

# I+D y espionaje: efectos sobre la renta, el crecimiento y la desigualdad

Guido Cozzi\*

Universidad de Macerata  
Universidad de Roma «La Sapienza»

Luca Spinesi

Université Catholique de Louvain  
Universidad de Roma «La Sapienza»

## Resumen

*Una parte de la literatura del crecimiento considera que los recursos intangibles tales como las ideas y el conocimiento son el motor principal de la prosperidad económica. Por su naturaleza intrínseca, las ideas son más fáciles de robar que los factores productivos tradicionales como el capital físico o la tierra. Consideramos una economía en la que la innovación consiste en el aumento de la calidad de los productos existentes, y en la que la variedad del producto crece en proporción al tamaño de la población. Basándonos en cierta evidencia reciente, suponemos que el robo de ideas puede producirse en la fase de I+D. El artículo muestra que con una población creciente y con una tasa de crecimiento de la población suficientemente importante, la fracción de trabajadores dedicados a actividades de espionaje tiende a ser constante. En economías donde el proceso I+D es más vulnerable al robo de ideas, la tasa de crecimiento es más baja. Finalmente, señalamos que los subsidios no diferenciados a la I+D, no tienen ningún efecto a largo plazo en el crecimiento, pero afectan positivamente a los salarios y negativamente a los niveles de renta per cápita de estado estacionario.*

**Palabras clave:** crecimiento schumpeteriano, innovación vertical, innovación horizontal, espionaje industrial, I+D.

**Clasificación JEL:** 031, 034, 041.

## Abstract

*A strand of growth literature considers intangible assets –such as ideas and knowledge– as the main engine for economic prosperity. Because of its intrinsic nature ideas are much more easily stolen than traditional production factors such as physical capital and land. We consider an economy in which innovation consists in upgrading the quality of the existing products, and in which the product variety grows in proportion to population size. Inspired by recent evidence, we assume that ideas theft can occur at the R&D level. We show that with growing population and with a large enough population growth rate, the fraction of labor engaged in spying activities tends to be constant. In economies where the R&D process is more vulnerable to idea theft, growth rates are lower. Finally, we show that undifferentiated R&D subsidies have no long run growth effects, but subsidies positively affect wages and negatively affect steady state per-capita income levels.*

**Keywords:** Schumpeterian growth, vertical innovation, horizontal innovation, industrial espionage, R&D.

**JEL classification:** 031, 034, 041.

---

\* Correspondencia: Guido Cozzi, Dipartimento di Economia Pubblica, Università di Roma «La Sapienza». Via del Castro Laurenziano, 9, 00161 Roma, Italia, Tel.: +39-06-49766302; Fax: +36-06-4426040, e-mail: gcozzi@dep.eco.uniroma1.it

Traducción: Matilde Cegarra. Edición: Carmen Arias. Revisión: Luis A. Puch.

## 1. Introducción

Una rama de la teoría del crecimiento considera el conocimiento no rival e intangible y las ideas como el motor principal y fundamental de la prosperidad económica de los países desarrollados y en vías de desarrollo<sup>1</sup>. La naturaleza intrínseca y característica de este recurso inmaterial hace muy difícil excluir a la gente del acceso al propio conocimiento e ideas, excepto en el caso ideal de un individuo totalmente aislado de la comunidad. Además, también es cierto que la acumulación de conocimiento e ideas a través de las actividades de investigación y desarrollo (I+D), formales e informales, es el resultado de interacciones sociales y humanas<sup>2</sup>. Por otra parte, las ideas que pueden dar lugar a un rendimiento económico para sus autores - pero sobre las cuales no se han establecido por completo los derechos de propiedad - son las más vulnerables a la apropiación indebida y al hurto. La evidencia empírica demuestra que los empleados de la empresa o los rivales de ésta realizan en ciertas ocasiones beneficios indebidos a partir de las invenciones de otras personas. Un reciente Informe Anual del Congreso sobre *Foreign Economic Collection and Industrial Espionage* del ORI (*Organization for Research Integrity*), que se celebra desde 1995, documenta que los Estados Unidos pagan un alto precio financiero por el espionaje económico: «La comunidad empresarial estima que, en el año 2000, el espionaje económico costó entre 100 y 250 miles de millones de dólares en ventas perdidas. Las principales pérdidas en las compañías norteamericanas implican a la información referente a los procesos industriales y de investigación y desarrollo». Además, el Congreso de Buenos Aires, que tuvo lugar el 19 de diciembre de 2002 documenta que: «Junto a la información proporcionada por la *Intelligence Community*, los funcionarios de la *National Counterintelligence Center* (NACIC) también entrevistaron a varios especialistas en seguridad industrial de las 500 compañías seleccionadas por Fortune, que representan a los diferentes sectores de la economía norteamericana. Todas las compañías entrevistadas consideraron la información intelectual y las tecnologías como la fuente fundamental de su actividad económica y el objetivo principal para la apropiación indebida». Es por esto por lo que se emplean considerables recursos en actividades de espionaje.

Para proteger los esfuerzos en investigación frente a esta amenaza económica en EE. UU., se han desarrollado importantes tareas para garantizar el correcto funcionamiento de la actividad económica que se basa principalmente en activos no rivales e intangibles, por ejemplo, mediante recientes innovaciones legislativas, como el *Economic Espionage Act* (EEA) de 1996.

---

<sup>1</sup> ROMER (1990), DINOPOULOS *et al.* (1990), AGHION y HOWITT (1992) y GROSSMAN y HELPMAN (1991) iniciaron en los últimos años esta rama de la investigación económica llamada teoría neoschumpeteriana del crecimiento.

<sup>2</sup> ARROW (1962) explica por qué la naturaleza intrínseca de la información y del conocimiento puede determinar la ausencia de un mercado para el intercambio de información entre individuos.

El modelo de Cozzi (2001) incorpora el espionaje en I+D en el modelo básico neo-Schumpeteriano desarrollado por Aghion y Howitt (1992 y 1998), con tan solo una línea industrial intermedia y un tamaño de población constante. La teoría del crecimiento neo-Schumpeteriana considera la protección de los derechos de propiedad intelectual, en la forma de un Sistema de Patentes, como una mecanismo para proveer de rentas económicas a empresas y a individuos involucrados en actividades de I+D. Los resultados de Cozzi (2001) muestran que, según aumenta el empleo en I+D, la tasa de crecimiento no puede aumentar en la misma proporción, porque cada vez más trabajadores en I+D emplearán su tiempo intentado copiarse unos a otros<sup>3</sup>. Los resultados de Cozzi (2001) concuerdan con alguna evidencia empírica muy conocida acerca de la ausencia de efectos de escala generados por un esfuerzo en I+D mayor sobre la tasa de crecimiento de la producción per cápita (véase por ejemplo Jones, 1995), pero tienen la predicción pesimista de que con una población creciente, la fracción de trabajadores en I+D dedicados a actividades de espionaje debería tender a uno.

Puesto que Cozzi (2001) considera la existencia de una sola línea industrial intermedia y que la población es constante, nos parece interesante probar cómo sus resultados pueden cambiar si consideramos alternativamente que las líneas de producto evolucionan de acuerdo con el tamaño de la población. Esto significa que el número/masa de las líneas industriales se expande a lo largo del tiempo en proporción a la población. Nosotros demostramos que tal estructura nos permite concluir que el número de espías por clase permanece constante a través del tiempo. Además, mostramos que el crecimiento del producto per cápita viene determinado tan solo por los parámetros de apropiabilidad, por la productividad de la investigación, y por la magnitud del aumento en la calidad. Finalmente, demostramos que una subvención a la I+D no diferenciada (entre los autores de las ideas y los espías) da lugar a un conflicto entre los niveles de renta per cápita de estado estacionario y desigualdad.

El trabajo se organiza como sigue. La sección 1 establece el marco básico del modelo; las secciones 2 y 3 analizan el equilibrio. La sección 4 concluye con algunos comentarios finales.

## 2. Marco básico

En esta economía existe una masa  $L_t$  de familias de vida infinita con idénticas preferencias por secuencias de consumos no negativos  $C_t$  representadas por la fun-

---

<sup>3</sup> Este resultado se deriva de la asimetría fundamental entre inventar y espiar que opera en favor de la actividad de espionaje: a medida que el número de inventores aumenta, también lo hace el flujo esperado de nuevas ideas en la economía; esto a su vez aumenta el beneficio de espiar—porque cada «espía» puede «dar» con un gran flujo de nuevas ideas por unidad de tiempo— frente al de inventar, porque en el mismo tiempo el flujo esperado de nuevas ideas por inventor permanece constante.

ción de utilidad  $\int_0^{\infty} e^{-rt} C_t dt$ . En el supuesto de que el tiempo es continuo y el horizonte ilimitado,  $r > 0$  es el índice subjetivo común y constante de preferencia temporal. El crecimiento de la población es constante e igual a  $g_L$ . Los mercados de capitales son perfectos, la utilidad lineal instantánea corresponde al caso de neutralidad frente al riesgo y ahorros infinitamente elásticos, lo que implica un tipo de interés real de equilibrio general constante y siempre igual a  $r$ . Cada familia está dotada de una unidad de tiempo para trabajar que no genera ninguna desutilidad. El mercado de trabajo es perfectamente competitivo y la oferta de trabajo inelástica es empleada instantáneamente por las empresas industriales y por las empresas de investigación y desarrollo (I+D). Los trabajadores pueden ser contratados por las empresas (intermedias) de bienes industriales que producen bajo rendimientos a escala constantes (CRS), es decir en una relación uno a uno con las unidades de trabajo, o por las empresas de I+D perfectamente competitivas cuyo objetivo es mejorar la calidad de un producto intermedio.

El producto final se obtiene por empresas perfectamente competitivas que combinan un factor fijo con una gran variedad de bienes intermedios, según la función de producción siguiente:

$$Y_t = M^{1-\alpha} \int_0^{N_t} A_{it} x_{it}^{\alpha} di \quad (1)$$

donde  $Y_t$  es el flujo de bien final de consumo en el instante  $t$ ,  $x_{it}$  es la cantidad de bien intermedio  $i$  producido y utilizado como input, y  $A_{it}$  es el parámetro de la productividad de la variedad actual de este bien.  $M = 1$  es la masa agregada constante del factor fijo (como, por ejemplo, tierra, minerales, petróleo, etc.) que se normaliza a la unidad por motivos de sencillez.  $N_t \in [0, \infty)$  denota la cantidad de bienes intermedios ya existentes en la economía en la fecha  $t \geq 0$ , es decir, la cantidad de necesidades productivas ya satisfechas aunque sea a diferentes niveles de calidad.

El Sector Público impone legalmente una distorsión en la economía asegurando la protección de los derechos de propiedad intelectual a los innovadores a través de un Sistema de Patentes. De hecho, para estimular la innovación, la legislación otorga al primero que realice una invención el control total del monopolio sobre las aplicaciones productivas de dicha invención. La vida legal de la patente se supone infinita, pero la vida efectiva depende de los nuevos descubrimientos que mejoran las líneas existentes en la industria: este mecanismo representa el fenómeno de la destrucción creativa típico en la teoría schumpeteriana. Nosotros asumimos que las innovaciones aumentan los productos intermedios existentes. Puesto que hay un continuo de líneas industriales intermedias, cada una de ellas operando bajo rendimientos constantes a escala y libre entrada, la protección de los derechos de propiedad intelectuales en forma de patentes les hace, a cada una de ellas, un monopolio local.

En cada línea industrial, la competencia *à la* Bertrand instantánea garantiza que sólo la patente más avanzada será producida, y  $N_t$  denota también la cantidad de líneas industriales activas, es decir, la cantidad de monopolios locales de producción.

En cada línea de producto intermedia, las empresas de I+D perfectamente competitivas intentan introducir la siguiente generación de mayor calidad de ese producto particular (I+D vertical). Siguiendo a Howitt (1999), representamos el nivel tecnológico de vanguardia, con un parámetro de productividad *punta* a nivel de la economía  $A_t^{max}$  que ejerce efectos positivos de I+D (*spillovers*) para todas las líneas industriales. Cuando se introduce una innovación en una línea industrial intermedia (se comercializa una calidad mejor de ese bien intermedio) el parámetro de productividad  $A_{it}$  en este sector salta hasta  $A_t^{max}$ . Esta especificación encarna los *spillovers* de conocimiento intersectorial de Aghion y Howitt (1998, cap. 3) y Howitt (1999): de ahí que el principal papel de las empresas investigadoras consista en hacer dichos efectos desbordamiento endógenos. Por lo tanto, la innovación vertical puede considerarse como la forma en que las compañías de I+D intentan adaptar los conocimientos más avanzados alcanzados por la sociedad a su propia línea industrial. Como Howitt (1999), el índice Poisson de llegada de innovaciones verticales en cualquier sector es  $\lambda l_t$ , donde  $\lambda > 0$  indica la productividad del trabajo en la tecnología de investigación, y donde  $l_t$  es la cantidad de trabajo de un innovador *puro* para cada bien intermedio. Como en Howitt (1999),  $A_t^{max}$  crece de forma determinista a una tasa proporcional a la tasa de innovaciones verticales por línea de la industria medida por  $\lambda l_t$ , con un factor de proporcionalidad igual a  $\ln \gamma > 0$ , donde  $\gamma > 1$  es un factor constante que mide el aumento en el parámetro de productividad  $A_t^{max}$ . A medida que la economía desarrolla un número creciente de bienes intermedios, una innovación de un tamaño dado en cualquier producto tendrá un impacto cada vez más reducido en la economía agregada: de ahí que el impacto marginal de cada innovación sobre el conjunto del conocimiento de la sociedad será  $\ln \gamma / N_t$ . El flujo agregado de innovaciones verticales es el número de los bienes intermedios,  $N_t$ , por el flujo esperado de innovaciones verticales por sector  $\lambda l_t$ , por el impacto marginal indicado anteriormente como  $\ln \gamma / N_t$ . Por consiguiente, la tasa de progreso técnico vertical de la economía agregada es

$$g_t = \frac{\dot{A}_t^{max}}{A_t^{max}} = \lambda l_t \ln \gamma \quad (2)$$

De acuerdo con este entorno, en equilibrio observaremos una distribución intersectorial de parámetros de productividad absoluta  $A_{it}$ , que evoluciona de manera continua, con valores que se extienden desde 0 hasta  $A_t^{max}$ . Definiendo  $a_{it} \equiv A_{it}/A_t^{max}$  podemos concentrarnos en la distribución relativa intersectorial, que, como muestran Aghion y Howitt (1998, cap. 3) y Howitt (1999), converge hacia la distribución única estacionaria de parámetros de productividad relativa ( $a$ ) caracterizada por la

función de distribución acumulativa  $H(a) = a^{1/\gamma}$ , con  $0 \leq a \leq 1$ <sup>4</sup>, con la correspondiente función de densidad continua  $h(a)$ .

Introducimos ahora el espionaje en la etapa de I+D industrial. Según Cozzi (2001), debido a la insegura apropiabilidad intelectual, el autor de una innovación podría, en cada línea industrial intermedia, ganar la carrera a la Oficina de Patentes con probabilidad  $c/(c + s_t)$ , mientras que el éxito individual espionando la innovación recién generada, y todavía no apropiada, tiene densidad  $1/(c + s_t)$ . Repitiendo el análisis de Cozzi (2001) para cada línea industrial, es fácil ver que la condición de arbitraje entre inventar o espionar determina el número fijo de trabajo en investigación comprometido en la actividad puramente inventiva  $l_t$ . De hecho, cada unidad de investigación asigna su trabajo de investigación a la actividad inventiva solucionando:

$$\begin{aligned} \underset{l, s}{\text{Max}} \lambda \frac{c}{c + s_t} \frac{V_t}{(1 - \psi_R)} + s \lambda l_t \frac{1}{c + s_t} \frac{V_t}{(1 - \psi_R)} \\ \text{s.t.} \\ l + s = m, \quad l \geq 0, \quad s \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Aquí  $s$  y  $l$  son respectivamente el flujo por unidad de tiempo que cada entidad de investigación pasa espionando o inventando. El primer término del problema de maximización indica los flujos de beneficios descontados esperados de la actividad puramente inventiva, mientras que el segundo término indica los flujos de beneficios descontados esperados de la actividad de espionaje. El término  $0 < \Psi_R < 1$  denota un subsidio a la actividad de I+D financiada por el gobierno a través de un impuesto de suma fija. Puesto que el gobierno paga el subsidio de todas las actividades declaradas de I+D, el subsidio se distribuye de manera no diferenciada entre los investigadores puros y los espías, es decir, es un subsidio I+D no diferenciado. Obsérvese que hemos normalizado cada una de las rentabilidades por el coste de cada una de las unidades de I+D neto del subsidio. En soluciones interiores, el arbitraje entre inventar y espionar da la cantidad constante de inventores puros por sector,  $l_t = c$ .

Finalmente, según lo descrito previamente, asumimos que el número/masa de líneas industriales crece en proporción a la población.

### 3. ¿Fabricar, inventar o espionar?

Obtenemos a continuación la función de demanda de trabajo para cada productor de bien intermedio. Aplicando el método de Aghion y de Howitt (1992 y 1998,

<sup>4</sup> Para simplificar la cuestión se supone que  $a$  se distribuye de acuerdo con  $H(\bullet)$  rectificado desde el principio fecha 0.

cap. 3), se puede ver fácilmente que el nivel de producción del bien intermedio  $i$  que maximiza los beneficios del monopolista en el instante  $t$  es

$$x_{it} = M \left( \frac{\alpha^2 A_{it}}{w_t} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \quad (4)$$

Puesto que la distribución de productividades relativas es inalterable, no clasificamos los productos intermedios por su índice  $i$ , sino por su productividad relativa  $a_{it} = A_{it}/A_t^{max}$ . Podemos reescribir la función de demanda de trabajo para un sector con productividad relativa  $a$  en el instante  $t$  como:

$$\tilde{x}(\omega_t/a) \equiv \left( \frac{\omega_t}{\alpha^2 a} \right)^{\frac{1}{\alpha-1}} \quad (5)$$

donde  $x(\omega_t/a)$  es la función de demanda de trabajo para la empresa y  $\omega_t = w_t/A_t^{max}$  es el salario real ajustado por la productividad. Es interesante observar que para cada productor en el sector de bienes intermedios, la mano de obra empleada depende de forma negativa del salario real ajustado por la productividad.

Podemos escribir la condición de vaciado del mercado de trabajo de la siguiente manera (después de omitir el subíndice temporal por sencillez notacional):

$$L = Nc + Ns + \frac{N\tilde{x}(\omega)}{1 + \frac{\ln \gamma}{1-\alpha}} \quad (6)$$

donde el empleo total en el sector de producción de bien intermedio –que aparece como el tercer sumando en el lado derecho de la ecuación (6)– ha sido obtenido integrando (5) sobre todas las ‘ $a$ ’, después de tener en cuenta la función de distribución de productividades relativas  $H(a) = a^{1/\ln \gamma}$ .

De la ecuación (6) podemos obtener el número de espías de equilibrio por línea industrial

$$s = \frac{L}{N} - \left[ c + \frac{\tilde{x}(\omega)}{1 + (\ln \gamma/1 - \alpha)} \right] \quad (7)$$

Nos centraremos en el estado estacionario simétrico<sup>5</sup>, es decir,  $x_{it} = x_t$ ;  $s_{it} = s_t$ ;  $l_{it} = l_t$ , etc., para cada  $i$ .

Como es habitual dentro del marco schumpeteriano, las empresas de I+D emplean *inputs* deterministas (tales como trabajo cualificado) para producir una pro-

<sup>5</sup> Como se ve en COZZI (2005), el modelo de HOWITT (1999) también admite una serie continua de trayectorias equilibradas asimétricas del crecimiento. Es fácil demostrar cómo los resultados cualitativos se pueden generalizar para el caso de trayectorias equilibradas asimétricas del crecimiento.

babilidad de innovación, es decir, la producción de la típica empresa de I+D no es una invención segura, sino una probabilidad de invención por unidad de tiempo. Más en concreto, el sector de I+D se caracteriza por la libre entrada y una probabilidad de tecnología de producción con rendimientos constantes a escala, con una unidad de mano de obra empleada en I+D que resulta en una tasa Poisson  $\lambda$  de llegada de una nueva idea patentable para un producto intermedio mejor. Suponemos que las productividades de la investigación están distribuidas idéntica e independientemente para cualquier empresa, para cualquier línea industrial y a lo largo del tiempo. Por lo tanto, cada empresa de I+D maximiza

$$\max_{l_i} \lambda l_i V_t^{\max} - (1 - \psi_R) l_i w_t$$

En la economía multisectorial con actividades de espionaje positivas en equilibrio, la condición de arbitraje de I+D se reduce a

$$\begin{aligned} (1 - \psi_R) \omega_t &= \lambda \frac{c}{c + s_t} \int_0^\infty e^{-(r+\lambda l_i)\tau} \tilde{\pi}(\omega e^{\lambda l_i \ln \gamma \cdot \tau}) d\tau \equiv \\ &\equiv \lambda \frac{c}{c + s_t} \int_0^\infty e^{-(r+\lambda l_i)\tau} \frac{1 - \alpha}{\alpha} \omega_t \tilde{x}(\omega) e^{-\frac{\alpha}{1-\alpha} \lambda l_i \ln \gamma \cdot \tau} d\tau \end{aligned} \quad (8)$$

El lado izquierdo (li) de la ecuación (8) es el coste de I+D neto del subsidio. El lado derecho (ld) de la ecuación (8) indica el valor marginal esperado del producto de la investigación ajustado de productividad,  $\lambda V_t / A_t^{\max}$ , después de tener en cuenta la probabilidad de apropiación de la nueva innovación por su verdadero autor  $c/(c + s_t)$ , el tipo de interés  $r$ , el factor de destrucción creativa  $\lambda l_i$ , y el flujo del beneficio correspondiente a un inventor exitoso  $A_t^{\max} \tilde{\pi}(\omega e^{g\tau})$  desde la fecha  $t$  hasta infinito.

Como veremos a continuación, a lo largo de la senda de crecimiento equilibrado, el número de líneas en la industria y el tamaño de la población crecen al mismo ritmo. Consideramos la condición de arbitraje fabricación/I+D, substituyendo la ecuación (7) y resolviendo la integral, resulta:

$$\tilde{x}(\omega) = \theta \left(1 - \frac{L}{N}\right) \left(1 - \frac{\theta}{1 + \ln \gamma / 1 - \alpha}\right)^{-1} \quad (9)$$

donde hemos definido  $\theta \equiv \left[ r + \lambda c + \frac{\alpha}{1 - \alpha} \lambda c \ln \gamma \right] * \frac{1}{\lambda} \frac{\alpha}{1 - \alpha} (1 - \psi_R)$ . Invertiendo la ecuación (9) podemos obtener el salario real ajustado de productividad. Para tener una actividad de espionaje positiva se debe cumplir la siguiente condición:

$$g_L > \left[ c \left( 1 + \frac{\theta}{1 + \ln \gamma / 1 - \alpha} \right) + \theta \right] \beta [(1 - \alpha)(1 + 2\theta) + \ln \gamma (1 + \theta)]^{-1} \quad (C)$$

Siempre que la condición (C) se verifique, el número de trabajadores por línea de la industria que decide emprender la actividad de espionaje se puede obtener sustituyendo la ecuación (9) en la ecuación (7),

$$s = \frac{L}{N} \left[ 1 + \theta \left( 1 + \frac{\theta}{1 + \ln \gamma / 1 - \alpha} \right)^{-1} \right] - \left[ c + \theta \left( 1 + \frac{\theta}{1 + \ln \gamma / 1 - \alpha} \right)^{-1} \right] \quad (10)$$

Deseamos subrayar el impacto negativo del subsidio a la I+D no diferenciado sobre la mano de obra ocupada en la actividad de fabricación, y por lo tanto, sobre la demanda de trabajo para cada línea industrial (véase el Apéndice A para la prueba). Un aumento de la tasa de subsidio a la I+D reduce el coste de investigación. Puesto que los subsidios a la I+D son no diferenciados entre sectores, el esfuerzo vertical puro en I+D es constante para cualquier línea industrial, y una reducción en los costes de I+D provoca el trasvase de mano de obra de la actividad de fabricación a la de espionaje. A lo largo de la nueva senda de crecimiento equilibrado, aumenta el número absoluto y relativo de los trabajadores que deciden a espiar. Este incentivo persiste hasta que, en la nueva trayectoria de crecimiento equilibrado, el aumento del salario real ajustado de productividad compensa la reducción en el coste I+D que resulta de subsidios gubernamentales más elevados. Por lo tanto, cualquier aumento en el subsidio a la I+D, reduce la demanda de trabajo en cada línea industrial, los beneficios de equilibrio, y por consiguiente, el valor descontado previsto en el mercado bursátil de una idea patentada; al mismo tiempo aumenta la mano de obra absoluta y relativa que decide sacar provecho de las ideas de los demás. Por lo tanto, nuestro ejercicio demuestra que, a menos que los derechos de propiedad intelectual se establezcan perfectamente en el estado previo a la patente, se debe tener un cierto cuidado a la hora de evaluar los efectos sobre el crecimiento de las políticas industriales que promueven la I+D.

#### 4. Equilibrio general

Vamos a completar ahora nuestro estudio sobre las trayectorias de crecimiento equilibrado de nuestra economía estilizada hipotética. Suponemos que la evolución dinámica de las líneas industriales es proporcional al tamaño de la población. Podemos imaginar que si el tamaño de la población crece a lo largo del tiempo, surgen en proporción más y más variedades de productos intermedios, y por lo tanto, la

masa de líneas industriales que satisfacen dichas nuevas necesidades de producción crece de forma proporcional<sup>6</sup>. Por consiguiente, la ley del movimiento de las nuevas líneas industriales por unidad de tiempo es:

$$\dot{N} = \beta L \quad (11)$$

donde, para obtener un valor positivo del empleo en el equilibrio de estado estacionario –tal como se describe en la ecuación (7)– postulamos  $\beta > g_L > 0$ . Esta sencilla ley de movimiento implica que la masa de líneas industriales crece al mismo ritmo que la población y, por lo tanto, la masa de productos per cápita en estado estacionario permanece constante, es decir:

$$N/L = \beta/g_L \quad (11')$$

A lo largo de la trayectoria estable de equilibrio, existe una relación directa y proporcional entre  $L$  y  $N$ : un tamaño mayor de la población determina un mayor número de empresas, cada una de las cuales fabrica un producto diferenciado horizontalmente distinto.

Como Howitt (1999), suponemos que la productividad de cada nuevo producto intermedio se obtiene aleatoriamente a partir de la distribución existente de productividades absolutas. Esto implica que la innovación horizontal, a pesar de ser exógena en este modelo, no altera la distribución endógena de productividades relativas.

Para motivar este supuesto de innovación horizontal semi-endógena, se subraya que ésta clarifica de modo transparente el mecanismo que evita que la fracción de espías por sector en los laboratorios de I+D tienda a 1. Sin embargo, se puede interpretar este supuesto diciendo que cuanto mayor es la población más numerosas son las nuevas ideas sobre mercancías intermedias útiles. Cuando surge la idea de un nuevo producto original, todo el mundo puede producir la primera versión de él. Sin embargo, debido a la competencia instantánea *à la* Bertrand y tras asumir la presencia de un segundo coste de entrada, pequeño pero positivo, solamente una empresa lo producirá en equilibrio, conduciendo de esta forma a las cantidades y a los beneficios de monopolio.

Una interpretación alternativa de nuestro supuesto analítico diría que cuanto mayor es el número de trabajadores mayor es la variedad de procesos de producción que puede ser utilizado para producir. De hecho, cada «producto intermedio» podría

---

<sup>6</sup> Esta evolución dinámica del número/masa de las líneas industriales se describe a menudo como un tipo de imitación casual y afortunada (véase HOWITT, 2000). Por otra parte, las soluciones al resultado del efecto de escala en la primera cosecha de modelos de crecimiento schumpeteriano implican que la masa de las líneas de productos (véase HOWITT, 1999; YOUNG, 1998; PERETTO, 1998) o un índice de complejidad del I+D (véase SEGERSTROM, 1998; DINOPOLOUS y SEGERSTROM, 1999) crece en la misma proporción que la población.

interpretarse como «servicio de producción intermedio», y la innovación del producto y su patente podrían ser substituidos por la innovación de proceso y su patente. El poseedor de una patente de una cierta clase de servicios productivos gana un margen de beneficio sobre los servicios proporcionados por su empresa. Puesto que la introducción de un nuevo producto/servicio intermedio no requiere ni investigación ni actividades o costes de desarrollo, al afortunado autor de ésta idea le será concedida inmediatamente una patente, fuera del alcance de las actividades de espionaje en la etapa de laboratorio de I+D.

Por último, reinterpretando los bienes intermedios como bienes de consumo y la función de producción de bienes finales per cápita como el índice de subutilidad instantánea del agente representativo, podríamos suponer que el número de necesidades de consumo o de nichos de mercado aumenta en proporción al número de consumidores, es decir, con el tamaño de la población. En el equilibrio, la primera versión en cada nueva línea de producto, aunque esté sin patentar, será producida por una única firma debido a la competencia Bertrand y a un segundo coste de entrada de pequeña magnitud.

A partir de la ecuación (1), y tras clasificar los sectores por sus productividades relativas, podemos calcular el PIB agregado como (véase Aghion y Howitt, 1998, capítulo 3, y Howitt, 1999):

$$Y = A^{\max} N \int_0^1 a[\tilde{x}(\omega/a)]^\alpha h(a) da = \frac{A^{\max} N \left(\frac{\alpha^2}{\omega}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}}{1 + \frac{\ln \gamma}{1-\alpha}} \quad (12)$$

A partir de la ecuación (11') y (12), la producción per cápita permanente es:

$$\frac{Y}{L} = \frac{A^{\max} \frac{N}{L} \left(\frac{\alpha^2}{\omega}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}}{1 + \frac{\ln \gamma}{1-\alpha}} = \frac{A^{\max} \frac{\beta}{g_L} \left(\frac{\alpha^2}{\omega}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}}{1 + \frac{\ln \gamma}{1-\alpha}} \quad (13)$$

El nivel de equilibrio de la producción per cápita ajustada por la productividad es una función de todos los parámetros del modelo. En este modelo, según Howitt (1999), sólo cuenta la I+D inventiva por línea de la industria a la hora de determinar la tasa de crecimiento de la productividad, por lo tanto la tasa de crecimiento del output per cápita es:

$$g_{Y/L} \equiv \frac{d(Y/L)}{dt} \bigg/ \frac{Y}{L} = \lambda c \ln \gamma \quad (14)$$

La tasa del crecimiento de la producción per cápita se determina por el número de investigadores puros por variedad y, por lo tanto, viene determinada completa-

mente por la productividad de la investigación, por los parámetros de apropiabilidad, y por la magnitud del incremento en la calidad. El subsidio a I+D no afecta a la tasa de crecimiento de la producción per cápita en el equilibrio de estado estacionario de esta economía, pero afecta negativamente a los niveles productivos. De hecho, a medida que el subsidio no diferenciado a I+D aumenta, el número de investigadores puramente inventivos por línea industrial permanece invariable. Sin embargo, el aumento en la tasa del subsidio reduce el coste de I+D. Esto desplaza un cierto número de trabajadores desde la fabricación al espionaje en I+D hasta que –a lo largo de la nueva trayectoria de crecimiento equilibrado– el aumento en los salarios permite restablecer la ecuación de arbitraje (6).

Por lo tanto, podemos formular el siguiente resultado:

**Proposición 1:** *Si la tasa de crecimiento de la población es suficientemente elevada, las fracciones de la mano de obra ocupada en la I+D vertical, en espionaje, y en la fabricación tienden a ser constantes positivas. A lo largo de la trayectoria de crecimiento equilibrado, la tasa de crecimiento de la producción per cápita depende solamente de la tasa de crecimiento de la calidad del producto más avanzado. Cuanto más alta es la apropiabilidad intelectual más alta es la tasa de crecimiento asintótica. Las tasas del subsidio no diferenciado a I+D no afectan a las tasas de crecimiento de la producción per cápita a largo plazo, pero por el contrario afectan negativamente a los niveles de producción y positivamente a los salarios. El nivel de producción per cápita no depende del nivel de la población.*

Los principales instrumentos de política son la eficacia de la ley de espionaje y los subsidios a I+D. En nuestro marco, una protección intelectual más firme para los innovadores puros y una mayor dificultad para espiar aumentan el crecimiento de la producción per cápita. La mera existencia, y su aplicación, de una política imperfecta de anti-espionaje anula los efectos positivos sobre el crecimiento de los subsidios a la actividad vertical de I+D, porque en estado estacionario toda la I+D adicional se canaliza hacia el espionaje. Esto implica que si el gobierno decide financiar más I+D no diferenciada, más personal decidirá emprender actividades de espionaje en lugar de actividades de fabricación o de investigación pura. Por lo tanto, el número absoluto y relativo de espías aumenta a lo largo de la nueva trayectoria de crecimiento equilibrado. Esto reduce los niveles de producción per cápita y aumenta los salarios. Por consiguiente, existe un conflicto entre la producción per cápita y la desigualdad funcional siempre que el gobierno decide financiar cualquier tipo de I+D. A diferencia de los modelos existentes que no cuentan con un efecto de escala fuerte, en este modelo, el tamaño de la población no tiene a largo plazo ningún efecto sobre el consumo per cápita. Por lo tanto, este modelo es inmune al efecto de escala, ya sea fuerte o débil<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Véase JONES (1999 y 2004) para una discusión.

## 5. Conclusiones

La evidencia empírica sugiere que la actividad de espionaje castiga a los activos inmateriales en los sectores existentes con el objetivo de mejorar la calidad de los productos existentes<sup>8</sup>. Hemos considerado un modelo neo-schumpeteriano de crecimiento con esfuerzo innovador vertical.

En este artículo hemos mostrado cómo, justificar la posibilidad de que el número de líneas industriales aumente en proporción a la población, para satisfacer la continua ampliación de las mercancías intermedias o métodos, implica que –a lo largo de una trayectoria de crecimiento equilibrado– una fracción constante de los investigadores tenderá a realizar esfuerzos verticales puros en innovación, mientras que el número de espías por línea de producto es también constante<sup>9</sup>.

Hemos demostrado que una normativa contra espionaje y su aplicación más rigurosa implicaría un aumento de las mejoras de calidad y como resultado unas tasas más elevadas de crecimiento de la producción per cápita.

Por otra parte, la existencia de una ayuda a la I+D directa y no diferenciada a través de un subsidio no afecta a la tasa de crecimiento de la producción per cápita en el equilibrio estacionario. Sin embargo, una tasa más alta del subsidio induce a una masa más grande de individuos a emprender actividades de espionaje, de forma que aumentan la cantidad absoluta y relativa de trabajadores dedicados a espiar, y los salarios efectivos, y se reduce el nivel de producción per cápita.

---

<sup>8</sup> Se remite al lector a la introducción para esta evidencia empírica.

<sup>9</sup> Este resultado parece también corroborado por evidencia indirecta. De hecho, aunque el espionaje industrial está en crecimiento, la evidencia disponible no parece sugerir que la fracción de espías en la economía tienda a 1, como el modelo de COZZI (2001) implica.

## Referencias bibliográficas

- [1] AGHION, P. y HOWITT, P. (1998): *Endogenous Growth Theory*. Cambridge: MIT Press.
- [2] COZZI, G. (2001): «Inventing or Spying? Implications for Growth». *Journal of Economic Growth*, 6: 55-77.
- [3] COZZI, G. (2005): «Self-fulfilling Prophecies and the Composition of Innovation». *European Economic Review*, 39: 637-637.
- [4] DI MASI, J. A.; HANSEN, R. W. y GRABOWSKY, H. G. (2003): «The Price of Innovation: New Estimates of Drug Development Cost». *Journal of Health Economics*, 22: 151-185.
- [4] DINOPOULOS, E. y THOMPSON, P. (1998): «Schumpeterian Growth Without Scale Effects». *Journal of Economic Growth*, 3: 313-35.
- [5] GROSSMAN, G. M. y HELPMAN, E. (1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- [6] GROSSMAN, H. (2001): *Inventors and Pirates: Creativity Activity and Intellectual Property Rights*. Brown University and Russell Sage Foundation, Mimeo.
- [7] HOWITT, P. (1999): «Steady Endogenous Growth with Population and R&D Inputs Growing». *Journal of Political Economy*, 107: 715-730.
- [8] JONES, C. (1995): «R&D-Based Models of Economic Growth». *Journal of Political Economy*, 103: 759-784.
- [9] JONES, C. (1999): «Growth: With or Without Scale Effects?». *American Economic Review P&P*, 82: 139-44.
- [10] JONES, C. (2004): «Growth and Ideas», *Handbook of Economic Growth*, forthcoming.
- [11] PERETTO, P. F. (1998): «Technological Change and Population Growth». *Journal of Economic Growth*, 3: 283-311.
- [12] SCHUMPETER, J. A. (1934): *The Theory of Economic Development*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- [13] SCHUMPETER, J. A. (1939): *Business Cycles. A Theoretical, Historical and Statistical Analysis of the Capitalist Process*. New York: Mc Graw Hill.

## APÉNDICE A

Probamos que un aumento en el subsidio a I+D no diferenciado afecta negativamente a la mano de obra dedicada a la fabricación. Podemos reescribir la ecuación (9) como

$$\tilde{x}(\omega) = \left(1 - \frac{L}{N}\right) \frac{1}{\frac{1}{\theta} + \frac{1}{1 + \ln \gamma / 1 - \alpha}} \quad (\text{A1})$$

De esta ecuación, obtenemos fácilmente que

$$\frac{\partial \tilde{x}(\omega)}{\partial \psi_R} = \left(1 - \frac{L}{N}\right) \frac{-\left(-\frac{\partial \theta / \partial \psi_R}{\theta^2}\right)}{\left[\frac{1}{\theta} + \frac{1}{1 + \ln \gamma / 1 - \alpha}\right]^2} < 0 \quad (\text{A2})$$

donde la desigualdad se deduce de  $(1 - L/N) > 0$  y  $\partial \theta / \partial \psi_R > 0$ . C.Q.D.