

«Tecnología y Crecimiento: Crónica de un desencuentro»

El artículo trata de indagar en torno a las dificultades con las que la teoría del crecimiento se enfrenta para incorporar, de una manera convincente, a la tecnología en el seno de sus construcciones analíticas. Para ello, se hace un recorrido crítico por las formas de considerar las variables tecnológicas en los principales modelos de crecimiento, desde las iniciales propuestas de inspiración keynesiana o neoclásica a los desarrollos de la teoría de las generaciones, y desde las primeras formalizaciones del cambio técnico como variable endógena a las más recientes modelizaciones, bien del crecimiento endógeno con economías externas y/o rendimientos crecientes, bien del enfoque evolucionista de clara inspiración schumpeteriana. El artículo termina, a modo de balance, con una reflexión de carácter metodológico.

Lan hau hazkundearen teoriak bere eraikuntza analitikoen baitan teknologiari modu egoki batean atxikitzeko aurkitzen dituen oztopoak aztertzen saiatzen da. Eta horretarako, hazkunde-eredu printzipaletan eman izan diren aldagai teknologikoak aztertzeko moduei gain-begiratu kritiko bat ematen zaie, hasi inspirazio keynesiar edo neoklasikoko hasierako proposamenetatik eta belaunaldien teoriaren garapeneraino, edota barneko aldagai bezala aldaketa teknikoaren lehen formalizazioetatik hasi eta modelizaziorik berrienetaraino, nahiz kanpoko ekonomia eta/edo errendimendu hazkorrekiko barne-hazkundearenak, nahiz inspirazio argiro schumpetarrako enfoke eboluzionistarenak izan hauek. Eta azkenean, balantze modura, metodologia mailako gogoeta batekin bukatzen da artikulua.

This article attempts to examine the difficulties with which the theory of growth is faced if it is to incorporate technology, in a convincing way, in the heart of its analytical structure. To this end, a critical look is taken at the way technological variables are considered in the main models of growth, from the initial keynesian or neo-classical ideas to the development of the theory of generations, and from the original formulation of technical change as an endogenous variable to the most recent models, of either endogenous growth with external economies and/or increasing returns, or of a clearly schumpeterian evolutionist approach. The article ends with a reflection of a methodological nature, by way of a summary.

1. Los primeros modelos de crecimiento: la tecnología detrás de la puerta.
2. El progreso técnico entra en escena.
3. Cambio técnico endógeno y rendimientos crecientes.
4. La perspectiva evolucionista.
5. Consideraciones finales: una reflexión sobre el método.

Bibliografía.

Palabras clave: Modelos de crecimiento, cambio tecnológico, innovación.

Nº de clasificación JEL: O3, O33

La literatura empírica sobre el crecimiento económico ha puesto en evidencia el papel central que el desarrollo tecnológico tiene en la configuración y en los ritmos de evolución de una economía. El nivel tecnológico condiciona la conformación sectorial, la coherencia interna y la especialización internacional de un sistema productivo; así como determina los niveles de eficacia y las posibilidades de crecimiento que tal sistema encierra (1). Dada la importancia que cabe atribuir a esta variable, no es extraño que la teoría económica haya tenido que reservar un espacio para su adecuado

(1) Como es obvio, la aportación de la tecnología excede al ámbito de lo económico. Como señala Segura (1989): «La historia de la humanidad es, en buena medida, la historia del cambio técnico, en tanto que las posibilidades de desarrollo de aquélla han estado condicionadas por la tecnología», pág. 21.

tratamiento. Lo que resulta tal vez más sorprendente a los ojos del profano es el retraso —y aún las limitaciones— con que el análisis del cambio técnico se ha tratado de integrar en el corpus central de la teoría económica. El presente artículo se propone indagar en las razones de semejante anomalía. Más particularmente, se tratará de analizar las resistencias que, a lo largo del tiempo, la teoría económica ha mostrado para incorporar la variable tecnológica en un ámbito en el que, sin embargo, su presencia resultaba manifiestamente inexcusable: la teoría del crecimiento. Pues, en efecto, en pocos ámbitos se demuestra la tecnología más necesaria que en aquel que pretende explicar la evolución de una economía a lo largo del tiempo. Dadas las dimensiones de este trabajo, no es posible realizar un recorrido exhaustivo por la ya muy nutrida literatura

del crecimiento, pero sí señalar aquellos pasos más decisivos dados en el camino hacia una mayor y mejor comprensión del papel que la tecnología tiene en el progreso económico. La misma elección del tema limita el campo de la reflexión, que básicamente se centra en los efectos macroeconómicos del cambio tecnológico (2).

1. LOS PRIMEROS MODELOS DE CRECIMIENTO; LA TECNOLOGÍA DETRÁS DE LA PUERTA

A finales de los años cincuenta, una serie de investigaciones de conocidos especialistas —Abramovitz (1956), Solow (1957), Kendrick (1961) y Denison (1962)— trataron de investigar el crecimiento de la economía norteamericana a lo largo del presente siglo, evaluando el papel que los distintos factores habían tenido en su promoción. Aunque discrepan en sus resultados numéricos y en diversos aspectos metodológicos, todos ellos alumbraban una misma conclusión un tanto paradójica si se tiene en cuenta la teoría preexistente: el progreso tecnológico, una variable no considerada en los primeros modelos teóricos, se erigía en el principal factor explicativo del crecimiento económico contemporáneo (3). Particularmente sorprendente fue la conclusión obtenida por Solow en su

celebrado artículo: cerca del 90% del crecimiento de la producción por trabajador en Estados Unidos, durante el período 1909-49, se debía a la así considerada «variable residual», denominación bajo la que se recogía todo un conjunto de factores que se suponían relacionados con el cambio tecnológico (4). Aquellos primeros resultados fueron discutidos por investigadores posteriores, dando lugar a estimaciones más matizadas sobre el papel que cabía atribuir al cambio técnico (5). Si bien la discusión no está todavía cerrada, nadie cuestiona en la actualidad la importancia que adquiere este factor, hasta entonces descuidado por la corriente principal de la teoría económica. Aun cuando pudiera haber denuncias previas sobre semejante omisión, lo cierto es que aquellas investigaciones sobre el crecimiento tuvieron respecto a la teoría económica el mismo papel que los ojos del niño al denunciar la desnudez del rey: la teoría había descuidado un factor básico en la vida económica, el cambio tecnológico.

La explicación de semejante anomalía generalmente se asocia con la orientación que dominó la reflexión económica desde finales del pasado siglo. A partir de la revolución marginalista, la teoría económica concentró sus esfuerzos en el

(2) Se abandona así la referencia a los aspectos microeconómicos del cambio tecnológico; aun cuando tales aspectos, desvelados en una abundante y rica literatura, han servido para inspirar un tratamiento más realista del proceso de creación, difusión y adaptación tecnológica en los modelos de crecimiento. Para una buena síntesis de los hallazgos y líneas de investigación en este ámbito de trabajo, véase Dosi (1988). También pueden consultarse Rosenberg (1982), Nelson y Winter (1977 y 1982), Dosi et al. (1988) y Freeman (1990).

(3) Una buena síntesis de estas investigaciones se encuentra en Abramovitz (1991) y en J.W. Kendrick (1991).

(4) El progreso tecnológico se incorpora en el modelo como una variable residual. O, como diría Solow (1957), como «una expresión taquigráfica de cualquier tipo de desplazamiento de la función de producción. Así, los descensos de la actividad, los acelerones, las mejoras en la educación de la fuerza de trabajo y todo tipo de cosas, se consideraría como «cambio técnico», pág. 312. Dado su carácter residual, de agregado heterogéneo, «la importancia de este elemento —como señala Abramovitz (1956)— nos proporciona una cierta medida de nuestra ignorancia sobre las causas del crecimiento económico», pág. 11.

(5) Especialmente a partir de la discusión motivada por la estimación de Jorgenson y Griliches (1967), que dio lugar a los posteriores trabajos de Denison (1969) y de Jorgenson y Griliches (1972).

estudio de los mecanismos asignativos de que dispone el mercado, abandonando las anteriores pretensiones de los economistas clásicos de descubrir las grandes leyes que rigen la evolución de las economías (6). Su principal objetivo fue proporcionar una explicación convincente del proceso de formación de los precios —de bienes y factores— en mercados competitivos y entender los mecanismos que conducen al equilibrio en dichos mercados. Para ello el marco temporal en el que se desenvuelve el análisis es el de corto plazo. Y conforme a esta opción, se marginan todas aquellas variables cuya alteración se supone que requiere períodos más dilatados de tiempo. Los recursos productivos, la población y sus gustos o la misma tecnología se consideran dados, parámetros exógenos al modelo que se pretende explicar. Domina, pues, una visión estática del proceso económico, centrada en el análisis de la conducta maximizadora de los agentes en el corto plazo, considerando la compatibilidad de sus decisiones en el ámbito del mercado. Incluso, en aquellos casos en que se contempla el comportamiento secuencial de alguna de las variables —es el caso del famoso modelo de la telaraña—, la reflexión se hace desde una perspectiva muy alejada de cualquier pretensión dinámica (7). A esta orientación fundamental de la reflexión económica no

escapa siquiera la aportación keynesiana, cuya principal contribución —como bien reconoce Harrod (8)— se sitúa igualmente en el campo de la teoría estática

La apertura hacia una visión dinámica del proceso económico, con el artículo inaugural de Harrod (1939), dio origen a un nuevo ámbito del análisis económico, al situar los problemas del crecimiento en el centro de la reflexión teórica. Con antelación, los economistas clásicos y algunos autores posteriores —como Marx o Schumpeter— habían dedicado buena parte de su esfuerzo a investigar el desarrollo económico de las sociedades contemporáneas. Es más, se puede decir que habían convertido el análisis de las leyes que rigen la evolución de las economías en el centro de su reflexión teórica. El vigor y la influencia de su pensamiento todavía se detecta en aportaciones recientes al tema; pero, entonces, a comienzos de los cincuenta, apenas si influyó en el despertar de la teoría dinámica. El enfoque dominantemente holístico desde el que se habían realizado aquellas aportaciones, las dificultades de formalización de sus construcciones lógicas, la lejanía de su discurso respecto al aparato conceptual neoclásico, depurado a lo largo de las décadas anteriores y la difícil compatibilidad de sus supuestos y conclusiones con las obtenidas en la modelización del equilibrio, hicieron difícilmente integrables aquellas propuestas en el marco de la nueva

(6) Así lo señala Harrod (1973): «Debo decir que la vieja teoría clásica contiene, en proporciones aproximadamente iguales, lo que defino como elementos estáticos y dinámicos. Los elementos dinámicos han desaparecido de lo que ahora consideramos el cuerpo central de los principios económicos. Al retinarse y perfeccionarse el análisis estático mediante el uso del concepto marginal y la exposición matemática, desapareció el análisis dinámico», pág. 21. Esta misma interpretación se encuentra en Romer (1990).

(7) No ignoramos la dificultad que supone trazar una línea nítida de separación entre las visiones estática y dinámica en la economía. A los objetos de

esta exposición, basta con suponer que los modelos dinámicos son aquellos que tratan de explicar el comportamiento cambiante de las variables que se consideran relevantes en el medio y largo plazo. Para una discusión de este aspecto, véase Hicks (1989). (8) «La aportación de Keynes que constituye ahora la parte más estudiada de su obra pertenece al campo de la macroeconomía. Pero está confinada en su mayor parte, o al menos en su parte estrictamente teórica, al campo de la estática». Cfr. Harrod (1973), pág. 12.

teoría del crecimiento (9). Esta nacía, tras la segunda guerra mundial, virtualmente huérfana de referencias previas que no fuesen aquellas derivadas de la microeconomía neoclásica y la macroeconomía keynesiana, ambas dominantemente estáticas. Se trataba de alzar desde sus cimientos un nuevo edificio lógico, de abrir a la exploración analítica un nuevo cuerpo de doctrina apto para interpretar el movimiento de las variables económicas en el medio y largo plazo (10).

1.1. El progreso tecnológico como «maná»

Los primeros modelos de crecimiento se construyeron a partir de supuestos simplificadores extremos. Algunos de ellos, aunque discutibles, resultaban aceptables en función del objetivo perseguido y del carácter tentativo de esa fase inicial del análisis (11). Otros, sin embargo, afectaron muy crucialmente a la capacidad interpretativa de la naciente teoría y al concepto de dinámica a la que

pretendía responder. Tal vez, una de las más importantes insuficiencias deriva de haber excluido del análisis —o haber incorporado de forma deficiente— todas aquellas variables no contempladas en las modelizaciones previas sobre el comportamiento de los mercados, sin apercibirse del diferente marco temporal en el que se debe mover la teoría del crecimiento. De esta insuficiencia es víctima la tecnología que o bien no se considera, o bien se incorpora, cuando a ello obligan las inconsistencias previas, como una variable exógena, no explicada en el interior del modelo. Se renunciaba así a la oportunidad de construir una teoría realista del crecimiento y se conducía la modelización hacia paradojas difícilmente sostenibles.

El tratamiento que se daba a la tecnología en estos primeros modelos de crecimiento no responde necesariamente al juicio que sobre la realidad económica tenían sus autores: más bien era una imposición derivada del aparato conceptual heredado y del esquema de análisis en el que se inspiraba su formalización. Particularmente, la nueva teoría del crecimiento, tanto en la tradición keynesiana como neoclásica, es deudora de buena parte de los supuestos utilizados en la modelización del equilibrio, considerada uno de los principales logros intelectuales de la teoría económica. La competencia perfecta, con agentes precio-aceptantes, mercados perfectos y ausencia de rendimiento crecientes, constituye el marco de referencia en el que las teorías se desarrollan; y proporciona el instrumental analítico necesario para la más fácil formalización matemática de las relaciones supuestas. El coste de semejante opción sería el mantenimiento como variables exógenas de los principales factores explicativos del crecimiento.

(9) Como señala Harrod (1973), refiriéndose a los clásicos: «Estas doctrinas cayeron después en desgracia, junto con la teoría dinámica en la que estaban basadas. La teoría dinámica era tosca, en parte insostenible como ley universal y en cierto modo insostenible en sí misma. Pero nada ha reemplazado a esta teoría (ni a estas regias); y el cuerpo de la teoría económica que hemos enseñado hasta llegara la doctrina keynesiana, e incluida ésta, sigue siendo casi exclusivamente estática. La idea de que Jeynes es más dinámico que Ricardo es exactamente lo contrario de la realidad», pág. 24.

(10) La conciencia de estar descubriendo un nuevo campo para el análisis se encuentra muy nítidamente en los primeros trabajos sobre el tema. Véase, por ejemplo, Harrod (1948), donde se plantea la necesidad de crear una base axiomática propia para la economía dinámica.

(11) Tal sucede, por ejemplo, con el recurso a variables extremadamente agregadas, que podría encontrar su justificación en el supuesto de precios relativos constantes.

Y así, en el modelo de Harrod la ecuación fundamental del crecimiento sostenido y equilibrado (12) se deriva fácilmente de la manipulación de ciertas igualdades macroeconómicas básicas. Para ello, el modelo parte de los siguientes supuestos simplificadores: se considera que el ahorro es una función simple de la renta ($S = sY$), que la población crece a una tasa exógena constante (n) y que la función de producción es de coeficientes fijos. Dados estos supuestos, es fácil derivar:

$$I = S = sY$$

$$I = \Delta K$$

$$K = vY$$

donde s expresa la propensión media al ahorro; v , la relación capital-producto, que se supone constante; y, además, se considera que toda la inversión se dedica a ampliar el stock de capital, K (lo cual es un supuesto innecesario, pero que facilita la exposición). A partir de estas igualdades se llega a la ecuación fundamental de crecimiento en la que la tasa garantizada de expansión del producto viene dada por el cociente entre la propensión media al ahorro y la relación capital-producto deseada (13). Es decir:

$$Gw = s/vr = Ga$$

donde Gw es la tasa garantizada de crecimiento

vr es la relación capital-producto deseada

Ga es la tasa de crecimiento natural.

(12) Se considera que una economía experimenta un crecimiento sostenido cuando todas las variables están creciendo a una tasa proporcional constante. En caso de que la tasa de crecimiento de las variables sea igual y constante para todas ellas, se habla de crecimiento proporcional. Véase Jones (1975), págs. 49 y 50.

(13) El desarrollo completo sería el siguiente:

$$\Delta K = v \Delta Y, \text{ dado que } \Delta K = I$$

$$I = sY = vY$$

lo que implica que $Y/Y = s/v$

La relación expresa que la tasa de crecimiento sostenido de una economía será tanto mayor cuanto más elevada sea la propensión media al ahorro y mayor sea la productividad media del capital —que es la inversa de vr — en la que se satisfagan las expectativas empresariales.

Dados los supuestos manejados, el crecimiento con pleno empleo requerirá que se igualen la tasa de crecimiento del stock de capital y la de la población trabajadora, al objeto de mantener constante la relación capital-trabajo. Por tanto,

$$\dot{K} K/K = n$$

y dado que $\dot{K} K = s/v = Ga$

resultará que para que exista crecimiento sostenido y equilibrado es necesario:

$$Ga = s/vr = n$$

O, lo que es lo mismo, la tasa de crecimiento de la economía ha de ser igual a la tasa natural de expansión de la población.

Obviamente, nada garantiza que se produzca la igualdad requerida entre los tres términos de la anterior ecuación, dado que las variables s , vr y n se determinan de manera independiente en el modelo. Es este factor el que alimenta el pesimismo de Harrod acerca de la probabilidad de que una economía discurre por la senda del crecimiento sostenido y equilibrado. Una senda, por lo demás, altamente inestable, debido al

Si por v se entiende la relación capital-producto existente de facto, se llegaría a la siguiente identidad:

$$Ga \equiv s/v$$

Para que el crecimiento sea sostenido la relación capital-trabajo existente debe coincidir con la esperada. De modo que:

$$Ga = s/vr = Gw$$

Gw expresa la tasa garantizada de crecimiento, es decir, aquel ritmo de progreso que no modifica las expectativas de los agentes y deja, por tanto, a los empresarios en condiciones para continuar en un proceso similar.

papel que la formación de las expectativas tienen en la amplificación de cualquier desequilibrio.

Ninguna de estas conclusiones se ve sustancialmente modificada por la inclusión del progreso tecnológico en el modelo. Este se expresa a través de una tasa constante, m , exógenamente determinada. Además, y al objeto de que sea compatible con el crecimiento sostenido, el progreso técnico debe ser neutral a lo Harrod (14).

En estas condiciones, la tasa de crecimiento sostenido debe ser igual a la suma de las tasas correspondientes al crecimiento de la población y al progreso tecnológico:

$$G_a = s/vr = n + m$$

Permanecen los rasgos de improbabilidad e inestabilidad básica del crecimiento en equilibrio, debido a la determinación independiente de las variables relevantes y a la dinámica de formación de las expectativas empresariales. Pero lo más destacable es que para incorporar al progreso tecnológico en el modelo se le despoja de sus rasgos más peculiares, se le

(14) Se considera progreso neutral a lo Hicks aquél que mantiene constante la relación entre las productividades marginales de los factores, lo que, en condiciones de competencia perfecta, supone que se mantenga constante la relación capital-trabajo en la función de producción. El progreso es neutral en el sentido de Solow, cuando se mantiene constante la productividad marginal del trabajo, mientras crece la productividad del capital. Y, finalmente, el progreso es neutral a lo Harrod cuando se mantiene constante la productividad marginal del capital y el progreso técnico mejora la eficiencia del trabajo. Es decir, si se considera la función de producción:

$$Y = a_t F(b_t K_t c_t L)$$

las anteriores definiciones quedarían reflejadas en el siguiente cuadro sinóptico:

Derivada respecto al tiempo			Progreso neutral según	Se mantiene constante la relación
a	b	c		
> 0	= 0	= 0	HICKS	capital-trabajo
= 0	> 0	= 0	SOLOW	trabajo-producto
= 0	= 0	> 0	HARROD	capital-producto

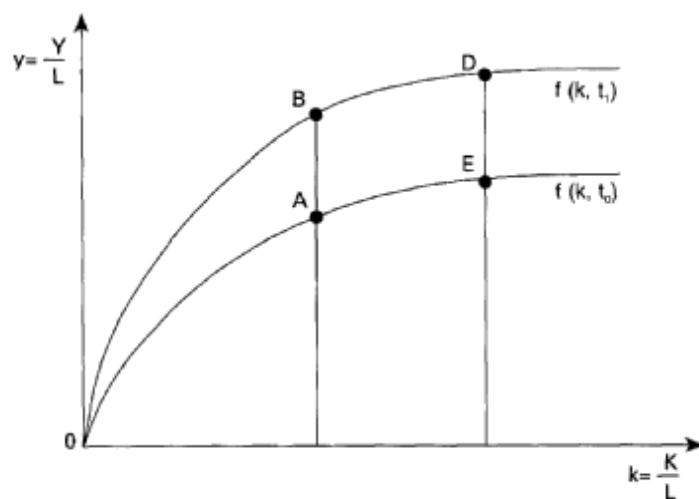
convierte en independiente del proceso de crecimiento de la economía y se le asimila en su efecto al crecimiento de uno de los inputs —la fuerza de trabajo—. En la visión de Harrod, ser tecnológicamente más desarrollados equivale desde el punto de vista lógico a disponer de una más abundante población trabajadora.

Pese a ser las propuestas de Harrod y Domar (15) las primeras modelizaciones explícitas del crecimiento, la más influyente propuesta y la que más abundante literatura empírica ha generado, es el modelo neoclásico, inicialmente desarrollado por Solow (1956) y Swan (1957). Gran parte de los supuestos iniciales son coincidentes con el modelo de Harrod, si bien en la formulación neoclásica se admite la perfecta sustituibilidad de factores, de acuerdo con la versión convencional de la función agregada de producción. Esta constituye el soporte básico del modelo de crecimiento. Y las características de las que está investida, absolutamente cruciales para la construcción neoclásica, son las siguientes: a) se trata de una función continua, lo que exige la sustituibilidad entre los inputs para la obtención de un determinado nivel de producción; b) la productividad marginal de los factores es positiva y decreciente, lo que supone que incrementos sucesivos en un input —sin modificar el otro— originan incrementos decrecientes del output, y c) revela rendimientos constantes a escala.

En condiciones de competencia perfecta y desde un punto de vista microeconómico, no hay espacio para el

(15) Aun cuando existan diferencias entre las propuestas de Domar y de Harrod, que fundamentalmente se refieren a la inexistencia en el primero de una función de inversión, la formulación de ambos es muy similar, por lo que no es necesario detenerse en mayores precisiones. Por lo demás, la coincidencia es plena en lo que se refiere a las limitaciones en la forma de incorporar la tecnología en ambos modelos.

Gráfico n.º 1



progreso tecnológico entendido como actividad deliberada. Para obtener un determinado nivel de producción, el empresario debe optar entre aquellas diversas combinaciones de factores que le brinda la tecnología existente; y lo hace de acuerdo con los precios relativos de los inputs, tratando de minimizar sus costes. Y, de hecho, el valor de la producción se realiza plenamente en la retribución de los factores, capital y trabajo, de acuerdo con su respectivas productividades marginales, sin que reste margen alguno para la retribución de las actividades de promoción del desarrollo tecnológico. Este constituye un parámetro externo al que se adecuan las posibilidades de elección de los agentes; pero las decisiones de éstos no condicionan, en cambio, la evolución de aquél.

Desde el punto de vista agregado, la función de producción expresa, en su

versión reducida, la producción por trabajador máximo, y, que se puede alcanzar en condiciones de eficiencia con un determinado stock de capital por trabajador, k , dado el nivel tecnológico existente, t (gráfico n.º1). En este universo, el progreso técnico se representa por un desplazamiento hacia arriba de la función de producción, expresando con ello las mayores posibilidades productivas que brindan las nuevas técnicas (16). De acuerdo con los supuestos de competencia perfecta sobre los que se fundamenta la función agregada de producción, con sus condiciones de conducta precio-aceptante

(16) Conforme a esta visión y a nivel microeconómico, el progreso técnico se representa a través de un desplazamiento hacia el origen de las isocuantas. Es decir, gracias a la innovación se está en condiciones de obtener las mismas cantidades de output con menores inputs —o, alternativamente, se puede obtener un mayor nivel de producción a partir de la misma combinación de inputs.

de los agentes y convexidad de la función de producción, la tecnología, cuando se considera, debe ser tratada inevitablemente como una variable exógena. No responde esto a un supuesto criterio del investigador, sino a una exigencia del marco analítico que se ha elegido.

En caso de no considerar la tecnología, la ecuación fundamental que expresa la condición de crecimiento sostenido en el modelo neoclásico viene dada por la siguiente igualdad (17):

$$k = s f(k) - n k$$

donde k expresa el crecimiento de la relación capital-trabajo

s es la propensión media al ahorro
 $f(k)$ es la formulación funcional de la producción por trabajador, y
 n es la tasa de crecimiento de la población

La ecuación expresa una afirmación virtualmente tautológica: el incremento en el stock de capital por trabajador debe ser igual al total de la inversión por trabajador — $sf(k)$, dada la identidad entre ahorro e inversión— menos aquella parte que se requiere para mantener invariable la relación capital-trabajo, dado el crecimiento de la población —es decir, nk .

En el caso de que el crecimiento sea sostenido y equilibrado, la relación capital-trabajo debe permanecer inmutable en el tiempo, lo que supone que la inversión por trabajador debe ser

(17) Los pasos para llegar a la formulación son simples. Partiendo de $k = K/L$, lo que implica que $k/k = K/K - L/L = K/K - n$, por tanto, $k = K/L - n K/L$.

A su vez, por definición $K/L = I/L$, de modo que $I/L = k + nk$

Si se considera la identidad $Y/L = C/L + I/L$, sustituyendo resulta: $f(k) = C/L + K + nk$ a su vez $f(k) - C/L = S/L = s f(k)/L$, que, sustituyendo en la anterior igualdad, conduce a la ecuación fundamental arriba expuesta.

aquella requerida para compensar el crecimiento de la población. Es decir:

$$sf(k) = nk$$

De donde se desprende que la tasa de crecimiento proporcional viene dada por la tasa constante y exógena de crecimiento de la población, n . Una conclusión similar a la obtenida en el modelo de Harrod. Sin embargo, no conviene llevar las coincidencias mucho más lejos, pues entre ambos modelos existen diferencias notables que afectan al centro mismo de las respectivas concepciones sobre el proceso de crecimiento. En el caso de Harrod, el crecimiento sostenido y proporcional es improbable: y, caso de producirse, se vería amenazado por su consustancial carácter inestable. Por el contrario, en el caso de Solow, son las propias fuerzas del mercado las que conducen a la economía hacia una senda de crecimiento estable. En la base de esta radical diferencia están las posibilidades de sustitución de factores que brinda la función de producción neoclásica y la exclusión en el modelo de una función de inversión independiente

En una primera aproximación, la experiencia del crecimiento parece ajustarse mejor a la armónica visión neoclásica que a la atormentada imagen que transmite el modelo de Harrod. No obstante, y entrando en detalle, buena parte de las conclusiones del modelo neoclásico expuesto resultan abiertamente contraintuitivas. Tal sucede con el resultado central de su modelo, que hace independiente el crecimiento de la tasa de ahorro; o con la supuesta inmutabilidad de las tasas capital-trabajo o de la productividad por trabajador a lo largo de la senda de crecimiento.

Alguna de estas inconveniencias se logran superar al tomar en cuenta una

variable que exprese el progreso tecnológico. Si bien para asegurar tan tranquilizadoras conclusiones, previamente se ha tenido que simplificar, hasta su virtual desnaturalización, el sentido y atributos del cambio tecnológico. Este se incorpora en la función de producción como un operador desplegado en el tiempo, que actúa sobre los inputs (K, L) o sobre su combinación. Es decir, la tecnología promueve el crecimiento sin modificar la cantidad o naturaleza de los factores empleados:

$$Y = F(K, L, t)$$

La variable tiempo, t , indica que la producción se incrementa, aún cuando los inputs no varíen, debido al efecto del progreso técnico. Se supone, como es habitual en la formulación neoclásica, que no existen economías de escala, que se trata de una función continua y con productividades marginales decrecientes. Una forma alternativa de representar esa función es:

$$Y = F(A(t)K, B(t)L)$$

que expresa que la producción no depende sólo de la cantidad de los inputs, sino también del progreso técnico; los stocks de capital y de trabajo aparecen multiplicados por sendos factores, A y B , que son, a su vez, funciones del tiempo, variable a través de la que se aproxima el progreso tecnológico. El hecho de que los factores $A(t)$ y $B(t)$ sean independientes de los valores presentes y pasados de K y L refleja el carácter exógeno del cambio tecnológico, así como su cualidad de progreso desincorporado, que no afecta a la naturaleza de los inputs primarios.

La incorporación del progreso técnico mejora los resultados del modelo, al hacerlo compatible con ciertas regularidades empíricas suficientemente

contrastadas —los «hechos estilizados», en términos de Kaldor— (18). En concreto, el problema básico de la función de crecimiento sin progreso técnico deriva de la difícil compatibilidad entre la observada inamovilidad en el tiempo de la productividad marginal del capital y el incremento de la productividad del trabajo en que se asienta el proceso de crecimiento: mientras el primer requisito reclama la estabilidad de la relación capital-trabajo, el segundo exige que la fuerza de trabajo crezca menos que el stock de capital. Una de las formas de superar semejante anomalía es la de suponer que existe progreso técnico que hace que el «trabajo efectivo», E , crezca más que el trabajo en términos físicos, L (19). De este modo la relación K/E puede no incrementarse si E crece más rápidamente que el stock de capital. Para ello, el progreso técnico debe ser neutral a lo Harrod, promoviendo el incremento de la productividad del trabajo. Aún cuando, desde un punto de vista económico, nadie pueda argumentar por

(18) Entre los «hechos estilizados» que proporciona la evidencia empírica del crecimiento figuran, según Kaldor, los siguientes:

1) El crecimiento continuado en el tiempo, tanto de la producción agregada como de la productividad del trabajo.

2) El incremento continuado en la tasa capital por trabajador.

3) La constancia en la tasa de beneficio.

4) Unas relaciones capital-producto estables a lo largo de amplios períodos de tiempo.

5) Una correlación elevada entre la participación de los beneficios en la renta y participación de la inversión en el producto y una estabilidad notable en la distribución factorial de la renta, así como en el coeficiente de inversión.

6) La existencia de diferencias sustanciales entre países en sus tasas de crecimiento de la producción y de la productividad del trabajo. Véase Kaldor (1965), pág. 178.

(19) El concepto de trabajo eficaz trata de captar el efecto que el progreso técnico tiene sobre la contribución del factor al proceso de producción. De tal modo que el trabajo eficaz puede variar en el tiempo aun cuando no se haya modificado el stock disponible de trabajo físico, siempre que el progreso técnico comporte alguna alteración en la productividad de ese factor.

qué esto deba ser necesariamente así: es decir, por qué éste es el único tipo de progreso técnico compatible con el modelo (20).

Admitido el progreso técnico neutral a lo Harrod, la función de producción adopta la siguiente forma:

$$Y = F(K, A(t)L)$$

en donde la mejora tecnológica incrementa la eficiencia del trabajo.

A su vez, supuesta una tasa de progreso técnico proporcional y exógena, m , la ecuación fundamental del modelo se transforma en:

$$\dot{k} = s f(\bar{k}) - (n + m) \bar{k}$$

donde k expresa la relación capital-trabajo en términos de eficiencia. Y , en caso de crecimiento en equilibrio:

$$s f(\bar{k}) = (n + m) \bar{k}$$

Es decir, la tasa de crecimiento proporcional debe ser igual a la suma de la tasa de crecimiento de la población y la tasa de progreso técnico: ambas exógenamente determinadas. Los ritmos de expansión del producto son, por tanto, independientes de cualquiera de las variables internas al modelo y ajenos a la proporción que supone la inversión en el producto. Se llega así a la paradójica conclusión de que estamos ante una teoría del crecimiento que no tiene nada que decir sobre qué determina el crecimiento en equilibrio (21). Como señala Romer (1990b): «Los supuestos de convexidad y de competencia perfecta colocaron la

(20) En realidad, se trata de una restricción adhoc para justificar la consistencia empírica del modelo, como el propio Solow reconoce. Esta exigencia supone, de hecho, «una limitación adicional sobre el valor de los modelos de crecimiento sostenido como representación de la realidad». Hahn y Matthews (1964), pág. 53.

(21) A la misma conclusión llega Scott (1991), pág. 77.

acumulación de nuevas tecnologías en el centro del progreso de crecimiento y negaron simultáneamente la posibilidad de que el análisis tuviera algo que decir sobre este proceso» (22).

12. Progreso técnico exógeno incorporado

Estos primeros ensayos para incorporar el progreso técnico en los modelos de crecimiento no pueden ser juzgados como satisfactorios. Los mismos autores mencionados, aunque prisioneros de su instrumental analítico, eran conscientes de estas limitaciones. El hecho de que la modelización neoclásica fuese útil a los ejercicios de investigación cuantitativa del crecimiento sólo podría tranquilizar a los espíritus menos inquietos. En la base de esta necesaria insatisfacción estaba la forma manifiestamente poco realista de concebir el progreso técnico, que era representado como una variable independiente del proceso de crecimiento, del esfuerzo de acumulación de la sociedad y ajena a la voluntad y a los criterios de decisión de los agentes económicos. Un factor inexplicado e incorpóreo —una suerte de «maná», como irónicamente señalo Solow— cuya misión era fecundar el crecimiento a través de vías igualmente inexplicadas. Para superar esta limitación se trató de avanzar a través de dos sendas, no necesariamente excluyentes: investigar las formas de penetración y difusión del progreso técnico en la actividad productiva y tratar de incorporar la tecnología como una variable endógena en el modelo de crecimiento

La primera línea de trabajo dio origen a los llamados «modelos de generaciones»,

(22) Romer (1990), pág. 282.

inicialmente propuestos por Solow (1960). El punto de partida de semejante indagación se encuentra, como el propio Solow reconoce: «en la observación corriente de que muchas, si no la mayoría, de las innovaciones tienen que ser incorporadas en nuevos tipos de equipo duradero, antes de que puedan utilizarse» (23). Se reconoce, así, que la inversión desempeña un papel básico en el proceso de incorporación del progreso técnico a la actividad productiva; y se considera que la edad de instalación de los equipos determina la eficiencia del sistema productivo. De esta forma, la inversión se constituye en una variable estratégica para el crecimiento económico que no sólo amplía el stock de capital disponible, sino también moderniza dicho stock al incorporar sucesivas generaciones de capital productivo, portador de tecnologías más desarrolladas e innovadoras.

De acuerdo con este criterio, la función de producción agregada puede representarse a través del sumatorio de una pluralidad de funciones de producción, tantas como generaciones de bienes de equipo instaladas estén en uso. Es decir:

$$Y = \sum F_i (K_i(t), L_i(t))$$

donde, en el momento t , se supone que existen T generaciones de bienes de equipo en uso.

En este modelo, el progreso técnico se realiza a través de innovaciones incorporadas en los bienes de equipo. Solow supone que el progreso técnico se realiza a una tasa constante, m , pero se materializa exclusivamente en los nuevos bienes de capital. Estos son los portadores de las nuevas tecnologías, sin que cada generación pueda participar, sin embargo,

(23) Solow (1960), pág. 91.

de los progresos futuros. De este modo, en ausencia de incrementos en el volumen de población trabajadora, el nivel de producción agregado de una economía crecerá por el desplazamiento de mano de obra desde los viejos equipos a los más modernos. Con ello, los modelos de crecimiento se abren a la consideración de los mecanismos de transmisión del progreso tecnológico. Las sucesivas generaciones de inversión, los procesos de adquisición de maquinaria y equipo desempeñan este papel.

Los «modelos de generaciones» logran sortear mejor alguna de las críticas a las que más vulnerable se había mostrado la función de producción neoclásica, particularmente las referidas a la proclamada homogeneidad del capital y a la sustituibilidad entre los inputs primarios, aspectos sobre los que se había centrado la disputa entre los dos Cambridge en los años cincuenta. Admitir la existencia de diversas generaciones de bienes de equipo en uso supone asumir una cierta heterogeneidad en el stock capital, si bien en el modelo de generaciones dicha heterogeneidad se hace depender linealmente del tiempo y no, como debiera, de las características productivas de cada generación de equipos.

Al tiempo, la idea de la incorporación de sucesivas generaciones de bienes de capital posibilita una visión menos extrema, más flexible y plural, de la proclamada sustituibilidad de factores que tanto había irritado a los economistas británicos. La distinción entre el período de diseño de las máquinas, previo a su instalación y el de su posterior vida activa, abre el camino a tres posibles supuestos de variabilidad en los inputs: uno, primero, en el que no hay posibilidad alguna para alterar la relación

capital-trabajo, que queda definida de manera inmutable para cada generación de bienes de equipo (modelos «clay-clay»); el segundo, en el otro extremo, que acoge el caso de plena sustituibilidad, en el que se puede modificar la combinación de inputs tanto antes como después de instalados los bienes de equipo (modelos «putty-putty»); y, finalmente, un modelo intermedio en el que se admite la posibilidad de modificación en la fase de diseño, pero no tras su instalación (modelos «putty-clay»). De entre estos modelos, sólo el primero —«clay-clay»— supone el cambio tecnológico incorporado en sentido pleno. El desarrollo de estos modelos suele ir acompañado de una elevada complejidad formal y dificultad analítica, que no siempre se ve compensada por su mayor capacidad interpretativa o predictiva.

No obstante los méritos que se puedan reconocer a estos modelos, conviene apuntar tres de sus más importantes limitaciones conceptuales, más allá de su limitada convalidación empírica —Gregory and James (1973)—. La primera está relacionada con el discutible efecto que, a largo plazo, se supone tiene el mecanismo de incorporación de las innovaciones contemplado en el modelo sobre el crecimiento económico. En efecto, en las formulaciones más cercanas a la modelización neoclásica, la tasa de crecimiento proporcional resulta ser independiente de la parte de renta ahorrada e invertida (24). Con lo que se disuelve el efecto previsible de la incorporación del progreso técnico. Por lo demás, como demuestra Phelps (1960),

con una tasa constante de inversión, la edad media del stock de capital se ve inalterada, como inmodificable resulta, en ese caso, la estructura por generaciones de los bienes de equipo. Ambos resultados dependen crucialmente del supuesto que define al crecimiento proporcional.

La segunda limitación se refiere a la visión tan restrictiva de cambio técnico incorporado que contempla el modelo. Y así, las generaciones de equipos se establecen sobre bases temporales y no tecnológicas; se considera que todos los equipos de un mismo período —o año— pertenecen a la misma generación; se asume que los nuevos equipos despliegan su potencial productivo desde el mismo momento de su instalación; y se acepta que la amortización de los equipos discurre al margen de la emergencia de nuevas generaciones. No parecen ser estos rasgos que se desprendan de la abundante literatura sobre los procesos microeconómicos de creación, adaptación y difusión de nuevas tecnologías; antes bien, en ellos se resalta la coexistencia en competencia de diversos niveles tecnológicos entre las empresas, de diversas generaciones de equipos acordes con rutinas tecnológicas y formas organizativas de la producción igualmente disímiles. Una diversidad que afecta no sólo a los equipos instalados sino también a las estrategias tecnológicas y a las decisiones de inversión de las empresas. Por lo demás, la idea misma de las generaciones se adecua mal a aquellas formas de inversión distintas a la adquisición de equipos, como puedan ser los gastos en infraestructuras o en I + D, por ejemplo.

La tercera limitación, de carácter más conceptual, se refiere a la relación que la tecnología tiene con el proceso de

(24) Como señala Jones: «En una situación de crecimiento proporcional equilibrado, la distribución por edades del stock de capital dependerá totalmente de la tasa de crecimiento y de la tasa de depreciación; ninguna de las dos está influida, a largo plazo, por la proporción ahorrada del producto nacional». Jones (1975), pág. 231.

crecimiento; se admite un mecanismo de transmisión del progreso tecnológico, pero se deja sin explicar el origen y los factores que explican dicho progreso. En definitiva, la variable tecnológica, expresada por una inexplicada —e inexplicable— tasa constante, sigue siendo exógena al modelo de crecimiento, independiente, por tanto, del propio proceso de expansión de la economía. Se ha logrado ofrecer una visión más realista de la forma en que las innovaciones se incorporan a la actividad productiva, pero esas mismas innovaciones se mantienen ajenas al sistema económico que se presupone. En definitiva, como apuntan Hahn y Matthews (1964) «la diferencia con el enfoque ortodoxo es simplemente que ahora el maná del progreso técnico cae solamente sobre los últimos equipos» (25).

2. EL PROGRESO TÉCNICO ENTRA EN ESCENA

El intento de incorporar la tecnología como una variable endógena del proceso de crecimiento, a la vez causa y efecto de la expansión económica, obliga a un desarrollo analítico abiertamente diferente al de los modelos hasta aquí considerados. Tan pronto como se considera que el cambio tecnológico está asociado a mutaciones en la naturaleza de los inputs, o de su combinación; que el nivel técnico depende de las características que adopta el proceso de crecimiento —ya sea en su curso presente, ya en el pasado—; o que la senda del progreso tecnológico depende de decisiones deliberadas de los agentes económicos, la función de producción neoclásica, con las características que

(25) Hahn y Matthews (1964), pág. 837.

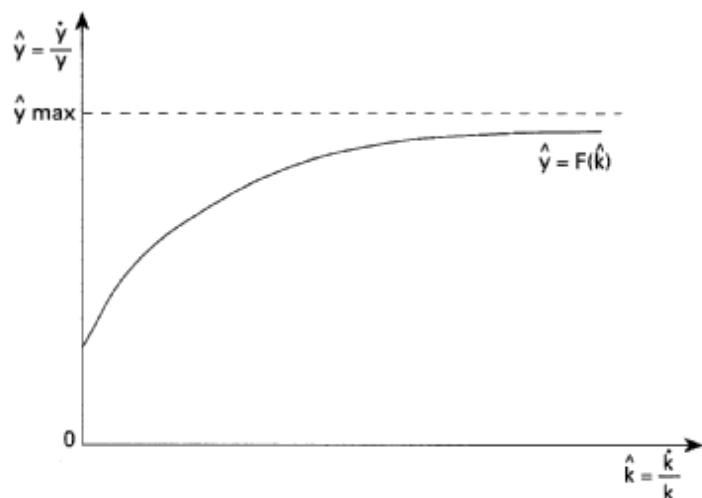
habitualmente la definen, se revela manifiestamente inadecuada. No obstante, la vía para integrar la tecnología será muy diferente según los casos. En unos —es el proyecto de Kaldor— se intentará remodelar la visión formalizada del crecimiento al objeto de eludir las referencias a la función de producción; en otros —Arrow, por ejemplo— se tratará de aprovechar las externalidades asociadas a la generación de conocimientos para hacer compatible el progreso técnico con las condiciones exigidas por la competencia perfecta; y, finalmente, habrá quien cuestione —es el caso de las «nuevas teorías»— el mismo supuesto de competencia perfecta como requisito para modelizar el crecimiento.

2.1. Kaldor: una versión truncada del progreso incorporado

Los primeros intentos para incorporar el progreso tecnológico como variable endógena se producen muy tempranamente: en 1957, Kaldor elabora una propuesta en la que se acoge, en una versión formalizada, alguna de las críticas que desde el Cambridge británico se habían realizado a la función neoclásica y a su modelo de crecimiento. Kaldor señala el carácter arbitrario de la distinción, habitual en los modelos de inspiración neoclásica, entre la forma de entender los efectos del progreso técnico, representados con un desplazamiento de la función de producción y el proceso de acumulación de capital, que se representa con un movimiento a lo largo de dicha función (26). Por el contrario, supone la existencia de una estrecha —y

(26) En realidad, la crítica de Kaldor a la visión neoclásica del crecimiento es más amplia y afecta crucialmente al concepto de la función de producción sobre el que se erige tal visión. En la tradición del Cambridge británico se critica el pobre

Gráfico n.º 2. Función del progreso técnico de Kaldor



biunívoca—vinculación entre el cambio tecnológico y el proceso de acumulación. Como el propio Kaldor señala: «El uso de más capital por trabajador... inevitablemente comporta la introducción de técnicas superiores que requieren alguna clase de innovación, aún cuando éstas no suponen necesariamente la aplicación de nuevos principios o ideas. Por otro lado, la mayor parte de las innovaciones técnicas, aunque no todas, que sean capaces de elevar la productividad del trabajo requieren el uso de más capital por hombre» (27).

Sobre esta relación básica establece

realismo de los supuestos en que se fundamenta tal función, los errores metodológicos que encierra el concepto de capital como factor homogéneo y las dificultad esencial que demuestra para captar el progreso técnico. (27) Kaldor (1957), pág. 525.
(27) Kaldor (1957), pág. 525.

Kaldor la función del progreso técnico, una alternativa a la función neoclásica en la que la tasa de crecimiento de la producción por trabajador se hace depender de la tasa de crecimiento del capital por trabajador. Es decir:

$$\dot{y}/y = F(\dot{k}/k)$$

La forma que adopta esta función, su senda creciente y su concavidad expresan algunas de las características y efectos atribuidos por Kaldor al progreso tecnológico: se trata de una función creciente —la producción por trabajador aumenta a medida que aumenta la tasa de acumulación—, aunque lo hace con rendimientos decrecientes (gráfico n.º 2). Particularmente, tiene interés señalar dos aspectos peculiares de la función; su nacimiento más allá del punto de origen, en los tramos positivos del eje de ordenadas,

lo que expresa el papel que tiene la experiencia en el incremento de la productividad, aun cuando no se haya producido modificación alguna en la relación capital-trabajo; y la existencia de un límite máximo, más allá del cual no se producen progresos, lo que revela que por encima de una determinada tasa es imposible incrementar el crecimiento de producto por persona aun cuando se siga incrementando el stock de capital.

No obstante la influencia que las reflexiones críticas de Kaldor tuvieron en desarrollos teóricos posteriores sobre el crecimiento y el cambio técnico, lo cierto es que su aportación originaria tuvo escasa acogida. A ello contribuyó la limitada capacidad explicativa de la función del progreso técnico, su excesiva simplicidad y lo arbitrario de alguno de los supuestos en los que se fundamenta. De hecho, una de las conclusiones más frustrantes del modelo de Kaldor es que al hacer la función independiente del ratio de la inversión sobre el producto, el crecimiento de la productividad no depende de la inversión, sino sólo del progreso técnico. Sería necesario, como el propio Kaldor reconoció, desarrollos ulteriores para explicar la evolución de la inversión e integrarla en el seno del proceso de expansión del producto (28). Tales desarrollos nunca llegaron a realizarse. La posterior aportación modelizada de este autor —Kaldor y Mirrlees (1962)— supone el abandono del concepto de stock de capital, para acogerse a un modelo del tipo clay-clay. Con lo que se retrocedió a los problemas y limitaciones que en general arrastran los modelos de generaciones. No obstante

(28) De hecho, si la función de progreso técnico se linealiza, la función de producción que la soporta adoptaría la forma de una Cobb-Douglas con progreso técnico neutral, del mismo modo que la versión neoclásica. Véase Eltis (1973).

estas limitaciones y más allá de las propuestas de modelos formalizados, es necesario señalar que a Kaldor se deben buena parte de las más estimulantes aportaciones para una mejor comprensión del proceso de crecimiento económico.

2.2. El papel de las economías externas

Desde Marshall se conocen las posibilidades que brindan en el análisis las economías de escala externas. Su consideración permite un cierto alejamiento de los supuestos requeridos por la competencia perfecta, sin tener por ello que abandonar el potente aparato conceptual que ésta había generado. Ya que si las economías externas cuestionan la consecución del óptimo en un mercado en equilibrio, permiten, sin embargo, mantener el comportamiento precio-aceptante sobre el que se erigen las conductas competitivas.

Es dudosa la relevancia empírica de las economías externas, pero su consideración propició desarrollos de interés en la teoría del crecimiento. Pues en efecto, en fecha tan temprana como 1928, Young incorpora, en un artículo ciertamente influyente, las externalidades como uno de los factores explicativos del crecimiento. Con una visión que pudiera encontrar sus antecedentes en los desarrollos de Marx y Schumpeter, Young considera que el progreso está asociado a la incorporación de nuevos productos y nuevos métodos de producción en el mercado; no existe crecimiento sin la ampliación y diversificación continuada de la oferta disponible, sin una renovada capacidad de generación de nuevos bienes y servicios.

En esta dinámica, la ampliación de los mercados y el consiguiente proceso de

división del trabajo entre las empresas desempeña un papel fundamental. Con mercados más amplios es posible una mayor especialización, no sólo de las tareas productivas, sino también de las industrias. Por especialización de las industrias se entiende la progresiva división de los servicios productivos —industrias y empresas— en subsectores crecientemente especializados, productores de una gama cada vez más reducida de bienes. La expansión de la demanda conduce a la progresiva diversificación horizontal de los bienes de consumo, a través de la aparición de nuevos productos y de la diferenciación de los existentes y una creciente especialización, tanto horizontal como vertical, de los bienes de equipo y de los bienes intermedios. Las mejoras de eficiencia resultan, por tanto, de la acción combinada de la creciente mecanización, a través de los procesos de inversión y de la senda de progresiva especialización de tareas e industrias que promueve la expansión del mercado. Y, en consecuencia, la eficiencia de un sector depende no sólo de su propio desarrollo, sino también del alcanzado por la industria y la economía en su conjunto. Se da así una relación que se alimenta mutuamente entre crecimiento y cambio técnico: la innovación tecnológica mejora la productividad y con ello incrementa la demanda, y este incremento de la demanda propicia las posteriores mejoras de productividad.

Desde una perspectiva no excesivamente diferente, Hirschman (1961) explora las posibilidades que brindan las economías externas para representar el sistema de conexiones entre actividades y sectores existentes en el seno de un aparato productivo. Su concepción de los encadenamientos interindustriales y del crecimiento en desequilibrio inspirará el trabajo de un amplio grupo de autores que,

desde perspectivas muy diferentes, coincidirán en subrayar el papel que juegan las mutaciones estructurales en el proceso de desarrollo económico. El subrayó la diferente intensidad con que se manifiestan las externalidades que genera la expansión o las mejoras de eficiencia de un sector sobre el resto de las actividades productivas, permitiendo destacar industrias clave —y jerarquías interindustriales— aptas para la promoción del crecimiento agregado. Y, como consecuencia, a su influencia, más o menos reconocible, se debe también el interés creciente por enmarcar el análisis del crecimiento y del cambio técnico en una perspectiva sectorialmente desagregada, sea a través de una caracterización de las industrias —Pasinetti (1985)—, sea a través del concepto más agregado de los complejos industriales o «filières» —Antonelli, Petit y Tahar (1992).

Pero, sin duda, el modelo que más directamente trató de tomar en cuenta las externalidades, especialmente las que se generan en el proceso de producción de conocimiento, es el debido a Arrow (1962). La justificación de su proceder es tan intuitiva como contundente: la consideración del progreso técnico como una variable exógena del crecimiento se enfrenta a la observación, tan arraigada como comúnmente admitida, de que la experiencia constituye una fuente de conocimiento en cualquier ámbito de la vida y, por tanto, también en el tecnológico. Si la actividad productiva induce, como economía externa, un proceso de aprendizaje, los modelos de crecimiento debieran dar cuenta de ese proceso, como un mecanismo acumulativo promotor del progreso tecnológico. Es a este aspecto al que responde la propuesta de Arrow (1962), en la que el cambio técnico exógeno aparece asociado a la acumulación de experiencia adquirida en el propio

proceso de producción. Para ello se parte de dos consideraciones extraídas de la sociología aplicada: en primer lugar, el aprendizaje es fruto de la experiencia, estando su desarrollo ligado a la resolución de aquellos problemas que plantea la propia actividad; y, en segundo lugar, el aprendizaje asociado a la repetición de una tarea tiene rendimientos claramente decrecientes.

A partir de estos supuestos, Arrow construye un modelo de crecimiento tipo clay-clay, en el que se considera que la cantidad de trabajo requerida para la manipulación de unos determinados equipos declina a medida que se incorporan las sucesivas generaciones de maquinaria. La productividad de una empresa aparece entonces como una función creciente de la inversión bruta acumulativa, variable que aproxima el aprendizaje adquirido en la producción. Toda inversión, por el hecho de ser realizada y aun cuando no esté ya en activo la maquinaria en la que se haya materializado, contribuye, por tanto, al proceso de aprendizaje y de mejora de la productividad. Esta aparece como función de la inversión realizada—y no simplemente del tiempo, como en los modelos neoclásicos—, lo que justifica que en este caso se considere el cambio tecnológico, si bien no incorporado, como un factor endógeno del crecimiento. En definitiva, la velocidad que siga el proceso de crecimiento económico, su senda en el tiempo condiciona la intensidad del proceso de acumulación de experiencia y de aprendizaje. La productividad del trabajo, a, se puede representar entonces como una función de la inversión acumulada, G:

$$a = bG^\mu$$

siendo b y μ constantes, y μ positiva y menor que 1.

El incremento de la productividad del sistema deriva de la existencia de un factor acumulativo, la experiencia, y de unas economías externas que genera el proceso de aprendizaje. Toda la sociedad se beneficia del cúmulo de experiencia acumulada, independientemente de cómo se haya contribuido a su formación. De este planteamiento se deriva una de las prescripciones del modelo: en todo proceso de inversión se generan unos beneficios que no se apropia el inversor, sino el conjunto de la sociedad en forma de un incremento del aprendizaje. Esta diferencia entre el producto privado y el producto social explica la incapacidad de los mercados competitivos para mantener la inversión en tecnología en el nivel que sería óptimo, justificando con ello la participación del sector público en la promoción del cambio tecnológico.

Desde el punto de vista del crecimiento, uno de los resultados más paradójicos del modelo de Arrow deriva de la relación existente entre la expansión del producto y la evolución de la mano de obra. En efecto, dada la relación funcional que vincula el incremento de la productividad del trabajo con la inversión, la tasa de crecimiento estable con pleno empleo vendrá dada por:

$$g = gl/1 - \mu$$

donde gl es la tasa de crecimiento de la fuerza de trabajo. Lo que conduce a la conclusión de que el crecimiento económico depende crucialmente de la expansión de la fuerza del trabajo: un resultado difícil de admitir en una teoría que trata de justificar el cambio técnico endógeno. Por lo demás, el modelo no aclara adecuadamente el cambio técnico promovido directa y deliberadamente por las actividades inventivas y de investigación y desarrollo. Tal vez por

estas razones la aportación de Arrow, muy influyente en la teoría del cambio técnico, tuvo menos incidencia en el ámbito específico del crecimiento (29). Aún así, se propusieron desarrollos ulteriores, como los debidos a Levhari (1966) o Levhari y Sheskinski (1967), en los que se admiten rendimientos crecientes a partir de la experiencia acumulada, con la única restricción de mantener inalterable el principio de disminución de la productividad marginal del capital. Ninguna de estas propuestas logró superar airosamente las limitaciones básicas del modelo inicial de Arrow, si bien todos ellos abrieron la puerta a una nueva línea de trabajo en la que se desplaza la necesaria referencia a los mercados perfectos.

3. CAMBIO TÉCNICO ENDÓGENO Y RENDIMIENTOS CRECIENTES

La consideración de las economías externas permite flexibilizar alguno de los requisitos de la competencia perfecta, pero mantiene otros que lastran la capacidad interpretativa de las construcciones teóricas, así como su relevancia empírica. Un paso más definitivo en la línea de desprenderse de aquellas exigencias metodológicas es el que ofrece la reciente generación de modelos de crecimiento con mercados de competencia imperfecta, en los que se admite la presencia de economías de escala internas a la empresa. Esta es la línea de trabajo en la que más innovadoras aportaciones se hicieron a lo largo de la última década. Se rompe con

(29) Como apunta Romer, refiriéndose a los desarrollos en la línea de Arrow: «Puesto que la acumulación, ya sea en la forma de capital físico o en forma de nuevas ideas, no fue un determinante de la tasa de crecimiento en estos modelos, no han podido ofrecer una alternativa al modelo neoclásico para alguien preocupado por el papel de la acumulación endógena en la generación del crecimiento. Tal vez por esta razón, la dirección sugerida por estos modelos no fue seguida por otros». Cfr. Romer (1990b), pág. 286.

los principios de comportamiento precio-aceptante y de convexidad de la función de costes sobre los que se había erigido buena parte de la modelización previa; y sin necesidad de abandonar la lógica del equilibrio, se abre la vía a una explicación del proceso de crecimiento a partir de la acumulación de un factor considerado endógeno. Para alcanzar estos resultados fue preciso que se desarrollase previamente el instrumental analítico necesario para hacer operativo un tratamiento agregado del equilibrio en mercados de competencia monopolística, lo que se logra de manera satisfactoria con el final de los años setenta (30).

Esta nueva línea de análisis —bautizada como «nueva teoría del crecimiento» (31)— se propone un objetivo básico: encontrar una formulación aceptable para un modelo de crecimiento de carácter exponencial, basado en un proceso endógeno de acumulación e inversión, con su consiguiente reflejo en un progresivo incremento en el stock de los inputs. Para ello se recurre a una función de producción abierta a la existencia de un factor con productividad marginal no decreciente y en cuya utilización y producción se generan economías externas. Ese factor se identifica con el capital humano —o el nivel de conocimiento o la tecnología—, que se incorpora bien sea como una variable independiente —Lucas (1988)—, bien conjuntamente con el capital físico —Romer (1986)—. Así pues, a través de estos dos rasgos de la función de producción se intenta captar el papel que la tecnología tiene en el proceso de crecimiento.

(30) Especialmente debido a los desarrollos de Dixit y Stiglitz (1977).

(31) El paralelismo con la «nueva teoría del comercio» es algo más que nominal; ambas teorías se basan en el recurso al mismo instrumental analítico que deriva del tratamiento agregado de mercados en competencia monopolista.

La función de producción se podría representar, como hace uno de los modelos más conocidos —Romer (1986)—, de la siguiente forma:

$$Y = K^\alpha X^\beta \quad \text{con } \alpha \geq 1$$

donde K representa el capital, tanto físico como humano, el input que tiene productividades marginales crecientes y economías externas y X identifica el otro input, de comportamiento convencional. Conforme a estos rasgos, la función de producción de una empresa adoptaría la forma siguiente:

$$y = K^\phi K^v X^\beta$$

$$\text{donde } v + \beta \leq 1 \text{ y } \phi + v = a \geq 1$$

con lo que la producción dependería no sólo del input singularmente utilizado por la empresa, sino también del existente en el conjunto de la economía.

En el caso de Lucas (1988) se ofrece un modelo relativamente similar de función de producción, si bien se considera que el capital físico, K , y el capital humano, H , pueden variar de forma independiente. Como en el caso anterior, se supone que el output crece más que proporcionalmente con incrementos de K y H , cuando se toman en cuenta de manera conjunta; y se considera que existen economías externas del factor H , si bien con efectos locales, al objeto de mantener el supuesto precio-aceptante. Es decir:

$$Y = K^\beta H^\phi h^v,$$

$$\text{con } \beta + v + \phi > 1, \phi + \beta = 1, v > 0$$

Esta línea de trabajo intenta ofrecer un marco de análisis compatible con tres conclusiones suficientemente asentadas en la literatura sobre el crecimiento y el cambio técnico. Tres condiciones que necesariamente alejan al modelo del ámbito de la competencia perfecta. En primer lugar, la necesidad de incorporar el progreso tecnológico —sea cual sea la forma que adopte— como una variable endógena en los modelos de crecimiento.

Mantener la ficción de su exogeneidad, como en las primeras formulaciones neoclásicas, resultaba no sólo inconsistente con la evidencia empírica, sino también injustificable desde el punto de vista teórico, dados los desarrollos analíticos habidos en los últimos años. En segundo lugar, había que caracterizar al capital humano —o a la tecnología— respetando uno de sus rasgos definitorios básicos; su carácter esencialmente acumulativo, el tratarse de una variable que puede crecer sin límite cuando se mide sobre una base per cápita. Y, en tercer lugar, había que asumir la crítica dificultad que encierra entender el progreso tecnológico deliberado, las actividades de investigación y desarrollo de las empresas, desde un marco de competencia perfecta. Pues en tales condiciones de mercado quedarían sin retribuir las actividades innovativas autointeresadas de los agentes. El gasto de este tipo de actividades forma parte de los costes fijos para el desarrollo de un producto, pero no de sus costes marginales una vez que la innovación está realizada, de modo que en condiciones de competencia perfecta el mercado acabaría por penalizar a la empresa más innovadora.

En los modelos anteriores esta última dificultad se había tratado de eludir a través de dos vías, ninguna de ellas plenamente satisfactoria; bien se consideraba la tecnología como un factor exógeno, que no requiere retribución alguna en el seno de la función de producción, aun cuando se supone que progresa por razones no explicadas —Solow y Swan, por ejemplo—; o bien se conjectura que el progreso es una consecuencia colateral, no deliberada, del propio proceso de producción —Arrow, por ejemplo—, en cuyo caso la retribución, si la hubiere, se mueve en el marco de las cuasirentas marshallianas. Ahora bien, si se quiere incorporar la tecnología—o el capital humano—como una variable endógena y acumulativa,

resultado de la actividad deliberada de los agentes económicos, es preciso dar la espalda a los requisitos que imponen los mercados perfectos y desplazarse al ámbito de la competencia imperfecta, tal como se proponen alguno de los desarrollos más avanzados de la «nueva teoría del crecimiento».

Por lo demás, estos modelos tratan de responder a un rasgo adicional del conocimiento —explorado por Arrow—, que hace referencia a su capacidad para generar externalidades. O, por expresarlo en los términos de Romer (1990a), se trata de acoger la naturaleza de bien no rival y sólo parcialmente excluible que tiene el conocimiento. Lo primero—la no rivalidad— implica que el uso que del bien haga un agente no excluye su disfrute por parte de otros; lo segundo —la parcial excluibilidad—, que sólo a través de ciertos mecanismos institucionales —sistema legal de propiedad y patentes— el propietario puede impedir, al menos parcialmente, el acceso al bien de los competidores. Está suficientemente probado que el desarrollo de la tecnología genera un efecto apreciable sobre terceros, que pueden partir del nivel de conocimiento alcanzado para desarrollar sus propias innovaciones. En definitiva, una buena parte del desarrollo -de los conocimientos productivos se desborda hacia el entorno social y alcanza a ámbitos distintos de aquellos donde se generaron. Los sistemas institucionales de protección de las innovaciones, al defender la propiedad privada del innovador, pueden propiciar la existencia de un supuesto «mercado de ideas», pero difícilmente pueden conseguir que ese mercado se comporte como de competencia perfecta. Cuando existen inputs no rivales no es posible retribuir a cada input en función de su productividad marginal.

Para integrar este problema en los modelos de crecimiento se procedió inicialmente a considerar las externalidades que genera el proceso de conocimiento y a justificar su retribución a través de cuasirentas —Romer (1986) y Lucas (1988)—, manteniendo la condición precio-aceptante para los inputs rivales. No obstante, este tratamiento no es del todo satisfactorio, en la medida en que no justifica de manera adecuada la producción deliberada —es decir, retribuida— de conocimientos. Un paso adelante en esta línea lo ofrece Romer (1990a), quien abandonando el supuesto precio-aceptante, convierte a la producción de nuevos bienes, asociada a las actividades innovadoras, en el centro del proceso de crecimiento, al modo en cómo lo habían sugerido Young (1928) o Schumpeter (1984). Para formalizar este proyecto se adopta el modelo operativo de Dixit y Stiglitz (1977), en el que se considera que el mercado está compuesto por un gran número de empresas, cada una de las cuales produce un bien distinto de acuerdo con su actividad innovadora y se produce equilibrio competitivo. En estas condiciones se asocia la innovación con un cierto poder de mercado de las empresas, aunque sea transitorio, de modo que la retribución de las actividades innovadoras se asocia y justifica con las rentas de monopolio. La simplificación que supone considerar que todas las actividades están asociadas a la creación de nuevos bienes —solo existe innovación de producto— ha sido suavizada en modelos posteriores —como Grossman y Helpman (1989)—, admitiendo también la posibilidad de innovación de proceso, en forma de nuevas técnicas de producción; permanece, sin embargo, por razones de simplicidad analítica, el supuesto de competencia monopolista, al objeto de evitar el tratamiento agregado

de mercados con reducido número de empresas y comportamientos estratégicos de los agentes.

Esta vía de análisis, alejada de los modelos de competencia perfecta, se muestra mucho más fecunda y realista que modelos anteriores. Al menos, emprende un paso importante en la dirección de entender el modo en que la tecnología opera en el marco de las decisiones empresariales y en la dinámica económica. Como el propio Romer (1990b) señala: «Una gran mayoría de los economistas creen que los gastos en investigación y desarrollo del sector privado es un determinante importante del potencial de crecimiento a largo plazo y que la presencia o ausencia de derechos de propiedad intelectual también es importante. Las discusiones de la economía de la empresa o de la industria reflejan típicamente este pensamiento. Es sólo en los modelos formales de crecimiento de la economía como un todo en los que estos efectos han estado ausentes» (32).

4. LA PERSPECTIVA EVOLUCIONISTA

Las nuevas teorías de crecimiento endógeno ofrecen un marco analítico notablemente más apropiado para explicar el crecimiento e incorporar en su seno un tratamiento más realista del cambio tecnológico. Proporcionan, además, una explicación convincente de ciertos hechos difíciles de entender en el marco de modelizaciones rivales. Tal es el caso del carácter exponencial del crecimiento a lo largo de los últimos tres siglos. La existencia de rendimientos crecientes y la indefinida acumulatividad de los inputs —en particular, el conocimiento— proporcionan una vía de

explicación a la contrastada tendencia al alza de la tasa de crecimiento de la productividad, cuando ésta se estima a lo largo de dilatados períodos históricos —Maddison (1992).

Igualmente, ofrecen una explicación cabal a la persistente desigualdad en los niveles de renta per cápita y de productividad entre los países. Desde la visión neoclásica, con una tecnología exógena y libremente disponible para todos los agentes, dicha explicación necesariamente habría de remitir a diferencias en la relación capital-trabajo a nivel internacional; que, a su vez, conducirían a desigualdades, todavía más extremas, en las respectivas productividades marginales del capital. Nada de esto resulta convalidado por la realidad de los mercados. Como tampoco lo es la convergencia en los niveles de renta per cápita entre países que se deriva de la interpretación neoclásica del comercio y de la especialización internacional. Por el contrario, el recurso de los rendimientos crecientes por parte de la «nueva teoría del crecimiento» proporciona una explicación a la persistente desigualdad, al justificar una dinámica acumulativa más poderosa en torno a los países más desarrollados; «el producto marginal de inversiones adicionales—señala Romer (1990b)— será más grande y no más pequeño, en el país que está más avanzado» (33). En suma, la nueva teoría permite entender que la mayor eficiencia marginal de los países avanzados sea más que proporcional respecto de los diferentes grados de acumulación del capital y ofrece una explicación al desplazamiento de recursos hacia los países desarrollados.

No obstante sus avances indiscutibles, persisten algunos problemas que limitan

(32) Romer (1990), pág. 302.

(33) Romer (1990), pág. 294.

la capacidad interpretativa de estos modelos. Algunos están realizados con las dificultades que la teoría presenta para su contrastación empírica; para su traducción a modelos manejables en la investigación aplicada. Su todavía débil respaldo empírico constituye una limitación que no cabe desconsiderar. Pero, sobre todo, la insuficiencia básica radica en la forma, todavía un tanto simplificada, en la que se entiende el desarrollo tecnológico.

La abundante literatura empírica existente al efecto ha demostrado la conveniencia de diferenciar entre los diversos tipos de innovaciones, en función de sus efectos sobre el nivel tecnológico preexistente; innovaciones clave o genéricas, cuando afectan a todo un sistema de técnicas en su conjunto, las innovaciones radicales, que son transformaciones profundas en un subapartado de técnicas relacionadas en el interior de un sistema e innovaciones incrementales, cuando se trata de pequeños avances en el rango de productos o procesos en el seno de una tecnología dada (34). El nivel de endogeneidad respecto al proceso productivo de cada uno de estos tipos de innovaciones es bien diferente. Como diferente resultan las tareas a desarrollar por la empresa para la promoción tecnológica según la fase —nacimiento, difusión y madurez— en que la tecnología se encuentra. Por último, la propia naturaleza de la actividad productiva en cada una de las industrias da origen a distintas pautas en los procesos de creación, apropiación y difusión de la tecnología, permitiendo generar una taxonomía de comportamientos sectoriales diferenciados —Pavitt (1984)—. Todo ello hace que las conductas empresariales difícilmente puedan ajustarse a un único patrón de

conducta racionalizadora en condiciones de incertidumbre, como las «nuevas teorías del crecimiento» presuponen. Más bien, la investigación aplicada en el ámbito microeconómico revela que existe una amplia diversidad de estrategias tecnológicas, gobernadas por objetivos igualmente dispares —no necesariamente maximizadores al estilo neoclásico—, cuya justificación radica en la existencia de rutinas organizativas diferenciadas, con su traducción en el ámbito tecnológico.

La insatisfacción por el modo cómo se había integrado la tecnología en las teorías de crecimiento, incluso en las más innovadoras, condujo a un grupo de investigadores, especialistas en el cambio técnico, a formular un nuevo enfoque para el estudio e interpretación del desarrollo económico, en el que se subraya el carácter endógeno e irreversible de las principales mutaciones que acompañan al proceso de crecimiento. En buena medida, este enfoque se fundamenta en la analogía entre el crecimiento económico y el proceso de desarrollo biológico; ambos se rigen por una dinámica evolutiva, un proceso secuencial de sucesivas adaptaciones, asentado en la dialéctica entre mutación y selección. La evolución económica se ajusta a un proceso similar: «Las fuerzas esenciales del crecimiento —señalan Nelson y Winter (1974)— son la innovación y la selección, con un aumento del stock de capital más o menos ligado a este proceso» (35).

La analogía no debe, sin embargo, llevarse al extremo. Tres son, al menos, las diferencias que conviene resaltar. La primera hace referencia a la intencionalidad del proceso. La evolución biológica aparece como un resultado del contraste sistemático entre el azar,

(34) Véase al respecto Freeman y Soete (1985).

(35) Nelson y Winter (1974), pág. 890.

que provoca las mutaciones genéticas, y el proceso de selección que realiza el medio, garantizando de este modo la supervivencia de los mejor adaptados. El crecimiento económico tiene mucho más de proceso deliberado; las mutaciones que la innovación provoca no están, o no están fundamentalmente, dominadas por el azar, admitiéndose un alto grado de intencionalidad, de búsqueda consciente y deliberada. La incertidumbre que acompaña al proceso de cambio y crecimiento económico impide, no obstante, el pleno dominio del determinismo; y otorga a la ruta del progreso muchos de los rasgos propios de una exploración, de un camino tentativo sujeto a la prueba y al error. Las dosis de intencionalidad del proceso justifican una segunda diferencia, que se centra en el menor dominio en el ámbito económico de los mecanismos darwinistas de selección. En el campo social predominan los mecanismos de evolución de tipo «lamarckiano», en donde están presentes tanto los procesos de selección como los de aprendizaje (36). Por último, la tercera diferencia se refiere al ámbito en el que la evolución se manifiesta; mientras en el mundo natural se supone que el efecto de las mutaciones está localmente determinado, en el de la economía se extiende, aunque con diferente intensidad según los casos, al conjunto del sistema económico; todo él se beneficia de los procesos innovadores.

El surgimiento de esta línea de trabajo encuentra su punto de partida en el intento

de erigir una interpretación del crecimiento capaz de integrar de manera fiel aquellos rasgos del proceso de innovación tecnológica que la investigación empírica, especialmente la dedicada al análisis de las bases microeconómicas de la innovación, había puesto de manifiesto a lo largo de las dos últimas décadas. Se considera insatisfactorio proseguir en una línea de análisis, como la que proporciona el pensamiento neoclásico, que de partida niega la posibilidad de entender siquiera el proceso de cambio tecnológico; y se rehuyen, por considerarlas poco realistas, las modelizaciones del equilibrio, incluidas las de competencia imperfecta y los supuestos de racionalidad microeconómica en que éstas se fundamentan (37). Aún cuando resulta difícil sintetizar sus posiciones críticas, cuatro son los aspectos fundamentales que interesa resaltar en el marco del presente trabajo.

En primer lugar, el enfoque evolucionista critica la concepción estática que la teoría neoclásica tiene del equilibrio y de la competencia en los mercados. Estos no aparecen conformados por un conjunto de agentes que operan en condiciones tecnológicamente homogéneas, de acuerdo con el repertorio de técnicas disponibles y con las condiciones de coste de los inputs; antes bien, lo característico es que existan apreciables diferencias en las tecnologías empleadas por cada empresa, así como en sus respectivos niveles de eficiencias y rentabilidad. Conforme a esta visión de los mercados, la competencia se

(36) Como señala Dosi (1991): «Las teorías evolucionistas en economía implican igualmente procesos significativos de aprendizaje a nivel «fenotípico» (esto es, a nivel de las empresas individuales), cuyos resultados pueden repetirse y difundirse posteriormente a través de los procesos de selección del mercado, basados en la competitividad diferencial de los mismos agentes y a través de la observación, el aprendizaje y la imitación de otros agentes», pág. 187.

(37) «Es obvio que un gran volumen de diversidad y de cambio son ocultados por la aproximación neoclásica macroeconómica basada en la agregación, la maximización y el equilibrio. En verdad, la principal virtud de este instrumental es la ventaja en tratabilidad analítica y en coherencia lógica, que ha sido obtenida precisamente por abstraerse de la diversidad y del cambio». Nelson y Winter (1974), pág. 903.

entiende, en la tradición de Schumpeter, como un proceso dinámico de rivalidad entre las empresas que alimenta la continua transformación de las condiciones en las que éstas operan. En este sentido, la competencia remite más a un proceso dinámico de cambio que a una situación de equilibrio.

En segundo lugar y en relación con el punto anterior, se cuestiona el proceso de decisión de los agentes que presupone la teoría, así como el papel exclusivo que se le asigna a los precios como señales del mercado. Más específicamente, se critica el supuesto de que los agentes conocen las posibilidades tecnológicas existentes, a las que acceden sin coste y entre las que eligen de acuerdo con los precios relativos de los inputs. En la tradición de la teoría behaviourista, se concibe la empresa como una institución que opera en un marco de incertidumbre y de información incompleta, conforme a rutinas que rigen sus decisiones (38). La modificación de estas rutinas vendrá dada, en algunos casos, por decisiones deliberadas, de acuerdo con objetivos explícitamente definidos; en otros, será el resultado de la respuesta al medio. Ambos procesos nutren el conjunto de las actitudes innovativas de la empresa (39).

Conforme a lo expuesto, se niega el carácter exclusivo que la maximización de

(38) Como señala Nelson y Winter (1974): «El primero de los más importantes compromisos de la teoría evolucionista es con el «enfoque behavioural». La premisa básica behaviourista es que la empresa opera siempre de acuerdo a un conjunto de reglas de decisión, que relacionan los estímulos del medio con un tipo de respuestas por parte de la empresa», pág. 891.

(39) Una de las ventajas que se le atribuyen a la teoría evolucionista es poder definir adecuadamente el concepto de innovación: «Es más fácil hacer uso de un término que expresa la connotación de lo «nuevo» o »novel» en una teoría que explícitamente descansa sobre rutinas de comportamiento, que una que presume plena flexibilidad y comportamiento maximizador». Nelson y Winter (1974), pág. 894.

los beneficios de corto plazo tiene en el comportamiento de los agentes. Aun cuando este objetivo sea importante, existen otros —de tipo gerencial, la búsqueda del crecimiento o el ansia de estabilidad— que pueden estar también presentes en la conducta de la empresa. Y conforme a esta pluralidad de objetivos, se produce una diversidad de estrategias innovativas. En la elección entre ellas, los precios jugarán un papel importante, pero en absoluto exclusivo; también contarán las reglas concernientes a los procesos de decisión, los comportamientos de las empresas rivales o los cambios exógenos en los niveles de conocimiento (40).

En tercer lugar, el enfoque evolucionista incorpora la referencia explícita al mecanismo dinámico de selección que proporciona el medio. El mecanismo selectivo viene dado tanto por las influencias exógenas que se transmiten al interior de las empresas como a través de la acción de las empresas rivales en el seno del mercado. Este proceso selectivo, a través de los premios y castigos que el mercado asigna, condicionará las estrategias empresariales, la orientación de su proceso inversor e innovativo. En todo caso, conviene subrayar que los mecanismos de selección e innovación actúan de manera simultánea en el seno del proceso evolutivo; la orientación del proceso selectivo condiciona la búsqueda de respuestas por parte de la empresa y

(40) «La empresa persigue beneficios (y quizás otros objetivos), pero su abanico de elección no es lo suficientemente estático y bien definido como para hacer la maximización de beneficios descriptivamente plausible. Para cada empresa individual, el cambio técnico es un aspecto de su búsqueda de beneficios. Hay significativas recompensas por resolver problemas o por prever con antelación y con corrección: y castigos por hacerlo mal o tarde. Estas recompensas y castigos no son meras posibilidades conjeturales, ocurren en verdad y su ocurrencia condiciona el futuro curso de los acontecimientos». Nelson y Winter (1974), pág. 903.

esta búsqueda proporciona, a través de la innovación, condiciones renovadas para enfrentarse al proceso selectivo.

Por último y, a diferencia de como lo hace la teoría convencional de la producción, se considera la tecnología no como un producto externo a la actividad transformadora, sino un resultado más del proceso productivo. Se asume que las capacidades tecnológicas están compuestas por un conjunto heterogéneo de conocimientos, algunos explícitos y codificables —transferibles, en suma—, otros más sutiles y específicos, incorporados al proceso productivo, a la cualificación de la mano de obra y a las formas de organización de la empresa. Los ritmos y la dirección de la innovación y de la difusión tecnológica se encuentran, por tanto, determinados por la evolución del proceso productivo y por la dinámica del mercado. Desde esta perspectiva se puede afirmar que las oportunidades y capacidades tecnológicas del futuro dependen de las combinaciones productivas y de la especialización de la industria actual. El cambio tecnológico presenta los rasgos de una senda evolutiva «un proceso iterativo en el que el pasado afecta al alcance futuro del aprendizaje y la innovación» (41).

El carácter radicalmente innovador de este enfoque hace que esté todavía por desarrollar gran parte del aparato conceptual y del instrumental analítico necesario para la construcción de modelos acabados y coherentes del comportamiento económico agregado. No obstante, se ha avanzado en dos líneas de trabajo que se han demostrado especialmente fecundas, aún a pesar de

(41) Dosi (1991), pág. 183. Desde esta perspectiva, el recurso a funciones de producción de coeficientes fijos constituye una aproximación plausible a las propiedades de irreversibilidad de los procesos evolutivos que se dan en el ámbito de la tecnología.

no existir una conexión plena entre ellas. Por una parte está la investigación de los fundamentos microeconómicos del comportamiento de los agentes en los mercados. Una vez abandonados los supuestos de racionalidad plenamente optimizada y del equilibrio, los modelos evolutivos han tratado de erigir una explicación de la conducta de las empresas basada en el comportamiento dinámico observado en el proceso de aprendizaje y en la competencia entre agentes heterogéneos. En algunos casos, para formalizar el comportamiento económico de los mercados en condiciones distintas a las de equilibrio, se ha recurrido a modelos autoorganizativos, directamente inspirados en la dinámica no lineal y en los modelos disipativos de la termodinámica del desequilibrio. Estudios en esta línea de trabajo son los realizados por Nelson y Winter (1982), Silverberg (1988) o Silverberg, Dosi y Orsénigo (1988).

La segunda línea de investigación, aunque coherente con los fundamentos microeconómicos anteriormente mencionados, discurre de manera independiente, tratando de erigir un modelo agregado que dé cuenta del proceso de crecimiento y de comercio de una economía. Este intento ha propiciado una integración de los modelos neokeynesianos —particularmente, en la tradición de Kaldor—, recuperados desde esta nueva perspectiva, con los hallazgos teóricos y empíricos en el campo de la innovación y del cambio técnico. En esta línea de análisis, todavía en ciernes, se pueden situar los trabajos de Dosi, Pavitt y Soete (1990), Cimoli (1988) o Antonelli, Petit y Tahar (1992).

5. CONSIDERACIONES FINALES: UNA REFLEXIÓN SOBRE EL MÉTODO

El recorrido por las teorías modernas del crecimiento arroja la imagen de un

sendero un tanto accidentado, excesivamente curvilíneo, plagado de ensayos frustrados en la construcción de un modelo capaz de ofrecer una representación aceptable del crecimiento económico. Particularmente frustrantes y alejadas de todo realismo resultan las primeras propuestas que dominaron este ámbito de la teoría hasta bien recientemente. Sin duda, se trataba de modelos dotados de una elegante precisión formal, pero de muy dudosa capacidad explicativa, al tener que condenara las principales variables —entre ellas la tecnología— al ámbito de lo ajeno y de lo desconocido. Se producía, así, una incompatibilidad básica entre los resultados de las modelizaciones y lo que constituía la experiencia consolidada de los agentes económicos, aquellas conclusiones que se derivan de la intuición y de la evidencia histórica del crecimiento.

Progresivamente, a través de un proceso de aproximaciones sucesivas, se ha ido aportando a la teoría las dosis de realismo necesarias para dotar al modelo de suficiente capacidad interpretativa. Este proceso ha ido en paralelo al abandono de aquellos supuestos más restrictivos sobre los que se asentaban, por necesidades de formalización y por coherencia con la doctrina heredada, las primeras modelizaciones. La admisión, primero, de externalidades y el posterior paso a modelos de competencia imperfecta da cuenta de este proceso, que aparece asociado a una creciente dificultad analítica (42). Cabe preguntarse si es necesario que el desarrollo de la teoría siga siempre esa secuencia. Dicho de otro modo, ¿es necesario que la economía parta inicialmente de modelos formalmente manejables, pero manifiestamente incompatibles con la

experiencia, para después, en una especie de pulso con los supuestos y con el aparato conceptual disponible, acercar las construcciones lógicas a lo que la experiencia y el sentido económico dicta?

Sin duda, habrá quien responda afirmativamente a este interrogante; y el proceso de formación del pensamiento económico aporta numerosos ejemplos que avalarían esa respuesta. Ahora bien, constituye éste un procedimiento peculiar de la ciencia económica, que en nada se asemeja al seguido por otras ciencias, particularmente las de la naturaleza. El problema no es que los primeros modelos sean, desde el punto de vista analítico, menos complejos que los elaborados posteriormente, pues esto parece de sentido común, sino que se admitan como modelos convalidados construcciones lógicas que son manifiestamente inconsistentes con la realidad. La teoría del crecimiento proporciona un ejemplo notable; la misma teoría que generó la evidencia acerca del protagonismo del cambio tecnológico en el crecimiento económico se había incapacitado de antemano para explicar dicho proceso. La teoría del crecimiento llegaba a la paradójica conclusión de que nada podía decir sobre los factores que explicaban el crecimiento.

Visto este proceder, no está de más preguntarse, como en su momento hiciera Keynes (43), acerca de la pertinencia del punto de partida elegido por la teoría del crecimiento. Ese punto de partida es el que proporciona el aparato conceptual —y el esquema analítico— desarrollado por el estudio del equilibrio de los

(42) Esta secuencia se encuentra muy bien explicada en Romer (1990b).

(43) «Si la economía ortodoxa está equivocada, el error debe buscarse no en la superestructura, que se erigió con gran cuidado respecto a su consistencia lógica, sino en una falta de claridad y generalidad de sus premisas», del prefacio de la *Teoría General*.

mercados y más particularmente de aquellos en los que rige la competencia perfecta. Los logros intelectuales conseguidos en esta línea de exploración justifican el prestigio y la solidez con la que tales desarrollos estaban—y todavía están—asentados en la mentalidad de los economistas. No obstante, esta tradición, que se ha demostrado eficaz en el estudio de los mecanismos asignativos del mercado en el corto plazo, pudo haber sido perjudicial para una más rápida y mejor comprensión del proceso de crecimiento económico. El problema no es sólo la diferencia en los horizontes temporales en que se mueven una y otra teoría, sino también el esquema analítico en que cada una se fundamenta.

En efecto, en el caso del análisis de los mercados —la microeconomía básica— dicho esquema lo toma fundamentalmente de la mecánica y de la termodinámica del equilibrio, núcleos más desarrollados de la física decimonónica. De la mecánica extrae la economía no sólo el aparato matemático necesario, proveniente de los desarrollos del cálculo diferencial, sino también algunas referencias analógicas básicas, como las que rodean al concepto de equilibrio. Un mercado, y por agregación la economía en su conjunto, se concibe como un sistema tendente al equilibrio; un agregado de fuerzas de distinto signo que se complementan y anulan hasta conducir al sistema a la posición de reposo que define el equilibrio. No importa que pueda producirse una perturbación en ese estado, pues, salvo excepciones, las propias fuerzas en contraste conducirán al sistema a una nueva posición de equilibrio.

Sin duda, la fuerza de la analogía tuvo sus efectos, pues gran parte de los desarrollos neoclásicos encontraron su inspiración, más o menos lejana, en esa

poderosa imagen que había legado la mecánica, cuya formalización, además, resultaba manejable. Ahora bien, tal asimilación tuvo también sus inconvenientes (44). Y el principal de ellos es haber renunciado a entender la realidad económica como algo cambiante en el tiempo, como un objeto que evoluciona y se transforma a partir de la propia dinámica de sus factores constituyentes. La economía neoclásica, al igual que la mecánica, edificó sus construcciones lógicas prescindiendo de toda dimensión temporal; no tanto porque la variable tiempo no se pudiese considerar, cuanto porque ésta adoptaba la forma irreal de una variable perfectamente reversible. Dada la influencia de una determinada perturbación, se puede diseñar, a partir de ciertos parámetros básicos, la senda de progresivo acercamiento al equilibrio que seguirán las variables; y esta senda es conceptualmente la misma, aunque de sentido inverso, a la seguida en el caso de que la perturbación tuviese el signo opuesto. Las relaciones funcionales que se presuponen admiten la plena reversibilidad, como si la realidad a la que se refieren constituyese un sistema inmutable, que se desplaza en torno a un mismo punto de equilibrio. Y si esta simplificación puede ser útil en el análisis del equilibrio, cuya dimensión temporal es el corto plazo, resulta abiertamente cuestionable cuando se proyecta a la teoría del crecimiento.

Y así, partiendo del aparato conceptual y del esquema analítico de la

(44) Estos inconvenientes los reconocen incluso los partidarios del equilibrio: «En la estática —señala Hicks (1989)—, el equilibrio es fundamental; en la dinámica, como veremos más adelante, no podemos prescindir de él. Pero si incluso en la estática éste resulta engañoso, en la dinámica, a menos que seamos sumamente cuidadosos, puede causar serios tropiezos», pág. 18.

microeconomía neoclásica, la teoría del crecimiento nace lastrada para entender el proceso de desarrollo económico. Sólo a través de laboriosas aproximaciones se ha logrado ofrecer en los últimos tiempos modelizaciones algo más convincentes y persuasivas. Pero, tal vez, el camino pueda resultar más fecundo si se parte inicialmente de una imagen más cabal de la realidad económica. Si se reconoce desde el principio su naturaleza evolutiva, en la que el crecimiento surge como resultado de un proceso autógeno e irreversible en el tiempo. De este modo, se le otorga un sentido único a la flecha del tiempo, que sistemáticamente abre espacio a nuevas posibilidades hacia el futuro, mientras se asienta en la irreversibilidad del pasado. Hablar de crecimiento es hablar de tiempo unidireccional, de creatividad y de cambio. Estos atributos vienen representados en el ámbito económico por la tecnología. Es la tecnología la que abre nuevas posibilidades para la oferta productiva y para el crecimiento económico; y es el cambio técnico el que impide la reversión de los procesos económicos, otorgándoles su radical sentimiento de unidireccionalidad en el tiempo, conforme a su naturaleza evolutiva. Como en su momento señaló Schumpeter (1984): «El punto esencial que hay que tener en cuenta consiste en que, al tratar el

capitalismo, nos enfrentamos con un proceso evolutivo» (45).

Y si se parte de aceptar este principio, como de hecho hace el enfoque evolucionista, es necesario reconsiderar el paradigma del equilibrio, presente también en los llamadas «nuevas teorías del crecimiento». En una realidad evolutiva no tiene sentido el concepto de equilibrio, cuando se analizan períodos suficientemente dilatados de tiempo. Lo que interesa es el movimiento, la secuencia temporal de las variables en juego, el proceso de evolución y cambio que alimenta el continuo desplazamiento del objetivo mismo que se supone persiguen las fuerzas del equilibrio. Aquella específica «cadena de desequilibrios» —como dijo Hirschman (1961)— que alimentan el proceso de desarrollo. Schumpeter (1944) lo expresó muy gráficamente al precisar como propio de la evolución económica: «aquella clase de transformaciones que surgen del propio sistema, que desplazan en tal forma su punto de equilibrio que no puede alcanzarse el nuevo desde el antiguo por alteraciones infinitesimales. Agreguemos sucesivamente todas las diligencias que queramos y no formarán nunca un ferrocarril» (46).

(45) Schumpeter (1984), pág. 120.

(46) Schumpeter (1944), pág. 75.

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOVITZ, M. (1956): «Resource and Output Trends in the United States since 1987». *Papers and Proceedings of the American Economic Association*.
- ABRAMOVITZ, M. (1991): «The Postwar Productivity Spurt and Slowdown Factors of Potential and Realisation», en OCDE, *Technology and Productivity*, Paris.
- ANTONELLI, C., PETIT, P. y TAHAR, G. (1992): *The Economics of Industrial Modernization*. Academic Press, Londres.
- ARROW, K.J. (1962): «The Economic Implications of Learning by Doing». *Review of Economic Studies*.
- CIMOLI, M. (1958): «Technology Gaps and Institutional Asymmetries in a North—South Model with a Continuum of Goods». *Metraeconomica*.
- DENISON, E.F. (1962): *The Sources of Economic Growth in the United States and the Alternatives Before Us*. Comitee for Economic Development, Nueva York.
- DENISON, E.F. (1969): «Some Major Issues in Productivity Analysis: An Examination of Estimates by Jorgenson and Griliches». *Survey of Current Business*.

- DIXIT, A. y STIGLITZ, J. (1977): «Monopolista Competition and Optimum Product Diversity». *American Economic Review*, 76.
- DOMAR, E.D. (1957): *Essays in the Theory of Economic Growth*. Oxford University Press, Nueva York.
- DOSI, G. (1988): «Sources, Procedures and Microeconomic Effects of Innovation». *Journal of Economic Literature*, XXIV.
- DOSI, G. y ORSENIGO, L. (1988): «Coordination and transformation: an Overview of structures, behaviours and change in evolutionary environments». Dosi et al.
- DOSI, G., FREEMAN, C., NELSON, R., SILVERBERG, G. y SOETE, L. (1988): *Technical Change and Economic Theory*. Pinter, Londres.
- DOSI, G., PAVITT, K. y SOETE, L. (1990): *The Economics of Technological Change and International Trade*. Wheatsheaf-Harvester, Brighton.
- ELTIS, W.A. (1973): *Growth and Distribution*. Macmillan, Londres.
- FREEMAN, Ch., ed. (1990): *The Economics of Innovation*. Edward Elgar P., Londres.
- GREGORY, R.G. y JAMES, D.W. (1973): «Do New Factories Embody Best Practice Technology? *Economic Journal*, 83.
- GROSSMAN, G. y HELPMAN, E. (1990): «Trade, Innovation and Growth». *A.E.A. Papers and Proceedings*, mayo.
- HAHN, F.H. y MATTHEWS, R.C.O. (1964): «The Theory of Economic Growth: A Survey». *Economic Journal*, 74.
- HARROD, R. (1948): *Towards a Dynamic Economics*. Macmillan, Londres.
- HARROD, R. (1974): *Dinámica económica*. Alianza Editorial, Madrid.
- HICKS, J. (1989): *Métodos de economía dinámica*. Fondo de Cultura Económica, México.
- HIRSCHMAN, A.O. (1961): *La estrategia del desarrollo económico*. Fondo de Cultura Económica, México.
- JONES, H. (1975): *Introducción a las teorías modernas del crecimiento económico*. A. Bosch editor, Barcelona.
- KALDOR, N. (1957): «A model of Economic Growth». *Economic Journal*, 67.
- KALDOR, N. y MIRLEES, J.A. (1962): «A New Model of Economic Growth». *Review of Economic Studies*, 29.
- KENDRICK, J.W. (1961): *Productivity Trends in the United States*. Princeton University Press.
- KENDRICK, J.W. (1991): «Total Factor Productivity-What it Does and Does Not Measure». OCDE: *Technology and Productivity*. Paris.
- LEVHARI, D. (1965): «A Nonsubstitution Theorem and Switching of Techniques». *The Quarterly Journal of Economics*.
- LEVHARI, D. y SHERHINSKI, E. (1967): «On the Sensitivity of the Output to Savings: Embodiment and Disembodiment». *The Quarterly Journal of Economics*.
- LUCAS, R.E. (1988): «On the Mechanics of Economic Development». *Journal of Monetary Economics*, 22.
- NELSON, R.R. y WINTER, S.G. (1974): «Neoclassical vs Evolutionary Theories of Economic Growth: Critique and Prospectus». *Economic Journal*, diciembre.
- NELSON, R.R. y WINTER, S.G. (1982): *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Harvard University Press, Cambridge.
- PASINETTI, L (1985): *Cambio estructural y crecimiento económico*. Ed. Pirámide, Madrid.
- PAVITT, K. (1984): «Sectoral Patterns of Technical Change: Towards a Taxonomy and a Theory». *Research Policy*, 13.
- ROMER, P. (1986): «Increasing Returns and Long-Run Growth». *Journal of Political Economy*, 94.
- ROMER, P. (1990a): «Endogenous Technological Change». *Journal of Political Economy*, 98.
- ROMER, P. (1990b): «Rendimientos crecientes y nuevos desarrollos en la teoría del crecimiento». *Cuadernos Económicos de ICE*, 46.
- SCHUMPETER, J.A. (1944): *Teoría del desarrollo económico*. Fondo de Cultura Económica, México.
- SCHUMPETER, J.A. (1984): *Capitalismo, socialismo y democracia*. Ed. Folio, Barcelona.
- SHESHINSKI, E. (1967): «Optimal Accumulation with Learning by Doing», en Shell ed.: *Essays in the Theory of Optimal Economic Growth*. MIT Press, Cambridge.
- SILVERBERG, G. (1988): «Modelling economic dynamics and technical change: mathematical approaches to self-organization and evolution», en Dosi et al.
- SILVERBERG, G., DOSI, G. y ORSENIGO, L (1990): «Innovation, Diversity and Diffusion: A Self-Organisation Model», en Freeman (ed.).
- SOLOW, R.M. (1956): «A Contribution to the Theory of Economic Growth». *The Quarterly Journal of Economics*, 70.
- SOLOW, R.M. (1957): «Technical Change and the Aggregate Production Function». *Review of Economics and Statistics*, 39.
- SOLOW, R.M. (1960): «Investment and Technical Progress», en Arrow, Karlin y Suppes: *Mathematical Methods in the Social Sciences*, Stanford.
- SWAN, T.W. (1956): «Economic Growth and Capital Accumulation». *The Economic Record*.
- YOUNG, A. (1928): «Increasing and Economic Progress». *Economic Journal*, 38.