



---

# **Universidad de Valladolid**

## **Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales**

### **Grado en Economía**

## **Innovación y Crecimiento Económico: El papel de las Instituciones**

Presentado por:  
***Sara Cano Rodríguez***

Tutelado por:  
***Carlos Borondo Arribas***

*Valladolid, 30 de junio de 2015*

## ÍNDICE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>   | <b>3</b>  |
| <b>2. LA INNOVACIÓN EN LA LITERATURA ECONÓMICA .....</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1 Modelo de romer (1990): la innovación por aumento de la variedad o innovación horizontal.....                | 7         |
| 2.1.1 <i>Ampliaciones</i> .....  | 12        |
| 2.2 Modelo schumpeteriano de Aghion y Howitt: la innovación por aumento de la calidad o innovación vertical..... | 14        |
| 2.2.1 <i>Ampliaciones</i> .....  | 18        |
| <b>3. INSTITUCIONES E INNOVACIÓN .....</b>   | <b>19</b> |
| 3.1 El papel de las instituciones en la innovación .....   | 20        |
| 3.1.1 <i>Estudios complementarios</i> .....  | 24        |
| 3.2 Problemas del sistema de patentes .....  | 27        |
| 3.3 Alternativas .....   | 29        |
| 3.3.1 <i>Sistema de premios de recompensa</i> .....  | 29        |
| 3.3.2 <i>Fondo de capital de riesgo público</i> .....  | 30        |
| <b>4. CONCLUSIONES .....</b>   | <b>32</b> |
| <b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>  | <b>33</b> |
| <b>ANEXOS .....</b>  | <b>35</b> |
| ANEXO I. Extensiones del modelo de Romer .....   | 35        |
| ANEXO II. Extensiones del modelo de Aghion y Howitt .....  | 39        |
| ANEXO III. Tablas y resultados .....   | 39        |

# 1. INTRODUCCIÓN

Prácticamente a diario nos encontramos noticias sobre tecnología, innovación e investigación y sus enormes repercusiones en la economía. Pero ¿Qué es la innovación? ¿Por qué está relacionada con la tecnología y la investigación? Y lo que es más importante, ¿qué implicaciones tiene sobre el crecimiento económico?

Pues bien, la *innovación* no es más que la «renovación» de algo (en concreto, la “acción y efecto” de “mutar o alterar algo, introduciendo novedades”<sup>1</sup>) y está íntimamente relacionada con la *tecnología*<sup>2</sup>. En términos económicos, la tecnología es la forma de convertir *inputs* (o productos no elaborados o semielaborados) en *outputs* (o productos elaborados), y la innovación tecnológica son los cambios y mejoras de esas tecnologías o técnicas de producción que permiten aumentar los niveles de producción. Son cambios que actúan en favor de los niveles de eficiencia<sup>3</sup> y de productividad<sup>4</sup>, y elevan las tasas de crecimiento de la economía. De ahí la reconocida relación entre crecimiento económico<sup>5</sup> e innovación.

Si nos preguntamos por qué la innovación es objeto de estudio de la ciencia económica la respuesta es muy sencilla. Economía (palabra griega compuesta por *oikós* [*oikós*], casa y *vóμος* [*nomos*], norma) viene a significar

---

<sup>1</sup> [“(Innovar.”) Def. 1tr. Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española* (22<sup>a</sup> ed.)] En términos económicos, adquiere mayor complejidad y se entiende como la “creación o modificación de un producto y su introducción en el mercado” [“(Innovar.”) Def. 2f. Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española* (22<sup>a</sup> ed.)]

<sup>2</sup> Palabra griega compuesta por [*tekhne*], habilidad o arte (referido a acciones manuales y prácticas) y [*logos*], ciencia o saber, que etimológicamente hablando significa «saber hacer». En términos económicos, forma de convertir *inputs* (o productos no elaborados o semielaborados) en *outputs* (o productos elaborados), o lo que es lo mismo, «saber producir».

<sup>3</sup> Obtención de un nivel determinado de *output*, empleando la mínima cantidad de *input*, el máximo nivel de *output* empleando una cantidad dada de *input*; o bien, el máximo nivel de *output* empleando la mínima cantidad de *input*. En pocas palabras, consiste en el buen empleo de los *medios* (recursos) para conseguir un *fin* (producto).

<sup>4</sup> Capacidad de producción por unidad de trabajo.

<sup>5</sup> Incrementos de la producción real en un lugar y período de tiempo determinado, medidos por la tasa de crecimiento del PIB per cápita.

“ordenación o administración del hogar” –entendiendo hogar como agua, tierra y demás recursos naturales– y, teniendo en cuenta la capacidad restrictiva de esos recursos, viene a resolver un problema de escasez. Entonces, si bien la innovación ofrece nuevos métodos de adquisición más eficientes y provechosos, que permiten emplear los recursos de forma óptima, está asistiendo al problema de la escasez y, por tanto, a la Economía.

Hoy en día, la innovación se ha convertido en la meta más anhelada para la mayoría de países industrializados, pues no sólo ofrece ventajas para la industria: también eleva los estándares vida de las personas, actúa en compromiso con los recursos naturales y estimula la ampliación de las fronteras de conocimiento para la creación de nuevas ideas. Por ello constituye el objetivo más perseguido de los últimos tiempos y supone el principal quebradero de cabeza de científicos y políticos.

Conocer cómo se genera la innovación es la clave para fomentar su desarrollo. En realidad puede surgir de múltiples modos: de la forma más sencilla y espontánea, fruto del ingenio ante situaciones adversas, o de la más sofisticada, a través de un largo de investigación. En los tiempos que corren, los métodos de producción cada vez son más complejos y difíciles de superar, y mejorarlos requiere tiempo y dedicación. Luego, hoy en día, innovar requiere de saberes científicos, que no sólo surgen de manera espontánea sino a través del conocimiento y la *investigación*<sup>6</sup>.

El hecho de que innovar requiera pasar por un proceso de investigación hace que el mercado encuentre trabas y restricciones financieras para la innovación y es muy común que las autoridades gubernamentales tengan que intervenir. Tradicionalmente, se han creado incentivos a la innovación mediante el reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual (DPI). Pero, si bien no cabe duda sobre su eficacia de los DPI como mecanismo impulsor de la innovación, genera algunos problemas como el abuso de poder o el bloqueo a la transmisión del conocimiento. Los sistemas de concesión de patentes<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> Acción y efecto de seguir una huella o pista para descubrir algo.

<sup>7</sup> “Documento en que oficialmente se le reconoce a alguien una invención y los derechos que de ella se derivan”. (“Patente de invención”) Def. 1f. Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española* (22<sup>a</sup> ed.)

generan ineficiencias en el mercado (puesto que implican asumir un régimen de competencia imperfecta) y tienden a favorecer sólo a quién las posee, despojando al resto de la sociedad de las múltiples ventajas de la innovación.

En medio de esta problemática nace la razón de este trabajo. Es necesario entender en profundidad cómo se genera la innovación para buscar métodos eficaces y ecuánimes que la estimulen y permitan construir una sociedad innovadora donde el progreso tecnológico constituya el principal motor de la economía. La estructura del trabajo es la que sigue: En primer lugar, nos apoyaremos en las aportaciones más recientes de los autores Paul Romer, Philippe Aghion y Peter Howitt para entender cómo se genera la innovación dentro del sistema económico y de qué forma influye en las tasas de crecimiento económico a largo plazo. En segundo lugar, destacaremos el papel de las instituciones como pieza fundamental en el proceso innovador y estudiaremos las principales medidas de apoyo a la innovación, a fin de calibrar su efectividad. Por último, plantearemos algunas alternativas a las patentes, basadas en recientes aportaciones de los economistas Dani Rodrik y Joseph E. Stiglitz, cuya puesta en marcha no se descarta en un futuro no muy lejano.

## 2. LA INNOVACIÓN EN LA LITERATURA ECONÓMICA

Resulta paradójico que, a pesar su papel determinante a lo largo de la historia en aspectos íntimamente relacionados con la economía –como el aprovisionamiento de recursos, las actividades productivas o la creación de riqueza–, la innovación no aparezca como tal en la literatura económica hasta bien entrado el siglo XX, de la mano del economista Joseph Schumpeter (1942).

Probablemente, en la *productividad de los factores* y la *acumulación del capital* de las primeras teorías de crecimiento económico, habría implícito un proceso tecnológico que, sin nombrarse, ya estaba presente en la mente de los primeros pensadores (al fin y al cabo el capital físico no es más que maquinaria con una determinada tecnología incorporada). Sin embargo, faltaba algo, y es que la tecnología se debía renovar.

Tras la elaboración de la *ley de los rendimientos decrecientes* de David Ricardo a finales del siglo XVIII, según la cual una unidad adicional de trabajo y

de capital en la explotación de la tierra sumaría cada vez menos a la producción total (Brue & Grant, 2009), comenzaron las primeras sospechas. Si la producción crecía cada vez menos, algún día dejaría de hacerlo. La economía se dirigiría inexorablemente hacia un estado estacionario donde las variables *per capita* como la producción, el ahorro o la renta, dejarían de crecer. La acumulación del capital no sería suficiente, algo había que hacer.

Sin embargo, las coyunturas del momento eclipsaron este pensamiento y durante mucho tiempo la teoría del crecimiento fue apartada del pensamiento económico. No sería hasta finales del siglo XX que volviera a surgir esta preocupación. En 1942, Schumpeter rescató la idea del progreso tecnológico y la innovación, y denunció rotundamente que sin innovación la economía llegaría a un equilibrio estático donde la utilidad y los intereses desaparecerían y la acumulación de capital, además de perder efectividad, se dejaría de acometer. La innovación era la única solución (Brue & Grant, 2009). Schumpeter aportó ideas muy adelantadas a su tiempo. Ideas de carácter intuitivo pero con enorme transcendencia que no llegaron a formalizarse en un modelo.

Fue unos años más tarde, en 1956, cuando Robert Solow formalizó por primera vez el cambio tecnológico en un modelo de crecimiento económico. En un principio sus aportaciones siguieron la línea neoclásica de la acumulación de capital como principal impulsor de la riqueza y el estado estacionario como destino inexorable. Sin embargo, pasado un tiempo, Solow reconsideró la importancia del cambio tecnológico. Realizó varios estudios empíricos para comprobar que sus sospechas eran ciertas, las contribuciones del trabajo y del capital explicaban menos de la mitad del crecimiento económico. El resto resultaba del progreso tecnológico (Solow, 1957).

Pese a sus valiosas aportaciones, Solow consideró las cuestiones vinculadas al cambio tecnológico como algo exógeno y no detalló en qué consistía el progreso tecnológico, de dónde provenía y cómo causaba el crecimiento económico. La fuerza motriz de la economía quedaba sin explicar. Fue por eso que autores posteriores como Romer (1986 y 1990), Lucas (1988), Rebelo (1991), Aghion y Howitt (1992), entre otros, insatisfechos con el modelo neoclásico de Solow, empezaron a trabajar para averiguar el origen de ese

nuevo motor y sus repercusiones sobre la economía. Introdujeron la variable “progreso tecnológico” como endógena en sus modelos y contribuyeron a crear lo que hoy concemos como *teoría del crecimiento endógeno*.

En este apartado, veremos con más detenimiento dos modelos de la literatura del crecimiento endógeno: el modelo de innovación horizontal de Romer (1990) y el modelo de innovación vertical de Aghion y Howitt (1992), basado en las ideas originales de Schumpeter. Ambos tienen por objeto detallar el funcionamiento de un sector de innovación y sus repercusiones sobre el crecimiento económico. Las conclusiones de los modelos nos permiten conocer las claves del progreso tecnológico y emitir algunas recomendaciones de cara a la política económica en el ámbito de la educación

## **2.1 MODELO DE ROMER (1990): LA INNOVACIÓN POR AUMENTO DE LA VARIEDAD O INNOVACIÓN HORIZONTAL**

En 1990 Paul M. Romer publica el artículo “Endogenous Technological Change” en la revista *Journal of Political Economy* (JPE), en el que presenta un modelo de crecimiento económico de innovación por aumento de las variedades.<sup>8</sup>

Romer entiende innovación como la creación de nuevas «ideas»<sup>9</sup>, algo abstracto e intangible que se materializa en la producción de nuevos *bienes intermedios*. Al incorporarse estos nuevos bienes intermedios al proceso productivo incrementan los niveles de producción total, y esto hace que la tasa de crecimiento de la economía aumente, y lo haga prolongadamente en el tiempo. Luego la innovación genera crecimiento económico largo plazo y se sitúa como la fuerza motriz de la economía.

Para demostrar esto, Romer parte de los siguientes supuestos:

- La innovación se genera dentro del sistema económico como fruto de la interacción en el mercado de empresas maximizadoras del beneficio.

---

<sup>8</sup> El desarrollo de los fundamentos microeconómicos del modelo de Romer se seguirá a partir de la explicación de Aghion y Howitt en su obra conjunta *The Economics of Growth* (2009) con el fin de mantener una nomenclatura homogénea en ambos apartados.

<sup>9</sup> Véase Anexo I, apartado i

- La economía está formada por dos sectores: un *sector de bienes finales* (SBF), que opera en condiciones de competencia perfecta, y un *sector de bienes intermedios* (SBI), que opera en régimen de monopolio gracias a la obtención de una patente.
- Las *patentes* son el principal incentivo a la innovación sin el cual las empresas no pueden fijar precios lo suficientemente altos para cubrir los costes de investigación y no innovan.
- Las nuevas *variedades* (nuevos tipos) de bienes intermedios conviven con las antiguas por lo que no hay reemplazo, sino que la variedad aumenta continuamente.
- El bien final se puede utilizar como output para el consumo o como input para la producción de bienes intermedios.
- El *trabajo* se emplea en la producción del bien final ( $L_Y$ ) y en la producción de ideas o variedades de bienes intermedios ( $L_M$ ). La suma de ambas hace el empleo total  $L$  que se supone constante.

Como cualquier otro modelo de crecimiento económico, el modelo de Romer parte de una función de producción, que en este caso es la función de producción del bien final:

$$Y_t = L_Y^{1-\alpha} \int_0^{M_t} x_i^\alpha di \quad (1)$$

donde  $L_Y$  es la cantidad de trabajo empleada en la producción del bien final,  $x_i$  es la cantidad de bienes intermedios producida por cada empresa  $i$  del SBI (que actúa como factor productivo junto al trabajo),  $M_t$  es el número de variedades de bienes intermedios en  $t$ , y los exponentes  $1 - \alpha$  y  $\alpha$  son la productividad de los factores productivos  $L$  y  $x$ , respectivamente. Puesto que uno de los factores productivos empleados en la producción del bien final es el bien intermedio ( $x_i$ ), el SBF demandará al SBI una cantidad  $x_i$  para poder producir.

El SBI, por su parte, antes de producir  $x_i$  tiene que investigar para obtener una nueva variedad  $M_t$ , las cuales se generan cada período de la siguiente forma:

$$\dot{M} = \lambda M_t L_M \quad (2)$$

$\lambda$  es la productividad de la investigación,  $L_M$  el número de investigadores y  $M_t$  el stock de conocimiento o de variedades existentes hasta el período  $t$ . Como vemos, los investigadores ( $L_M$ ) son una pieza clave para la generación de ideas, lo cual indica que el ritmo de crecimiento del número de variedades va a depender directamente de la población (en la medida que el número total de investigadores potenciales viene determinado por la población)<sup>10</sup>:

$$g_M = \lambda L_M \quad (3)$$

donde  $g$  es una tasa de crecimiento.<sup>11</sup> Es un resultado lógico teniendo en cuenta que la innovación nace de mentes pensantes que buscan nuevas ideas. Pero, paradójicamente, no se corresponde con la realidad y es una de las mayores debilidades de este modelo. Es lo que se conoce como *efectos de escala*. Dicho esto, continuamos.

Una vez que el SBI consigue crear una nueva variedad de bien intermedio obtiene una patente que le otorga el uso exclusivo de su idea y puede empezar a producir.

Tras un proceso maximizador del beneficio –el cual obviamos por simplificar<sup>12</sup>, las empresas de ambos sectores intercambiarán una cantidad de equilibrio  $x^* = L_Y \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}}$ , que sustituimos en la función de producción del bien final (suponiendo, que todas las empresas del SBI produzcan las mismas cantidades, es decir,  $x_i = x$ ) para obtener la producción de bien final en el equilibrio:

$$Y_t = \alpha L_Y^\varphi M_t; \quad \varphi = \frac{2 + \alpha^2}{1 - \alpha} > 0 \quad (4)$$

---

<sup>10</sup> Se obtiene dividiendo (2) por  $M_t$  para calcular la tasa de crecimiento de la variable  $M_t$  que es  $\frac{\dot{M}}{M}$ .

<sup>11</sup> En lo que sigue de documento  $g$  indica tasa de crecimiento y el subíndice la variable a la que corresponde.

<sup>12</sup> Véase Anexo I, apartado ii

Como vemos  $Y_t$  y  $M_t$  son directamente proporcionales y, por tanto, van a crecer a la misma tasa ( $\alpha$ ,  $L_Y$  y  $\varphi$  son constantes). Lo cual significa que la innovación va a determinar la tasa de crecimiento de la producción. Sólo falta determinar cuál será esa tasa.

Obtener la tasa de crecimiento de la economía a largo plazo es la parte más delicada del modelo. Romer lo resuelve de la siguiente manera. A partir del problema de maximización de la utilidad de los consumidores con preferencias normales obtiene la tasa de crecimiento del consumo o Ecuación de Euler<sup>13</sup>:

$$g_c = \frac{r - \rho}{\varepsilon} \quad (5)$$

donde  $\rho$  es la tasa de preferencia intertemporal,  $r$  el tipo de interés del mercado y  $\varepsilon$  un parámetro positivo de la función de utilidad.

Por la condición de equilibrio en el mercado de bienes se puede demostrar que las demás variables económicas crecen al mismo nivel que el consumo y, por tanto,  $g_c$  es también la tasa de crecimiento de la economía:<sup>14</sup>

$$g = g_Y = g_M = g_c = \frac{r - \rho}{\varepsilon} \quad (6)$$

Sin embargo, (6) no es la tasa de crecimiento a largo plazo. Aún debemos sustituir  $r$  por el tipo de interés de equilibrio a largo plazo  $r^*$ , que obtenemos de la *condición de arbitraje* del SBI:

$$\frac{\pi}{r} = \frac{w}{\lambda} \quad (7)$$

Una condición de arbitraje balanza los ingresos y los costes de acometer una determinada inversión. En este caso, la inversión del SBI es la investigación de nuevos bienes intermedios, por lo que lo que se calibra es el ingreso unitario de la investigación (valor de una patente o flujo de ganancias actualizado de la

---

<sup>13</sup> Véase Anexo I, apartado iii

<sup>14</sup> Véase Anexo I, apartado iv

producción de un nuevo bien intermedio<sup>15</sup>), que se corresponde con la parte izquierda de (7); y el coste unitario de la investigación (salario<sup>16</sup> de los investigadores dividido por la productividad de la investigación), que se corresponde con la parte derecha de (7). La libre entrada de empresas al sector de la investigación impone un beneficio nulo a largo plazo, por lo que la condición se cumple en igualdad y el tipo de interés que resulta es el tipo de interés de equilibrio a largo plazo  $r^*$ .

Sustituyendo  $r^*$  en (6) obtenemos la tasa de crecimiento de la economía a largo plazo, a la que el autor se dirige como tasa de crecimiento en la senda de crecimiento equilibrado:

$$g^* = g_Y^* = g_M^* = g_C^* = \frac{\alpha\lambda L - \rho}{\alpha + \varepsilon} \quad (8)$$

Por tanto, como observamos, la tasa de crecimiento de la economía en el largo plazo es constante (puesto que todos sus términos son constantes) y depende positivamente de la productividad de la investigación ( $\lambda$ ), de la productividad de los bienes intermedios ( $\alpha$ ) y de la población total ( $L$ ). Y negativamente de la tasa de preferencia intertemporal ( $\rho$ ).

Las principales conclusiones del modelo son:

- La innovación determina la tasa de crecimiento de la economía a largo plazo (puesto que si la productividad de la investigación o de los bienes intermedios fuera cero la tasa de crecimiento sería cero o incluso negativa). Entonces si un país no innova no crecerá.
- La innovación se genera por medio de la investigación y ésta requiere de personal cualificado, por lo que el motor subyacente de la economía es el capital humano.

---

<sup>15</sup> El flujo de ganancias actualizado por la producción de un nuevo bien intermedio se obtiene actualizando los beneficios que una empresa del SBI recibirá a lo largo de su vida económica tras la obtención de una patente. Se calcula resolviendo la integral  $\int_0^{\infty} \pi e^{-rt} dt$  donde  $\pi$  son los beneficios del SBI,  $r$  es el tipo de interés y  $e^{-rt}$  el factor de descuento objetivo. Como las patentes son perpetuas el intervalo de integración es  $[0, \infty]$ . El resultado obtenido se corresponde con el *valor* de una patente, que es  $\frac{\pi}{r}$ .

<sup>16</sup> Véase Anexo I, apartado v

- Los aumentos de eficiencia en el sector innovador elevan las tasas de crecimiento.
- El establecimiento de un sistema de patentes es el principal incentivo para las empresas sin el cual no hay innovación y, por tanto, tampoco crecimiento económico.
- La asignación de los recursos es ineficiente por el régimen de competencia imperfecta que se deriva de la concesión de las patentes.

Dicho esto, el modelo de Romer de 1990 tiene una limitación, y es que los resultados presentan *efectos de escala*. Esto es, la tasa de crecimiento de la economía depende del tamaño de la población ( $L$ ). Es un resultado no deseado porque no se corresponde con la realidad. Si fuera así tendríamos que asumir que un país grande creciera a mayores tasas de crecimiento *per capita* que un país pequeño; o que un aumento de la población generara crecimiento económico, lo cual no es cierto. Luego el modelo presenta algunas deficiencias que se deben solventar. A continuación, comentamos las aportaciones del profesor Charles I. Jones (1995) a este respecto y vemos que es posible corregir los efectos de escala con un pequeño cambio en la función de producción de ideas.

### 2.1.1 Ampliaciones

Para corregir los efectos de escala, Jones (1995) plantea una función de producción de ideas modificada:

$$\dot{M} = \lambda L_M^\tau M^\emptyset \quad (7)$$

donde  $\tau$  es un parámetro entre cero y uno que mide el efecto duplicación, es decir, la posible congestión de investigadores creando las mismas ideas y  $\emptyset$  es un parámetro que regula el efecto desbordamiento o *spillovers*. Si  $\emptyset > 1$  los conocimientos acumulados favorecen la creación de nuevas ideas, pero si  $\emptyset < 1$  estamos ante el llamado efecto *fish-pond* que significa que cuanto mayor sea el stock de conocimiento acumulados cada vez será más difícil encontrar nuevas ideas (Jones & Vollrath, 2013). En su propuesta, Jones asume un valor del parámetro  $\emptyset$  menor que la unidad.

La población  $L$  ya no es fija sino que crece a una tasa constante  $\eta$ . Entonces, para que a largo plazo el número de variedades se mantenga constante, cada período deberán crecer a la siguiente tasa:<sup>17</sup>

$$g_M = \frac{\tau\eta}{1 - \emptyset} \quad (8)$$

Como podemos observar, el aumento de las ideas o variedades ya no viene dado por la población total sino por su tasa de crecimiento, de modo que los efectos de escala desaparecen. Además, al dividir  $\eta$  por algo más pequeño que la unidad (puesto que  $\emptyset < 1$ ), la influencia de la tasa de crecimiento de la población sobre la creación de nuevas variedades es menos que proporcional, es decir, depende de la magnitud de los efectos desbordamiento y duplicación de las ideas. Si  $\emptyset$  toma valores cercanos a 1 significa que el stock de ideas acumulado hasta el momento laстра poco el descubrimiento de otras nuevas y  $M$  crece mayor tasa. Por el contrario, si  $\emptyset$  tomara valores pequeños significaría que el efecto *fish-pond* es muy fuerte y el descubrimiento de nuevas ideas es más complicado, luego la tasa de crecimiento  $M$  es inferior. Por otra parte, si  $\tau$  toma valores cercanos a 1 quiere decir que hay poca congestión de investigadores y la labor de cada uno de ellos es más eficaz, por lo que  $M$  crece a tasas superiores. Y al contrario si  $\tau$  tomara valores lejanos a 1 .

El problema, en este caso, es que el crecimiento de las ideas depende de una tasa exógena  $\eta$  que no se explica dentro del modelo. De ahí que la propuesta de Jones se catalogue como un modelo de crecimiento *semiendógeno*. Por una parte, la tasa de progreso tecnológico se explica por el comportamiento de dos parámetros endógenos de la actividad investigadora y por otra, por el comportamiento de la tasa de crecimiento de la población, cuyo comportamiento es desconocido. Por tanto, no endogeneiza del todo el progreso tecnológico.

Pese a ello, Jones contribuye a mejorar el estudio de la actividad innovadora y sus repercusiones económicas. Aporta una tasa de crecimiento económico a largo plazo no condicionada por el tamaño de la población, es decir, sin efectos de escala y, además, incluye dos parámetros de la

---

<sup>17</sup> Véase Anexo I, apartado vi

investigación que aportan rigurosidad al análisis y acercan más los resultados a la realidad.

## 2.2 MODELO SCHUMPETERIANO DE AGHION Y HOWITT: LA INNOVACIÓN POR AUMENTO DE LA CALIDAD O INNOVACIÓN VERTICAL

En 1992, los profesores Philippe Aghion y Peter Howitt desarrollaron por primera vez un modelo de innovación vertical o de escalera de la calidad, basado en las ideas originales de Schumpeter (1942) sobre el proceso de «destrucción creativa» de la economía. Según este principio las nuevas ideas sustituyen a las antiguas por ser mejores. Y, de igual modo, las empresas con nuevas ideas sustituyen a las antiguas por tener ideas mejores, dando lugar a una sucesión de monopolios.<sup>18</sup>

En este modelo, la innovación también se concibe como la introducción de nuevos bienes intermedios en el proceso productivo que incrementa la productividad y permiten producir más bienes finales y, a la postre, aumentar las tasas de crecimiento de la economía a largo plazo. Pero en este caso los nuevos bienes intermedios deben ser más productivos o de *mayor calidad*.

Aghion y Howitt mantienen los supuestos de Romer pero los conciben de diferente manera:

- La innovación, de nuevo, se genera dentro del sistema económico como fruto de la interacción en el mercado de empresas maximizadoras del beneficio.
- La economía está formada por los mismos sectores que en el modelo de Romer.
- Ahora las *patentes* ya no son perpetuas, sino que se extinguen cada período, dando lugar a una sucesión de monopolios. Las empresas innovan para conseguir una patente que les otorgue el poder del mercado, pero pueden ser expulsadas cada período por otra que descubra un bien intermedio de mayor calidad.

---

<sup>18</sup> En esta sección, seguiremos las explicaciones más recientes del modelo, expuestas por los propios autores en la obra conjunta *The Economics of Growth* (2009).

- Las nuevas *variedades* de bienes intermedios ya no conviven con las antiguas sino que sustituyen a las anteriores mediante un proceso de «destrucción creativa».
- No hay distinción entre trabajadores, el empleo total es  $L$  y es constante.

Nuevamente, el modelo comienza con una función de producción, que sigue siendo la función de producción del bien final, pero modificada. Ahora el número de variedades  $M_t$  está normalizado a 1 y  $A_{i,t}$  es el parámetro de productividad que refleja la calidad del bien intermedio:

$$Y_t = L^{1-\alpha} \int_0^1 A_{i,t}^{1-\alpha} x_{i,t}^\alpha di \quad (9)$$

Como vemos, uno de los factores productivos empleados en la producción del bien final sigue siendo el bien intermedio  $x_i$ . Por lo que el SBF demandará al SBI una cantidad  $x_i$  para poder producir.

Al igual que en el caso anterior, el SBI tiene que investigar para producir un nuevo bien intermedio  $x_i$ . Pero en este caso no se trata simplemente de inventar nuevos bienes, sino de mejorar su calidad o aumentar su productividad. Por lo que las ideas ya no se miden simplemente por el número de variedades ( $M_t$ ) sino por el nivel de productividad que van acumulando las variedades ( $A_{i,t}$ ). La variable  $A_{i,t}$  se genera a partir de nuevos descubrimientos que permiten avanzar por una especie de *escalera de calidad* hacia niveles superiores de  $A_{i,t}$  y el impacto que genera cada descubrimiento se mide con el *tamaño de la innovación*  $\gamma$ :

$$A_{i,t} = \gamma A_{i,t-1}; \quad \gamma > 1 \quad (10)$$

Un aspecto clave es que la innovación, es decir, el incremento de  $A_t$  no está asegurado sino que tiene una probabilidad de éxito. Cada período las empresas del SBI tienen la oportunidad de innovar. Si lo consiguen introducen un nuevo bien intermedio de mayor calidad al proceso productivo y, por tanto,  $A_t$  aumenta en la tasa  $(\gamma - 1)$ .<sup>19</sup> Pero si no lo consiguen, no hay innovación en

---

<sup>19</sup> Se obtiene calculando la tasa de crecimiento de la ecuación (12) como  $g_A = \frac{A_t - A_{t-1}}{A_{t-1}}$  y sustituyendo  $A_t = \gamma A_{t-1}$ .

ese período y el bien intermedio es el mismo que en el período anterior  $A_t = A_{t-1}$ . De esta forma, la función de generación de ideas es la siguiente:

$$g_A = f(n)(\gamma - 1); \quad n = n_i = N_i/A_i \quad (11)$$

donde  $f(n)$  es la función de probabilidad. Es una función creciente y cóncava en  $n$  puesto que depende directamente de los recursos destinados a la innovación  $N$  e inversamente del nivel de productividad del bien intermedio ya alcanzado  $A$ . La razón es que, conforme la tecnología avanza ( $A$ ), cada vez es más complicado mejorar (incrementar  $g_A$ ) (Aghion & Howitt, 2009). Esto suena parecido al efecto *fish-pond* que defendía Jones. Podríamos decir que Aghion y Howitt coinciden con Jones en que el stock de ideas acumulado actúa en perjuicio de la creación de otras nuevas porque cada vez hay menos por descubrir.

Una vez que el SBI crea un nuevo bien intermedio de mayor calidad recibe una patente que le otorga el uso exclusivo de su idea y puede empezar a producir. Cuando esto ocurra ambos sectores maximizarán sus beneficios como en el apartado anterior e intercambiarán una cantidad de equilibrio del bien intermedio  $x_{i,t}^* = \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} A_{i,t} L$ .<sup>20</sup> Si sustituimos esta cantidad en la función de producción del bien final (suponiendo que no hay dinámica y que todas las empresas del SBI produzcan las mismas cantidades, es decir,  $x_{it} = x$ ) obtenemos la siguiente expresión:

$$Y_t = \theta L A_t; \quad \theta = \alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}} > 0 \quad (12)$$

Observamos de nuevo que el número de variedades es proporcional a la producción de bienes finales, por tanto, el progreso tecnológico y la producción crecen a la misma tasa, es decir,  $g_Y = g_A$ .

Por último, falta determinar la tasa de crecimiento en la senda de crecimiento equilibrada. Sabemos que la economía va a crecer al mismo ritmo que  $A_t$  y que ésta crece a una tasa igual a  $f(n)(\gamma - 1)$  pero no conocemos los recursos  $n$  que se destinarán a la innovación en el equilibrio. Por tanto, del

---

<sup>20</sup> Véase Anexo II

mismo modo que obtuvimos  $r^*$  en el modelo anterior, obtenemos  $n^*$ . Para ello utilizamos de nuevo la condición de arbitraje del SBI, que ahora es:

$$f'(n)\beta L = 1 \quad (13)$$

donde  $\beta$  es un parámetro positivo que indica el beneficio *per capita* de la innovación.<sup>21</sup> En este caso, la parte izquierda es el beneficio marginal esperado de la innovación (que ya no es el flujo de beneficios actualizado sino el beneficio de un solo período, ya que las patentes no son perpetuas). Y la parte derecha es el coste marginal, que se supone la unidad.

Si sustituimos la  $n^*$  que resulta de la condición de arbitraje en  $g_A$  obtenemos la tasa de crecimiento de la economía a largo plazo. Para hacerlo, Aghion y Howitt asumen que la función de probabilidad de la innovación toma la forma Cobb-Douglas  $f'(n) = \lambda n^\sigma$ , donde  $\lambda$  sigue siendo la productividad del sector de la innovación y  $\sigma$  es un parámetro entre cero y uno que refleja la elasticidad de la innovación (para simplificar, calibramos  $\sigma = 0,5$ ). Una vez que calculamos  $n^*$ , hacemos sustituciones y obtenemos la tasa de crecimiento de la economía en la senda de crecimiento equilibrado:

$$g^* = \lambda^2 (0,5\beta L) (\gamma - 1) \quad (14)$$

Como vemos, la tasa de crecimiento de la economía depende positivamente de nuevo de la productividad del sector de la innovación ( $\lambda$ ) y de la población ( $L$ ), pero ahora también del beneficio *per capita* del SBI ( $\beta$ ) y del tamaño de la innovación ( $\gamma$ ).

Las conclusiones del modelo en este caso son algo distintas. La tasa de crecimiento de la economía en equilibrio sigue siendo constante y depende igualmente de las actividades innovadoras, pero ahora se tiene en cuenta que la innovación sea un pequeño o un gran descubrimiento y la probabilidad de éxito con la que se introduce en el mercado. Aún así la principal conclusión es la misma, si el país no innova no crecerá.

---

<sup>21</sup> Los beneficios del SBI en el equilibrio son  $\pi = \beta L$  donde  $\beta = (1 - \alpha)\alpha^{\frac{1+\alpha}{1-\alpha}}$ . Por tanto, podemos definir  $\beta$  como  $\pi/L$  de forma que  $\beta$  es el beneficio per cápita del SBI.

Dicho esto, encontramos la misma limitación que en el modelo de Romer: los resultados presentan efectos de escala. Para corregirlo Aghion y Howitt desarrollan el planteamiento original de Young (1998), que combina innovación vertical y horizontal, lo veremos en el siguiente apartado.

### 2.2.1 Ampliaciones

Young (1998) modifica la función de producción del bien final de la siguiente manera:

$$Y_t = \left(\frac{L_t}{M_t}\right)^{1-\alpha} \int_0^{M_t} A_{i,t}^{1-\alpha} x_{i,t}^\alpha \, di \quad (15)$$

donde las modificaciones son que la población  $L$  está dividida por el stock de variedades  $M$ , y el número de variedades  $M_t$  no está dado sino que aumenta de la misma forma que lo hacía en el modelo de Romer.

Young decía que conforme el número de variedades  $M_t$  va aumentando, cada vez hay menos trabajadores disponibles para fabricar una nueva variedad, es decir, el ratio  $\frac{L_t}{M_t}$  disminuye y el tamaño del mercado se reduce. Entonces, si el incremento en las variedades  $M_t$  no se ve compensando con el incremento en la calidad de las variedades  $A_{i,t}$ , la contribución del factor trabajo a la producción total del bien final cada vez será menor y la tasa de crecimiento de la economía disminuirá. Esto, junto con que las variedades de la innovación horizontal pueden ser *imitaciones* y no aumentar la productividad, hace que Young decida que la innovación vertical ( $A_t$ ) es la única que verdaderamente genera progreso técnico y, por ello, debe ser más fuerte que la innovación horizontal ( $M_t$ ).

Si suponemos que el ratio  $\frac{L_t}{M_t}$  es constante (para simplificar normalizamos  $M = L$ ), en la medida que cada trabajador puede inventar una nueva variedad (o imitación), neutralizamos el efecto de la innovación horizontal y dejamos como generadora única del progreso tecnológico a la innovación vertical.

Siguiendo el mismo procedimiento que en los modelos anteriores, dada la función de producción (16) y suponiendo que  $M = L$  obtenemos la siguiente condición de arbitraje:

$$f'(n)\beta = 1 \quad (17)$$

A partir de (18) se puede obtener una tasa de crecimiento económico a largo plazo  $g^*$  que no dependa del tamaño de la población. De manera que la aportación de Young elimina por completo los efectos de escala.

En definitiva, la literatura del crecimiento endógeno explica cómo se genera el progreso tecnológico dentro del sector privado y advierte que, a corto plazo, la economía podrá crecer por otras fuerzas ajenas al progreso técnico pero que a largo plazo sólo lo hará a través de la innovación; insiste en que la innovación requiere renunciar a las condiciones de competencia perfecta en el mercado; en que la investigación es crucial para la creación de nuevas ideas; y en otras muchas cosas más. Pero ésta es sólo una de las múltiples formas de modelizar la innovación y, por tanto, unas de las múltiples conclusiones que podemos obtener.

Tal y como decía Schumpeter, innovar es un concepto muy amplio que, además de nuevos métodos de producción, engloba apertura a nuevos mercados, nuevas fuentes de suministro de materias primas... (Brue & Grant, 2009) A veces, incluso, transciende de lo puramente material: nuevos modos de organización o estructuras de trabajo. De ahí que pueda tomar un sinnúmero de formas para ser incorporada en un modelo económico. En los modelos de Romer, Aghion y Howitt la innovación se disfraza de bien intermedio, pero podría haberlo hecho de otras muchas formas más. Lo que quiero decir es que hay una puerta abierta en la literatura del crecimiento económico (y en otras), donde caben miles de posibilidades nuevas para plasmar la innovación. Hasta entonces lo que podemos afirmar es que la innovación nace de las ideas. Y las ideas del conocimiento, el ingenio y la imaginación. Por tanto, si hay una vía segura para garantizar la innovación es la educación.

### 3. INSTITUCIONES E INNOVACIÓN

En apartados anteriores hemos comprobado que el reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual es una condición necesaria para el

estímulo de la innovación. Y sabemos que esto requiere de unas reglas y normas de obligado cumplimiento que sólo las instituciones pueden garantizar.

En este apartado veremos por qué las instituciones son determinantes para el progreso tecnológico, y comprobaremos que pueden ir más allá del simple papel regulador de monopolios y patentes que hemos señalado en apartados anteriores. Para ello, contaremos con las aportaciones más recientes de destacados economistas, como Dani Rodrik o Joseph E. Stiglitz.

### 3.1 EL PAPEL DE LAS INSTITUCIONES EN LA INNOVACIÓN

Antes de empezar, hay que especificar qué es una institución y cuáles son sus funciones.

Dar una definición concreta a la palabra institución no es una tarea sencilla. Es un concepto con infinidad de acepciones de lo más dispares y, a veces, trasciende de lo tangible o puramente material. Por ejemplo, el Ministerio de Justicia es una institución, pero también lo es el matrimonio y la Constitución. Entonces, ¿qué es una institución? Pues bien, por su significado etimológico se define como «el establecimiento o fundación de algo». Pero para dar forma a ese «algo» es necesario situarse en un contexto. En nuestro caso es el ámbito político y sus repercusiones sobre la economía, por lo que entenderemos institución como «el establecimiento o fundación» de un conjunto de «organizaciones fundamentales de un Estado, nación o sociedad»<sup>22</sup>, están dirigidas a un fin común y sirven como mecanismo de orden social.

Sabiendo esto, es fácil intuir que las instituciones son las encargadas de disponer el entorno económico, político y social en el que los individuos se mueven y desempeñan las actividades económicas: compra, venta, distribución y producción de bienes y servicios. Y que, dependiendo del tipo de condiciones que se establezcan, la economía se configurará de una u otra forma.

La innovación, al igual que cualquier otra actividad económica, pende del establecimiento de unas condiciones apropiadas para su desempeño. Aunque en su caso las condiciones serán algo más especiales. Como sabemos, la

---

<sup>22</sup> (“Institución.”) Def. 4f. Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española* (22<sup>a</sup> ed.).

investigación y el progreso tecnológico son actividades muy delicadas que no siempre surgen de manera espontánea, como lo hacen el comercio o la inversión. Una empresa innovadora se encuentra trabas para la creación de nuevos productos y su introducción en el mercado, sobre todo en lo referente a la cobertura de costes de investigación y al reconocimiento de sus invenciones. Lo que fuerza a las instituciones a prestar atención al sector innovador e ir más allá de sus funciones básicas como reguladoras del funcionamiento de una sociedad. La creación de un sistema estructural, que cree las condiciones adecuadas para el fomento y la coordinación de las actividades innovadoras y tecnológicas será elemental para el desarrollo de la innovación y se puede dividir en tres etapas o grados de intervención<sup>23</sup>:

La primera etapa, básica o elemental, consiste en establecer un *entorno adecuado* que cree las condiciones idóneas para el desempeño de cualquier actividad económica. Por entorno adecuado se entiende aquel en el que se reconozcan las libertades y derechos fundamentales –en concreto, el derecho a la propiedad privada–; donde impere un principio de igualdad de oportunidades; existan incentivos a la actividad económica; se establezca un marco legal que conserve el orden y la seguridad; y se garantice una cierta estabilidad económica; además de la disposición de una red de servicios públicos comprometidos con la salud y la educación (Acemoglu & Robinson, 2012). Aquellas sociedades en las que se den estas condiciones serán proclives a modelos de crecimiento económico sostenidos, fundados sobre una base sólida de innovación y educación, porque habrá incentivos y posibilidades para hacerlo. Es lógico pensar que el progreso tecnológico aflore en un entorno así, estable y seguro, donde tener una idea y ponerla en marcha no presente demasiadas rigideces burocráticas o conlleve un riesgo adicional más allá del fracaso personal. Por el contrario, ninguna actividad económica –incluida la innovación– puede desarrollarse con fluidez en un entorno desprotegido, sin ningún tipo de garantía institucional, donde se vulneren principios básicos para el progreso económico como la *meritocracia*, la libertad económica individual o la igualdad de oportunidades. La creación de un entorno adecuado será la base

---

<sup>23</sup> Clasificación de elaboración propia.

para toda actividad económica y, a la postre, para el crecimiento y el desarrollo económico de la población.

En una segunda etapa podemos encontrar condiciones más específicas de la innovación –también garantizadas por las instituciones– que son el reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual (mediante el establecimiento de un sistema de patentes); la formación de personal cualificado y el acceso al crédito. Las empresas sólo emprenden una tarea investigadora si esperan recibir por ellos unos beneficios, que sólo conseguirán por medio de una patente (Jones & Vollrath, 2013). Y a la vez, los recursos que consume la investigación, tanto humanos como financieros, normalmente superan el capital del que una empresa dispone en un momento determinado, lo cual obliga a acudir al sistema financiero en busca de financiación. Además, hemos visto que la inversión en capital humano es la esencia de la innovación pero, por diversas razones, el sector empresarial no siempre encuentra incentivos para hacerlo y es el sector público quien cubre las deficiencias en educación. Es fundamental para el desarrollo de una sociedad innovadora la disposición de un sistema educativo de propiedad pública especializado en la formación de personal investigador (universidades públicas, centros de investigación,...) que promueva el aprendizaje práctico y teórico, y también el ingenio y la imaginación<sup>24</sup>. De esta forma, el reconocimiento legal de los descubrimientos tecnológicos, la educación y la financiación junto con los aspectos señalados en la primera etapa, completan el entorno económico ideal, ya no de cualquier actividad económica, sino de la innovación.

La tercera y última etapa sería la más compleja. Implica incrementar el grado de intervención de las instituciones en la actividad económica e, incluso, asumir una participación del Estado como sujeto activo en la economía. Es una fase propia de economías avanzadas con una red institucional consolidada, capacitada no sólo para posibilitar la innovación sino para fomentarla. Dentro de ella se engloba todo un conglomerado de políticas económicas que pueden fomentar el proceso innovador, las más destacadas se pueden resumir en las siguientes (OCDE, 2007):

---

<sup>24</sup> El sistema educativo básico se sitúa en la primera etapa.

- *Financiación pública.* Algunos proyectos de investigación no resultan atractivos para las entidades financieras privadas por su dudosa rentabilidad en el futuro –sobre todo cuando se trata de investigación básica y otros tipos de estudios cuyos logros no son susceptibles de introducirse en el mercado–. En estos casos, son las mismas instituciones quienes proporcionan la financiación.
- *Subvenciones.* Cuando una cierta actividad investigadora se considera de interés público los recursos financieros se proveen en forma de ayudas económicas, es decir, sin contraprestación. Las subvenciones se pueden realizar de dos maneras: reduciendo los costes de investigación, lo cual estimula la entrada de nuevas empresas innovadoras en el mercado y contribuye a aumentar las tasas de crecimiento de la economía (que equivale a aumentar la productividad de la investigación  $\lambda$  de los modelos de Romer, Aghion y Howitt)<sup>25</sup>; o reduciendo el precio de las nuevas invenciones, es decir, establecer un precio máximo de venta para las empresas innovadoras –en favor de consumidores y empresas demandantes de sus productos– y cubriendo la cantidad restante hasta llegar al precio de mercado al que la empresa vendería en condiciones normales (recuérdese que el sector innovador opera en régimen de monopolio gracias a la obtención de una patente y, por tanto, fija precios por encima del óptimo social). Esta segunda forma, además de estimular la innovación, contribuye a reducir la pérdida de eficiencia en el mercado que genera la concesión de las patentes y acerca la asignación de los recursos al óptimo social, lo cual no sucede con la primera opción (Borondo, 2008).
- *Bonificaciones fiscales.* Otra forma muy común de estimular la innovación es crear incentivos fiscales a las empresas que realicen tareas de innovación e investigación, con objeto de reducir los costes de inversión y estimular la innovación.
- *Política exterior.* La apertura a los mercados internacionales genera gran controversia en el ámbito de la política económica. Sin embargo, en el campo de la innovación no cabe duda alguna. Cerrar la puerta a nuevas

---

<sup>25</sup> Recordemos que la productividad de la investigación  $\lambda$  era inversamente proporcional al coste marginal de la investigación  $\frac{1}{\lambda}$  (pp. 4)

ideas frena la transmisión del conocimiento y, por tanto, no acompaña al proceso innovador. Por lo que conviene que las instituciones permitan la entrada de nuevos técnicas y productos innovadores, e incluso inversiones extranjeras en I+D, porque traen consigo progreso técnico y crecimiento económico.

- *Innovación e investigación pública.* Una opción alternativa a todas las anteriores es generar la innovación dentro de las propias instituciones. La innovación, como hemos visto en apartados anteriores, proviene principalmente del sector privado. Pero puede coexistir con la innovación pública para atender huecos en el mercado que el sector privado deja y que, sin embargo, pueden ser fuente de grandes beneficios para el conjunto de la sociedad.

Podríamos seguir enumerando un sinfín de acciones gubernamentales pro-innovadoras, pero llegados a este punto basta quedarse con que las instituciones, en cualquiera de sus formas y grados de intervención, van a ser claves para la innovación y, por tanto, para el crecimiento económico de los países. A continuación, comentaremos algunos estudios recientes que avalan el papel de las instituciones en el proceso innovador, así como en el resto de actividades económicas de un país.

### **3.1.1 Estudios complementarios**

La medición de la calidad de las instituciones presenta importantes dificultades metodológicas debido al carácter cualitativo de los aspectos que las caracterizan. Pero cada vez son más los que se esfuerzan por diseñar nuevos métodos de medición e indicadores más complejos, capaces de reflejar un gran número de características y, a la vez, ofrecer resultados rigurosos que permitan obtener conclusiones claras y concisas. A continuación, presentamos una pequeña muestra de los estudios más recientes.

Una de las investigaciones más actual y relevante sobre la importancia de las instituciones en el devenir económico mundial es la encomendada por los profesores Daron Acemoglu y James A. Robinson (A&R) en su obra conjunta *Por qué fracasan los países* (2012). A&R exponen una teoría sobre cómo evolucionan las instituciones y de qué manera repercuten en la economía. Distinguen entre dos tipos de instituciones que pueden conducir a sus sociedades, respectivamente, a la pobreza o a la prosperidad: las

instituciones *extractivas* y las instituciones *inclusivas* (Acemoglu & Robinson, 2012). Las primeras son aquellas en las que el poder se concentra en manos de unos pocos que extraen recursos de muchos para su propio beneficio, no protegen los derechos de propiedad y no proporcionan incentivos a la actividad económica, y mucho menos a la educación, la innovación o la investigación. Las segundas son aquellas que configuran el «entorno deseable» que hemos señalado en el apartado anterior, y añaden un componente político importante que es la pluralidad en el poder legitimada por el pueblo (con un grado suficiente de centralización para instaurar el orden y la ley). Los autores aseguran que esta distinción ha condicionado el devenir las sociedades en los últimos quinientos años y podrían explicar uno de los mayores enigmas de la actualidad, la desigualdad económica mundial. Las divergencias institucionales, aseguran, pueden esclarecer las diferencias abismales en renta *per cápita* que presentan algunos territorios colindantes con características comunes como Corea del Norte y Corea del Sur o México y Nuevo México (EEUU), lo cual no ha conseguido hacer ninguna otra teoría hasta hoy. Pero lo más interesante – sobre todo en lo que respecta a nuestro trabajo – es que esas diferencias podrían estar vinculadas con el papel que jugaron las instituciones en los avances tecnológicos de los siglos XVIII y XIX.

La teoría institucional de A&R gana fuerza en un momento clave de la historia económica, la Revolución Industrial (RI) –algo en lo que han enfatizado infinidad de autores como Jones (2001) –. El tipo de instituciones instauradas en cada país en torno a finales del siglo XVII fue determinante para decidir quiénes se unirían al progreso tecnológico de la RI y quiénes no. Los países con unas instituciones inclusivas lograron otorgar derechos de propiedad –tanto privada como intelectual– y limitar la arbitrariedad de los gobiernos autoritarios;<sup>26</sup> establecieron por primera vez un sistema bancario eficiente con el que financiar los nuevos descubrimientos; redactaron las primeras constituciones en las que se reconocían los derechos y libertades de los ciudadanos; e iniciaron la propagación del conocimiento hacia todos los

---

<sup>26</sup> La fundación del «Estatuto de los Monopolios» legislado por el Parlamento inglés en 1623 durante la Revolución Gloriosa hizo posible la sistematización del sistema de patentes y acabó con la concesión discrecional del monarca (Acemoglu & Robinson, 2012)

estratos de la población, algo que hasta el momento sólo era posible para unos pocos. En resumen, lograron crear el entorno adecuado para la innovación y contribuyeron a crear la estructura económica y social de lo que hoy conocemos como países industrializados. La labor institucional ha sido, por tanto, la clave del éxito tecnológico y del crecimiento económico desde hace más de doscientos años, lo cual resalta la trascendencia de su diseño y la responsabilidad del regulador, y obliga a prestar atención a las instituciones como principal impulsor de la innovación.

Algunas publicaciones recientes consolidan la afirmación anterior y nos confirman su vigencia en la actualidad. Se trata del Índice de Competitividad Global, publicado por el Forum Económico Mundial (FEM), y el Índice de Innovación global, publicado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI).

El FEM publica anualmente un informe sobre competitividad y desarrollo (*The Global Competitiveness Report*) donde presenta el Índice de Competitividad Global, un nuevo indicador que se ha convertido en poco tiempo en un punto de referencia, junto a la tasa crecimiento del PIB per cápita o el Índice de Desarrollo Humano, para medir el crecimiento y desarrollo económicos de los países. En el documento se evalúan 144 economías mediante una selección de indicadores de competitividad, clasificados en 12 pilares y ordenados en una especie de “escalera” del desarrollo económico que consta de tres niveles: básico, intermedio y avanzado.<sup>27</sup> Una vez realizados los análisis pertinentes, se elabora un *ranking* de competitividad en función del “escalón” que haya alcanzado cada país (véase Anexo III). Lo más destacable es que las instituciones constituyen el primero de los 12 pilares y se sitúan en el bloque de «requerimientos básicos» para el desarrollo, lo cual significa que para el Fórum Económico Mundial las instituciones son el elemento básico del desarrollo y la competitividad. Adicionalmente, podemos observar cómo la innovación ocupa el último pilar y se sitúa en el bloque de «factores sofisticados», aquel propio de económicas más avanzadas que ya han

---

<sup>27</sup> Por simplificar: básico, intermedio y avanzado. En el documento original son: *Basic requirements subindex*, *Efficiency enhancer's subindex* y *Innovation and sophistication factors subindex*.

superado los once pilares anteriores. El orden de los pilares (véase Anexo III) ilustra a la perfección el camino que ha de seguir un país para alcanzar el crecimiento económico y el desarrollo: empezar por las instituciones y acabar por la innovación.

Por otro lado, la OMPI publica anualmente el *Índice Mundial de Innovación* y, al igual que el FEM, elabora un *ranking* de países según la intensidad de progreso tecnológico (véase Anexo III). Para la elaboración del *ranking* la OMPI puntuá a cada país la calidad de 7 aspectos fundamentales: instituciones, capital humano e investigación, infraestructuras, sofisticación del mercado, sofisticación de los negocios, *outputs* de conocimiento y tecnología, y *outputs* creativos. Como vemos, la OMPI coloca la calidad institucional como aspecto primordial en el desempeño de la innovación –al igual que el FEM para el desarrollo y la competitividad–. Si además examinamos la clasificación de países de ambas organizaciones, confirmamos lo que llevamos mencionando desde comienzos del documento: la relación positiva entre instituciones, innovación y crecimiento económico. Si nos fijamos, observamos que los países que ocupaban los primeros puestos en el *ranking* elaborado por el FEM según el Índice de Competitividad Global también lo hacen en el *ranking* de innovación elaborado por la OMPI, lo cual significa que la innovación está ligada al desarrollo y la competitividad. Además, esos primeros puestos poseen las instituciones inclusivas de Robinson y Acemoglu, lo cual certifica el potencial del correcto funcionamiento de las instituciones para la innovación y el desarrollo económico. Ejemplos como Suiza, Finlandia o Estados Unidos avalan esta afirmación.

Comprobamos, por tanto, que la creación de un entorno adecuado o favorable para la innovación es fundamental para su desarrollo y, a la postre, para el crecimiento económico y el futuro de los países; y que sólo podrá ser garantizado por las instituciones.

### **3.2 PROBLEMAS DEL SISTEMA DE PATENTES**

A lo largo del documento, hemos resaltado en numerosas ocasiones el cometido de los sistemas de patentes como principal incentivo a la innovación. Recordemos que una patente es un «documento en que oficialmente se le

reconoce a alguien una invención y los derechos que de ella se derivan»<sup>28</sup>. Es el mecanismo legal más utilizado en materia de descubrimientos científicos y tecnológicos, reconoce a una entidad innovadora el uso exclusivo de su invención durante un período de tiempo determinado y conduce a la creación de un monopolio artificial. Pero, si bien no cabe duda sobre su eficacia, los patentes presentan algunas disfunciones que se deben corregir.

Las empresas beneficiarias de las patentes tienden a cometer abusos de poder, inhibiendo la innovación mediante una competencia desleal e impidiendo la entrada de nuevos competidores en el mercado. Los precios que fijan suelen estar muy por encima del nivel necesario para cubrir los costes de investigación, lo cual repercute directamente sobre los consumidores y sobre la demanda de nuevos bienes, y actúa en detrimento de la generación de innovación, que es justo lo contrario que se pretende. Además, la pérdida de eficiencia en el mercado, que generan los obstáculos a la libre competencia, reduce el excedente social; y las barreras a la transmisión del conocimiento que establecen los derechos de propiedad intelectual hacen que los beneficios que recaen sobre la sociedad en forma de externalidades positivas, como el aprendizaje, se debiliten e incluso desaparezcan.

En los últimos años se han planteado algunas opciones para contrarrestar estos efectos negativos como endurecer las políticas antimonopolio o reducir el período de vigencia de las patentes. Pero, en ocasiones, el poder que adquieren algunas compañías transnacionales rebasa el de las autoridades competentes y consiguen eludir la regulación, creándose un círculo indeseado de autodeterminación e impunidad ante comportamientos desleales.

Es por eso que actualmente están surgiendo nuevos métodos de estímulo a la innovación que, de no sustituir, al menos complementen a los sistemas de patentes. Pero, a pesar de los esfuerzos, aún no existe verdadero consenso sobre cuál debe ser la opción alternativa. A continuación, mostramos algunas de las ideas más alentadoras que se han presentado en los últimos años.

---

<sup>28</sup> (“Patente de invención”) Def. 1f. Real Academia Española (2001). *Diccionario de la lengua española* (22<sup>a</sup> ed.)

### 3.3 ALTERNATIVAS

La gran mayoría de sistemas de innovación combinan la concesión de patentes con los elementos citados en la tercera etapa o grado de intervención de las instituciones en la innovación (financiación pública, subvenciones, bonificaciones fiscales,...), formando una red compleja de mecanismos de estímulo a la innovación que dificulta el análisis aislado de cada uno de ellos a fin de averiguar qué elementos fallan y cuáles se deben mantener.

Sin embargo, las circunstancias actuales nos enseñan que proponer nuevas soluciones resulta ser aún más difícil que detectar problemas. Las ideas en cuanto a métodos de fomento de la innovación se agotan y cada vez es más complicado encontrar otras nuevas y mejores. Pese a ello, son muchos los que luchan a contracorriente por encontrar nuevas formas de potenciar la innovación, que no impliquen asumir los costes sociales que subyacen a los regímenes de propiedad intelectual. A continuación, mostramos algunos ejemplos.

#### 3.3.1 Sistema de premios de recompensa

Joseph E. Stiglitz es uno de los economistas más críticos con los sistemas de concesión patentes. En los últimos años, ha publicado un montante considerable de artículos académicos sobre innovación. Denuncia las consecuencias destructivas sobre la transmisión del conocimiento y los beneficios sociales que generan los regímenes actuales de propiedad intelectual.<sup>29</sup>

El autor llega a asegurar que, además de generar abusos de poder, las patentes actúan en perjuicio de la propia innovación, puesto que incentivan el secretismo y no permiten el uso de descubrimiento recientes en otras investigaciones a fin de generar nuevos avances en la ciencia y la tecnología. Esto es, ralentiza el progreso tecnológico y, por tanto, el progreso económico de la sociedad. Todo ello como consecuencia de una incorrecta alineación entre beneficios privados y beneficios sociales de la innovación.

---

<sup>29</sup> Stiglitz (2012), (2013), (2014)a, (2014)b

Stiglitz, entre otros<sup>30</sup>, apuesta por la sustitución del modelo actual por un «sistema de premios de recompensa» respaldado por el Gobierno (Stiglitz, 2012) (Singer, 2015). La idea radica en crear un fondo especial financiado por instituciones internacionales, ONGs, fundaciones y Gobiernos, destinado a conceder premios de elevado montante (alrededor de 100 millones de dólares) a aquellas empresas que logren ofrecer un nuevo descubrimiento. Los criterios serían los mismos que para la concesión de una patente, pero sin otorgar ningún tipo de monopolio, sólo una recompensa. La patente, en este caso, quedaría en manos del sector público. Como bien explica Stiglitz, así “se recompensan los nuevos conocimientos que aportan los innovadores, pero no retienen el monopolio de su uso”.

Es una propuesta dirigida a la investigación científica en medicamentos y vacunas pero podría ser extrapolable a otros sectores de la innovación. Los sistemas de premios de recompensa mantienen intactos los incentivos –las empresas reciben unos beneficios en forma de recompensa– y, a la vez, eliminan los efectos negativos que presentaban las patentes, es decir, la transmisión del conocimiento sería inmediata, los abusos de poder monopólicos desaparecerían y, con ellos, los precios desorbitados. Además, los recursos se asignarían a actividades que en condiciones normales se verían desatendidas, como la investigación básica o la fabricación de productos farmacéuticos para el tercer mundo, y los beneficios sociales se efectuarían de forma directa, puesto que la propiedad de la invención pasaría a ser pública, es decir, de todos.

A pesar del atractivo de la propuesta, la concesión de premios a la innovación con fondos públicos conlleva una dificultad, y es reunir tal cantidad de fondos. Pero nada que no se pueda subsanar con un proceso de toma de conciencia de los ciudadanos sobre la importancia de la innovación.

### **3.3.2 Fondo de capital de riesgo público**

Uno de los aspectos más controvertido, junto con el establecimiento de los sistemas de patentes, es la financiación pública de las innovaciones privadas. Normalmente, el sector empresarial innovador, además del

---

<sup>30</sup> Peter Singer (2015)

reconocimiento de sus invenciones, recibe de los gobiernos ayudas económicas para financiar sus proyectos de investigación. Teniendo en cuenta que la innovación es considerada bien común y que, con este tipo de medidas, las instituciones consiguen fomentarla, no tendría por qué existir ningún tipo de oposición ante la dotación presupuestaria de dichas tareas. Sin embargo, el problema viene cuando los beneficios de la innovación no se canalizan al resto de sociedad, únicamente a las empresas –por las disfunciones en el funcionamiento de los sistemas de patentes–. De esta forma, como manifestaba Mazzucato (2015), se socializan los riesgos y se privatizan las ganancias de la innovación.

Dani Rodrik, economista especializado en amplios campos de la economía política y el desarrollo económico, y autor de varias obras y artículos sobre la actuación de los gobiernos en cuanto al reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual,<sup>31</sup> propone una solución (Rodrik, 2015). La propuesta de Rodrik es convertir el Estado «financiador» en un Estado «inversor» –idea apoyada por otros autores<sup>32</sup>. ¿Cómo? Ofreciendo, a través de los mercados financieros, unos *fondos de capital de riesgo públicos* para financiar los procesos de investigación, que sólo admitan entidades participantes en el desarrollo de nuevas tecnologías. Los fondos se recaudarían mediante la emisión de bonos en el mercado y los gobiernos, como es lógico, recibirían una rentabilidad de su inversión, que trasladarían a los ciudadanos en forma de dividendo por “innovación social”. Es una forma directa de canalizar a la sociedad los beneficios de la innovación y, a la vez, de estimular las tareas investigadoras, facilitando el acceso a la financiación. Pero también presenta una debilidad, el reemplazo de la mejora en el bienestar social que proporciona la innovación por un dividendo es altamente cuestionable, es decir, el aprendizaje y la calidad de vida son aspectos no comparables a un activo financiero. Los primeros son permutables y con llevan a crear una sociedad mejor, los segundos no.

---

<sup>31</sup> Por ejemplo, Rodrik (2007)

<sup>32</sup> Derviş (2015), Mazzucato (2015)

## 4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se ha realizado una revisión de la literatura económica para extraer las claves de la innovación y su relación con el crecimiento económico. Se ha hecho una toma de conciencia sobre el papel de las instituciones en esos puntos clave y se han analizado los principales mecanismos de estímulo a la innovación, con el fin de mejorarlo. Las conclusiones obtenidas son las siguientes.

La *innovación* –entendida como renovación tecnológica–, permite aumentar la productividad del trabajo y la eficiencia en la producción, así como determinar las tasas de *crecimiento económico* a largo plazo, por lo que se sitúa como principal motor de la economía.

La innovación nace de las ideas y la investigación. Éstas, a su vez, del ingenio y el conocimiento; luego el motor subyacente de la economía es la *educación*.

Los modelos teóricos más recientes avalan el vínculo entre innovación y crecimiento económico. Advierten que si un país no innova, en el futuro no crecerá, y revelan que cuanto más significativos sean los descubrimientos y con mayor éxito se introduzcan en el mercado, mayores tasas de crecimiento económico se alcanzarán. Aspectos que se intensifican cuanto mayor sea el esfuerzo innovador.

Las actividades innovadoras precisan de un entorno adecuado para su desempeño, que sólo puede ser garantizado por las *instituciones*, y se acometerán o no en función de los incentivos económicos que se dispongan para la innovación.

Las condiciones económicas idóneas son la seguridad política y jurídica, la igualdad de oportunidades y el reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual (DPI), a las que se suman otros métodos de fomento a la innovación como las ayudas económicas o la financiación.

Los DPI implican renunciar a las condiciones de competencia perfecta en el mercado y alejan el acceso a la innovación del óptimo social. Además, generan abusos de poder y bloquean la transmisión del conocimiento. Por lo que el mundo académico clama por un nuevo método de fomento de la

innovación, igual de eficaz pero más ecuánime, que canalice los beneficios de la innovación no sólo al sector empresarial sino al conjunto de la sociedad.

El reto para el futuro es construir una sociedad innovadora, basada en un modelo económico sostenido que no persiga «producir más» sino «producir mejor», fundamentado sobre una base sólida de aprendizaje y conocimiento, que permita alcanzar economías prósperas y certeras que garanticen la sostenibilidad en el futuro.

¿Cómo? cabe preguntarse: Aprendiendo. La educación, tanto en conocimientos como en valores, es la única arma con fuerza tal como para otorgar capacidad y voluntad de progreso. Quienes reciban la ciencia estudiarán, investigarán e innovarán. Crearán nuevas teorías y modelos para explicar el proceso innovador, y tejerán la estructura económica y social idónea para el progreso y la innovación. La conducta moral y la búsqueda del conocimiento en sí serán incentivos suficientes, sólo hay que sembrar educación y dejar que todo fluya.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Acemoglu, D., & Robinson, J. A. (2012): *Por qué fracasan los países: los orígenes de la prosperidad y la pobreza*. DEUSTO S.A. EDICIONES, Deusto
- Aghion, P., & Howitt, P. (2009): *The Economics of Growth*. The MIT Press, Massachusetts.
- Berumen, S. A. (2011): *Los sistemas de innovación en Europa*. (1<sup>a</sup>, Ed.). ESIC, Madrid.
- Borondo, C. (2008): "La innovación en la literatura reciente del crecimiento endógeno", *Principios*, (12), pp. 11-42.
- Brue, S. L., & Grant, R. R. (2009): *Historia del pensamiento económico* (7<sup>a</sup> ed.). Cengage Learning Editores, S.A., México.
- Derviș, K. (2015): *La desigualdad financiada públicamente*. Disponible en Project Syndicate: <http://www.project-syndicate.org/>

- Jones, C. I. (2001): "Was an Industrial Revolution Inevitable? Economic Growth Over the Very Long Run", *Advances in Macroeconomics* , 1(2).
- Jones, C. I., & Vollrath, D. (2013): *Introduction to Economic Growth* (3<sup>a</sup> ed.). W. W. Norton & Company, Nueva York.
- Mazzucato, M. (2015). *Estado creativo*. Disponible en Project Syndicate: <http://www.project-syndicate.org/>
- OCDE. (2007): *INNOVATION AND GROWTH: RATIONALE FOR AN INNOVATION STRATEGY*. OCDE.
- Rodrik, D. (2007): *One Economics, Many Recipes: Globalization, Institutions and Economic Growth*. Princeton University Press, Princeton.
- Rodrik, D. (2015): *De estado benefactor a estado innovador*. Disponible en Project Syndicate: <http://www.project-syndicate.org/>
- Romer, P. M. (1990): "Endogenous Technological Change", *Journal of Political Economy*, pp. 71-102.
- Singer, P. (2015): *Drogas que salvan vidas para todos*. Disponible en Project Syndicate: <http://www.project-syndicate.org/>
- Solow, R. M. (1957): "Technical Change and the Aggregate Production Function", *Review of Economics and Statistics*, 312-320.
- Stiglitz, J. E. (2012): *Una gran oportunidad para la salud global*. Disponible en Project Syndicate: <http://www.project-syndicate.org/>
- Stiglitz, J. E. (2013): *Vidas vs. Beneficios*. Disponible en Project Syndicate: <http://www.project-syndicate.org/>
- Stiglitz, J. E. (2014): *Creating a learning society*. Disponible en Project Syndicate: <http://www.project-syndicate.org/>
- Stiglitz, J. E., & Greenwald, B. C. (2014): *Creating a Learning Society: A new Approach to Growth, Development, and Social Progress*, Columbia University Press, New York.
- WEF. (2014-2015): *THE GLOBAL COMPETITIVENESS REPORT*. World Economic Forum (WEF)

## ANEXOS

### ANEXO I. EXTENSIONES DEL MODELO DE ROMER

#### i. Las *ideas* según Romer:

Para Romer las ideas tienen dos cualidades que las otorgan un carácter especial: son bienes no-rivales, es decir, su uso por parte de un agente no impide el uso simultáneo por parte de otro; y sólo tienen que ser creadas una vez (Romer, 1990). Esto las dota de una serie de ventajas que las caracteriza del resto de bienes económicos.

En primer lugar, las ideas presentan un elevado atractivo empresarial por lo siguiente: si una empresa crea una idea y la incorpora a su proceso productivo incurre únicamente en un coste fijo, ligado al coste de investigación de crear la idea porque una idea sólo tiene que ser creada una vez (el coste de los materiales que contienen la idea se ignoran o se consideran insignificantes). De esta forma, los costes medios de la empresa serán decrecientes, los costes marginales constantes y la función de producción presentará rendimientos crecientes a escala (constantes en el modelo neoclásico). Esto implica que si incrementa los factores de producción en una unidad, el producto total lo hará en más de una. Lo cual se traduce en altos beneficios empresariales puesto que con una determinada cantidad de input consiguen producir mayores niveles de output que el resto de sus competidores. Sin embargo, para las empresas será imposible aprovecharse de las ventajas que les brindan las ideas sin la posesión de una patente, que les permita fijar un precio suficientemente alto como para cubrir los costes de la investigación previa a la creación de la idea (que inicialmente son muy elevados) y cubra el riesgo de plagio. De aquí la insistencia de Romer en el reconocimiento de los derechos de propiedad intelectual.

Por otro lado, el carácter no excluyente<sup>33</sup> de las ideas conduce a la aparición de externalidades positivas o *spillovers*, es decir, los beneficios ligados a la creación de ideas, como el aprendizaje o la mejora de la calidad de

---

<sup>33</sup> Su uso por parte de un agente no impide el uso simultáneo por parte de otro. Romer reconoce la existencia de un cierto grado de *excluibilidad* en las ideas, pero es debido a los materiales que la componen.

vida, repercuten positivamente no sólo en aquellos que participan en la actividad sino también en otros individuos ajenos a ella. Esto significa que la creación de ideas no sólo beneficia al sector empresarial sino también al resto de la sociedad.

## ii. Proceso maximizador del beneficio por parte del SBF y del SBI:

Las empresas del SBF operan de acuerdo a la siguiente función de producción:

$$Y_t = L_Y^{1-\alpha} \int_0^{M_t} x_i^\alpha di$$

Teniendo en cuenta que las empresas del SBF operan bajo condiciones de competencia perfecta, para maximizar el beneficio el precio del bien intermedio será igual al coste marginal del mismo (suponiendo que todas las empresas del SBI producen las mismas cantidades y al mismo precio, es decir,  $x_i = x$  y  $p_i = p$ ):

$$p = \alpha L_Y^{1-\alpha} x^{\alpha-1}$$

A su vez, el SBI maximiza su beneficio sujeto a la demanda de bienes intermedios del SBF (suponiendo que el coste marginal es la unidad, en la medida que en la producción de una unidad de bien intermedio se emplea una unidad de bien final):

$$\begin{aligned} \max_x \pi &= px - x \\ s. a. \quad p &= \alpha L_Y^{1-\alpha} x^{\alpha-1} \end{aligned} \tag{A1}$$

Resolviendo el problema de maximización (A1), la cantidad de equilibrio que ambos sectores intercambiarán en el mercado será:

$$x^* = L_Y \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}}$$

Consiguiendo un beneficio:

$$\pi = px^* - x^* = \frac{1-\alpha}{\alpha} L_Y \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} \tag{A2}$$

### iii. Obtención de la tasa de crecimiento del consumo $g_c$ :<sup>13</sup>

Resolviendo el siguiente problema de maximización, de acuerdo a la función utilidad  $u(c) = \frac{c^{1-\varepsilon}}{1-\varepsilon}$ , donde  $\varepsilon$  es un parámetro positivo:

$$\begin{aligned} \max_c \int_0^\infty e^{-\rho t} \frac{c^{1-\varepsilon}}{1-\varepsilon} dt \\ s. a. \dot{b} = rb + w - c \end{aligned}$$

donde  $e^{-\rho t}$  es el factor de descuento intertemporal y  $\dot{b} = rb + w - c$  es la restricción presupuestaria de cada consumidor, donde  $b$  es la riqueza financiera (bonos) y  $w$  la renta salarial. Obtenemos la ecuación de Euler, que nos da la tasa de crecimiento del consumo (o trayectoria del consumo que maximiza la utilidad en un horizonte infinito):

$$g_c \equiv \frac{\dot{c}}{c} = \frac{r - \rho}{\varepsilon}$$

### iv. Demostración de la correspondencia entre la tasa de crecimiento del consumo con la tasa de crecimiento de la economía:

El bien final se puede utilizar como output para el consumo ( $C$ ) o como input para la producción de bienes intermedios. Por tanto, la producción total del bien final se agota en los dos fines a los que está destinado y la *condición de equilibrio en el mercado de bienes* es:

$$Y_t = C_t + X_t; \quad X_t = \int_0^{M_t} x_i di$$

Restando los costes intermedios  $X_t$  a la producción total  $Y_t$  obtenemos el Producto Interior Bruto (PIB) de la economía, lo cual significa que el PIB se iguala al consumo y, por tanto, ambos crecerán a la misma tasa:

$$PIB = Y - I = C$$

Por tanto, se demuestra la igualdad de la ecuación (6) del texto.

### v. Valores del salario en la condición de arbitraje del SBI:

El salario de los trabajadores del SBF  $w_Y$  será igual a la productividad marginal de su trabajo, es decir:

$$w_{Y,t} = \frac{\partial Y_t}{\partial L_Y} = (1 - \alpha)L_Y^{-\alpha}M_t x^\alpha$$

Suponemos que el salario del SBI es el mismo y que no hay dinámica, es decir  $w_A = w_Y = w$ .

Sustituyendo la cantidad de equilibrio del bien intermedio  $x^* = L_Y \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}}$ , obtenemos el salario de equilibrio:

$$w = (1 - \alpha)\alpha^{\frac{2\alpha}{1-\alpha}}M_t \quad (\text{A3})$$

Sustituyendo en los valores de (A2) y (A3) en la condición de arbitraje (7) y despejando  $r$ , obtenemos el tipo de interés de equilibrio  $r^*$ , que posteriormente sustituiremos en la ecuación de Euler para obtener la tasa de crecimiento de la economía en el equilibrio  $g^*$ .

**vi. Obtención de la tasa de crecimiento de las variedades según Jones:**

La tasa de crecimiento de las variedades en cada período se calcula dividiendo la expresión (8) por  $M$ :

$$g_{M,t} \equiv \frac{\dot{M}}{M} = \lambda \frac{L_M^\tau}{M^{\emptyset-1}}$$

De esta forma, para que las variedades en el equilibrio crezcan a una tasa constante el ratio  $\frac{L_M^\tau}{M^{\emptyset-1}}$  deberá permanecer constante –puesto que  $\lambda$  es una constante–, lo que significa que numerador y denominador deben crecer a la misma tasa. Esto es  $\tau\eta = (1 - \emptyset)g_M$ , o lo que es lo mismo:

$$g_M = \frac{\tau\eta}{1 - \emptyset}$$

que es la expresión (9) del texto.

## ANEXO II. EXTENSIONES DEL MODELO DE AGHION Y HOWITT

### i. Proceso maximizador del beneficio por parte del SBF y del SBI:

Las empresas del SBF operan de acuerdo a la siguiente función de producción:

$$Y_t = L^{1-\alpha} \int_0^1 A_{i,t}^{1-\alpha} x_{i,t}^\alpha di$$

Teniendo en cuenta que las empresas del SBF operan bajo condiciones de competencia perfecta, para maximizar el beneficio el precio del bien intermedio se iguala al producto marginal del mismo:

$$p_{i,t} = \alpha(A_{i,t}L)^{1-\alpha} x_{i,t}^{\alpha-1}$$

A su vez, el SBI maximiza el beneficio sujeto a la demanda de bienes intermedios del SBF, suponiendo que el coste marginal es la unidad (en la medida que una unidad de bien final dedicado a la producción del bien intermedio produce una unidad de bien intermedio):

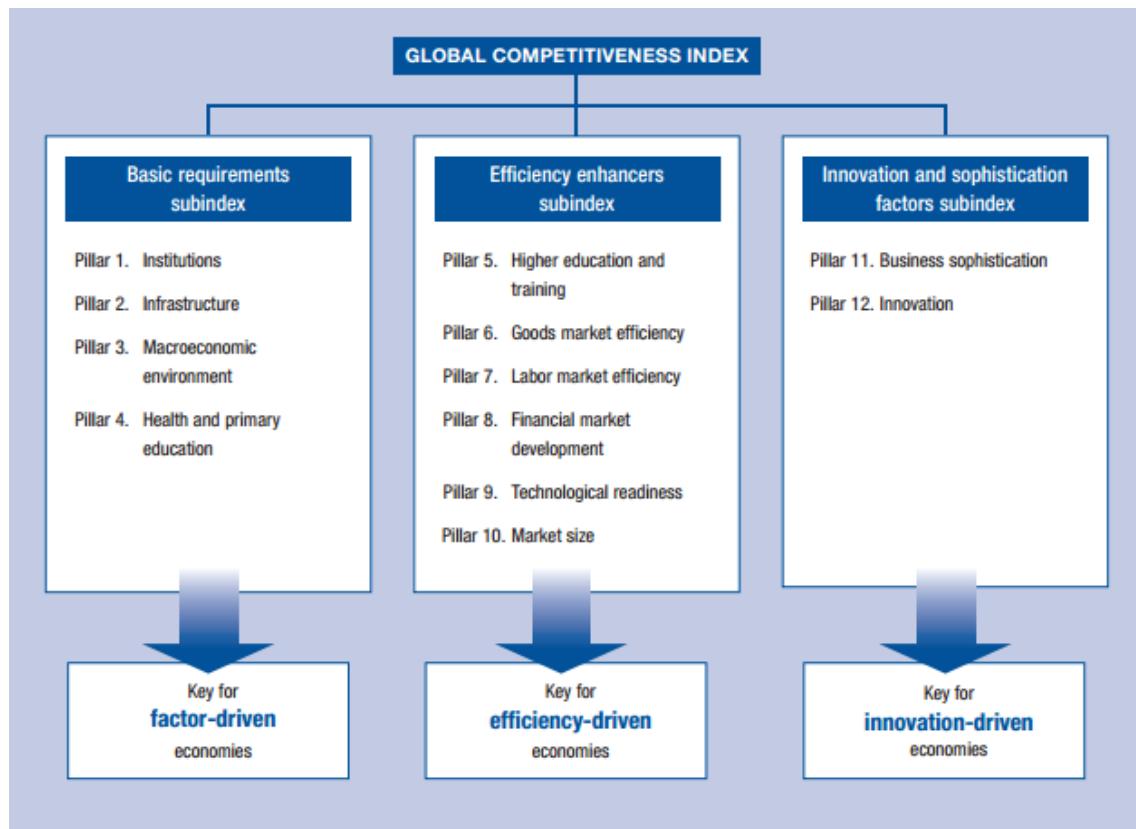
$$\begin{aligned} \max_x \pi_{i,t} &= p_{i,t} x_{i,t} - x_{i,t} \\ \text{s. a. } p_{i,t} &= \alpha(A_{i,t}L)^{1-\alpha} x_{i,t}^{\alpha-1} \end{aligned}$$

Resolviendo este problema de maximización, la cantidad de equilibrio que ambos sectores intercambiarán en el mercado es:

$$x_{i,t}^* = \alpha^{\frac{2}{1-\alpha}} A_{i,t} L$$

## ANEXO III. TABLAS Y RESULTADOS

**Figura 1.** Clasificación de los 12 pilares de competitividad global utilizados en la elaboración Índice de Competitividad Global por el Forum Económico Mundial (FEM), (2014)



Fuente: *The Global Competitiveness Report*, (World Economic Forum, 2014)

**Tabla 1.** Primeros y últimos puestos del *Ranking* por Índice de Innovación Global, elaborado por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI), (2014)

| 15 primeros puestos      |    | 15 últimos puestos |     |
|--------------------------|----|--------------------|-----|
| Switzerland              | 1  | Bangladesh         | 129 |
| United Kingdom           | 2  | Zimbabwe           | 130 |
| Sweden                   | 3  | Niger              | 131 |
| Finland                  | 4  | Benin              | 132 |
| Netherlands              | 5  | Algeria            | 133 |
| United States of America | 6  | Pakistan           | 134 |
| Singapore                | 7  | Angola             | 135 |
| Denmark                  | 8  | Nepal              | 136 |
| Luxembourg               | 9  | Tajikistan         | 137 |
| Hong Kong                | 10 | Burundi            | 138 |
| Ireland                  | 11 | Guinea             | 139 |
| Canada                   | 12 | Myanmar            | 140 |
| Germany                  | 13 | Yemen              | 141 |
| Norway                   | 14 | Togo               | 142 |
| Israel                   | 15 | Sudan              | 143 |

Fuente: Elaboración propia a partir de *The Global Innovation Index*, (OMPI, 2014)

**Tabla 2.** Primeros y últimos puestos del *Ranking* por Índice de Competitividad Global, elaborado por el Forum Económico Mundial (FEM), (2014)

| 15 primeros puestos  |    | 15 últimos puestos |     |
|----------------------|----|--------------------|-----|
| Switzerland          | 1  | Madagascar         | 130 |
| Singapore            | 2  | Venezuela          | 131 |
| United States        | 3  | Malawi             | 132 |
| Finland              | 4  | Mozambique         | 133 |
| Denmark              | 5  | Myanmar            | 134 |
| Japan                | 6  | Burkina Faso       | 135 |
| Hong Kong            | 7  | Timor-Leste        | 136 |
| Netherlands          | 8  | Haiti              | 137 |
| United Kingdom       | 9  | Sierra Leone       | 138 |
| Sweden               | 10 | Burundi            | 139 |
| Norway               | 11 | Angola             | 140 |
| United Arab Emirates | 12 | Mauritania         | 141 |
| Denmark              | 13 | Yemen              | 142 |
| Taiwan, China        | 14 | Chad               | 143 |
| Canada               | 15 | Guinea             | 144 |

Fuente: Elaboración propia a partir de *The Global Competitiveness Report*, (FEM, 2014)