



# Vínculos entre ciencia, tecnología e industria y la “paradoja europea”: un análisis de la política científica y tecnológica en Europa

Giovanni Dosi

Patrick Llerena

Mauro Sylos Labini



Santiago de Chile, diciembre de 2007



Este documento es una traducción al español del trabajo de Dosi, G., Llerena, P. y Labini, M. S. (2005), Science-technology-Industry Links and the European Paradox: some notes on the dynamics of scientific and technological research in Europe, LEM Working Paper 2005/2, Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa, Italia

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la Organización.

## Índice

---

<b>Resumen</b> .....	5
<b>1. Introducción</b> .....	7
<b>2. Ciencia y tecnología: algunos criterios interpretativos</b> .....	9
<b>3. La crisis del sistema institucional de la ciencia abierta</b> .....	13
<b>4. Algunos “hechos estilizados” persistentes sobre las capacidades científicas y tecnológicas</b> .....	17
<b>5. En busca de la supuesta “paradoja europea”</b> .....	20
A. Pruebas y mitos sobre el liderazgo científico europeo. ....	21
B. Peor desempeño tecnológico: aportación en I + D y producción innovadora de la UE .....	25
C. Debilidad estructural de las empresas europeas e interacción entre ciencia e industria .....	30
<b>6. De un diagnóstico errado a políticas equivocadas</b> .....	35
<b>7. Algunas propuestas de política a “modo” de conclusión</b> .....	37
<b>Bibliografía</b> .....	39

## Índice de cuadros

Cuadro 1	Publicaciones y citas ponderadas por población y por investigadores universitarios .....	22
Cuadro 2	Intensidad de I+D en las distintas industrias: I+D con financiación de empresas como % del valor agregado .....	28
Cuadro 3	Proporción de recursos humanos calificados sobre la fuerza laboral total .....	29
Cuadro 4	Participación en familias de patentes “triádicas” .....	29
Cuadro 5	porcentaje de patentes solicitadas en la Oficina Europea de Patentes por sector industrial .....	30
Cuadro 6	Comercio en las industrias de alta tecnología: participación en el mercado exportador (porcentajes) .....	32
Cuadro 7	Participación del gasto de educación superior en I+D financiado por la industria, 1999 .....	34

## Índice de figura

Figura 1	Autores más citados .....	23
Figura 2	Cantidad de Premios Nobel de química, física, medicina o fisiología por decenio, UE – 15, EUA, Japón .....	23
Figura 3	Aspectos positivos en distintas disciplinas .....	24
Figura 4	Efecto de las citas en computación (1993 – 1999) .....	24
Figura 5	Gasto bruto interno en I+D como porcentaje del PBI .....	25
Figura 6	Crecimiento real, promedios anuales (%) de la intensidad de I+D (1995 hasta el último año en que hay datos) .....	26
Figura 7	I+D con financiación oficial como % del PBI, 1999 .....	26
Figura 8	Gasto empresarial en I+D como % del PBI, (2000 o último año del que hay datos) .....	27
Figura 9	Gasto empresarial en I+D (promedio de crecimiento anual desde 1995) .....	27
Figura 10	Diferencia en inversiones en I+D entre EUA y UE – 15 por sector .....	29
Figura 11	Participación en la producción mundial de tecnología de la información y las comunicaciones .....	31
Figura 12	Aplicaciones de patentes por universidad, Wisconsin en Madison, Universidad Purdue y ULP .....	33

## Resumen

---

En este trabajo se analizan, en primer lugar, las propiedades del conocimiento científico y tecnológico y el rol de las instituciones que moldean su generación y difusión en el sistema económico. A partir de un marco teórico que abarca análisis y reflexiones provenientes de diferentes escuelas de pensamiento y que se puede denominar sintéticamente “*Stanford-Yale-Sussex*” (SYS) –ya que aglutina el pensamiento de diferentes autores provenientes de esas universidades–, se analiza la famosa “paradoja europea”, conjetura según la cual, los países de la Unión Europea tienen capacidades de vanguardia mundial en materia de producción científica, pero están rezagados en cuanto a la capacidad de traducir la excelencia en la investigación en competitividad industrial. Sin embargo, hay evidencia empírica de que contrariamente a la conjetura de la “paradoja”, la debilidad europea radica tanto en su sistema de investigación científica como en una estructura industrial relativamente débil. Por lo tanto se sugiere que en la política científica y tecnológica de la Unión Europea se debería hacer mucho menos hincapié en los diversos tipos de “formación de redes” y “alianzas público-privadas”, y se debería poner mucho más énfasis en la implementación de políticas que apunten a fortalecer la investigación en los nuevos paradigmas tecnológicos, y que a la vez apoyen el fortalecimiento de las capacidades productivas de los actores empresariales europeos.



## I. Introducción

---

Este trabajo tiene como objetivo analizar algunos aspectos de las políticas científicas y tecnológicas de la Unión Europea y en especial analizar el fenómeno conocido como la “paradoja europea”. Según esa paradoja los países de la Unión Europea estarían caracterizados por ser líderes en la investigación a nivel académico pero carecerían de capacidades de transferencia de tecnología del sector público al privado, generando así una brecha entre la excelencia en las capacidades científicas y una escasa competitividad tecnológica a nivel empresarial. Sin embargo, hay evidencia empírica de que contrariamente a la conjetura de la “paradoja”, la debilidad europea radica tanto en su sistema de investigación científica como en una estructura industrial relativamente débil. En la primera sección, reconociendo de que el discurso contemporáneo sobre innovación carece de sólidas bases teóricas de reflexión, se introduce una reflexión sobre las propiedades del conocimiento científico y tecnológico y el rol de las instituciones que moldean su generación y difusión en el sistema económico. Como marco teórico de referencia se considera lo que se puede denominar sintéticamente “Stanford-Yale-Sussex” (SYS), un conjunto de análisis y reflexiones provenientes de diferentes escuelas de pensamiento que analizan las propiedades del conocimiento y de la tecnología y sus mecanismos de generación y difusión. A la luz de esta reflexión teórica se analiza la famosa “paradoja europea”; conjetura según la cual, los países de la Unión Europea tienen capacidades de vanguardia mundial en materia de producción científica, pero están rezagados en cuanto a la capacidad de traducir la excelencia en la investigación en competitividad industrial. Por ello en el trabajo, primero se delinearán (en el apartado 3) algunos cambios en el sistema que rige la formación

de conocimiento y capacidades tecnológicas ocurridos en los años recientes (con especial énfasis en la discusión sobre ciencia propietaria y ciencia abierta y sobre como eso modifica las recomendaciones de política pública en materia de ciencia y tecnología). En segundo lugar se analizan algunos hechos estilizados relativo a las capacidades científicas y tecnológicas de los países de la Unión y se busca en la evidencia empírica el sustento a la hipótesis de la “paradoja europea” en la ciencia (apartados 4 y 5). Se analiza el comportamiento de los países de la Unión Europea en términos de producción científica y la especialización, de producción y exportación, en actividades intensivas en conocimiento de forma comparativa con el resto del mundo y, en realidad, más allá de las diferencias sectoriales, los datos no sustentan la hipótesis de una “excelencia europea” en las capacidades científicas y tecnológicas. Al mismo tiempo, se muestra como, en general, hay señales de debilidad empresarial generalizada. El conjunto de evidencias empíricas presentadas en el apartado 5 demuestra que contrariamente a la conjetura de la “paradoja”, la debilidad europea radica tanto en su sistema de investigación científica como en una estructura industrial relativamente débil. De ahí que, en los apartaos 6 y 7, se sugiere que en la política científica y tecnológica de la Unión Europea se debería hacer mucho menos hincapié en los diversos tipos de “formación de redes” y “alianzas público-privadas”, y se debería poner mucho más énfasis en la implementación de políticas que apunten a fortalecer la investigación en los nuevos paradigmas tecnológicos, y que a la vez apoyen el fortalecimiento de las capacidades productivas de los actores empresariales europeos.



## **2. Ciencia y tecnología: algunos criterios interpretativos**

---

Existe una extensa literatura sobre el tema (entre otros véanse Dosi, 1982a, 1982b; Dosi, Marengo y Fagiolo, 2004). En este caso, resulta interesante presentar una síntesis de los criterios interpretativos relativos a ciencia, tecnología y sus mecanismos de generación y difusión en el sistema económico, que en una versión muy resumida se puede llamar síntesis Stanford-Yale-Sussex (SYS). La SYS puede ser una forma conveniente, sin presunción de ser exhaustiva, de referirse a la confluencia entre estudios sobre economía de la información (incluidos Arrow, 1962); Nelson, 1959; David, 1993, 2004) y análisis centrados en los rasgos específicos del conocimiento tecnológico (entre ellos Freeman, 1982, 1994; Freeman y Soete, 1997; Nelson y Winter, 1982); Nelson, 1959; Pavitt, 1987, 1999; Rosenberg, 1976; 1982; Winter, 1982, 1987; y también Dosi, 1982a, 1982b). En dicha síntesis (SYS) primero, se reconocen plenamente algunos rasgos comunes entre información y conocimiento, en general, y con respecto al conocimiento científico y tecnológico en particular. En segundo lugar, se distinguen los rasgos específicos del conocimiento tecnológico y las formas en que se genera y explota en las economías contemporáneas.

Con respecto al primer punto, tanto la información como el conocimiento comparten las siguientes propiedades:

- Algunos rasgos generales de los bienes públicos: (i) no-rival en el acceso (es decir el hecho de que uno tenga una idea no impide que los demás también la tengan); (ii) bajo costo marginal de reproducción y distribución, lo cual en principio

hace difícil excluir a otros del acceso a la información recién generada (salvo cuando se trata de mecanismos jurídicos como derechos de autor o patentes), en comparación con los altos costos de producción original (Este último aspecto se aplica primariamente a la información stricto sensu).

- Incertidumbre con respecto a trazar una trayectoria *ex ante* entre lo que uno espera de las actividades de investigación y el resultado de las mismas.
- Cierta carácter aleatorio en el efecto socioeconómico final de la propia investigación (Nelson, 2004a)
- En general se registra un retraso temporal entre los descubrimientos originales y las aplicaciones “útiles”.

No obstante, el conocimiento científico, y más aún el tecnológico comparten, en distintas dimensiones, cierto carácter tácito. Ello es aplicable al conocimiento ya existente que lleva a un descubrimiento y también al conocimiento necesario para interpretar y aplicar cualquier información codificada que se genere.

Según Pavitt (2001): “la mayoría de la tecnología es específica, compleja (...) acumulativa en su desarrollo”. La “especificidad” se aplica en dos sentidos: “(la tecnología) Es específica de las empresas en las cuales se realiza la mayoría de la actividad tecnológica, y es específica de los productos y procesos, ya que la mayoría de los gastos no se realizan en investigación sino en ingeniería de desarrollo y producción, tras lo cual también se acumula conocimiento a través de la experiencia en producción y uso en lo que se conoce como “aprender haciendo” (*learning by doing*) y “aprender usando” (*learning by using*) (Pavitt, 1987, p.9).

Además “la combinación de actividades refleja la naturaleza esencialmente pragmática de la mayoría del conocimiento tecnológico. Si bien la teoría es un aporte útil, rara vez es suficientemente sólida para predecir el comportamiento de un artefacto tecnológico en condiciones de uso y con un grado de certeza suficientemente elevado para eliminar la construcción y el testeo de un prototipo y de una planta piloto, actividades que en general son costosas y llevan tiempo” (Pavitt, 1987, p.9).

El tema de las relaciones entre conocimiento científico, innovación tecnológica y su explotación económica merece ser abordado separadamente. Al respecto, cabe señalar que la síntesis SYS dista mucho de sostener que existe una relación lineal desde el conocimiento hasta su explotación. Por el contrario, muchos autores en la visión SYS han estado a la vanguardia sosteniendo que las relaciones van en ambas direcciones (véase Freeman, 1982, 1994; Rosenberg, 1982; Kline y Rosenberg, 1986; Pavitt, 1999; entre otros).

En particular se ha demostrado, en primer lugar, que algunas veces las innovaciones tecnológicas han precedido a la ciencia en el sentido que las invenciones prácticas surgieron antes que la comprensión científica de por qué funcionaban (el motor es un buen ejemplo de ello). En segundo lugar, es bastante común que los avances tecnológicos hayan permitido los avances científicos, especialmente en el campo de los instrumentos (por ejemplo, piénsese en la importancia del microscopio). En tercer lugar, se observa típicamente que la ciencia y la tecnología son complementarias, lo cual sin embargo “varía considerablemente entre sectores de aplicación, en términos de utilidad directa de los resultados de la investigación académica, y de la importancia relativa que se atribuye a esos resultados y a la capacitación de los recursos humanos” (Pavitt, 1987, p.7).

Dicho esto, a partir de la Revolución Industrial el aporte relativo de la ciencia a la tecnología ha sido creciente y su efecto ha sido cada vez más generalizado, mientras que el ritmo de introducción de las innovaciones con frecuencia ha sido determinado por la base científica de la cual provienen (Nelson, 1993; Mowery and Nelson, 1999) Por su parte, “esta base científica en gran medida es producto de investigación pública, y el conocimiento producido por esa investigación es

en gran medida abierto y se encuentra disponible para ser usado en innovaciones potenciales. Es decir que la componente de mercado de la Máquina Capitalista (del progreso tecnológico) se basa en el conocimiento científico de propiedad común y pública”. (Nelson, 2004<sup>a</sup>, p.455).

La visión derivada del sistema de ciencia abierta ha generado durante buena parte del siglo XX: (i) una sociología de la comunidad de científicos ampliamente radicada en el autogobierno y la revisión entre colegas, (ii) una cultura compartida entre científicos que hacían hincapié en la importancia de factores de motivación en lugar de factores económicos y (iii) un espíritu de divulgación de los resultados de la investigación guiado por el criterio de que “el ganador se lleva todo” como norma de precedencia.<sup>1</sup>

Sin embargo, tanto las consecuencias prácticas de la síntesis SYS como las consecuencias normativas de los acuerdos institucionales de la Ciencia Abierta han sido cuestionadas últimamente desde distintos flancos.

---

<sup>1</sup> Al respecto se siguen las declaraciones clásicas de Bush (1945); Polanyi (1962) y Merton (1973), véanse las evaluaciones más recientes de Dasgupta y David (1994); David (2004); Nelson (2004a) y las visiones discrepantes de Geuna, Salter y Stainmuller. (2003).



### **3. La crisis del sistema institucional de la ciencia abierta**

---

Vale la pena comenzar por preguntarse por qué ha sido cuestionada la estructura institucional (el sistema de la ciencia abierta) que ha regido la generación de conocimiento científico y las relaciones entre ciencia, tecnológica e industria, pese a haber funcionado notablemente bien durante la mayor parte del siglo XX. (Se pueden hallar análisis más detallados de distintos enfoques, que compartimos ampliamente, en David, 1997; Nelson, 2004a y Pavitt, 2001) En ello, nótese que los retos de las instituciones de “ciencia abierta” con frecuencia se quedan confusamente mezclados con muchas observaciones con respecto a las interacciones recíprocas entre ciencia y tecnología, dando la impresión errónea de que la ausencia de encadenamientos entre la ciencia y sus aplicaciones tendría consecuencia directa en términos de la publicidad de los propios resultados científicos.

En síntesis, los que consideramos los principales factores y subproductos de la crítica del sistema de “ciencia abierta” son los siguientes:

En primer lugar, como expresa Pavitt (2001), el consenso sobre el respaldo institucional de financiación pública a la ciencia básica abierta, sobre todo en Estados Unidos, ha generado un “pacto social” catalizado por el “temor al comunismo y al cáncer”. Actualmente, la mitad de los motivos han desaparecido, sustituidos por el “terrorismo”, que –sin embargo– no alcanza como para jugar el mismo rol.

En efecto, en tiempos de Guantánamo es difícil imaginar misiones “universalistas” que vinculen la investigación científica y objetivos políticos semejantes a los de la época anticomunista.

En segundo lugar, la crítica al “modelo lineal” (modelo que sugiere flujos unidireccionales del conocimiento y tecnología de las universidades a las empresas), ha incorporado algunas de las conclusiones de la “economía de la información” (relacionadas sobre todo con los trabajos pioneros de Nelson, 1959) y Arrow, 1962), sin pero considerar las diferencias entre información pura y conocimiento tecnológico. De ello se ha derivado una noción de “plasticidad” de la investigación científica y tecnológica frente a los incentivos económicos. Claramente, cuando la información se asimila a un bien público, surgen problemas de “fallas de mercado”; sin embargo no se puede esperar que la generación de conocimiento responda automáticamente a una estructura óptima de incentivos. Es bastante “naif” suponer que los incentivos puedan arreglar cualquier situación, desde curar el cáncer hasta comprobar el último teorema de Fermat, tan fácilmente como se puede extraer una variante en cualquier producción normal. (véase Nelson, 2003; y Dosi, Marengo y Fagiolo, 2004).

Un caso arquetípico es Kealy (1996) –debidamente revisado por David (1997)–, discípulo del economista inspirado en el *zeitgeist* sobre la “magia del mercado” –como decía Ronald Reagan–, y de los milagros de los derechos de propiedad. David (1997) nos advierte cómo una “ideología del mercado” en épocas propicias puede convertirse fácilmente en una referencia “académica” para todos los que no quieren otra cosa que creérsela, sin importarles si las pruebas que lo sustentan son razonables. Y en efecto nuestros tiempos parecen especialmente favorables para la divulgación de esas ideologías.

Otro punto de ataque contra la ciencia abierta ha sido la ampliación del Sistema de Derechos de Propiedad Intelectual a las instituciones que generan el conocimiento científico (sobre todo las universidades) y la ampliación de la materia objeto de patente. Con respecto a lo anterior, la ley Bayh-Dole (1980) de Estados Unidos es considerada un hito: permite a las universidades patentar los resultados de sus investigaciones (financiadas con dineros públicos). Hoy en día leyes similares son comunes en todo el mundo. En el campo de la patentabilidad, se ha visto la ampliación progresiva de lo que es patentable que ahora ha llegado a incluir entidades vivas, genes, algoritmos, bancos de datos y hasta (¿)“modelos de negocio”(?!). Estos cambios institucionales han estado respaldados implícita o explícitamente por la idea de que “en general más derechos de propiedad es mejor” porque resuelven la “falla de mercado” inherente a la naturaleza pública del conocimiento científico. Una de las consecuencias ha sido que “importantes aspectos de la ciencia actualmente dependen mucho más que antes de mecanismos de mercado. Y especialmente, en algunos ámbitos de la ciencia, hay importantes mecanismos de comprensión científica y técnica que ahora son propiedad privada en lugar de ser abiertos al público” (Nelson, 2004<sup>a</sup>, p.462).

El último cuestionamiento al sistema de la ciencia abierta –y en gran medida también a la síntesis SYS– viene de frentes bastante distintos, que podrían denominarse la perspectiva del “constructivismo/deconstructivismo social” El actual está formado por corrientes múltiples que sin embargo comparten cierta noción similar de “plasticidad” de la ciencia y la tecnología, esta vez bajo la presión de fuerzas sociales y “negociación política”.

Existen pocas dudas sobre la importancia de la configuración social de la tecnología, como dicen MacKenzie y Wajcman (1985) (véanse también Rip, Misa y Schot, 1995) Sin embargo, las importantes controversias son (i) los límites que la naturaleza específica de los problemas técnicos y de las características específicas del conocimiento imponen al alcance del “conflicto de intereses enfrentados y las campañas más o menos eficaces para captar los corazones y las mentes de (distintos grupos)” (Nelson, 2004b, p.514), y (ii) los grados de “determinismo social” que dan impulso al cambio tecnológico y científico. Y en realidad muchas versiones de “constructivismo social” se apartan de la síntesis SYS: tratando de convertirla en una caricatura; ¡a veces uno tiene la

impresión de que con buenas técnicas de negociación hasta se pueden renegociar las leyes de gravitación y termodinámica con la naturaleza!

Por último, del lado institucional se sugiere que los modos de organización de búsqueda científica y tecnológica –centrados en universidades, laboratorios de empresas, campos disciplinarios relativamente estructurados, revisión de pares de los resultados de la investigación científica, etc. –han sido progresivamente sustituidos por lo que Gibbons y otros (1994) denominan “Modo 2 de generación de conocimiento”. En breve, como resume Martin (2003), ese modo supone “investigación multidisciplinaria o transdisciplinaria llevada a cabo en una variedad creciente de instituciones con límites confusos entre los sectores tradicionales (universidades, industrias, etc.) y también entre ciencia y sociedad (...y) el conocimiento es generado cada vez más “en el contexto de aplicación (...) con necesidades sociales que ejercen influencia directa desde la etapa inicial y con responsabilidad social relativamente explícita por los fondos públicos recibidos” (Martin, 2003, p. 12-13).





## **4. Algunos “hechos estilizados” persistentes sobre las capacidades científicas y tecnológicas**

---

Considérense las evidencias empíricas siguientes tomadas de Pavitt (2001) y Pavitt (2003):

1. Contra las afirmaciones de que el conocimiento científico y tecnológico puede reducirse cada vez más a “información” pura, la distinción entre los dos continúa siendo muy pertinente. El conocimiento es buena parte “fijo”, incorporado a ciertas organizaciones o a ciertas personas y con frecuencia también concentrado en determinados entornos espaciales (clusters). Relacionado con ello están los persistentes fenómenos de aglomeración generalizada a los que lleva la investigación de alto nivel (véase Jaffe, Trajitenberg y Henderson, 1993; entre muchos otros y una revisión crítica en Breschi y Lissoni, 2001).
2. La investigación académica es útil y de buena calidad. “La documentación sistemática de Estados Unidos demuestra que la investigación académica más útil para los profesionales de las empresas es la financiada por el estado, realizada en universidades de investigación, publicada en revistas especializadas de consulta consideradas prestigiosas” (Pavitt, 2001, p.90) y frecuentemente citada por ellos mismos como académicos (en estos puntos véase Narin, Hamilton y Olivastro, 1997 y Hicks y otros, 2000).

3. La mayoría de los avances científicos, especialmente en Estados Unidos, se realizan con investigación básica financiada por el estado, inclusive en los campos de la informática y la biociencia (Pavitt, 2001 y referencias citadas allí).
4. La proporción de investigación universitaria que es financiada por compañías es muy poca en todas partes (típicamente menos del 10 %) y más baja en Estados Unidos que en Europa (véase el Cuadro 7 y el análisis a continuación del mismo).
5. La expansión de las patentes universitarias estadounidenses ha tenido como consecuencia una rápida caída de la calidad y del valor de las patentes (Henderson, Jaffe y Trajitenberg, 1998).
6. El aumento de los ingresos por patentes en las principales universidades estadounidenses se concentra en biotecnología y programas de computadoras y precedieron a la ley Bayh-Dole. Además, la afluencia de ingresos provenientes de licencias es bastante baja en comparación con el presupuesto universitario general: ¡en la mayoría de los casos no dan para cubrir siquiera los costos administrativos de la “oficina de transferencia tecnológica” que se encarga de los mismos!

Al mismo tiempo, inclusive hechos anecdóticos comienzan a insinuar los caminos por los cuales los nuevos regímenes de asignación de recursos para la investigación pública tienden a corromper los valores de los investigadores y a torcer sus programas de investigación e incluso en Estados Unidos

“Algunas de las empresas de mayores dimensiones y de mayor uso de tecnología están comenzando a expresar en voz alta su preocupación de que el creciente apoyo industrial a la investigación esté quebrantando, distorsionando y perjudicando la labor académica de investigación, y retrasando los avances en ciencia básica en los que se basa el futuro a largo plazo de estas empresas” (Florida, 1999; En muchos de los puntos precedentes consúltese Nelson, 2004a).

7. Es interesante que solo rara vez la crítica al sistema de la ciencia abierta y a la financiación pública de la investigación básica venga de empresas usuarias, salvo en países periféricos y empresarios periféricos –como por ejemplo italianos– con la esperanza de transformar a las universidades en una suerte de filiales de capacitación gratuita. Por el contrario, en particular “en el Reino Unido, donde la retórica crítica es de las más fuertes, proviene fundamentalmente de fuentes oficiales (...). En Estados Unidos, compañías como IBM protestaron hace poco por los potenciales efectos negativos sobre la futura competitividad de la reducción del respaldo público a la investigación académica en ciencias físicas”. (Pavitt, 1999, p.90) Al mismo tiempo, hay una creciente percepción también entre las empresas de que “demasiada apropiabilidad” perjudica a las propias empresas. De hecho, como se señala en Florida (1999),
8. “Las grandes empresas están muy molestas porque pese a que financian la investigación en forma directa, las universidades y sus abogados las están obligando a negociaciones no favorables en materia de propiedad intelectual cuando surge algo de valor. Enfadados ejecutivos de una cantidad de compañías están adoptando la posición de que no financiarán investigaciones en universidades demasiado activas en materia de propiedad intelectual (...) El vicepresidente de una empresa de I+D resumió hace poco el parecer de las grandes compañías con las siguientes palabras, “La universidad recibe el dinero y luego destruye la relación”. Pero también compañías más pequeñas están preocupadas por el atraso para obtener resultados de la investigación, lo cual ocurre debido a las prolongadas negociaciones de las oficinas universitarias de transferencia tecnológica o de los abogados sobre los derechos de propiedad intelectual. Las deliberaciones desaceleran el proceso de obtener nueva tecnología en los mercados muy competitivos, donde los

buenos resultados dependen de la rápida comercialización de las innovaciones y de los productos.”

Más generalmente, tanto los investigadores de la industria proveedora como los promotores de productos de la industria transformadora comenzaron a percibir lo que Heller y Eisenberg (1998) habían denominado la tragedia de la exclusividad (*the tragedy of the anticommons*). La excesiva fragmentación de los derechos de propiedad intelectual entre muchos propietarios puede aminorar el ritmo de las actividades de investigación y el desarrollo de productos porque todos los titulares pueden bloquearse entre sí.

Teniendo en cuenta este panorama general y confirmando la interpretación de la denominada síntesis SYS, pasamos ahora a evaluar, de forma comparativa, los mecanismos de generación y explotación económica de conocimiento científico y tecnológico en la Unión Europea.

## 5. En busca de la supuesta “paradoja europea”

---

El punto central de la “paradoja” es la afirmación de que el desempeño científico de la Unión Europea es “excelente” en comparación con sus principales competidores, mientras que la debilidad de Europa radica en sus dificultades para transformar los resultados de la investigación en innovaciones y ventajas competitivas.

Uno de los primeros documentos oficiales que popularizaron la “paradoja” fue el “Libro Verde de la Innovación” (Comisión Europea, 1995). En ese documento, se demostraba la paradoja a través de dos indicadores: la mayor cantidad de publicaciones de la UE por euro gastado en I+D no financiado por empresas y la menor cantidad de patentes otorgadas por euro gastado en I+D financiado por empresas, en comparación con Estados Unidos y Japón. En realidad, esos fenómenos no arrojan mucha luz sobre el tema de fondo de la “paradoja” e inclusive la Comisión Europea parece admitir en su Tercer Informe sobre Indicadores de Ciencia y Tecnología (Comisión Europea, 2003) que la “paradoja está desapareciendo.”<sup>2</sup>

A continuación, se analizan las fortalezas y debilidades del sistema científico y tecnológico europeo, con el objetivo de verificar la existencia o menos de la supuesta paradoja.

En primer lugar, se analiza la afirmación de la “excelencia científica” europea.

---

<sup>2</sup> Uno de los documentos publicados por la Comisión que presenta los resultados tiene un título revelador: “De la “paradoja europea” a la caída de la competitividad”.

## A. Pruebas y mitos sobre el liderazgo científico europeo.

Una parte central de la “paradoja” asume como un hecho la profundidad y originalidad de la ciencia europea. Discernir si los datos respaldan las afirmaciones de una supuesta vanguardia<sup>3</sup> europea no es una tarea menor. Los análisis bibliométricos ofrecen información interesante pero, al mismo tiempo, no están exentos de inconvenientes y distorsiones. La principal fuente de datos, *Thomson ISI dataset*, es en sí una actividad comercial de Thomson Corporation, que responde a incentivos económicos. Por ejemplo, la decisión de incorporar o no cierta publicación está más centrada en las bibliotecas (que tienen que decidir qué revista vale la pena comprar) que en motivos científicos como tales.<sup>4</sup> En segundo lugar, comparar citas entre una disciplina y otra es probable que sea engañoso, por la distinta intensidad de las citas (por ejemplo, los documentos de investigación médica son citados mucho menos que los de investigación matemática). No obstante, teniendo en cuenta esas limitaciones, medir el efecto científico de las naciones sigue siendo un ejercicio revelador. En realidad, como se demuestra más adelante, los datos sobre publicaciones y citas distan mucho de mostrar una vanguardia europea en ciencias.

Quienes defienden la existencia de la “paradoja” han hecho hincapié en que, durante la segunda mitad de la década de 1990, Europa superó a Estados Unidos en cantidad total de documentos de investigación publicados. Sin embargo, este último indicador tiene que ser ajustado por un factor de escala debido al tamaño: ¡de lo contrario, se podría afirmar que la base científica italiana es mejor que la suiza, habida cuenta de la mayor cantidad total de documentos publicados! La primera columna del Cuadro 1 muestra que, si uno hace un ajuste por población, el supuesto liderazgo europeo en publicaciones desaparece.<sup>5</sup>

Al evaluar la productividad científica es importante tener en cuenta, más allá de la cantidad de publicaciones, la originalidad y el efecto de la producción científica sobre las demás investigaciones. En ese sentido, dos de los indicadores más utilizados son las citas de los artículos<sup>6</sup> y la participación del país en cuestión en el 1% de las publicaciones más citadas.

Como se muestra en el Cuadro 1, Estados Unidos está muy por delante en ambos indicadores. En especial, en función de la población, la notable producción de la UE todavía es menos de la mitad que la de Estados Unidos.

En la segunda y tercera columnas del mismo cuadro, desglosamos en dos componentes la producción (es decir, cantidad de publicaciones, citas y uno por ciento de las publicaciones más citadas): una medida de la productividad científica de investigadores universitarios (es decir, producción por investigador universitario) y un índice de la intensidad de investigadores universitarios sobre la población. El cuadro muestra claramente que el liderazgo de Estados Unidos se debe a la alta calidad de investigación publicada y no al número de investigadores.

Resultados similares se derivan de otras mediciones del desempeño de la investigación a partir de citas individuales en distintos campos científicos. King (2004) informa que en 14 campos científicos: "De los primeros 1.222 científicos (...) 815, o sea el 66%, son de Estados Unidos y solamente 251 del conjunto formado por el Reino Unido (100), Alemania (62), Francia (29), Suiza (26), Suecia (17) e Italia (17)" (p.315).

### Cuadro 1

<sup>3</sup> Visión que la Comisión Europea respalda a toda voz: de manera que el capítulo del *Third European Report on Science & Technology Indicators*, 2003, dedicado a medir el desempeño europeo en producción de conocimiento está titulado *Scientific output and impact: Europe's leading role in world science* (Comisión Europea, 2003)

<sup>4</sup> Eugene Garfield, fundador y accionista del ISI, sugiere en efecto usar el factor del efecto según las citas en el ISI fundamentalmente para evaluar las propias publicaciones científicas, pero no personas o trabajos individuales (Garfield, 1996). Las citas directas no ponderadas pueden generar un resultado menos sesgado.

<sup>5</sup> Por cierto, normalizar por población es una medida de aproximación muy burda que también establece un promedio de instituciones muy diferentes, desde Suecia, Alemania y el Reino Unido hasta Italia, Grecia y Portugal (el único criterio es la UE -15). Sin embargo, Estados Unidos también establece promedios entre estados como Massachussets y California pero también Mississippi y Idaho.

<sup>6</sup> Lo típico es que sean muy distorsionadas: solo algunas publicaciones son muy citadas, mientras que la amplia mayoría de los artículos jamás son citados.

**PUBLICACIONES Y CITAS PONDERADAS POR POBLACIÓN  
Y POR INVESTIGADORES UNIVERSITARIOS**

Publicaciones	=	Publicaciones	×	Investigadores
Población		Investigadores		Población
EUA		4,64		6,80
UE -15		3,60		4,30
RU		5,84		6,99
Alemania		3,88		4,77
Francia		3,96		4,09
Italia		2,58		5,83
Citas	=		×	Investigadores
Población				Población
EUA		39,75		58,33
UE -15		23,03		27,52
RU		42,60		51,00
Alemania		26,82		32,98
Francia		25,81		26,68
Italia		16,89		38,25
1% superior de publicaciones	=		×	Investigadores
Población				Población
EUA		0,09		0,13
UE -15		0,04		0,04
RU		0,08		0,10
Alemania		0,05		0,06
Francia		0,04		0,05
Italia		0,03		0,06

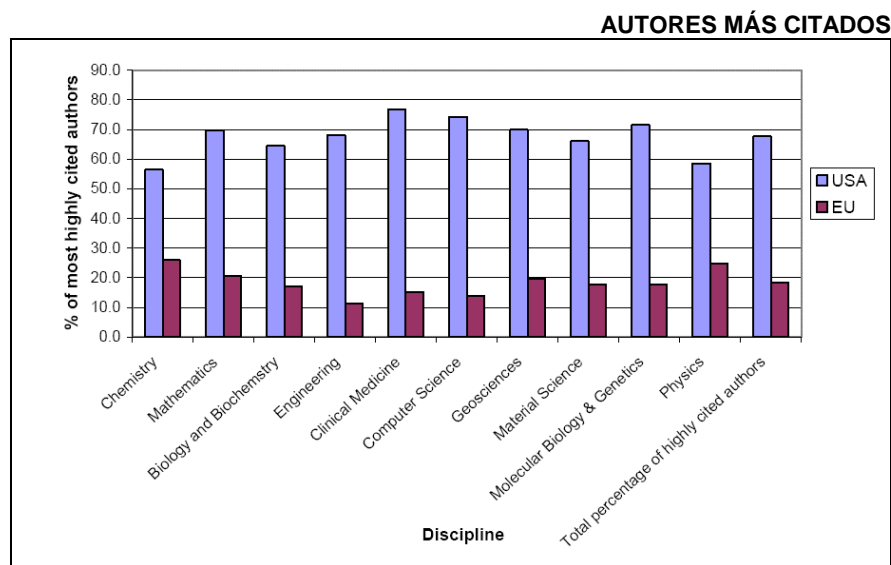
**Observaciones:** Nuestros cálculos se basan en números informados por King (2004) y la OCDE (2004a) La cantidad de publicaciones, citas y 1% superior de publicaciones se refieren al período 1997 a 2001 La población (medida en miles) y la cantidad de investigadores universitarios (medidos en equivalente de tiempo completo) se refieren a 1999.

**Fuente:** D.A. King, "The scientific impact of nations", *Nature*, vol. 430, 2004 y Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *Main Science and Technology Indicators*, París, 2004.

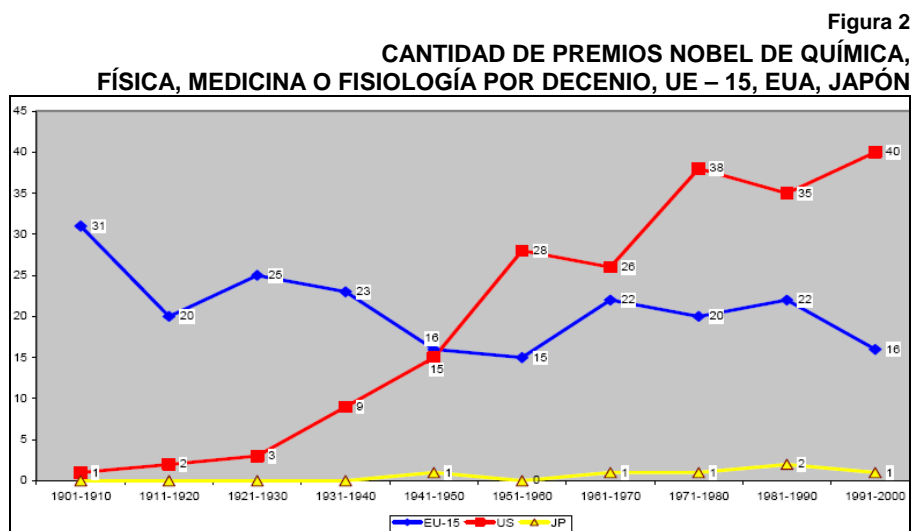
La Figura 1, que se basa en un reciente informe de la Royal Society, muestra que la mayoría de los autores más citados en las diez disciplinas seleccionadas tienen afiliaciones en Estados Unidos (Royal Society, 2004). La misma tendencia se registra en el caso de los ganadores del Premio Nobel que se presenta en la Figura 2.

Por supuesto que pese a la variedad de formas de categorizar las disciplinas científicas, hay una gran variabilidad interdisciplinaria en la calidad revelada de la investigación europea. A partir de la Comisión Europea (2003, p. 287), considérense once subcampos (Agricultura y alimentación, Medicina clínica y salud, Física y astronomía, Ciencias biológicas básicas, Química, Matemática y estadística, Biología, Geociencias y medio ambiente, Computación, Biomedicina y farmacología, e Ingeniería) y compárense con un índice compuesto que tenga en cuenta la cantidad de publicaciones, la cantidad de citas y una puntuación por efecto relativo de las citas.

**Figura 1**



Fuente: Elaboración propia sobre la base de información de la Royal Society, 2004.

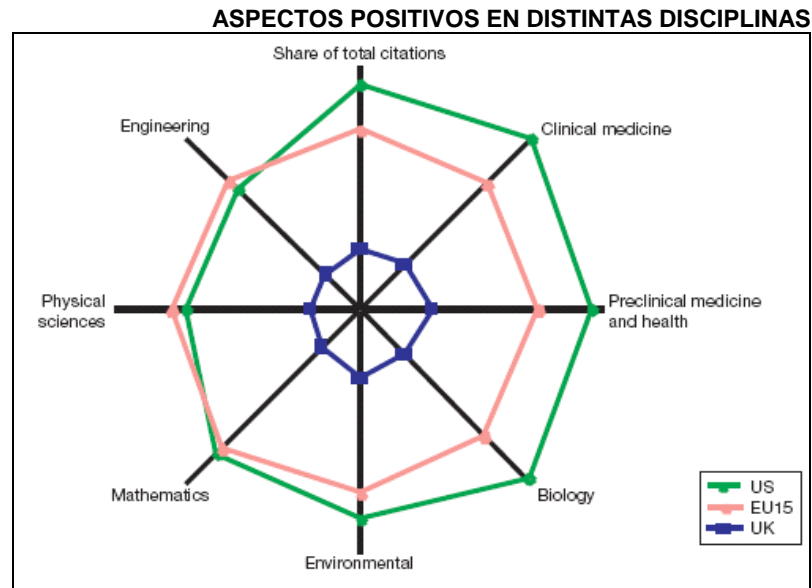


Fuente: Comisión Europea, "Communication from the Commission. Europe and Basic Research", Bruselas, 14 de enero de 2004.

De acuerdo a la evidencia empírica, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (Estados Unidos, Canadá y México) comparado con la UE-15, tiene mejores resultados en medicina clínica, biomedicina y especialmente en química y ciencias biológicas básicas. Empleando una clasificación diferente más general y comparando las citas compartidas, King (2004) también determina una superioridad estadounidense en ciencias biológicas y médicas, mientras que Europa presenta un desempeño apenas mejor en ciencias físicas e ingeniería (véase la Figura 3). A propósito, también surgen algunos patrones distintivos dentro de la UE. Por ejemplo, Francia tiene una muy buena posición en matemática, mientras que Alemania y el Reino Unido la tienen en física y ciencias biológicas respectivamente.<sup>7</sup>

Figura 3

<sup>7</sup> Véase King (2004) por más detalles sobre este punto.

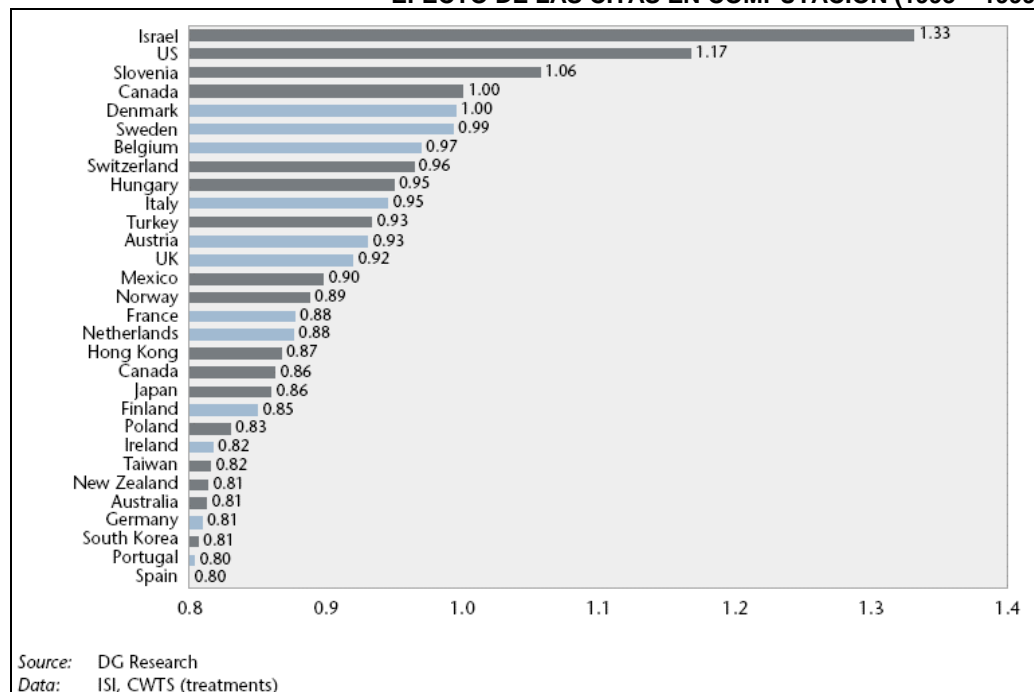


**Observaciones:** La trama muestra las huellas de investigación a partir de la proporción de citas. La distancia desde el origen representa la proporción de citas. Se pueden consultar las fuentes (ISI Thompson) y los detalles en King (2004).

**Fuente:** D.A. King, “The scientific impact of nations”, Nature, vol. 430, 2004.

La figura 4 se concentra en lo que ocurre con las citas en uno de los motores del conocimiento de la revolución informática y cibernética, es decir en computación. Lamentablemente, el desempeño medio de la UE es bastante decepcionante.

**Figura 4**  
**EFFECTO DE LAS CITAS EN COMPUTACIÓN (1993 – 1999)**



**Fuente:** Dirección General de Investigación de la Comisión Europea.



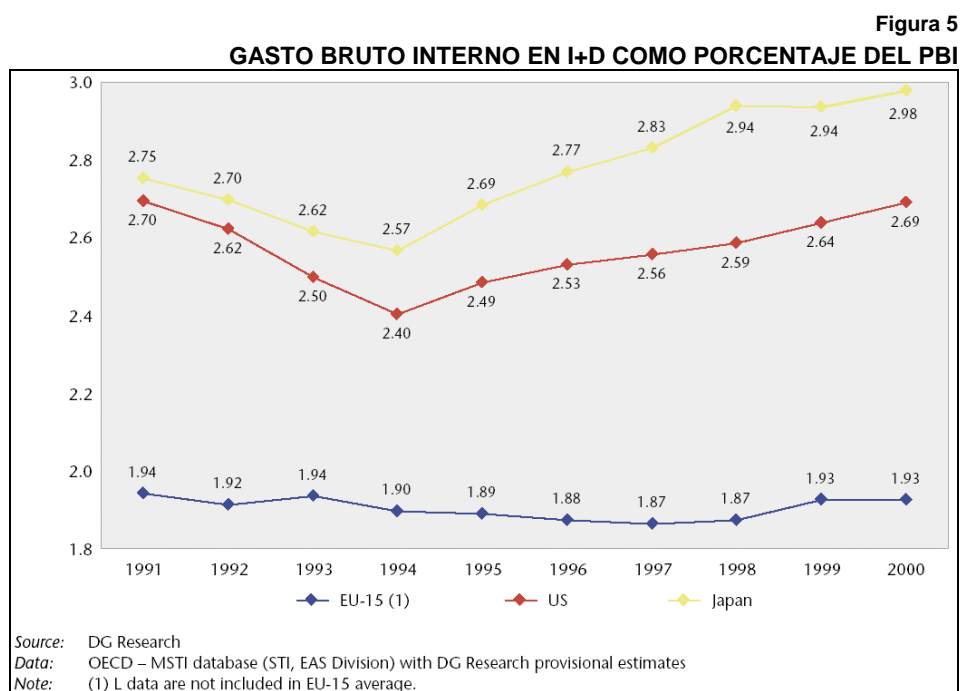
Los datos bibliométricos distan de sugerir un liderazgo europeo generalizado. Por el contrario, se observa un retraso estructural en la ciencia de alto nivel con relación a Estados Unidos, junto con algunas recuperaciones promedio y algunos valores atípicos sectoriales en ciencias físicas e ingeniería, y algunos valores atípicos en instituciones individuales (como Cambridge también en computación y algunas otras disciplinas: pero justamente, los valores atípicos son atípicos).

El primer dato en que debería fundarse la conjetura de la paradoja sencillamente no figura allí. Más bien un gran desafío de la Unión Europea es cómo alcanzar la excelencia científica de Estados Unidos.

## B. Peor desempeño tecnológico: aportación en I + D y producción innovadora de la UE

Para analizar el desempeño europeo en tecnología e innovación se consideran las inversiones en ciencia y tecnología (en general representados por gastos en educación y en I+D) y algunos indicadores de resultados o impacto de esas inversiones (el indicador más utilizado en ese sentido es el número de patentes otorgadas).

En primer lugar, como se muestra en la Figura 5, a escala general, la UE invierte en I+D menos que Estados Unidos y Japón y, pese a que la situación es muy variable dentro de la propia UE (como se muestra en la figura 6), la disparidad no se está reduciendo.



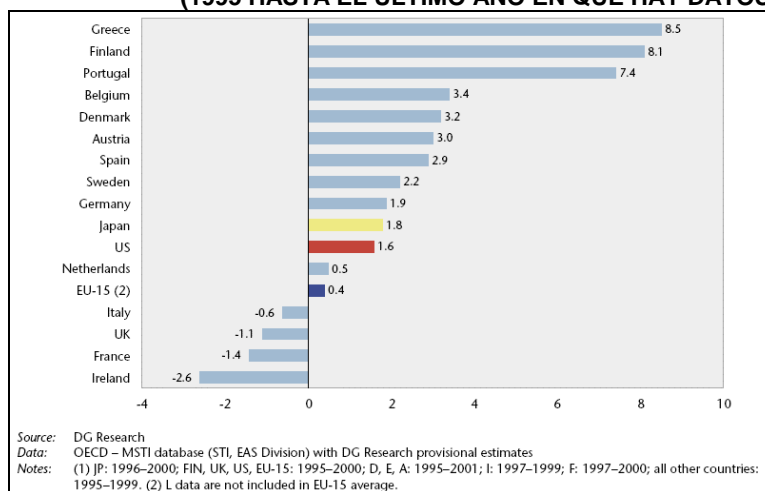
Fuente: Dirección General de Investigación de la Comisión Europea.

En segundo lugar, la afirmación habitual de que hay más I+D con financiación estatal en la UE que en Estados Unidos, no tiene sustento.<sup>8</sup> Por el contrario, si uno compara la I+D financiada por el estado sobre el PBI (Figura 7), la UE todavía está muy rezagada.

En tercer lugar, la diferencia es mucho mayor cuando se considera el gasto en I+D de las empresas (véase la Figura 8). Nuevamente, pese a las diferencias entre los países, no hay signos de recuperación (Figura 9).

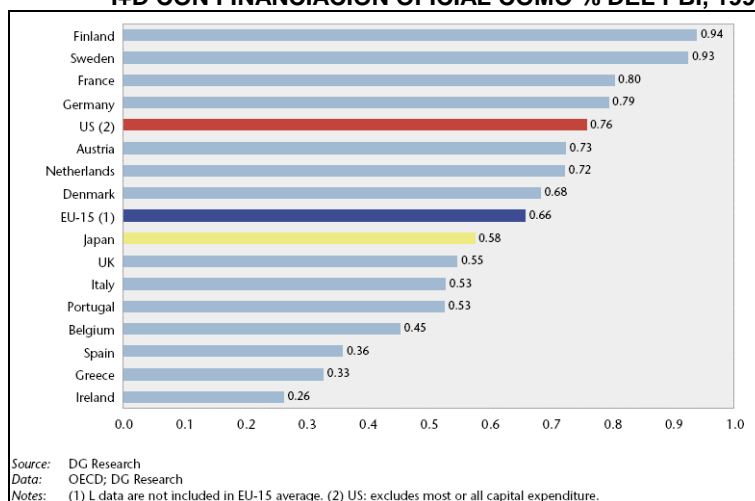
En cuarto lugar, los factores que explican las asimetrías precedentes son las persistentes diferencias en la asimilación del conocimiento en los distintos sectores industriales (véase el cuadro 2). Ello en parte se debe a diferencias intersectoriales de oportunidades tecnológicas, y en parte a la forma en que estas últimas son explotadas: en algunas industrias hay más actividades de I+D formales mientras que en otras prevalecen procesos más informales de aprender haciendo, aprender usando y aprender interactuando con proveedores y clientes.<sup>8</sup>

**Figura 6**  
**CRECIMIENTO REAL, PROMEDIOS ANUALES (%) DE LA INTENSIDAD DE I+D (1995 HASTA EL ÚLTIMO AÑO EN QUE HAY DATOS)**



Fuente: Dirección General de Investigación de la Comisión Europea.

**Figura 7**  
**I+D CON FINANCIACIÓN OFICIAL COMO % DEL PBI, 1999**

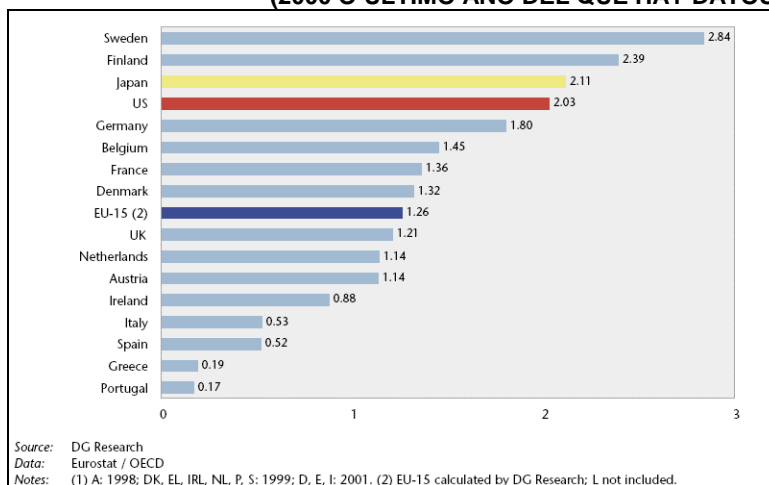


Fuente: Dirección General de Investigación de la Comisión Europea.

<sup>8</sup> El malentendido habitualmente tiene su origen en que se usa la I+D con fondos públicos sobre los gastos totales en I+D, lo cual no tiene mucho sentido desde el punto de vista económico. Lo que sí tiene sentido son las cifras de normalización con la dimensión económica de la economía.

Figura 8

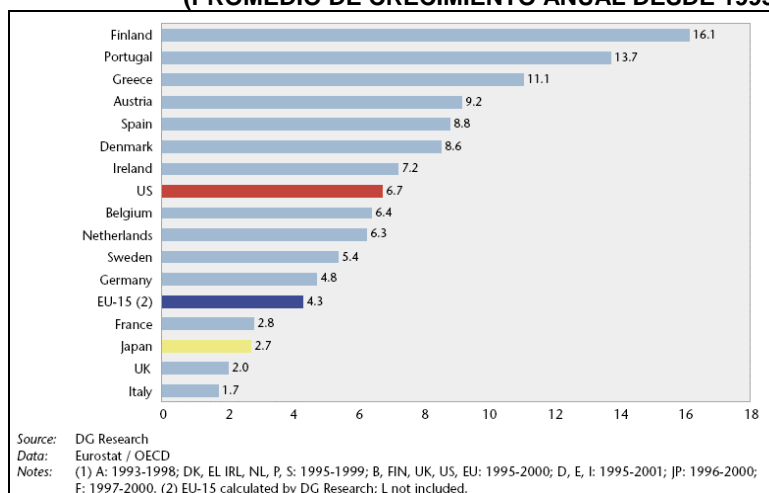
**GASTO EMPRESARIAL EN I+D COMO % DEL PBI,  
(2000 O ÚLTIMO AÑO DEL QUE HAY DATOS)**



Fuente: Dirección General de Investigación de la Comisión Europea.

Figura 9

**GASTO EMPRESARIAL EN I+D  
(PROMEDIO DE CRECIMIENTO ANUAL DESDE 1995)**



Fuente: Dirección General de Investigación de la Comisión Europea.

Lo que ocurre es que Europa se encuentra penalizada en estas estadísticas por un efecto de composición, debido a que es relativamente fuerte en actividades tecnológicas (como por ejemplo en ingeniería mecánica) donde gran parte de la investigación no se registra como I+D. Además, inclusive las comparaciones sectoriales en pares con Estados Unidos algunas veces revelan un déficit europeo. De modo que, por ejemplo las inversiones estadounidenses en I+D están muy por encima de las de Europa en la industria de maquinaria de oficina, contabilidad y computación, maquinaria eléctrica e instrumentos, a la vez que se observan niveles similares en automotores y maquinaria no eléctrica.

Por último, si se consideran los 500 principales actores empresariales en I+D y las inversiones en I+D de determinados sectores, es evidente el rezago de la Unión Europea en

tecnología de la información y comunicación y productos farmacéuticos (véase la figura 10 y los detalles en Comisión Europea, 2003. p.143).<sup>9</sup>

**Cuadro 2**

**INTENSIDAD DE I+D EN LAS DISTINTAS INDUSTRIAS:  
I+D CON FINANCIACIÓN DE EMPRESAS COMO % DEL VALOR AGREGADO**

	BE	DIN	ALE	ESP	FRA	ITA	AU	FIN	SUE	RU	UE-7	EEUU	JAP
Tot. Ind. Manufact.	6,4	5,7	7,5	2,1	7,	2,2	4,6	8,3	11,3	5,4	5,7	7,8	8,4
Alim, Beb. y Tab.	1,6	1,4	0,6	0,5	1,0	0,4	nd	2,8	1,0	1,2	0,8	nd	1,9
Tex., Vest y Cuero	2,0	0,8	2,1	0,6	0,9	0,1	nd	2,2	1,2	0,4	0,7	0,6	2,1
Papel e Imp.	0,9	nd	0,3	0,4	0,3	0,1	0,5	1,3	nd	nd	0,4	nd	nd
Prod. farmac	25	40	nd	10,1	27,6	nd	15,1	nd	46,5	48	nd	23,3	19,0
Maq. No eléct.	6,6	6,6	5,8	2,9	4,6	1,4	4,4	9,0	11,1	4,8	4,6	4,7	5,7
Comp. & Maq. ofic	12,3	18	17	7,5	13,3	7	3,7	nd	39,5	3,5	14,1	22	nd
Maq. Eléctric	7,6	8	3,4	3,3	7,7	nd	5,7	nd	18,2	7,8	4,5	12	17,6
Maq. Electrón.	32,7	13,5	39,6	19,1	34,1	nd	28,5	28,1	38,6	12,1	32,7	nd	23,6
Instrumentos	11,3	15,3	11,9	3,7	16,9	2,2	6,8	22,5	18,5	7,3	11,5	32,6	23,8
Automotores	4,0	nd	18,3	2,6	13,1	10,4	10,1	3,6	28,9	9,2	14,3	16	13,2
Ind. Aerosp.	6,5	nd	nd	25	40,1	nd	nd	nd	nd	24,3	nd	30,9	0,6

**Observaciones:** UE -7: Bélgica, Dinamarca, Alemania, España, Francia, Italia y Finlandia. Maquinaria eléctrica no abarca datos de Italia y Finlandia. Equipos eléctricos no comprende datos e Italia. Paoek e imprenta e Industria aeroespacial no incluye datos de Dinamarca.

**Fuente:** Comisión Europea, *Third European Report on Science & Technology Indicators*, Dirección General de Investigación, 2003.

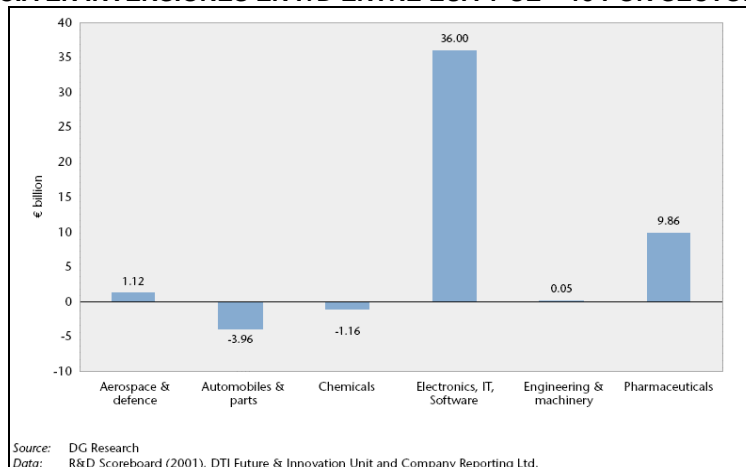
Esto puede depender de la heterogeneidad sectorial y empresarial, pero el mensaje general es que Europa invierte menos en esos sectores clave.

En concordancia con los datos precedentes, se observa también un nivel inferior de “trabajadores del conocimiento” en la mano de obra total de Europa en comparación con Estados Unidos: véase el Cuadro 3, donde se muestra el porcentaje de graduados e investigadores de nivel terciario en el total de la fuerza laboral.<sup>10</sup> Complementariamente a las medidas de intensidad de los esfuerzos de innovación y de capacitación de los recursos humanos, también se utiliza el número de patentes, como indicador de capacidad tecnológica. Es obvio que el número de patentes solicitadas y otorgadas depende de las diferencias institucionales, de las estrategias de apropiabilidad de las empresas y de la distinta propensión al patentamiento de los sectores industriales.

**Figura 10**

<sup>9</sup> Dentro de la gran cantidad de materiales sobre este tema, véanse Dosi (1988); Klevorick y otros. (1995); Nelson (1993); Lundvall (1992); Malerba (2004).

<sup>10</sup> Estos datos deben ser tomados sin embargo con cuidado, habida cuenta de la despareja situación de la educación secundaria de un país a otro.

**DIFERENCIA EN INVERSIONES EN I+D ENTRE EUA Y UE – 15 POR SECTOR**

Fuente: Dirección General de Investigación de la Comisión Europea.

**Cuadro 3****PROPORCIÓN DE RECURSOS HUMANOS CALIFICADOS SOBRE LA FUERZA LABORAL TOTAL**

	% de graduados de nivel terciario	Investigadores cada 1000 trabajadores
UE-15	24	5.36
EEUU	36	8.66

Fuente: Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard*, París, 2003 y Comisión Europea, *Third European Report on Science & Technology Indicators*, Dirección General de Investigación, 2003.

**Cuadro 4****PARTICIPACIÓN EN FAMILIAS DE PATENTES “TRIÁDICAS”**

	1994	1996	1998	2000
UE-25	34	32	33	32
EEUU	35	37	35	35

Fuente: Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), *Main Science and Technology Indicators*, París, 2004.

Además, estos indicadores se construyen generalmente sobre la base de solicitudes de patentes en oficinas nacionales, presentando así un sesgo a favor del país sede de la oficina nacional con respecto de los demás países (*home bias effect*). Sin embargo, la OCDE ha desarrollado un indicador llamado “familias de patentes” (es decir patentes que se presentan en distintos países para proteger la misma invención) con lo que intenta mitigar esta inclinación y captar en general las patentes de valor relativamente más alto.<sup>11</sup> En el Cuadro 4 informamos la participación de la UE-25 y de EUA en las familias de patentes “triádicas” (es decir, invenciones presentadas en la Oficina Europea de Patentes (EPO), la Oficina de Patentes de Japón (JPO) y la Oficina de Patentes y Marcas de Estados Unidos (USPTO)). Las tendencias son relativamente estables, pero se releva un ligero declino en la participación de Europa.

<sup>11</sup> Pueden consultarse los detalles en Dernis, Gellec y van Pottelsberghe. (2001).

La parte superior del Cuadro 5 representa la participación de patentes de Estados Unidos y la Unión Europea en la Oficina Europea de Patentes en cinco sectores. En esa figura se muestra que, con la columna “todos los sectores” como referencia, la UE tiene una ligera ventaja en procesos y mecánica mientras que, los principales puntos débiles son los campos tecnológicos de electricidad y electrónica, instrumentos científicos y técnicos y química.

**Cuadro 5**  
**PORCENTAJE DE PATENTES SOLICITADAS EN LA**  
**OFICINA EUROPEA DE PATENTES POR SECTOR INDUSTRIAL**

	Electricidad	Instrumentos	Química	Procesos	Mecánica	Todos los sectores
UE-15	36,3	36,5	37,5	50	54,1	42,6
EEUU	35,2	39,7	39,9	27,1	22,1	33,1
	Telecom	Informática	Semiconductores	Prod. farm	Biotec	Materiales
UE-15	37,9	26,9	29,2	35,7	28,3	55,1
EEUU	35,7	49,3	36,2	43,5	51,3	19

**Fuente:** Comisión Europea, *Third European Report on Science & Technology Indicators*, Dirección General de Investigación, 2003.

La parte inferior del mismo cuadro reporta los valores en seis sub-sectores de alto dinamismo tecnológico; del cuadro se desprende que Estados Unidos lidera en informática, farmacéutica, biotecnología y química, Europa detiene la mayoría de las patentes en materiales (debido al desempeño de Alemania), y tiene una participación similar a Estados Unidos en telecomunicaciones. En resumen, los gastos de I+D y los indicadores basados en las patentes muestran un rezago europeo tanto en términos de inversión como de resultados de la innovación. Esto, se debe a la falta de especialización en los nuevos paradigmas tecnológicos y a la persistencia de la especialización en los sectores más tradicionales relacionados con la tecnología mecánica y los nuevos materiales.

### **C. Debilidad estructural de las empresas europeas e interacción entre ciencia e industria**

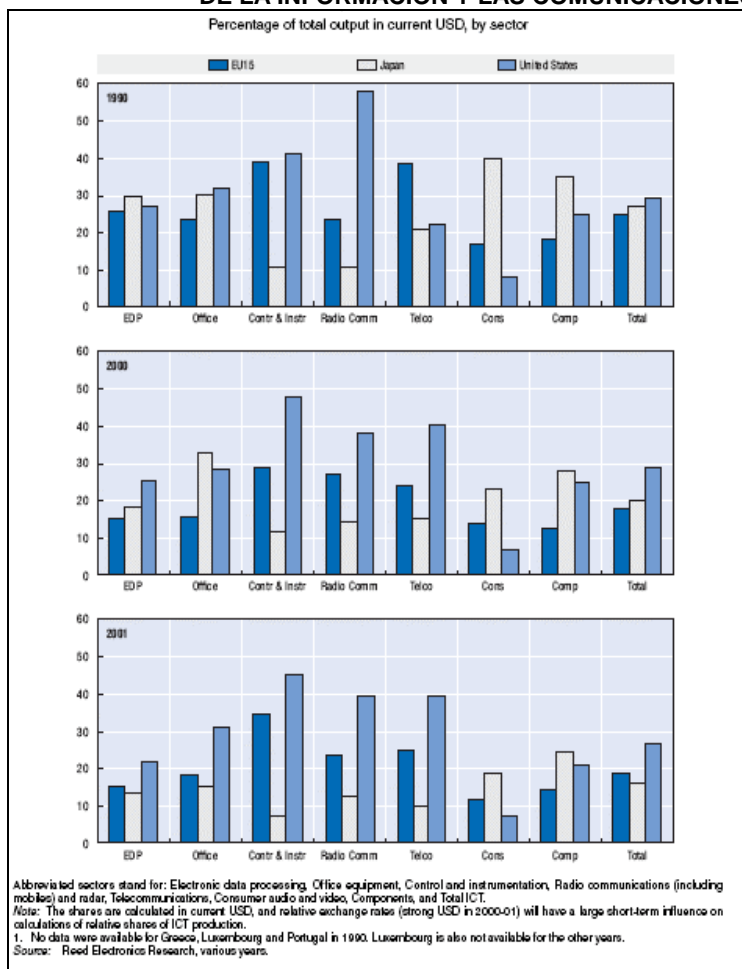
En tercer lugar, se considera la transferencia de tecnología entre los proveedores y los usuarios de conocimiento. Al analizar las barreras que enfrentan las empresas europeas para innovar y competir en la economía mundial, aparece que, más allá de la escasa cooperación entre universidades y empresas, hay una serie de factores que explican el escaso desempeño innovador de las empresas europeas, entre los cuales se destacan el menor compromiso con la investigación y, en determinados sectores, su poca participación relativa en los oligopolios internacionales.

El estudio se concentra en los sectores industriales en los cuales el atraso científico y tecnológico europeo es mayor.

La Figura 11 demuestra la participación en la producción de varios sectores TIC (de tecnología de la información y comunicaciones). Si las clasificaciones generales de la UE-15, de EU y Japón se han mantenido más o menos estables, las variaciones de la participación individual demuestran que la UE ha perdido su posición de vanguardia inclusive en la industria de las telecomunicaciones, en la cual en la década de 1990 tenía una gran ventaja. Europa ha también

reducido su participación relativa con relación a Estados Unidos en equipos de oficina. Por otra parte, en radiocomunicaciones y equipos de radar, Estados Unidos ha reducido su participación relativa con respecto a Europa (probablemente esto ha sido consecuencia de la formación de algunas compañías europeas, especialmente en el sector de defensa, cuyas dimensiones y capacidad son por lo menos comparables a las estadounidenses).

**Figura 11**  
**PARTICIPACIÓN EN LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES**



El Cuadro 6 representa las proporciones en el mercado exportador de países grandes de la UE<sup>12</sup> y Estados Unidos en 1996, 1999 y 2002 los principales sectores de alta tecnología.

Si bien en la industria aeroespacial Estados Unidos ha perdido terreno y la UE ha crecido, lo opuesto ocurre en Instrumentos (es interesante que los avances europeos en el sector aeroespacial, especialmente debido al Airbus han implicado una distribución más equitativa de las exportaciones entre Francia, el Reino Unido y Alemania con una pérdida relativa de la propia Francia). En los demás sectores, la participación es relativamente estable con la excepción de las pérdidas de Alemania en el rubro farmacéutico.

**Cuadro 6**

<sup>12</sup> Los datos totales sobre la UE han exigido que se excluya el comercio entre los países de la UE.

**COMERCIO EN LAS INDUSTRIAS DE ALTA TECNOLOGÍA:  
PARTICIPACIÓN EN EL MERCADO EXPORTADOR (PORCENTAJES)**

		1996	1999	2002
Aeroespacial	Francia	16,71	14,26	13,55
	Alemania	10,71	12,67	13,73
	Italia	2,70	2,38	2,95
	RU	12,87	11,85	17,09
	EUA	41,02	43,60	36,37
	Japón	1,39	1,76	1,35
Electrónica	Francia	5,18	5,43	4,77
	Alemania	7,84	7,34	8,75
	Italia	2,42	1,83	1,92
	RU	7,72	6,72	8,52
	EUA	19,24	23,69	20,95
	Japón	25,33	18,76	17,64
Maquinaria de oficina y	Francia	5,68	4,85	3,65
	Alemania	6,98	6,84	8,09
	Italia	2,80	1,64	1,27
	RU	10,83	10,29	8,59
	EUA	22,96	27,07	20,22
	Japón	20,29	15,69	13,08
Prod. Farmacéuticos	Francia	9,89	10,55	9,60
	Alemania	14,84	15,13	10,84
	Italia	6,17	5,73	5,68
	RU	11,42	9,98	9,17
	EUA	10,63	11,98	10,52
	Japón	3,53	3,03	2,28
Instrumentos	Francia	5,64	5,15	5,35
	Alemania	15,05	14,11	14,55
	Italia	4,17	3,34	3,44
	RU	7,42	6,85	6,60
	EUA	22,87	25,84	25,33
	Japón	16,74	14,90	13,54

**Observaciones:** Nuestros cálculos se basan en OCDE (2004a). ISIC revisión 3: Industria aeroespacial (353); Industria electrónica ISIC (32); Industria de maquinaria de oficina y de computación (30); Industria farmacéutica (2423); Instrumentos médicos, de precisión y ópticos, Industria de relojería (instrumentos) (33)

Combinando distintas fuentes, la última reseña de la OCDE sobre informática (OCDE, 2004b) explora el desempeño de las 250 principales empresas de informática y las diez más importantes de cuatro subsectores (equipos y sistemas de comunicación, electrónica y componentes, equipos y sistemas informáticos, servicios informáticos, programas informáticos y telecomunicaciones). Resulta que 139 de las 250 compañías principales (56%) tienen su sede en Estados Unidos y solamente 33 (13%) en la UE, confirmando una debilidad general de la UE entre los líderes de la industria mundial, pese a que existen excepciones subsectoriales. De manera que, seis empresas de la UE figuran entre las 10 principales empresas de servicios de telecomunicaciones; tres, entre las 10 principales de equipos y sistemas de comunicaciones; dos, entre las 10 principales de electrónica y componentes y solo una, entre las 10 principales empresas



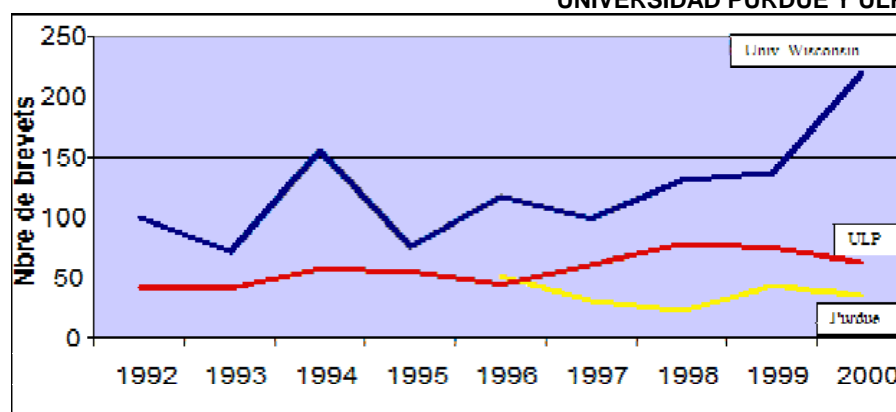
de programas de computadora. Por último, no hay empresas europeas entre las 10 compañías principales de equipos y sistemas informáticos.

Estos datos respaldan en efecto la conjetura de que, independientemente de la calidad de las alianzas público-privadas, el tejido empresarial europeo es más débil y menos receptivo del Norteamericano. Esto es evidente también al considerar algunos casos de excelencia en la ciencia, donde existen todos los “mecanismos de transferencia”, articulación y redes, pero casi no hay empresas que puedan beneficiarse de los mismos. Un ejemplo es el caso de la computación en Cambridge, Inglaterra: una excelente producción científica, mayormente explotada por empresas no europeas (desde Fujitsu hasta Microsoft y muchas otras).

Nótese que los supuestos vínculos débiles entre ciencia e industria deberían ser uno de los aspectos importantes de la “conjetura de la paradoja”. Sin embargo no hay evidencia empírica al respecto. El tercer Informe no trata el tema explícitamente, sino que analiza el “contenido científico” de la tecnología de la UE, (Comisión Europea, 2003, p.422). En el estudio se muestra que el número de citas de publicaciones científicas en patentes que hacen referencia a la ciencia es superior en Estados Unidos; sin embargo, la hipótesis de que esto refleje una debilidad de la UE en la interacción entre ciencia e industria es relativamente cuestionable. Esta tendencia podría derivar de la diferente composición de la producción tecnológica europea, basada en sectores menos intensivos en ciencia.

Otro indicador frecuentemente utilizado es la productividad revelada de la universidad y de los centros de investigación, medida por la tendencia a patentar. Sin embargo, pocos estudios de casos han demostrado que la producción tecnológica de laboratorios de investigación pública europeos sea superior al promedio. Por ejemplo, cuando tenemos en cuenta la cantidad total de patentes solicitadas por investigadores europeos, y no sólo las solicitadas directamente por las instituciones donde los investigadores trabajan, las diferencias entre el desempeño de los países de la Unión Europea y Estados Unidos disminuye (Figura 12)<sup>13</sup>

**Figura 12**  
**APLICACIONES DE PATENTES POR UNIVERSIDAD, WISCONSIN EN MADISON, UNIVERSIDAD PURDUE Y ULP**



Fuente : P. Llerena, “Recherche et innovation: une comparaison internationale”, *Cahier Français*, vol. 123, noviembre de 2004.

<sup>13</sup> Se puede consultar más información sobre pruebas nacionales y europeas en Azagra-Caro, Carayol y Llerena. (2006); Balcón, Breschi y Lissoni (2002); Llerena (2004); Meyer (2003); Saragossi y van Pottelsberthe (2003); Wallmark (1997).

Asimismo, los pocos indicadores disponibles que miden la interacción entre el público y el privado en la innovación llevan a conclusiones opuestas a las de la conjetura de la paradoja. Como se muestra en el Cuadro 7, la participación de la inversión privada I+D en la educación superior, si bien es elevada en todas partes, es marginalmente superior en la UE que en Estados Unidos y en Japón. Similares resultados surgen si se considera la inversión anual de los sectores privados en el sector de investigación pública (es decir la suma de I+D estatal y de la educación superior) y King (2004) (p.314) informa que en los últimos años unos pocos países de la UE experimentaron un crecimiento superior.

**Cuadro 7**

**PARTICIPACIÓN DEL GASTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR  
EN I+D FINANCIADO POR LA INDUSTRIA, 1999**

País	%
Bélgica	10,9
Dinamarca	2,1
Alemania	11,3
Grecia	5,0
España	7,7
Francia	3,4
Irlanda	6,6
Italia	4,8
Países Bajos	5,1
Austria	2,0
Portugal	1,2
Finlandia	4,7
Suecia	3,9
RU	7,2
UE -15	6,8
EUA	6,3
Japón	2,3

**Observaciones:** Austria 1993, Irlanda 1998, EUA 2000. UE-15 calculados por Dirección General de Investigación, Luxemburgo no incluido.

**Fuente:** Comisión Europea, Third European Report on Science & Technology Indicators, Dirección General de Investigación, 2003.

## **6. De un diagnóstico errado a políticas equivocadas**

---

En resumen, más allá de la heterogeneidad en cuanto a capacidades científicas y tecnológicas entre los países de la Unión Europea, se puede afirmar de que la hipótesis de la paradoja europea es más una conjetura que un hecho real. Por el contrario, la debilidad de la Unión Europea en ciencia y tecnología radica más en una relativa fragilidad tanto a nivel de capacidades científicas como productivas e industriales, y no en una limitada capacidad de cooperación entre las dos.

La Unión Europea, en comparación con Estados Unidos, se caracteriza por una menor especialización en sectores industriales basados en nuevos paradigmas tecnológicos –como tecnologías de la información y las comunicaciones y biotecnología–, una participación relativamente débil en los oligopolios internacionales y por una consecuente menor tendencia a innovar. Un escenario de este tipo, requiere por ende políticas activas que apunten al fortalecimiento de las capacidades tecnológicas, y no políticas de fácil consenso que apoyen simplemente a la cooperación entre público y privado como el principal motor de la innovación. Lamentablemente las políticas de la Unión en los últimos años han privilegiado el apoyo a la cooperación y a la formación de redes, que el fortalecimiento de las capacidades científicas y tecnológicas en sí. La creencia en una supuesta paradoja junto con el énfasis en la “utilidad” de la investigación ha llevado a un paquete de políticas donde el respaldo de la UE a la investigación básica es casi inexistente. “Se espera que las propuestas de investigación identifiquen posibles beneficios prácticos y también científicos; se da mayor prioridad a la participación de los usuarios

(inclusive financiamiento parcial), se invita a las universidades a derivar más ingresos derivados de licencias de propiedad intelectual, y se han gastado sustanciales fondos públicos en ejercicios de “previsión” diseñados para compartir y generar conciencia sobre futuras oportunidades de aplicación” (Pavitt, 2001, p.768). Todos los “programas marco” de la Unión han sido concebidos con esa filosofía, que en el caso más reciente se lleva al extremo con las “redes de excelencia”: no se respaldan directamente las actividades de investigación sino que se requiere que los fondos apoyen la formación de redes o grupos, más que apoyar programas de I+D.

Con respecto a la I+D industrial el focalizarse en investigación “precompetitiva” ha llevado a generar un “limbo” donde las empresas han intentado explotar dinero comunitario en áreas marginales para justificar la necesidad de apoyo público. Además, el frenesí por las redes ha ido de la mano con el crecimiento de la cantidad y el poder de los burócratas de la investigación (tanto a escala europea como nacional) cuya principal competencia es precisamente “crear redes”, “conducir”, escribir extensos informes y exigir que los investigadores hagan lo propio. Aquí también el extremo se da en las ciencias sociales; como ocurría en la antigua Unión Soviética donde hasta los documentos sobre matemática tenían que comenzar “según la hábil intuición del camarada Breznev...”, así hoy muchas propuestas de investigación deben incluir palabras clave como “cohesión”, “ampliación”, “ciudadanía”, etc. incluso si de hecho el verdadero interés científico es, digamos la econométrica de los tramos o los mecanismos de transmisión de choques monetarios. (Esto genera incentivos adversos en la conducta de los investigadores que tienen que desarrollar habilidades de camuflaje y venta ambulante para que sus proyectos vengán aprobados).

Si nuestro diagnóstico es correcto, este estado de situación provoca consecuencias adversas en la investigación, es dispendioso para la sociedad y también afecta negativamente el desempeño empresarial.

## 7. Algunas propuestas de política a “modo” de conclusión

---

Del análisis presentado en las secciones anteriores se pueden derivar unas propuestas de política para reformar la postura actual de la Unión Europea frente a las políticas científicas y tecnológicas.

En primer lugar, sería oportuno incrementar el monto de los fondos comunitarios orientados al apoyo a la ciencia básica de excelencia; en ese sentido sería oportuna una reforma en la gestión institucional que prevea, por ejemplo, la creación de una institución de apoyo a la I+D al estilo de la Fundación Nacional de Ciencias de Estados Unidos (NSF por su sigla en inglés); en este sentido, la creación de un Consejo Científico Europeo (*European Science Council*) es un avance notable.<sup>14</sup>

En segundo lugar, sería fundamental reconocer a nivel institucional las diferencias de prioridades y objetivos entre los agentes del sistema educativo superior: (i) universidades orientadas a la enseñanza y a la investigación, (ii) universidades de enseñanza de grado y preuniversitarias (iii) e institutos técnicos especializados. El debido énfasis en la función del primer tipo de instituciones recibe con frecuencia el nombre de “modelo Humboldt” en el cual fue pionera Alemania hace más de un siglo. Sin embargo, hoy en día esta práctica es mayoritariamente estadounidense, mientras que Europa (especialmente continental) ofrece en la mayoría de las universidades una confusa mezcla de funciones que perjudican la calidad de la enseñanza y de la investigación.

---

<sup>14</sup> Véanse también los argumentos recién presentados en una comunicación de la Comisión Europea, que parecen referirse indirectamente a un quiebre con respecto a las políticas anteriores (Comisión Europea, 2004).

En tercer lugar, se sugiere una revisión del debate y de la posición comunitaria sobre el rol de los sistemas de protección de la propiedad intelectual. Con frecuencia se olvida que la apropiabilidad, y la generación de mecanismos de apropiabilidad, se justifican socialmente solo si existe ex-ante un incentivo a la innovación. Es necesario manejar de forma pragmática la protección de la propiedad intelectual, sin olvidar que un énfasis excesivo en la apropiabilidad y en los derechos de propiedad intelectual podría tener efectos adversos sobre la tasa de innovación y sobre la dirección de las actividades de investigación. (véase un análisis exhaustivo en Nelson (2004a).

En cuarto lugar, se considera fundamental establecer objetivos tecnológicos ambiciosos y audaces. Como recuerda Pavitt (2001) "Los países escandinavos y Suiza pueden movilizar considerables recursos para investigación básica de buena calidad sin los enormes gastos de defensa y de salud de la superpotencia mundial" (p.276). Los países de Europa, concebida en su conjunto, no solamente la Unión Europea, tienen más que aprender de sí mismos que de Estados Unidos" (p.776). Reconocido esto, sin embargo, no debería descartarse la importancia de los programas europeos de gran escala y alcance con ambiciosos y desafiantes objetivos tecnológicos en sectores industriales estratégicos de conservación de energía, salud, protección del medio ambiente (y quizás también de defensa, ¡aunque no exista mucho acuerdo al respeto ni siquiera en los autores del presente trabajo!)

En quinto lugar, se recomienda redescubrir el uso de la política industrial como un mecanismo para fomentar el desarrollo industrial y como complemento necesario a la política de innovación. Pese a que el término política industrial suscite aún reacciones adversas, y se considere un mecanismo de apoyo a “campeones nacionales” jurásicos, distorsión de la competencia, fomento de patrones que van en contra de las ventajas comparativas “reveladas”, etc., la política industrial sigue siendo uno de los mecanismos principales para apoyar el desarrollo industrial y tecnológico. Durante los años setenta y comienzos de los ochenta, la intervención discrecional del estado orientada a la modificación de las estructuras industriales estuvo marcado por fracasos pero también por éxitos, como toda intervención de política. Por ejemplo, la fortaleza europea en telecomunicaciones, la presencia en semiconductores, la creciente competitividad en la industria aeroespacial, etc. derivan directamente de las políticas selectivas implementadas en la etapa “intervencionista”. Hoy, incluso respetando las limitaciones de los nuevos acuerdos comerciales, hay espacios para desarrollar políticas que fortalezcan la presencia europea en los paradigmas tecnológicos emergentes, si no fuese un por la difusa obsesión de la fe en el poder del mercado (¡otro producto de exportación de los Estados Unidos, pero consumido allí de manera bastante parsimoniosa y pragmática!).

En conclusión, somos conscientes de que estas propuestas para modificar la agenda europea en materia de políticas tecnológicas pueden ser acusadas de conservadoras. Todos reconocen la necesidad de diseñar nuevos modelos de política frente a nuevos desafíos y realidades, pero al mismo tiempo hay elementos básicos en el diseño de estrategias de desarrollo que no se deben olvidar; según nuestra opinión es prioritario rediseñar el modelo de política comunitario para que priorice el apoyo a la producción de ciencia y conocimiento de excelencia y el fortalecimiento y creación de actores empresariales capaces de explotar y crear nuevas oportunidades de innovación y cambio técnico.

## Bibliografía

---

- Arrow, Kenneth J. (1962), “Economics of welfare and the allocation of resources for invention”, *The Rate and Direction of Inventive Activity*, R. Nelson (ed.), Princeton, Nueva Jersey, Princeton University Press.
- Azagra-Caro, J., N. Carayol y P. Llerena (2006), “Patent production at a European research University: exploratory evidence at the laboratory level”, *Journal of Technology Transfer*, vol. 31, N° 3.
- Balconi M., S. Breschi y F. Lissoni (2002), “Networks of inventors and location of university research: an exploration of Italian data”, documento presentado en la Conference Rethinking Science Policy, Unidad de Investigación de Políticas en Ciencia y Tecnología (SPRU), Universidad de Sussex (SPRU), Brighton, 21 al 23 de marzo.
- Breschi, S. y F. Lissoni (2001), “Knowledge spillovers and local innovation systems: a critical survey”, *Industrial and Corporate Change*, vol. 10, N° 4.
- Bush, Vannebar (1945), *Science: the Endless Frontier*, Washington, D.C., Government Printing Office.
- Comisión Europea (2004), “Communication from the Commission. Europe and Basic Research”, Bruselas, 14 de enero.
- \_\_\_ (2003), *Third European Report on Science & Technology Indicators*, Bruselas, Dirección General de Investigación.
- \_\_\_ (1995), *Libro verde sobre la innovación* (COM(95) 688 final), 20 de diciembre.
- Dasgupta, Partha y Paul A. David (1994), “Toward a new economics of science”, *Research policy*, vol. 23.
- David, Paul A. (2004), “Understanding the emergence of open science institutions: functionalist economics in historical context”, *Industrial and Corporate Change*, vol. 13, N° 3.
- \_\_\_ (1997a), “Knowledge, property and the system dynamics of technological change”, *Proceeding of the World Bank Conference on Development Economics*, L. Summers y S. Shah (eds.).

- \_\_\_ (1997b), "From market magic to calypso science policy. A review of Terence Kealey's the economic laws of scientific research", *Research Policy*, vol. 26.
- Dernis, Hélène, Dominique Guellec y Bruno van Pottelsberghe (2001), "Using patent counts for cross-country comparisons of technology output", *STI Review*, N° 27, París, Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE).
- Dosi, G. (1982a), "Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation", *Research Policy*, vol. 11.
- \_\_\_ (1982b), "Sources, procedures and microeconomic effects of innovation", *Journal of Economic Literature*, vol. 26.
- Dosi, G., L. Marengo y G. Fagiolo (2004), "Learning in evolutionary environments", *Forthcoming in Principles of Evolutionary Economics*, K. Dopfer (ed.), Cambridge, Cambridge University Press.
- Dosi, G., L. Orsenigo y M. Sylos Labini (2004), "Technology and the Economy", *The Handbook of Economic Sociology*, N. J. Smelser y R. Swedberg (ed.).
- Florida, R. (1999), "The role of the university: leveraging talent, not technology", *Issues in Science and Technology*.
- Freeman, C. (1994), "The economics of technical change: a critical survey", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 18.
- \_\_\_ (1982), *The Economics of Industrial Innovation*, Londres, Francis Pinter.
- Freeman, C. y L. Soete (1997), *The Economics of Industrial Innovation*, third-edition, Cambridge, MIT Press
- Garfield, E. (1996), "How can impact factors be improved?", *British Medical Journal*, vol. 313.
- Geuna, A., A. Salter y W.E. Stainmuller (2003), *Science and Innovation: Rethinking the Rationale for Funding and Governance*, Cheltenham, Edward Elgar.
- Gibbons, M. y otros (1994), *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, Londres, Sage Publications.
- Heller, M. y R. Eisenberg (1998), "Can patents seter innovation? The anti- commons in Biomedical Research", *Science*, vol. 280.
- Henderson, R., A.B. Jaffe y M. Trajitenberg (1998), "Universities as a source of commercial technology: a detailed analysis of university patenting, 1965-1988", *Review of Economics and Statistics*, vol. 80, N° 1.
- Hicks, D. y otros (2000), "Research excellence y patented innovation", *Science and Public Policy*, vol. 27.
- Jaffe, A.B., M. Trajitenberg y R. Henderson (1993), "Geographical location of knowledge spillovers as evidenced by patent citations", *Quarterly Journal of Economics*, vol. 108, N° 3.
- Kealey, T. (1996), *The Economic Laws of Scientific Research*, Nueva York, St. Martins Press.
- King, D.A. (2004), "The scientific impact of nations", *Nature*, vol. 430.
- Klevorick, A.K. y otros (1995), "On the sources and significance of interindustry differences in technological opportunities", *Research Policy*, vol. 24, N° 2.
- Kline, S.J. y N. Rosenberg (1986), "An overview of innovation", *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, Washington, D.C., National Academy Press.
- Llerena, P. (2004), "Recherche et innovation: une comparaison internationale", *Cahier Français*, vol. 123, noviembre.
- Lundvall, B.A. (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres, Pinter Publisher.
- MacKenzie, D. y J. Wajcman (1985), *The Social Shaping of Technology*, Buckingham, Open University Press.
- Malerba, F. (2004), *Sectoral Innovation Systems in Europe*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Marimon, R. (2004), "Report - Evaluation of the Effectiveness of the New Instruments of Framework Programme VI".
- Martin, B.R. (2003), "The changing social contract for science and the evolution of the university", *Science and Innovation: Rethinking the Rationale for Funding and Governance*, A.Geuna, A. Salter y W.E. Stainmuller, Cheltenham, Edward Elgar.
- May, R.M. (2004), "Raising Europes game", *Nature*, vol. 430.
- Merton, R.K. (1973), *The Sociology of Science: Theoretical and Empirical Investigations*, Chicago, University of Chicago Press.
- Meyer, M. (2003), "Do patents reflect the inventive output of university research?", Helsinki, Finnish Institute for Enterprise Management, Universidad Católica de Leuven, inédito.



- Montobbio, F. (2004), “Sectoral dynamics and structural change. Stylized facts and ‘system of innovation’ approaches”, *Sectoral Innovation Systems in Europe*, chap. 2, F. Malerba (ed.), Cambridge University Press.
- Mowery, D. y R. Nelson (1999), *Sources of Industrial Leadership*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Narin, F., K. Hamilton y D. Olivastro (1997), “The increasing linkage between U.S. technology and public science”, *Research Policy*, vol. 26.
- Nelson, R.R. (2004a), “The market economy, and the scientific commons”, *Research Policy*, vol. 33, Nº 3.
- (2004b), “Perspectives on technological evolution”, *Forthcoming in Principles of Evolutionary Economics*, K. Dopfer (ed.), Cambridge, Cambridge University Press.
- (2003), “On the uneven evolution of human know-how”, *Research Policy*, vol. 32, Nº6.
- (1959), “The simple economics of basic scientific research”, *Journal of Political Economy*, vol. 67, Nº 2.
- (1993), *National Systems of Innovation*, Oxford, Oxford University Press.
- Nelson, R.R. y S.G. Winter (1982), *An Evolutionary theory of Economic Change*, Cambridge, Belknap Press of Harvard University Press.
- OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) (2004a), *Main Science and Technology Indicators*, París.
- (2004b), *OECD Information Technology Outlook*, París.
- (2003), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard*, París.
- Pavitt, K. (2003), “Commentaries”, *Science and Innovation: Rethinking the Rationale for Funding and Governance*, Geuna, A., A. Salter y W.E. Stainmuller, Cheltenham, Edward Elgar.
- (2001), “Public policies to support basic research: what can the rest of the world learn from US theory and practice? (And what they should not learn)”, *Industrial and Corporate Change*, vol. 10, Nº 3.
- (1999), *Technology, Management and Systems of Innovation*, Northampton, Elgar.
- (1987), “The objectives of technology policy”, *Science and Public Policy*, vol. 14.
- Polanyi, M. (1962), “The republic of science”, *Minerva*, vol. 1.
- Rip, A., T.J. Misa y J. Schot (1995), *Managing Technology in Society*, Londres, Pinter.
- Rosenberg, N. (1976), *Perspectives on Technology*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Rosenberg, N. (1982), *Inside the Black Box: Technology and Economics*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Royal Society (2004), “The future funding of the European science base”, *Back-ground Working Paper*, vol. 2.0.
- Saragossi, Sarina y Bruno van Pottelsberghe de la Potterie (2003), “What patent data reveal about universities: the belgium case”, *Journal of Technology Transfer*, vol.18.
- Wallmark, J.T. (1997), “Innovations and patents at universities: the case of Chalmers University of Technology”, *Technovation*, vol. 17, Nº 3.
- Winter, S.G. (1987), “Knowledge and competences as strategic assets”, *The Competitive Challenge*, D. Teece (ed.), Cambridge Massachusetts, Ballinger.
- (1982), “An essay on the theory of production”, *Economics and the World Around*, S.H. Hymans (ed.), Ann Arbor, University of Michain Press.