante destacar que las consecuencias del comercio sobre el crecimiento a largo plazo dependen fuertemente del supuesto establecido en relación a la tecnología del sector de I+D. Así, Rivera-Batiz y Romer, además de analizar dicha relación en el marco del modelo de Romer (1990), repiten el análisis bajo el supuesto de que el sector de I+D presenta una tecnología idéntica a la mostrada por el sector de bienes finales, donde el stock de conocimiento general no tiene valor para la producción de nuevos diseños y donde no existen, por tanto, *spillovers* de conocimiento. En este caso, un intercambio de bienes (sin intercambio de ideas) tendría un efecto permanente sobre la tasa de crecimiento de ambas economías.<sup>79</sup>

Llegado este punto, cabe notar que hasta el momento ha sido analizado el vínculo entre comercio y crecimiento en el marco de dos economías con dotación similar de recursos. No obstante, Grossman y Helpman (1990, 1991 cap. 7) llevan a cabo un análisis exhaustivo de la existencia de ventajas comparativas (naturales y adquiridas) en el sector de I+D así como de las consecuencias de estas diferencias entre países sobre el crecimiento a largo plazo global. En este caso, partiendo de un modelo similar al de

---

<sup>79</sup> De esta forma, según Rivera-Batiz y Romer (1991), la posibilidad que otorga el comercio para explotar los rendimientos crecientes del sector de I+D, tanto bajo el supuesto del modelo de Romer (1990) como del caso de idéntica tecnología del sector de I+D respecto al sector de bienes finales, lleva a incrementar el ratio de crecimiento a largo plazo de las economías integradas.

Romer (1990), se asume que la productividad total de los factores en el sector de bienes finales se eleva cuando incrementa el número de variedades de *inputs* intermedios, de manera que los recursos destinados a la inversión en I+D potenciarán la productividad de los bienes finales además de contribuir a incrementar el stock de conocimiento científico y generar *spillovers* de conocimiento.

En relación a dicho conocimiento general, Grossman y Helpman asumen en un primer momento que la innovación se difunde inmediatamente y sin coste a través del mundo por medio de prensa especializada, de organizaciones profesionales o contactos comerciales interpersonales entre otros medios. Asimismo, introducen un nuevo supuesto: el flujo de nuevos diseños depende no únicamente del stock de conocimiento global y de la cantidad de capital humano destinado al sector de I+D sino también de un parámetro de productividad específico para cada país. De esta forma, la comparación de dicho parámetro en ambos países será la base para conocer cuál de ellos tendrá una ventaja comparativa relativa en el sector de I+D.

Teniendo lo anterior en cuenta, y tras analizar la dinámica transicional del modelo definido y determinar el crecimiento a largo plazo, Grossman y Helpman llegarán a las siguientes cuatro conclusiones. Primero, en presencia de ventajas comparativas, un incremento en la demanda relativa de bienes finales en un país llevará a una reducción del crecimiento a largo plazo mundial siempre que dicho país presente una ventaja comparativa en el sector de I+D, en la medida en la que se reducirá la participación del citado país en el número total de bienes intermedios,<sup>80</sup> incrementando por tanto el *share* del país que presenta desventajas comparativas.

Segundo, y en relación a la aplicación de políticas específicas, concluyen que la imposición de tarifas a la importación o de subsidios a la exportación en el sector de bienes finales tendrá un efecto beneficioso sobre el crecimiento mundial a largo plazo

---

<sup>80</sup> Al incrementar la demanda relativa en el sector de bienes finales, se producirá un trasvase de recursos de capital humano desde el sector de investigación a dicho sector, reduciéndose el número de nuevos diseños y, por tanto, el de nuevos bienes intermedios realizados por el país más eficiente en su producción.

siempre que dichas medidas de política sean aplicadas al país con desventajas comparativas en el sector de I+D.

Y, tercera, y en relación a la aplicación de subsidios al sector de I+D, estos acelerarán el crecimiento si se aplica en ambos países en igual proporción o únicamente al país que presente ventajas comparativas en el sector de I+D.

Por último, Grossman y Helpman analizan la posibilidad de retardos en la difusión de conocimiento, siendo a su vez dicha difusión ligeramente más rápida en el interior de cada país que entre países (debido a la existencia de barreras físicas y culturales). En este caso, a la ventaja comparativa natural se le añade una ventaja adquirida y derivada de la mayor productividad relativa en el sector de I+D fruto de la mayor experiencia acumulada en investigación de un país.<sup>81</sup> En este sentido, los efectos sobre el crecimiento a largo plazo vendrán determinados tanto por el tamaño de cada país como por su demanda. Sin embargo, es importante destacar que en caso de que las diferencias en la velocidad de difusión del conocimiento entre ambos países fuese muy elevada, el comercio internacional podría llevar a que en el estado estacionario toda la investigación en I+D se produjese en un único país, especializándose el otro en el sector manufacturero. De esta forma, la historia determinaría el sistema de comercio a largo plazo y los ratios de crecimiento del *output*. En este caso, tal y como señalan Grossman y Helpman (1991, cap. 8), el gobierno del país con desventaja comparativa podría intervenir vía un subsidio temporal al sector de I+D de su país lo suficientemente importante como para compensar la desventaja inicial en la productividad del sector I+D. En este caso, una política temporal podría permitir el *catch-up* del país retardado y tener efectos permanentes (histéresis política).

Finalmente, cabe destacar que, en todos los casos anteriores se ha asumido que el conocimiento entraba en la producción por medio de dos canales: primero, por medio del nuevo diseño sobre el cual el innovador tenía una total exclusividad gracias a la

---

<sup>81</sup> Así, aquel país que presente inicialmente una mayor demanda relativa en el sector de bienes finales dedicará más recursos a dicho sector en detrimento del sector de investigación, cosa que le llevará a tener un sector de I+D inicialmente más pequeño y, por tanto, un menor conocimiento general acumulado, teniendo una desventaja comparativa adquirida en el sector de I+D.

patente de la que disfrutaba y, segundo, por medio de la contribución de dicho diseño al stock de conocimiento. Sin embargo, tal y como exponen Grossman y Helpman (1991 cap. 11), el primer canal podría también generar difusión de tecnología.<sup>82</sup> Así, en varias ocasiones las firmas de otros países pueden copiar los diseños y procesos que sus rivales han desarrollado. En este sentido, la evidencia empírica muestra como el conocimiento técnico adquirido por un país se extiende más allá de sus propias fronteras, de manera que la tecnología alcanzada por algunos países líderes es imitada o incorporada, a mucho menor coste, por unos países seguidores al comprar los nuevos productos aparecidos. En este sentido, Barro y Sala-i-Martin (1995), tomando como punto de partida el modelo de I+D basado en un incremento en el número de *inputs* intermedios analizado anteriormente suponen la existencia de dos países: el país líder (l), donde se llevan a cabo las invenciones de nuevos productos intermedios, y el país seguidor (s), el cual no invierte recursos en inventar sino en imitar o adaptar los productos descubiertos en el país líder. Asimismo, se asume que, si bien los productos finales serán libremente comercializables entre ambos países, no ocurrirá lo mismo con los *inputs* intermedios, los cuales únicamente podrán ser utilizados por el país seguidor si éste último es capaz de adaptarlos a su propio entorno (*social capability*).<sup>83</sup> Partiendo de estos supuestos, Barro y Sala-i-Martin obtienen la siguiente relación entre las rentas p.c. del país líder y del país seguidor :

$$\frac{y_s}{y_l} = \frac{A_s^{1/1-\alpha} \alpha^{2\alpha/1-\alpha} N_s}{A_l^{1/1-\alpha} \alpha^{2\alpha/1-\alpha} N_l} = \left( \frac{A_s}{A_l} \right)^{1/1-\alpha} \left( \frac{N_s}{N_l} \right) \quad (3.45)$$

donde  $N_l$  y  $N_s$  representan el número de *inputs* intermedios existentes en el país líder y el seguidor respectivamente. A partir de (3.45) se puede observar como el *gap* existente entre ambos países será tanto más importante cuanto mayor sea la productividad del país

<sup>82</sup> En el modelo de crecimiento neoclásico se asume que el progreso tecnológico es un bien público puro el cual presenta una difusión instantánea y generalizada de todas las mejoras a nivel internacional. Por el contrario, en los modelos ahora analizados se considera que la difusión tecnológica es un proceso gradual, obstaculizando en parte el proceso de convergencia.

<sup>83</sup> Según Abramovitz (1986) la capacidad del país seguidor para beneficiarse de la difusión tecnológica (*social capability*) dependerá de factores socioeconómicos como su estructura productiva, el nivel de capital humano, la acumulación de capital, posibilidades de expansión de la demanda, condiciones políticas y financieras, etc, es decir, de su desarrollo socioeconómico y su predisposición para incorporar nuevas técnicas.

líder en comparación con la del seguidor y menor el número de *inputs* intermedios que el país seguidor es capaz de imitar y adaptar a su entorno (se asume que  $N_s \leq N_l$ ). Por otra parte, siempre que  $A_s = A_l$ <sup>84</sup> y  $N_s = N_l$ , ambos países compartirán un mismo nivel de renta p.c..

Asimismo, y tras el proceso de maximización usual de la utilidad de los individuos, obtienen la siguiente relación entre las tasas de crecimiento  $g$  de ambas economías (en términos de consumo, producto y número de productos intermedios,  $N$ ):

$$\frac{g_s}{g_l} = \frac{(1/\sigma) \left[ (L_s/\eta) \left( 1 - \frac{\alpha}{\alpha} \right) A_s^{1/1-\alpha} \alpha^{2/1-\alpha} - \rho \right]}{(1/\sigma) \left[ (L_l/\upsilon) \left( 1 - \frac{\alpha}{\alpha} \right) A_l^{1/1-\alpha} \alpha^{2/1-\alpha} - \rho \right]} \quad (3.46)$$

donde  $\eta$  es el coste de invención de nuevos productos para el país líder y  $\upsilon$  el coste de imitación para el país seguidor. Como se puede observar, y de forma similar a lo ocurrido con los modelos AK, ambas economías crecen a una tasa constante.<sup>85</sup> Asimismo, a partir de la expresión (3.46) es posible concluir que, siempre que se asuma que ambos países presentan una tecnología común ( $A_l = A_s$ ) y un tamaño de la población idéntico ( $L_l = L_s$ ), el país imitador crecerá a una tasa superior al país líder siempre que el país seguidor soporte un coste de imitación de las nuevas tecnologías ( $\upsilon$ ) menor al coste de invención soportado por el país líder. No obstante, en la medida en la que el  $N_s$  no puede exceder del  $N_l$ , ésta mayor tasa de crecimiento del país seguidor podría mantenerse hasta el momento en el que se igualase el número de variedades existente en ambos,<sup>86</sup> compartiendo a partir de entonces una tasa común de crecimiento. En este sentido, es importante destacar que siempre que  $N_s < N_l$ , la expresión (3.46) estaría describiendo un proceso de convergencia entre ambas economías ya que el país seguidor crecería a una tasa superior a la del país líder. Un proceso de convergencia como consecuencia de la existencia de difusión tecnológica, aun cuando el supuesto de

<sup>84</sup> Hecho que implica que el país seguidor sea en realidad líder en términos de esfuerzo innovador (Escot y Galindo, 1997). Esta igualdad podría ser conseguida si se eliminan las trabas a la difusión tecnológica.

<sup>85</sup> Asumiendo que no existe crecimiento de la población.

<sup>86</sup> Suponiéndose, por tanto, que en el momento en el que el país líder innovase, el país seguidor respondería inmediatamente con una imitación del mismo.

rendimientos decrecientes no fuese mantenido ni para la innovación en el caso del país líder ni para la imitación en el caso del país seguidor.

Sin embargo, y en relación a este último aspecto, si bien es posible defender la hipótesis de constancia de rendimientos en la innovación asumiendo que el número potencial de descubrimientos es infinito, no pasa lo mismo en el caso de la imitación de nuevos productos por parte del país seguidor. En este segundo caso, el supuesto de existencia de una relación inversa entre el coste de imitar nuevos productos por parte del país seguidor y el ratio  $N_s/N_l$  parece imponerse.<sup>87</sup> De esta forma, el coste de imitación sería pequeño si el número de ideas no copiadas fuese elevado, pero incrementaría a medida que dicho número decreciese. En este caso, existiría una relación de equilibrio a largo plazo para  $(N_s/N_l)^*$ ,<sup>88</sup> diferente de la unidad, que llevará a una igualación de las tasas de crecimiento del país líder y del seguidor. A partir de aquí, es posible derivar una relación de convergencia entre ambos países:

$$g_s \approx g_l - \mu \ln \left[ \frac{N_s / N_l}{(N_s / N_l)^*} \right] \quad (3.47)$$

o en términos de renta p.c.:

$$g_s \approx g_l - \mu \ln \left[ \frac{y_s / y_l}{(y_s / y_l)^*} \right] \quad (3.48)$$

donde  $\mu$  es un parámetro positivo que representa la velocidad de convergencia. Así, cuanto menor (mayor) sea el ratio  $N_s/N_l$  en (3.47) o  $y_s/y_l$  en (3.48) en comparación con

<sup>87</sup> Dado que como máximo el número de productos a imitar por parte del seguidor no puede exceder del número de productos inventados por el líder, y suponiendo que para un seguidor será más productivo imitar algunos productos en comparación a otros, parece razonable asumir que cuanto mayor sea el número de productos posibles a imitar (mayor *gap* entre  $N_l$  y  $N_s$ ), mayor será el rendimiento derivado de la imitación.

<sup>88</sup> El ratio  $(N_s/N_l)^*$  presenta una relación positiva con el ratio  $(L_s/L_l)$  y  $(A_s/A_l)$  siguiendo la siguiente expresión:

$$\left( \frac{N_s}{N_l} \right)^* = \phi \left[ \eta \frac{L_s}{L_l} \left( \frac{A_s}{A_l} \right)^{1/(1-\alpha)} \right]$$

donde  $\phi$  representa la inversa de la función del coste de imitación en relación al ratio  $(N_s/N_l)$ .

su valor de estado estacionario, más (menos) rápidamente crecerá el país seguidor respecto del país líder (hasta que en el equilibrio a largo plazo las tasas de crecimiento para ambos países se igualen).<sup>89</sup> Asimismo, y dada la relación positiva existente entre el ratio  $(y_s/y_l)^*$  y  $A_s/A_l$  y  $L_s/L_l$ , para unos valores dados de  $g_l$  y de  $(y_s/y_l)$ , el país seguidor crecerá más rápidamente que el país líder, siempre que muestre un nivel de tecnología y una política de gobierno más favorable así como un efecto escala mayor. Finalmente, cuando  $N_s/N_l = (N_s/N_l)^*$ , ambos países crecerán a una misma tasa a largo plazo, aun cuando difieran en sus costes de I+D, en sus niveles de productividad o, incluso, en su comportamiento ahorrador.

Por tanto, es posible concluir que, en el contexto de modelos de crecimiento endógeno con difusión tecnológica, será posible la convergencia entre países líderes<sup>90</sup> y seguidores siempre que el coste de imitación no exceda al coste de innovación.<sup>91</sup> De esta forma, se hace necesaria, desde la óptica de actuación política, tratar de eliminar cualquier traba que pudiera obstaculizar el proceso de *catch-up* tecnológico entre ambos tipos de países.

Asimismo, y aun a pesar de no suponer rendimientos decrecientes del capital o de la innovación, la asunción de rendimientos decrecientes en la imitación posibilitará la existencia de un proceso de convergencia condicional.<sup>92</sup> En este sentido, se observa como la consideración de difusión tecnológica en el modelo básico neoclásico, al imponer la existencia de diferentes progresos tecnológicos entre los países, retrasa el proceso de convergencia condicional obtenida tras suponer rendimientos decrecientes de los factores acumulables. En cambio, la introducción de la difusión tecnológica en los

---

<sup>89</sup> Es decir, cuanto mayor sea la brecha tecnológica inicial entre el líder y el seguidor, mayor será el crecimiento del seguidor en relación al líder ya que, gracias a la difusión tecnológica a nivel internacional, mayores serán las mejoras que potencialmente podrán ser introducidas en el proceso productivo del país seguidor.

<sup>90</sup> Para un análisis detallado del modelo de imitación y de los incentivos de los países líderes a invertir, ver Grossman y Helpman (1991, cap. 11 y 12).

<sup>91</sup> Ver Barro y Sala-i-Martin (1995) para un análisis detallado de los efectos de la inversión extranjera así como de los efectos positivos de los derechos de propiedad intelectual internacionales sobre las tasas de crecimiento a largo plazo de los países líderes y seguidores.

<sup>92</sup> Será condicional en la medida en la que no existirá un mismo nivel de renta de equilibrio a largo plazo para ambos países y la convergencia dependerá de las políticas gubernamentales y demás variables influyentes en el ratio de rendimiento del país seguidor.



modelos de crecimiento endógeno abren la puerta hacia una posible convergencia condicional, aún tras asumir rendimientos no decrecientes de los factores acumulables.<sup>93</sup> Por último, cabe destacar que el sistema de invención en un país líder e imitación por parte de un país seguidor (modelo Norte y Sur según Grossman y Helpman, 1993) da lugar a la aparición del denominado ciclo de producto internacional. Esto es, los nuevos productos que inicialmente fueron innovados en los países líderes donde se desarrolla la I+D, posteriormente serán producidos en los países menos avanzados y, finalmente, la producción de los mismos se llevará a cabo en aquellos países con menos costes salariales. De esta forma, el comercio de bienes manufacturados estará basado en el intercambio de aquellos productos más novedosos producidos en las economías líderes y aquellos bienes más tradicionales producidos ahora en los países seguidores (en este caso, el comercio internacional llevará a un crecimiento de la economía mundial más rápido).

### 3.5 Convergencia: definición y vías de contrastación

Una vez realizado un breve repaso a los diferentes modelos de crecimiento, en el presente apartado pasamos a centrarnos en el concepto de convergencia. En concreto, en primer lugar analizaremos los diferentes conceptos de convergencia existentes: convergencia *cross-section*, convergencia estocástica y convergencia en sentido de movilidad, para posteriormente discutir con mayor detalle el primero de los conceptos mencionados.

#### 3.5.1 Conceptos de convergencia

Son básicamente tres las aproximaciones existentes al concepto de convergencia: la convergencia *cross-section*, la convergencia en sentido estocástico y la convergencia en términos de movilidad.

---

<sup>93</sup> De la Fuente (1995) desarrolla un modelo de difusión tecnológica similar al modelo de Barro y Sala-i-Martin (1995) donde condiciona la estabilidad del *gap* en términos de renta p.c. entre el país líder y el seguidor a la existencia de rendimientos decrecientes del factor acumulable y a la existencia de difusión tecnológica entre dichos países. A su vez, Tamura (1991) también introduce la posibilidad de convergencia aun bajo el supuesto de crecimiento endógeno.

La convergencia *cross-section* se centra básicamente en la dinámica de transición de una economía hacia el equilibrio. En concreto, se entenderá que existe convergencia cuando se estrechan las diferencias iniciales en el nivel de ingresos a lo largo de un horizonte temporal. En este sentido, dicha reducción de las diferencias es compatible con los conceptos, bautizados por Sala-i-Martin (1990), de sigma y beta convergencia. En relación al primer concepto mencionado, existirá  $\sigma$ -convergencia siempre que la dispersión, por ejemplo en términos de renta p.c., decrezca con el tiempo.<sup>94</sup> Por otra parte, existirá  $\beta$ -convergencia siempre que los países pobres crezcan más rápidamente que los países ricos, de manera que finalmente los primeros puedan alcanzar a éstos últimos (*catch-up*).<sup>95</sup> En este sentido, ambas interpretaciones de convergencia están ligadas con las trayectorias predichas para el *output* por la teoría de crecimiento neoclásica. Así, la hipótesis de  $\beta$ -convergencia implica que las economías que partían de stocks de capital inferiores mostrarán una mayor acumulación de dicho factor en comparación a la media y crecerán más rápidamente, al contrario de lo que ocurrirá con las economías ricas que partían de stocks de capital superiores. En cambio, la  $\sigma$ -convergencia predice que la varianza en los ingresos entre las diferentes economías se reducirá durante el período de transición hacia el estado estacionario (de manera que, cuando los niveles de equilibrio a largo plazo hayan sido alcanzados, serían de esperar idénticas tasas de crecimiento entre las economías).

Por otra parte, entenderemos que existe convergencia en sentido estocástico siempre que las diferencias entre economías en el nivel de renta no presenten una componente tendencial, de manera que las desviaciones desde idénticas tendencias a largo plazo entre economías serán únicamente transitorias (Quah, 1990; Bernard, 1991; Bernard y Durlauf, 1991, 1995 y 1996; Evans y Karras, 1996a, b). En este caso, las técnicas básicas de contrastación de dicha hipótesis están basadas en el análisis de la integrabilidad y la cointegración de series temporales.<sup>96</sup>

---

<sup>94</sup> Una definición de convergencia entendida como reducción de la dispersión de rentas puede encontrarse en Barro (1984), Baumol (1986) o en Barro y Sala-i-Martin (1991, 1992a, 1992b) entre otros.

<sup>95</sup> La idea de *catch-up* entre países pobres y ricos puede encontrarse en Barro (1984, 1991) o Barro y Sala-i-Martin (1991, 1992a, 1992b).

<sup>96</sup> Descendiendo a un ámbito regional, existirá convergencia en renta p.c. siempre que los shocks regionales-específicos (fruto de shocks tecnológicos localizados) no sean permanentes, es decir, siempre que la desviación en los ingresos p.c. de una región relativos a los ingresos a nivel nacional sigan un

Por último, el tercer tipo de convergencia surge del análisis de la movilidad en el seno de la distribución de la renta de las diferentes economías en diferentes momentos del tiempo, estudiando los cambios producidos en la posición de dichas economías en los niveles de renta (Quah, 1993; Bernard y Durlauf, 1996). Así, tras un análisis basado en el estudio de matrices de transición y en la aplicación de cadenas de Markov, diremos que existe convergencia siempre que se produzcan cambios en la posición de las economías que lleven a la existencia de un número superior de economías con un nivel de renta común.

Teniendo todo ello en cuenta, en el siguiente apartado nos centraremos básicamente en el primer concepto de convergencia analizado, en concreto, en la hipótesis de  $\beta$ -convergencia y en su utilización como una vía para la contrastación de la bondad del modelo de Solow-Swan *versus* los nuevos modelos de crecimiento endógeno. En este sentido, hemos preferido analizar con más detalle el primer concepto de convergencia por encontrarse éste más próximo al enfoque seguido en el capítulo 5 de la presente tesis.

### 3.5.2 La hipótesis de $\beta$ -convergencia

Centrándonos específicamente en la hipótesis de convergencia *cross-section*, en los apartados anteriores se ha podido observar como los diferentes supuestos de partida sostenidos por los modelos de crecimiento analizados arrojaban consecuencias opuestas en términos de convergencia (entendida ésta como *catch-up*). Así, del supuesto de rendimientos decrecientes existente en el modelo neoclásico, con o sin progreso técnico exógeno, se derivaba un mayor crecimiento de los países pobres en comparación a los países ricos (dado el mayor rendimiento de sus factores acumulables). De esta forma, se produciría una reducción paulatina de las disparidades a nivel internacional, alcanzando finalmente los países pobres a los más ricos. Asimismo, siempre que todos los países

---

proceso estacionario estocástico de media no cero. No obstante, Carlino y Mills (1993) consideran necesario que se den ambos tipos de convergencia, esto es, que los shocks específicos regionales sean únicamente temporales (convergencia en series temporales) y que regiones más pobres crezcan más rápidamente en comparación a las ricas, reduciendo el *gap* inicial (convergencia en muestras *cross-section*).

presentasen una tecnología y unas preferencias similares, las economías convergerían a largo plazo a un mismo nivel estacionario de renta.

Por el contrario, la hipótesis de rendimientos constantes o crecientes de los factores acumulables sostenida por los modelos de crecimiento endógeno auguraban un futuro diferente. Así, la existencia de rendimientos constantes del capital presente en los modelos AK, que posibilita un crecimiento constante y positivo a largo plazo con y sin progreso técnico, conducía inexorablemente al mantenimiento del *gap* en términos de renta p.c. a nivel internacional y a la inexistencia de convergencia a largo plazo. Por otra parte, el supuesto de rendimientos crecientes (debido, entre otras causas, a la existencia de externalidades del capital físico o humano) llevaba a que la inversión fuese sobradamente más rentable en los países ricos (al disfrutar éstos de un mayor stock de capital acumulado), conduciendo a un mayor crecimiento de éstos últimos y, por tanto, a una ampliación continuada del *gap* inicial a nivel internacional. Únicamente, la posibilidad de difusión tecnológica a nivel internacional introducida en algunos modelos de crecimiento endógeno abrieron la puerta a un posible *catch-up* tecnológico.

Llegado este punto, surge una pregunta inmediata, ¿cuál de los modelos analizados anteriormente explica mejor la realidad económica? Tal y como señalan Barro y Sala-i-Martin (1995), la contrastación de la existencia o ausencia de  $\beta$ -convergencia se revela como una vía útil para testar la capacidad descriptiva del modelo neoclásico *versus* los modelos de crecimiento endógeno.<sup>97</sup>

En este sentido, como expusimos anteriormente, existirá  $\beta$ -convergencia siempre que los países pobres crezcan más rápidamente que los países ricos, de manera que finalmente los primeros puedan alcanzar a éstos últimos (*catch-up*). En este caso, para contrastar la hipótesis de  $\beta$ -convergencia basta con regresar la tasa de crecimiento de la renta p.c. durante un período T de un grupo de países (regiones) respecto a su nivel de renta p.c. inicial y estudiar el signo de la correlación parcial entre ambas variables. En

---

<sup>97</sup> Ver Kelly (1992) como una crítica a dicha suposición. En este sentido, Kelly muestra como la evidencia de convergencia no puede ser tomada como evidencia en contra de los modelos de crecimiento endógeno.

concreto, y para una muestra de  $N$  economías, el signo de dicha correlación es contrastado a partir de la denominada ecuación de convergencia,<sup>98</sup> la cual tiene la expresión siguiente:

$$\frac{1}{T} \ln \left( \frac{y_{it}}{y_{i0}} \right) = a - \left( \frac{1 - e^{-\beta T}}{T} \right) \ln y_{i0} + u_{it} \quad (3.49)$$

donde el parámetro  $a$ , que representa el estado estacionario de la economía, es igual a  $a = g_A + \left( \frac{1 - e^{-\beta T}}{T} \right) \ln y^*$ , siendo  $g_A$  la tasa de progreso técnico exógena,  $\ln y^*$  el logaritmo del nivel de renta de equilibrio a largo plazo y  $\beta$  un parámetro que refleja la velocidad de convergencia hacia el nivel estacionario de renta.<sup>99</sup> En relación a este último parámetro, es preciso destacar que el proceso a partir del cual es obtenida la ecuación de convergencia permite expresar la velocidad de convergencia en función de determinados parámetros estructurales de la función de producción agregada. En concreto, podemos obtener una relación general entre  $\beta$  y el resto de parámetros de la función de producción como la siguiente:

$$\beta = (1 - \alpha - \varphi - \gamma)(n + g_A + d) \quad (3.50)$$

donde  $\alpha$  y  $\varphi$  reflejan los rendimientos del capital físico y humano respectivamente,  $\gamma$  un parámetro que incorpora la existencia de externalidades del factor capital,  $n$  la tasa de crecimiento de la población,  $g_A$  la tasa de progreso técnico antes citada y  $d$  la tasa de depreciación del capital. En concreto, la expresión (3.50) variará en función del modelo de crecimiento de partida. Así, por ejemplo, en el modelo neoclásico básico tendremos que  $\varphi = \gamma = 0$  mientras que en el modelo de Solow ampliado únicamente  $\gamma$  será igual a 0.

<sup>98</sup> Obtenida tras un proceso de log-linealización de la función de producción definida en un modelo de crecimiento (ver Mankiw, Romer y Weil, 1992; Barro y Sala-i-Martin, 1995).

<sup>99</sup> El término de perturbación que aparece en la ecuación (3.49) recoge las disparidades en renta debidas a perturbaciones transitorias (por ejemplo, como consecuencia de shocks sectoriales) o a cambios inesperados en la función de producción o en las preferencias.

A partir de la ecuación (3.49) se puede observar como un valor positivo de  $\beta$  indicará que aquellos países que partían de niveles de renta p.c. inicialmente más bajos crecerán más rápidamente que las economías ricas, validando así el modelo neoclásico (el cual sostenía dicha relación negativa entre tasas de crecimiento y nivel inicial de renta).<sup>100</sup> Por el contrario, un valor de  $\beta$  igual a 0 (por ejemplo, cuando  $\alpha=1$  en el modelo AK) o negativo negaría la existencia de convergencia en términos de *catch-up* entre países pobres y ricos, favoreciendo con ello a los modelos de crecimiento endógeno.<sup>101</sup>

Por otra parte, cabe destacar que en función del valor otorgado a la constante  $a$  es posible definir dos tipos específicos de  $\beta$ -convergencia: convergencia absoluta y convergencia condicional. Así, diremos que existe convergencia absoluta cuando el valor de  $a$  se considera idéntico para todas las economías de manera que todas ellas convergerán hacia un mismo estado estacionario (siempre que  $\beta > 0$ ). Por el contrario, existirá convergencia condicional cuando se permitan estados estacionarios diferentes (como consecuencia de diferencias fundamentales entre las economías analizadas) de forma que cada economía convergerá hacia su propio nivel de equilibrio a largo plazo (si  $\beta > 0$ ). En este caso, será necesario introducir de forma explícita las diferencias entre economías por medio de la inclusión de determinadas variables control.

Cabe notar que la distinción realizada entre convergencia absoluta y condicional tiene importantes implicaciones en términos de política económica, especialmente cuando el análisis se centra en regiones pertenecientes a un mismo país. Así, el supuesto de convergencia absoluta otorga al gobierno un papel meramente contra-cíclico, útil para aliviar los posibles *shocks* transitorios que pudieran alejar a una economía de la senda hacia un único equilibrio a largo plazo. En cambio, en caso de que existiesen diferencias fundamentales entre las regiones de un país que llevasen a diferentes niveles de equilibrio a largo plazo entre ellas, las políticas económicas regionales cobrarían mayor

---

<sup>100</sup> La existencia de  $\beta$ -convergencia es una condición necesaria pero no suficiente para asegurar la existencia de  $\sigma$ -convergencia.

<sup>101</sup> En este caso, el nivel de renta p.c. que está asociada a una tasa de crecimiento a largo plazo nula no reflejará el nivel de renta estacionario sino, en su lugar, un umbral mínimo de renta a partir del cual el crecimiento seguirá una senda explosiva.

sentido, siendo necesarias medidas de política activa con tal de reducir el *gap* en términos de renta p.c. existente.

### 3.6 Evidencia empírica: convergencia en Europa y España

Llegado este punto, en los apartados siguientes se llevará a cabo una somera revisión de la evidencia empírica básica existente en términos de convergencia y crecimiento, poniendo especial énfasis en los dos ámbitos que serán los protagonistas de los capítulos siguientes de la presente tesis: las regiones europeas y españolas.<sup>102</sup>

#### 3.6.1 Evolución de las disparidades

Tal y como exponen Barro y Sala-i-Martin (1995), la publicación durante los años ochenta de una enorme base de datos construida por Summers y Heston (1991) y, que suministraba información del nivel de producción para más de 130 países de todo el mundo, ofreció la posibilidad de analizar la evolución de las disparidades en el nivel de renta para diferentes submuestras de países. En concreto, Barro y Sala-i-Martin (1991) analizan la evolución temporal de la dispersión de la renta p.c. para una muestra formada por 114 países, encontrando evidencia en contra de la hipótesis de  $\sigma$ -convergencia dado el incremento en la desviación típica del logaritmo de la renta p.c. habido durante el período comprendido entre 1960-1985.

Descendiendo ya a un nivel regional, Barro y Sala-i-Martin repiten el análisis para el caso concreto de 48 estados de EE.UU. (período 1880-1980) y para 47 prefecturas japonesas (1955-1990), observando en ambos casos una reducción muy significativa de las disparidades hasta mediados de la década de los setenta, manteniéndose o incluso incrementando dichas disparidades posteriormente.

Por otra parte, y en relación a las regiones europeas, han sido muchos los trabajos que han analizado la evolución de las disparidades en el seno de la UE, especialmente con el

---

<sup>102</sup> Ver Durlauf y Quah (1998) para una revisión crítica de la evidencia empírica más reciente sobre crecimiento y convergencia en general.

objetivo de estudiar las consecuencias sobre los diferenciales de renta de la integración económica habida. Entre los principales resultados obtenidos en relación al nivel de desigualdad interregional, cabe destacar que, según Esteban (1994), al final de la década de los ochenta dicho nivel era netamente inferior al detectado en otras grandes áreas políticas y económicas (América Latina y el Caribe, África Sub-Sahariana, Norte de África y Asia, Este de Asia y el Pacífico). Sin embargo, tal y como apuntan Suárez-Villa y Cuadrado (1993) y Esteban (1994), si comparamos estos resultados con los obtenidos para EE.UU. o Canadá, la situación es diametralmente opuesta (presencia de un mayor grado de desigualdad en Europa tanto si comparamos la dispersión de los 48 Estados de EE.UU. con la presente en el interior de cada estado miembro de la UE o con el total de las regiones europeas).<sup>103</sup>

Desde un punto de vista dinámico, se ha observado una clara reducción de las desigualdades a nivel europeo desde la década de los cincuenta hasta mediados de los setenta, estancándose o incluso incrementando seguidamente tras la crisis económica (Cuadrado, 1991 o Armstrong, 1995, entre otros), mostrando desde entonces una convergencia inferior a la detectada para los países de la OCDE (Andrés y Doménech, 1995). No obstante, como señalan Emerson (1990) o Neven y Gouyette (1994), las disparidades existentes parecen estabilizarse desde mediados de los ochenta hasta principios de los noventa, si bien en algunos países europeos como Italia, Francia o España las disparidades regionales han aumentado ligeramente (Cuadrado 1994). En este sentido, tal y como apuntan Suárez-Villa y Cuadrado (1993), la migración interregional constituyó durante la década de los sesenta y principios de los setenta un factor decisivo de igualación de rentas y de disminución de las disparidades. Sin embargo, la disminución de los flujos migratorios entre los estados miembros e, incluso, en el interior de los mismos, contribuyó junto a la crisis económica a frenar o invertir la reducción de las disparidades interregionales durante la última década.

---

<sup>103</sup> Esteban (1994) obtiene que más de dos terceras partes de la desigualdad interregional en el seno de la UE es explicada por diferencias en productividad por persona ocupada (debido a diferencias no en la composición sectorial de las regiones sino en los niveles de productividad detectados de forma uniforme en todos los sectores de cada región). Las diferencias en la tasa de actividad y en la tasa de paro únicamente explican menos de un tercio de la desigualdad total observada.



No obstante, la dinámica observada durante la década de los ochenta esconde un comportamiento diferente en función de si se analiza la desigualdad a nivel de países (desigualdad externa) o de regiones (desigualdad interna).<sup>104</sup> Así, si bien la desigualdad externa disminuyó durante la década de los ochenta, la desigualdad interna presente a nivel regional incrementó durante ese mismo período (Esteban, 1994). De estos resultados se podría derivar la conclusión de que únicamente las regiones más ricas de los países pobres se han beneficiado de la intensificación del proceso de integración europeo, explicando así el incremento detectado en la desigualdad interna pero no en la externa (este hecho se ha producido en especial en Alemania, Francia, Italia, Reino Unido y España). Por otra parte, López-Bazo *et al* (1997), a partir del estudio de una función rango-tamaño expandida, obtienen que las principales protagonistas de la disminución de la desigualdad observada en producto p.c. hasta mediados de los ochenta serían básicamente las regiones más pobres, mientras que las regiones mejor y peor situadas habrían participado en igual proporción en el ligero repunte observado a finales de los ochenta y principios de los noventa.

No obstante, y atenuando así la visión no excesivamente optimista que podría derivarse de la intensificación de la desigualdad interna, Andrés y Doménech (1995) detectaron un proceso de acercamiento continuo a nivel regional en términos de tasas de ahorro, de acumulación de capital humano, de crecimiento de la población y de gastos en I+D. Este hecho es interesante en la medida en que dichas variables influyen en el estado estacionario de las diferentes regiones por lo que, si asumimos que cada región converge finalmente a su estado estacionario, podríamos pensar en un acercamiento a largo plazo de los valores reales de dichas economías.

Descendiendo a un nivel provincial español, destacarían los estudios de Dolado *et al* (1994), Mas *et al* (1994a, 1995b) o Cuadrado y García Greciano (1995) a partir de los cuales se detecta un proceso de reducción de las disparidades en renta p.c.<sup>105</sup> de forma

---

<sup>104</sup> La desigualdad interna es obtenida igualando la renta p.c. de los diversos países pero manteniendo constante la estructura interna de las rentas regionales relativas. La desigualdad externa es obtenida, en cambio, tras eliminar completamente las diferencias interregionales en el seno de cada estado y mantener únicamente las diferencias entre las rentas p.c. nacionales. Esta información es posible obtenerla a partir de la descomposición del índice de Theil.

<sup>105</sup> Ver Cuadrado *et al* (1998) para un estudio minucioso de la convergencia regional en España.

importante y continuada desde la segunda mitad de los cincuenta hasta finales de los setenta, actuando de forma contraria en la última década (si bien, Mas *et al*, 1994a, detectan a nivel de CC.AA. un estancamiento de la desigualdad en contraposición al repunte observado a nivel provincial<sup>106</sup>). Al igual que en el caso europeo, tal y como apuntan Raymond y García Greciano (1996), la convergencia detectada hasta finales de los setenta se debió fundamentalmente a la divergencia observada en la distribución de la población fruto de los movimientos migratorios existentes durante dicho período. Sin embargo, el agotamiento de éstos últimos a partir de 1979 frenaría la convergencia anterior. Por otra parte cabe destacar que, según Pérez *et al* (1996), la tasa de crecimiento del producto p.c. en España ha sido semejante a la europea lo que revela, por una parte, un éxito para el crecimiento español pero, por otra, la evidencia de la dificultad de reducir distancias con las economías europeas (por el contrario, en productividad aparente del trabajo, la economía española se encuentra muy cercana a la media europea).

Por otra parte, otros trabajos se han centrado no tanto en el análisis del grado de dispersión o desigualdad existente en la distribución sino en el grado de fraccionamiento o polarización presente en la misma, es decir, en la posible existencia de grupos homogéneos entre sí pero ampliamente alejados, formando polos opuestos sin posiciones intermedias destacables. Este concepto se revela de vital importancia en la medida en la que la percepción a través de los índices habituales de una reducción de la desigualdad puede ser compatible con un incremento importante del grado de polarización (así, una mayor convergencia entre, por una parte, las regiones ricas entre sí y, por la otra, las pobres entre sí, llevaría a una disminución global de la dispersión pero a un incremento dramático del fraccionamiento en la distribución de la renta y, en consecuencia, a una persistencia importante de una distribución desigual de la misma). En relación a la dinámica seguida por la polarización, el cálculo de los índices de polarización propuestos por Esteban y Ray (1994) corroboran la idea apuntada anteriormente en torno a un diferente comportamiento a nivel de regiones y de países de la UE (reducción de la polarización entre países europeos durante la década de los

---

<sup>106</sup> Este hecho podría ser explicado como consecuencia de la compensación existente a nivel regional de las importantes diferencias presentes a nivel provincial.

ochenta e incremento de la misma en el caso de las regiones). En concreto, Portugal muestra un muy destacable grado de fraccionamiento interno en la distribución de su renta, seguido por Italia, Reino Unido, España, Francia y Bélgica. A nivel español, el estudio de los índices de polarización antes citados muestra una reducción de la polarización simultánea a la observada en la desigualdad hasta finales de la década de los setenta, estabilizándose posteriormente (Esteban, 1994).

### 3.6.2 $\beta$ -convergencia

Utilizando nuevamente la base de datos de Summers y Heston, Barro y Sala-i-Martin (1991) analizan la hipótesis de  $\beta$ -convergencia para una muestra formada por 114 países de todo el mundo, rechazando una relación negativa significativa entre la tasa de crecimiento y el nivel inicial de renta. En principio, este resultado, junto a la inexistencia de  $\sigma$  convergencia, podría ser tomado como evidencia en contra del modelo neoclásico básico y, por tanto, en favor de los modelos de crecimiento endógeno. Sin embargo, Dowrick y Nguyen (1989), Sala-i-Martin (1990), Barro (1991), Barro y Sala-i-Martin (1991, 1992a, 1992b) y Mankiw, Romer y Weil (1992) trataron de demostrar que la no existencia de tal *catch-up* entre países pobres y ricos no invalidaba automáticamente las predicciones del modelo neoclásico. Así, y atendiendo a la distinción realizada anteriormente entre convergencia absoluta y condicionada, el resultado obtenido únicamente estaba mostrando la inexistencia de un nivel de equilibrio a largo plazo común para todos los países como consecuencia de la presencia de diferencias fundamentales entre ellos en relación a su nivel de tecnología y/o sus preferencias. Es decir, estaban mostrando la inexistencia de convergencia absoluta.

Sin embargo, el modelo neoclásico podía todavía ser sostenido si se aceptaba la existencia de convergencia condicionada. En este caso, la solución pasaría por condicionar los datos de dos formas posibles. Primero, manteniéndonos en el análisis por países, se trataría de volver a contrastar la hipótesis de convergencia pero esta vez condicionando la regresión inicial por medio de variables control que actuarían como *proxies* del estado estacionario, recogiendo así las diferencias fundamentales entre los países. Es importante destacar que en caso de que dichas variables control fuesen

significativas, la estimación de  $\beta$  en (3.49) estaría sesgada a cero (siempre que dichas variables estuvieran correlacionadas con las incluidas en la regresión). La segunda opción se reduciría a estimar la ecuación de convergencia pero esta vez delimitando la muestra a economías similares como, por ejemplo, regiones de un mismo país, sin evidentes diferencias *a priori* en sus niveles de equilibrio a largo plazo.

En relación a la primer vía de condicionamiento de los datos, se observa como de forma generalizada tanto en los trabajos de Sala-i-Martin, de Barro y Sala-i-Martin como de otros autores como Mankiw, Romer y Weil, el resultado para diferentes submuestras de países es similar: existencia de convergencia condicional ( $\beta > 0$ ) en todos los casos tras condicionar el estado estacionario de cada país, aproximándose a su vez cada economía hacia su propio nivel estacionario de renta a una velocidad en torno al 2%.<sup>107</sup> Entre los principales resultados obtenidos en relación a las variables control incluidas cabría destacar que aquellos países que mostrasen unas mayores tasas de inversión en capital físico, humano y tecnológico, menores tasas de crecimiento de población, menor peso del gobierno (en términos de menor consumo público),<sup>108</sup> menor inestabilidad política y mayor grado de apertura al exterior, tendrían niveles estacionarios de renta más elevados y mayores tasas de crecimiento. En relación a esta última variable (grado de apertura al exterior), y como vimos en el capítulo 2, diversos trabajos han analizado el vínculo entre comercio y crecimiento. Así, Coe y Helpman (1995) ven en el comercio un vehículo para la transmisión de tecnología a nivel internacional, contrastando que la productividad total de los factores de un país depende no tan solo de su propio stock de capital en I+D sino también del presente en aquellos otros países que son sus socios comerciales. Asimismo, Coe y Helpman muestran que cuanto más abierto esté un país al comercio internacional mayor será la difusión tecnológica y mayores sus efectos positivos sobre la productividad total de sus factores, mostrando por tanto los países pequeños una mayor elasticidad de su productividad al capital en I+D de sus socios comerciales.

---

<sup>107</sup> Ver Barro y Sala-i-Martin (1995) para un análisis exhaustivo de las variables condicionantes habitualmente utilizadas, así como de su significación y efectos sobre el estado estacionario de los países.

<sup>108</sup> En este sentido, la no significación de determinadas variables de gasto público y la relación negativa de otras con las tasas de crecimiento reflejarían, según Barro y Sala-i-Martin, la incapacidad e ineficiencia del gobierno para activar el crecimiento a largo plazo de los países.

Respecto al segundo tipo de condicionamiento, los resultados obtenidos para el caso regional difieren en parte de los obtenidos a nivel de países. Así, cuando se contrasta la hipótesis de convergencia para diferentes submuestras como los estados de EE.UU. o las prefecturas japonesas, se obtiene evidencia a favor de la existencia de  $\beta$ -convergencia absoluta<sup>109</sup> y cercana también al 2% (ver Barro y Sala-i-Martin, 1991).

Similares resultados obtiene Sala-i-Martin (1994) para el caso concreto de las regiones europeas, utilizando tanto una muestra *cross-section*, formada por 90 regiones de ocho países europeos, como un panel de datos para el período 1950-1990. Este resultado confirmaría que aquellas regiones europeas que partían de niveles inferiores de renta han crecido más rápidamente, acercándose así, aunque lentamente, hacia un nivel de equilibrio a largo plazo común para todas ellas (este resultado coincidiría con el obtenido en términos de  $\sigma$ -convergencia).

Por otra parte, Neven y Gouyette (1994) analizan por separado la evolución en términos de convergencia de las regiones ricas del Norte de la UE y de las pobres del Sur. En este caso, obtienen una mayor convergencia entre las regiones del Sur entre sí durante la primera mitad de la década de los ochenta, observándose un comportamiento inverso durante la segunda mitad. Este hecho evidencia la importante asimetría presente entre los shocks en el centro y en la periferia europea así como las diferencias en las respuestas regionales en el interior de los países más pobres, los cuales muestran un grado de heterogeneidad netamente superior al observado en los países del Norte.

Un análisis exhaustivo de la hipótesis de  $\beta$ -convergencia en el caso de las regiones españolas puede encontrarse en Dolado *et al* (1994), Raymond y García Greciano (1994), Mas *et al* (1994a, 1995b), Cuadrado y García Greciano (1995), Raymond (1995), de la Fuente (1996a) o Sala-i-Martin (1996). Entre los principales resultados detectados cabe destacar la existencia de convergencia absoluta tanto a nivel de CC.AA.

---

<sup>109</sup>A nivel regional es habitual incluir variables supraregionales y sectoriales con tal de controlar posibles shocks específicos que pudiesen afectar al crecimiento a corto plazo, sin ser éstas consideradas como variables determinantes del estado estacionario (Barro y Sala-i-Martin, 1995).

como de provincias, durante el período comprendido entre 1955 hasta principios de los noventa (mayor velocidad en el caso de las CC.AA.), si bien la convergencia fue claramente mucho más intensa hasta finales de los setenta. Asimismo, y tras condicionar la ecuación de convergencia, se ha encontrado que aquellas regiones menos periféricas en relación al resto de Europa, con menor importancia del sector agrícola en su estructura productiva y mayor dotación inicial de capital público (básicamente productivo, no social) han mostrado un crecimiento relativo superior en términos de producto p.c. (Mas *et al*, 1994a, 1995b). Por otra parte, Dolado *et al* (1994) muestran la relevancia de variables supraregionales, de la tasa de ahorro-inversión en capital físico y de las migraciones como determinantes del estado estacionario de las provincias españolas, al contrario de lo ocurrido con el capital humano y con el capital público productivo.<sup>110</sup>

Por otra parte, cabe destacar el diferente comportamiento mostrado por la productividad laboral en comparación con el producto p.c. Así, Andrés y Doménech (1995) a nivel europeo y Mas *et al* (1994a, 1995b) y Cuadrado y García Greciano (1995) a nivel español observan una mayor convergencia en productividad motivada por un incremento importante en la disparidad regional de la tasa de desempleo desde mediados de la década de los setenta (claramente superior a la mostrada por el resto de los países de la OCDE).<sup>111</sup> En este sentido, López-Bazo y Del Barrio (1996) observan como, si bien el nivel de desigualdad en la distribución del ratio de empleo regional en las provincias españolas era insignificante durante la segunda mitad de la década de los sesenta, a partir de principios de los setenta se produce un incremento notable de las disparidades en dicha variable, disminuyendo posteriormente durante la segunda mitad de los ochenta (respuesta cíclica significativa del desempleo). Asimismo, dichos autores detectan, a partir del cálculo del índice de Atkinson con una elevada aversión a los niveles de desempleo críticos, como el incremento de las disparidades no se detiene

---

<sup>110</sup> Si bien de forma generalizada se obtiene un valor de  $\beta$  cercano al 2% en la ecuación de convergencia absoluta, dicho valor incrementa ligeramente cuando se introducen determinadas variables condicionantes.

<sup>111</sup> No obstante, en este sentido es necesario resaltar, como apunta Esteban (1994), que la componente más importante que explica la desviación de la renta p.c. es la correspondiente a la dispersión en productividad a nivel europeo, si bien el peso del paro ha incrementado de forma importante en Italia y España (en especial, en Andalucía y Extremadura).

durante la segunda mitad de los ochenta sino que continua hasta el final del período, resultado que les lleva a concluir en la mayor contribución de las provincias con niveles de empleo relativos bajos a la hora de explicar la heterogeneidad mostrada en dicha variable.

Un factor importante que podría explicar el comportamiento mostrado por la tasa de desempleo sería el escaso papel que la movilidad interregional presenta como agente equilibrador de posibles shocks asimétricos, a diferencia de lo que ocurre en el caso de Estados Unidos según los estudios de Blanchard y Katz (1992). En este sentido, estos últimos autores detectan como en EE.UU. los shocks de empleo asimétricos provocan efectos permanentes en el mismo pero meramente transitorios en los salarios y en el desempleo como consecuencia del mecanismo de ajuste basado en la respuesta inmediata de los trabajadores y firmas a dichos shocks. Una situación totalmente diferente es encontrada por Jimeno y Bentolila (1995) en la UE y, en especial, en España (siendo ésta una de las causas que explicarían el elevado y persistente nivel de disparidades presentes en la tasa de desempleo entre los países de la UE y las provincias españolas).

### 3.6.3 La hipótesis de $\beta$ -convergencia sometida a examen: ¿qué hay detrás del 2%?

En definitiva, tras los resultados obtenidos cabría concluir en la existencia de dos regularidades empíricas en las muestras analizadas: primero, la existencia de convergencia condicional a nivel de países y absoluta a nivel de regiones; y, segundo, la existencia de una velocidad de convergencia similar en todas ellas y en torno a un lento 2% anual. Ambos resultados estarían por tanto confirmando las predicciones del modelo neoclásico básico y, por tanto, el supuesto de rendimientos decrecientes del factor capital, rebatiendo con ello a aquéllos que durante la década de los ochenta negaban la validez del mismo en favor de los modelos de crecimiento endógeno. Asimismo, cabe decir que según Barro y Sala-i-Martin, dichos resultados vendrían a mostrar la no necesidad y la ineficiencia de las políticas de gobierno en la medida en que, primero, fuese cual fuese la política seguida por los países analizados, todos ellos mostraban una misma velocidad de convergencia y, segundo, porque dada la convergencia absoluta a

nivel regional, las desigualdades tenderían a desaparecer automáticamente en el largo plazo.<sup>112</sup>

Sin embargo, tras observar el bajo valor de  $\beta$  surge una pregunta inmediata, ¿cómo explicar una velocidad de convergencia tan lenta? Para responder a esta cuestión deberíamos remitirnos a la expresión (3.50). En este caso, y en el marco del modelo básico de Solow, un valor de  $\beta$  igual al 2% se encontraría asociado con un valor de  $\alpha$  cercano al 0.7,<sup>113</sup> netamente superior al que cabría esperar bajo el supuesto de competencia perfecta.<sup>114</sup> Dos fueron las respuestas posibles a este hecho, las cuales pasarían por cuestionar la nulidad de los parámetros  $\varphi$  y  $\gamma$  de la expresión (3.50). Por una parte, y siguiendo a Romer (1987), se consideró la posibilidad de la existencia de externalidades asociadas al factor capital, de manera que  $\gamma$  sería positivo. Este hecho llevaría a que ahora  $\alpha+\gamma=0.7$ , convirtiendo los rendimientos del capital en casi constantes y ralentizando, por tanto, la convergencia hacia el estado estacionario. Por el contrario, Barro (1991), Barro y Sala-i-Martin (1991, 1992a, 1992b) y Mankiw, Romer y Weil (1992), tal y como se comentó anteriormente, consideraron la necesidad de incorporar un concepto de capital más amplio que incorporara capital humano, de manera que ahora, la velocidad de convergencia del 2% estaría asociada a unos rendimientos del capital físico y humano  $\alpha+\varphi$  igual a 0.7 (suponiendo que  $\varphi$  estuviese cercano al 0.4).

No obstante, a pesar de las dos posibilidades apuntadas que podrían explicar la lenta velocidad de convergencia detectada, han sido diversas las críticas vertidas en torno a la hipótesis de  $\beta$  convergencia aplicada a una muestra *cross-section*.

En primer lugar, y en relación a la convergencia condicional detectada entre países, Levine y Renelt (1992) cuestionan la robustez de las variables control utilizadas en

---

<sup>112</sup> En relación a este aspecto, de la Fuente y Vives (1995) consideran que la lenta convergencia detectada no implica que necesariamente la política regional sea inefectiva sino que no ha tenido la suficiente intensidad como para acelerar el proceso de crecimiento.

<sup>113</sup> Imponiéndose los supuestos habituales de  $n=1\%$ ,  $g_A=2\%$  y  $d=5\%$ .

<sup>114</sup> Bajo competencia perfecta, los rendimientos del factor capital deberían igualarse a la participación del factor capital en el producto, es decir, aproximadamente a un tercio.



diferentes trabajos dado el elevado número de variables utilizadas y la circunstancia de que la práctica totalidad de dichas variables sean significativas en, al menos, una regresión. En este caso, y aplicando un test de límites extremos, dichos autores obtienen que únicamente el nivel inicial de la renta y la tasa de ahorro pueden ser consideradas como variables robustas en la ecuación de convergencia. En la misma línea, Andrés *et al* (1996) obtienen evidencia acerca de la inestabilidad mostrada por la variable capital humano en el modelo de Solow ampliado de Mankiw, Romer y Weil cuando se modifica el período muestral o la muestra analizada.<sup>115</sup>

En segundo lugar, tal y como señala Quah (1993, 1996a), la ecuación de  $\beta$ -convergencia absoluta únicamente estaría describiendo el comportamiento seguido por una economía media representativa,<sup>116</sup> es decir, se estaría analizando cómo en promedio la economía converge a su estado estacionario y a qué velocidad (asumiendo un mismo equilibrio a largo plazo y una misma velocidad de convergencia para todas las regiones). Así, tratar de explicar un posible comportamiento heterogéneo entre las regiones o países analizados en base a una economía media podría proporcionar una visión sesgada acerca del auténtico proceso de convergencia seguido, explicando muy poco en relación a si las economías pobres alcanzan o no a las ricas. En este sentido, considerando la hipótesis de heterogeneidad en el comportamiento de las distintas economías, Baumol y Wolff (1988) y Chatterji (1992) incorporan el supuesto de la existencia de los denominados *clubs* de convergencia. Es decir, la existencia de diferentes grupos de regiones (países) donde, en el interior de cada grupo, las economías convergen entre sí, no ocurriendo lo mismo cuando se analiza la convergencia entre grupos. En este sentido, Ben David (1994, 1995) considera que aquellos países que son socios comerciales mostrarán una convergencia mayor en renta p.c. (*club* de convergencia formado por socios comerciales).<sup>117</sup> Cuando el concepto de *clubs* de convergencia se aplica al caso concreto de las regiones europeas, Armstrong (1995) no encuentra evidencia de la existencia de

---

<sup>115</sup> Ver Sala-i-Martin (1997a) para una crítica de dichos resultados.

<sup>116</sup> Asimismo, entre otras críticas sobre la ecuación de convergencia cabría citar la denominada Falacia de Galton (relacionada con la necesidad estadística asociada al signo negativo de  $\beta$ ), su imposibilidad para captar la dinámica que a largo plazo presenta la renta, la posible inconsistencia de las estimaciones obtenidas como consecuencia de errores en los datos, etc (Quah 1993, 1996a, 1996b, 1996c, 1996d, 1996e, 1997).

<sup>117</sup> Este hecho le servirá a Ben David (1995) como argumento a favor del libre comercio.

*clubs* de convergencia durante el período 1950-1992 en producto p.c. para 85 regiones. De forma similar, dicho autor no detecta la presencia de claros *clubs* a nivel regional español.

En tercer lugar, Quah (1993, 1996a, b, c) critica que ni mediante el análisis de la  $\sigma$  ni la  $\beta$  convergencia es posible analizar la dinámica de toda la distribución, proponiendo en su caso la estimación de una función de densidad del producto p.c. con tal de obtener una visión de la forma externa de la distribución en cada período considerado. Asimismo, propone la estimación de un kernel estocástico básico para conocer la movilidad de las economías en el seno de la distribución (cambio de un estadio de ingresos a otro) y obtener su solución ergódica (la distribución existente en el largo plazo).<sup>118</sup> Tras la estimación de la función de densidad de la distribución del producto p.c. en las regiones europeas, Quah (1996d) no parece detectar la presencia de una clara bimodalidad (polarización) en la distribución del producto p.c.. Por otra parte, López-Bazo *et al* (1997), utilizando para el período 1975-1992 una muestra de regiones europeas superior a la seleccionada por Quah (incluyendo así a las regiones tradicionalmente pobres de Portugal y Grecia), detectan una clara bimodalidad en la distribución de la productividad durante el período 1975-1985, desvaneciéndose ésta posteriormente. En producto p.c., muestran la existencia de una cierta polarización a principios del período causada por un numeroso grupo de regiones con niveles muy inferiores a los medios. No obstante, dicha polarización parece ir disminuyendo a lo largo del período. Asimismo, dichos autores obtienen una solución ergódica claramente unimodal tanto para el producto p.c. como para la productividad laboral, derivándose de este resultado la existencia de futuras oportunidades para la disminución de las disparidades.

En cuarto lugar, tanto Marcet (1994) como Canova y Marcet (1995) o Islam (1995) cuestionan los resultados obtenidos, especialmente a nivel regional, en relación a la lenta convergencia detectada. Así, estos autores explican dicho resultado como

---

<sup>118</sup> En este sentido, el análisis de las funciones de densidad propuesto por Quah se revela de utilidad para detectar posibles *clubs* de convergencia. Así, la presencia de bimodalidad en la distribución indicaría la existencia clara de, al menos, dos grupos o *clubs* de economías con comportamientos diferentes en términos de la variable analizada.

consecuencia de la sesgidez de las estimaciones en una muestra *cross-section* al imponer un estado estacionario común para todas las regiones. En su lugar, proponen la utilización de un panel de datos y no únicamente de una muestra *cross-section* con el propósito, primero, de utilizar la máxima cantidad de información y, segundo, de permitir el supuesto de un nivel de renta de equilibrio a largo plazo diferente para cada economía.

En relación a este último aspecto, una de las vías más directas para considerar una a diferente para cada economía en la expresión (3.49) pasa por la estimación de la ecuación de convergencia por datos de panel con efectos fijos<sup>119</sup> individuales.<sup>120</sup> Esta técnica permitirá, al incorporar variables ficticias regionales, especificar un estado estacionario diferente para cada región (o país) y recoger por tanto todas aquellas características fundamentales que, con seguridad, hacen que los niveles de equilibrio a largo plazo para las economías difieran. En este sentido, este método de estimación permitiría solucionar la sesgidez hacia cero del parámetro de convergencia (sesgo de efectos fijos) presente como consecuencia de la omisión de un importante número de variables relevantes del estado estacionario que no son incluidas en las regresiones condicionadas (entre otras razones como consecuencia de la falta de información estadística) y que están correlacionadas con las variables sí incluidas.<sup>121</sup> Los resultados derivados de la utilización de datos de panel con efectos fijos difieren de forma importante en relación a las dos regularidades empíricas comentadas: obtienen la existencia de convergencia condicional siempre, también a nivel regional, y a una velocidad muy elevada. Así, por ejemplo, Canova y Marcet (1995) estiman una velocidad de convergencia para las regiones y países europeos de un 20% y un 10% respectivamente; Islam (1995) detecta una convergencia entre un 4% a un 9.3% cuando

---

<sup>119</sup> Si bien no existe *a priori* una razón que justifique la selección de efectos fijos *versus* aleatorios, es habitual recurrir a la estimación por efectos fijos regionales y/o temporales.

<sup>120</sup> Marcet (1994) y Canova y Marcet (1995) utilizan técnicas bayesianas con datos de panel, mientras que Islam (1995) especifica un panel de datos dinámico estimando por el método de distancia mínima.

<sup>121</sup> Tal y como muestra Islam (1995), es muy probable que los factores específicos regionales (como dotación de tecnología, instituciones, dotación de recursos) esté correlacionado con las variables incluidas como la tasa de ahorro y con el crecimiento de la población, además de con el nivel de renta inicial. Este hecho contradecía la asunción de no correlación impuesta en Mankiw, Romer y Weil (1992).

analiza la base de datos Summers y Heston mientras que de la Fuente (1996) obtiene un valor del 12% para  $\beta$  en el caso de las regiones españolas.

Sin embargo, en este caso y dado el más que notable incremento de la velocidad de convergencia tras la estimación con efectos fijos regionales, surge una nueva pregunta, ¿son los rendimientos decrecientes del capital la única fuente de explicación de una convergencia tan veloz? Como expone de la Fuente (1996) este supuesto es excesivamente restrictivo, siendo necesario detectar otras fuentes de convergencia complementarias. En este sentido, dicho autor encuentra dos nuevas fuentes para explicar el valor de  $\beta$  cercano al 12% para el caso de las regiones españolas durante el período 1955-1991: primera, la difusión tecnológica o *catch-up* tecnológico<sup>122</sup> (el cual favorece un acercamiento importante de la productividad total de los factores a la productividad promedio) y, segunda, la homogeneización de las estructuras productivas<sup>123</sup> y la convergencia en productividades medias (tanto sectoriales como regionales).<sup>124</sup> En relación a este segundo factor, Mas *et al* (1994a) obtienen que las mejoras en la productividad total de los factores han contribuido en más de dos tercios a la expansión en la producción en el caso español durante el período 1964-1991, una contribución especialmente importante en las regiones más pobres como Extremadura, Cantabria o las dos Castillas, mientras que un 30% se ha debido a la acumulación de capital.

Asimismo, de la Fuente (1996a) considera la bondad de incorporar otros factores determinantes del crecimiento como los flujos migratorios o determinadas medidas de política económica. En relación a este último aspecto, Mas *et al* (1994a) encuentran que la convergencia observada en las dotaciones de capital público de las diferentes regiones

---

<sup>122</sup> Dowrick y Nguyen (1989), Coe y Helpman (1995) y Sala-i-Martin (1996a) consideran la relevancia de la convergencia tecnológica.

<sup>123</sup> En el caso específico español, se ha observado una importante reasignación de recursos desde sectores de baja productividad y bajo valor añadido como la agricultura hacia sectores con más elevada productividad, especialmente en las regiones más pobres. Raymond y García Greciano (1994) también destacan esta homogeneización en la estructura productiva en términos de empleo para las regiones españolas.

<sup>124</sup> Para el caso concreto de los países de la OCDE durante el período 1963-1988, de la Fuente (1996c) obtiene que la convergencia debida a los rendimientos decrecientes del capital y muy especialmente la convergencia tecnológica fueron muy importantes, sobre todo tras la segunda guerra mundial (si bien posteriormente su importancia fue debilitándose).

ha contribuido a la convergencia en términos de renta p.c. y de productividad laboral<sup>125</sup> (ver Sala-i-Martin, 1997b, para una visión crítica acerca de las consecuencias reales sobre el crecimiento y sobre la reducción de las disparidades de programas de inversión pública en España y Europa cuyas principales regiones de destino han sido las regiones pobres).

No obstante, es importante destacar que, en relación a la estimación con efectos fijos anterior, Nerlove (1996) y Shioji (1997a, 1997b) critican dicha estimación por ofrecer un valor de  $\beta$  sesgado al alza. En concreto, Shioji (1997a) considera que en la estimación con datos de panel y efectos fijos se cometen dos tipos de sesgo: un sesgo por el pequeño tamaño de la muestra, y un segundo sesgo asociado con los errores de medida. En contra de otros autores que consideran este último sesgo de escasa importancia, Shioji muestra como este puede ser muy elevado y sesgar la velocidad de convergencia al alza entre un 7% y un 15%. En su lugar, el autor propone una estimación *skipping*, la cual supone no estimar la ecuación de convergencia para cada año sino para períodos de  $m$  años, obteniendo en este caso una estimación de  $\beta$  bastante próxima a la obtenida en las estimaciones *cross-section* habituales, validando así la ecuación de convergencia habitual en el contexto de un análisis del comportamiento de la economía a largo plazo.

Por último cabe destacar, como limitación al análisis tradicional de convergencia, la escasa atención mostrada a nivel empírico a la posible existencia de externalidades interregionales. Así, si bien desde el punto de vista teórico, diversos modelos de crecimiento endógeno incorporaban la existencia de efectos desbordamiento a nivel agregado asociados a la acumulación de capital físico y humano (Romer, 1986, 1990; Lucas, 1988), éstas parecen limitarse al interior de cada región o país. Sin embargo, tal y como destaca Ciccone (1997), es posible que las ideas tecnológicas sobrepasen las fronteras geográficas y se difundan más allá de los propios lindes de la región,

---

<sup>125</sup> Para una discusión de la relevancia de medidas de política económica para explicar la evolución de las disparidades regionales ver Mas *et al*, 1994a, 1995b; de la Fuente y Vives, 1995; o García-Milà y Marimón (1995). Por otra parte, ver Aschauer (1989) o Mas *et al* (1993 y 1994b), Moreno (1998) para un análisis del efecto concreto de la inversión en infraestructuras en el crecimiento económico.

apropiándose de ellas firmas ubicadas en otras regiones o países cercanos. En este sentido, a pesar de su evidente relevancia, han sido muy pocos los trabajos que, en el ámbito del análisis de convergencia, han incorporado alguna variable con la intención de recoger dichos *spillovers* interregionales.

#### **3.6.4 La integración económica: ¿Un largo camino hacia la convergencia regional?**

Llegado este punto, y tras haber comentado brevemente a lo largo de los capítulos 2 y 3 los principales resultados obtenidos por la literatura en relación a la evolución de las disparidades y al proceso de convergencia seguido en el seno de las provincias españolas y regiones europeas, cabría plantearse cuál podría ser el futuro de una Europa integrada. Obviamente, la eliminación de las barreras a la movilidad de bienes y de factores productivos tiene consecuencias inmediatas sobre la asignación espacial de la actividad económica y sobre el proceso de convergencia regional. En este sentido, cabrían plantearse las siguientes cuestiones, ¿se cumplirán las predicciones de las teorías neoclásicas que preconizaban una eliminación de las desigualdades y de los desequilibrios territoriales en un mundo de movilidad perfecta, donde el capital y el trabajo se trasladan allá donde puedan obtener unos rendimientos superiores? o, por el contrario, ¿se verá reforzado el proceso de concentración de la actividad económica, dirigiéndose la inversión hacia las regiones centrales más próximas a los mercados importantes, perpetuando con ello la situación periférica de unas regiones pobres que, mucho más vulnerables en un mundo de fuertes interdependencias e interconexiones, carecerán de autonomía para emprender medidas ante *shocks* asimétricos que puedan sufrir?

Son varios los autores que muestran una postura optimista en relación a la integración y unificación monetaria, exacerbando las ventajas que presentan las regiones periféricas en términos de salarios, comparativamente inferiores a los del centro, y que inducirían, tal y como expusimos en el capítulo 2, a una extensión o difusión de la industria hacia la periferia. De esta forma, se produciría una mejora en la eficiencia de la asignación, aumentando con ello el nivel de renta de todos los países y, en consecuencia, su nivel de bienestar, favoreciendo con ello el proceso de convergencia regional. Asimismo, el escaso comercio intraindustrial y el pequeño tamaño de la mayoría de las empresas de los países

del Sur (a diferencia de los que ocurre en el Norte de la UE) llevarían a considerar, tal y como hace Neven (1990), a dichos países como los potenciales ganadores de la integración.<sup>126</sup>

Por otra parte, sería interesante considerar que, como señala Ben David (1995), la eliminación de las trabas y el subsiguiente incremento de las transacciones comerciales podrían favorecer una mayor convergencia, al menos entre aquellas regiones más vinculadas desde este punto de vista. Por otra parte, la liberalización de los flujos de bienes y factores productivos (y, por lo tanto, la mayor movilidad de los flujos de capitales) podrían tener importantes consecuencias sobre el crecimiento a largo plazo como consecuencia del cambio técnico y del proceso de transmisión o difusión de nuevas tecnologías y del incremento de los incentivos a innovar por parte de las empresas.<sup>127</sup> De esta forma, los dos objetivos claves que perseguiría la integración económica, esto es, desarrollo de la Unión Europea y homogeneización en los niveles de bienestar entre todos los países miembros, se podrían llegar a cumplir.

Asimismo, si la integración económica se encontrase complementada por una armonización de políticas macroeconómicas y por una política de reequilibrio y cohesión regional correcta, los beneficios derivados de la misma en términos de convergencia podrían ser altamente superiores. En este sentido, desde la Comisión Europea se ha confirmado la eficacia de la política de cohesión territorial Norte-Sur en la medida en la que se ha demostrado como los cuatro estados tradicionalmente pobres de la Comunidad (España, Portugal, Grecia e Irlanda) han crecido a partir de la segunda mitad de los ochenta, aproximadamente, un punto porcentual por año más que la media europea (si bien confirman que la convergencia económica a nivel de los Estados no se ha repartido igualmente entre regiones y grupos sociales). Así, en caso de que la política de reequilibrio

---

<sup>126</sup> Asimismo, Mur (1996) construye un modelo econométrico de localización para las regiones europeas que le permite hacer predicciones a partir de la simulación de dicho modelo para el período 1990-1995. El autor concluye que se producirá una tendencia a una redistribución del Valor Añadido Bruto p.c. hacia la periferia Europea, haciendo probable un proceso de convergencia en términos de ingresos p.c.

<sup>127</sup> Sin embargo, también puede tener, en este sentido, un efecto perverso sobre las economías que presentan desventajas comparativas en investigación y desarrollo, llevando a que éstas se especialicen en actividades con un elevado grado de estancamiento tecnológico, reportando con ello bajas tasas de crecimiento.

estructural no se hubiese llevado a cabo, el crecimiento económico de dichos países hubiese sido inferior en un 0,5% anual entre 1989 y 1993. No obstante, la estrategia de reequilibrio habría de ser sostenida en el tiempo para que tenga realmente sentido, manteniéndose en el futuro para evitar que una posible divergencia ponga en peligro la viabilidad de la unión monetaria o la ampliación hacia la Europa del Este.

Sin embargo, también cabría la posibilidad de que se diera el proceso contrario. En este sentido, tal y como señalan Fluvia y Gual (1993), si bien pudiera ocurrir que a nivel global la UE presentase una ganancia importante como consecuencia de la integración, se podría producir un reparto no equitativo de la misma, perpetuando los desequilibrios existentes. No se debe olvidar, tal y como se comentó en el capítulo anterior, que es en el centro donde, a pesar de las deseconomías que posiblemente pueda presentar, la eficiencia es superior como consecuencia del aprovechamiento de economías de escalas, de aglomeración, etc, y es en el centro donde superiores son también las dotaciones de capital humano y donde, en especial, el desarrollo de las infraestructuras de transporte permite un fácil acceso a los mercados más importantes (factores todos ellos que contribuyen a incrementar el rendimiento marginal del resto de factores productivos).

Por otra parte, la cada vez menor dependencia del factor trabajo en las industrias avanzadas así como la elevada cualificación que se precisa para la mano de obra en los sectores de servicios más dinámicos pueden mermar las ventajas, en términos salariales, que ofrecen los países periféricos de la UE (además de la posible pérdida de una posición aventajada de los actuales países europeos pobres en caso de que la Unión se ampliara y extendiera hacia los actuales países del Este europeo). En este sentido, el cambio a un sistema de producción flexible ha incrementado la importancia de factores tales como la calidad, la capacidad de innovación y adaptación a una nueva demanda segmentada y cambiante (requiriéndose para ello tipos de organización más flexibles), perdiendo importancia la competición exclusivamente vía precios basada en el intento de minimizar el coste de una producción en masa obtenida por una mano de obra de baja cualificación y