

GENERACIÓN DE CONOCIMIENTO TECNOLÓGICO Y POLÍTICAS DE
INNOVACIÓN: DIMENSIONES E INTERRELACIONES

*GENERATION OF TECHNOLOGICAL KNOWLEDGE AND INNOVATION
POLICIES: DIMENSIONS AND INTERRELATIONSHIPS*

Carlos A. Benavides Velasco
Universidad de Málaga
cabv@uma.es

Cristina Quintana García
Universidad de Málaga
cqg@uma.es

Recibido: octubre de 2007; aceptado: enero de 2008

RESUMEN

Existen diferencias significativas en la evolución de la competitividad y el progreso tecnológico en el contexto internacional. Ello se puede explicar en gran medida por la desigual estructura de los Sistemas Nacionales de Innovación de los países cuyo estudio constituye el principal objetivo del presente artículo. Para su consecución, proponemos y seguiremos un marco de análisis integrado por cuatro dimensiones básicas de los sistemas de innovación: administraciones públicas, interacción sistema público de I + D-industria/comportamiento empresarial, sistema de financiación y movilidad de personal/sistema de educación. Cada una de ellas representa elementos clave para explicar la intensidad de generación y flujo de conocimiento tecnológico entre los agentes implicados en los procesos de innovación, determinando la tasa y dirección del aprendizaje tecnológico.

Palabras clave: Sistema nacional de innovación; Innovación tecnológica; Actividades de I+D+i.

ABSTRACT

There are prominent differences in the evolution of the competitiveness and technological progress in the international context. This is a consequence of a dissimilar structure of National Systems of Innovation, which analysis is the main aim of this paper. For this purpose, we propose and take into account an analysis framework that is built up by four dimensions: public administrations, interaction between public system of R&D and industry/entrepreneurial behavior, finance system and mobility of skill labor/education system. Each dimension represents a key factor to explain the intensity of the technological knowledge generation and flow between the agents involved in innovation processes, and the impact on the route of technological learning.

Keywords: National System of Innovation; Technological Innovation; R&D Activities.

Clasificación JEL: O31, O38.



1. INTRODUCCIÓN

Las innovaciones tecnológicas son esenciales para garantizar la ventaja competitiva de la industria así como para promover el crecimiento económico. Las actividades de I+D no sólo dependen de la capacidad organizativa interna de las empresas, sino también del entorno institucional en que se encuentran inmersas (Kaiser y Prange, 2004). En este sentido, la estructura de los sistemas de innovación ayuda a explicar por qué los procesos de innovación difieren de unos países a otros, dado que poseen características estructurales e institucionales propias que son localizadas, de modo que son capaces de suministrar a las empresas recursos y un marco de apoyo no disponibles para los competidores ajenos a este entorno, incluso en las mejores condiciones de apertura de los mercados.

Este artículo pretende, a partir del análisis de las dimensiones y elementos que caracterizan a dichos sistemas, hacer un recorrido que permita comprender la evolución y estado actual de la competitividad y el progreso tecnológico en Estados Unidos (EE.UU.) y Europa, con especial referencia a España.

2. MARCO TEÓRICO

Los sistemas de innovación han sido definidos desde diversos enfoques (Freeman, 1987; Malerba, 2002; Lundvall, 2007). En general, hay un gran acuerdo al considerarlos como un conjunto complejo de relaciones entre diversos agentes (empresas, universidades, institutos públicos de investigación), que contribuye al desarrollo y difusión de las nuevas tecnologías, conformando además un marco en donde las políticas gubernamentales pueden influir en el proceso de innovación (Patel y Pavitt, 1994; OECD, 1997; Kaiser y Prange, 2004; Sharif, 2006). Los sistemas de innovación facilitan el *flujo de conocimiento e información* entre los agentes clave en el proceso de innovación, determinando así la tasa y dirección del *aprendizaje tecnológico* (Lundvall, 2007).

Numerosas políticas relativas a regulaciones impositivas, financiación, competición y propiedad intelectual pueden promover o bloquear los diversos

tipos de interacción y dichos flujos. Así, el éxito de las empresas está ligado a la existencia de marcos institucionales que promuevan la comercialización de la investigación científica, el acceso a la financiación de alto riesgo y atraigan y motiven a científicos y gerentes emprendedores (Casper y Kettler, 2001). La heterogeneidad de dichos marcos explica la desigual situación actual y desarrollo histórico en los diversos países.

Para realizar una comparación internacional de los sistemas de innovación, un primer paso es la definición de sus dimensiones. En relación con esta cuestión existen diversas contribuciones. Lundvall (1992) considera cinco elementos presentes en los sistemas nacionales de innovación: el modo en el cual las empresas son organizadas, lo que afecta a los flujos de información y a los procesos de aprendizaje; la cooperación inter-empresarial; el sector público; el sector financiero para la innovación; y los recursos, competencias y organización de los sistemas de I+D. Otras aportaciones describen los elementos de un sistema de innovación, relacionándolos con las funciones que ejecutan y distinguiendo su carácter público o privado (*vid.* Castells y Hall, 1992 o Benavides, 1998: 173 y ss).

En este trabajo hemos optado por una definición propia de las dimensiones de los sistemas de ciencia, tecnología e industria que se sintetiza en el Cuadro 1.

CUADRO 1: ESTRUCTURA DE LOS SISTEMAS NACIONALES DE INNOVACIÓN

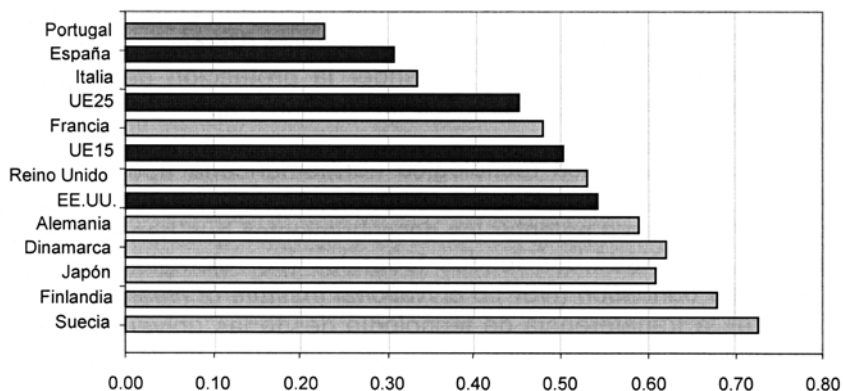
DIMENSIONES	ELEMENTOS
Administraciones públicas	<ul style="list-style-type: none"> - Legislación propiedad intelectual, patentes (lentitud del proceso, promoción transferencia tecnológica universidad-industria, fomento investigación aplicada). - Promoción de relaciones con institutos de investigación extranjeros. - Coordinación de acuerdos de cooperación pre-competitivos en I+D. - Promoción de incubadoras y laboratorios de investigación.
Interacción sistema público de I+D industrial Comportamiento empresarial	<ul style="list-style-type: none"> - Orientación comercial y spin-offs de la universidad. - Acuerdos de cooperación inter-empresarial en I+D. - Colaboración entre organizaciones de investigación (universidades e institutos) y empresas (tanto nacionales como internacionales). - Utilización de tecnología extranjera.
Sistema de financiación	<ul style="list-style-type: none"> - Cuantía de capital riesgo tanto público como privado. - Cuantía alcanzada en ofertas públicas iniciales y siguientes ofertas. - Financiación extranjera. - Existencia de mercados secundarios para la propiedad intelectual. - Fondos públicos para la investigación (% centros públicos, % industria). - Naturaleza de la investigación (% investigación básica, % investigación aplicada). - Crédito impositivo. - Tasa impositiva sobre las actividades de I+D.
Movilidad de personal / Sistema de educación científica	<ul style="list-style-type: none"> - Movilidad del personal (dentro de la industria, entre academia e industria) - Gasto público en educación universitaria. - Naturaleza de la educación científica (fomento de la creatividad o absorción de conocimientos). - Cantidad de doctores y licenciados en el país o región.

Fuente: Elaboración propia.

3. SISTEMA DE INNOVACIÓN NACIONAL EN ESTADOS UNIDOS

Indicadores científicos y de innovación (Gráfico 1 y Cuadro 2) ponen de manifiesto la superioridad tecnológica de EE.UU. con respecto a la Unión Europea (UE).

GRÁFICO 1: COMPARACIÓN DEL ÍNDICE DE INNOVACIÓN 2006 DE LA COMISIÓN EUROPEA



Fuente: Elaboración propia a partir de European Commission (2006).

Aunque no todos los elementos del contexto institucional americano suministran un fuerte soporte a la innovación, el efecto conjunto sobre el *stock* y flujo de conocimiento es muy positivo (Bartholomew, 1997: 252).

3.1. ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

Un aspecto positivo del sistema de innovación norteamericano es la alta protección de la propiedad intelectual y la fortaleza de su sistema de patentes; así, una medida singular es la introducción de un año de gracia (*Grace Period*). Fuera de EE.UU., normalmente el inventor puede solicitar la patente de su aplicación y anunciar al día siguiente su invención en la prensa científica. Si por cualquier motivo dicho anuncio es anterior a la fecha de la solicitud, la patente queda anulada.

CUADRO 2: INDICADORES DE CREACIÓN DE CONOCIMIENTO Y RESULTADOS TECNOLÓGICOS

	Gasto total de I+D (% de PIB)	Gasto público de I+D (% de PIB)	Gasto empresarial de I+D (% de PIB)	Nuevas patentes EPO** por millón de población	Nuevas patentes USPTO por millón de población	Nuevas patentes triádicas por millón de población
	2005*	2003*	2004*	2003*	2003*	2003*
EE.UU	2,62	0,80	1,71	142,6	277,1	47,9
Japón	3,33	0,58	2,39	174,2	304,6	102,1
UE27	1,74	0,63	0,94	136,7	60,2	32,7
Alemania	2,46	0,79	1,67	311,7	123,0	85,2
Dinamarca	2,45	0,70	1,54	235,8	72,9	32,4
España	1,12	0,42	0,51	30,6	7,7	2,7
Finlandia	3,48	0,88	2,40	305,6	104,6	101,7
Francia	2,13	0,85	1,10	153,7	56,8	36,5
Italia	1,1	n.d.	n.d.	87,3	31,2	11,6
Portugal	0,8	0,44	0,23	7,5	1,9	0,6
Reino Unido	1,78	0,57	0,76	121,4	168,4	33,0
Suecia	3,89	0,93**	2,56	284,9	109,7	66,3

Fuente: Elaboración propia a partir de European Commission, 2006; OECD, 2007.

* Se ha seleccionado el último año en el que se dispone de los datos para todos los países de modo que se pueda realizar una comparación homogénea.

** EPO: European Patent Office.

*** USPTO: United States Patent and Trademark Office.

En EE.UU. esta situación no se da, siempre y cuando el descubrimiento no se anuncie más de un año antes de la solicitud de patente (Verspagen, 2006). Además, desde 1999 las compañías pueden extender la protección de la patente para compensar el tiempo que dura el proceso de revisión y aprobación por parte de la oficina de patentes americana.

Por otro lado, la política tecnológica norteamericana apoya firmemente la transferencia de tecnología. Desde 1980, la *Bayh-Dole Act* concede a las universidades el derecho a patentar los descubrimientos que han sido resultado de la investigación financiada con fondos federales (por ejemplo, procedentes del *National Science Foundation* (NSF) o el *National Institute of Health* (NIH)). Esta ley pretende facilitar la transferencia de tecnología desde las universidades hacia las empresas, lo que en muchas ocasiones da lugar a la creación de nuevas empresas (*start-ups*) en forma de *spin-offs* (Casper y Kettler, 2001:13)¹.

¹ La lógica que subyace en esta ley consiste en las empresas sólo se esforzarán en transformar los descubrimientos de las universidades en aplicaciones comerciales cuando tengan el derecho de exclusividad. Si los competidores tuvieran acceso libre a dicho conocimiento, se desincentivaría la inversión. El único modo de obtener exclusividad, es que las universidades patenten sus descubrimientos y garanticen una licencia exclusiva a las empresas (Verspagen, 2006:612).

3.2. INTERACCIÓN SISTEMA PÚBLICO DE I+D - INDUSTRIA / COMPORTAMIENTO EMPRESARIAL

El liderazgo tecnológico de EE.UU. se debe fundamentalmente a su éxito en traducir de forma veloz la base intelectual en prácticas comerciales. Esta transferencia de conocimientos es canalizada a través de consultas a profesores, acuerdos de colaboración formales entre universidad y empresa, o mediante *spin-offs* de las universidades, fundadas por académicos emprendedores.

La gran explosión de pequeñas empresas de alta tecnología en EE.UU. también se ve influida por el clima emprendedor característico de la cultura americana. Dicho clima incluye un sistema de valores tales como la actitud hacia la ciencia, hacia el cambio económico y social, hacia la empresa privada y hacia el riesgo. Además, las empresas se preocupan de establecer relaciones continuas con centros públicos de I+D para acceder a conocimiento científico que les permita detectar nuevas oportunidades de mercado. Estas relaciones van más allá de necesidades puntuales para determinados proyectos de investigación, y representan entornos que posibilitan una transferencia continua de conocimiento (Cotec, 2007).

3.3. SISTEMA FINANCIERO

Una fortaleza del sistema americano es la gran financiación destinada a la innovación tecnológica². En particular, como se observa en el Cuadro 2, el gobierno norteamericano, comparado con el de los países europeos (excepto Finlandia y Suecia), invierte en mayor medida en las actividades de I+D llevadas a cabo por las empresas (mediante préstamos, subvenciones, incentivos fiscales). Esta situación es reforzada por un mercado de capital riesgo que respalda a empresas con producción de alto valor añadido potencial. Así, mientras en Europa la inversión en capital riesgo ha experimentado un retroceso (de 12.100 millones de euros en 2002 a 11.400 millones en 2005), en EE.UU. esta fórmula de financiación sigue en crecimiento (de 19.600 millones de dólares en 2002 a 22.000 millones en 2005) (OECD, 2006).

Pero también esta dimensión presenta algunas deficiencias. En EE.UU., la financiación federal en investigación básica está concentrada en ciertos campos, siendo responsable de los mayores avances científicos en las tecnologías de la información y ciencias de la vida. En cambio, presenta debilidades frente a la Unión Europea en la investigación relacionada con la ingeniería y ciencias físicas (Dosi, Llerena y Labini, 2006; Vespagen, 2006). La especialización en determinadas áreas de conocimiento puede suponer una limitación para la futura competición global.

² Para investigación básica a través de la *National Science Foundation* y para investigación médica mediante el *National Institute of Health*.

3.4. MOVILIDAD DE PERSONAL / SISTEMA DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA

La naturaleza desregulada de la mayoría de las leyes laborales en EE.UU. hace que el mercado de trabajo sea extremadamente activo. Esto ha facilitado la creación de extensas operaciones de cazatalentos dentro de la mayoría de los *clusters* tecnológicos, y en el seno de las empresas, la planificación de carreras basada en la probabilidad de cambio frecuente del empleado (Casper y Kettler, 2001:13).

El sistema de educación científica también explica la posición tecnológica de EE.UU. Dada la fuerte inversión federal en investigación básica desde la II Guerra Mundial, las universidades han emergido como los mayores centros de investigación. Ello, unido a la elevada movilidad de científicos, ha favorecido la transferencia de tecnología y comercialización de las invenciones (Dosi et ál., 2006). Esta actuación desde el lado de la demanda, contrasta con las políticas del lado de la oferta de la UE para promover el personal científico y tecnológico centradas en el incremento de graduados (OECD, 2006). Además, el sistema educativo de EE.UU. ha sido capaz de atraer a talentos y estudiantes europeos, asiáticos e iberoamericanos, que después se incorporan a las empresas más avanzadas.

4. SISTEMA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INDUSTRIA EN EUROPA

Exceptuando los países nórdicos, la UE presenta un cierto retraso tecnológico con respecto a EE.UU. y Japón, debido a una débil interacción entre el sistema público de I+D y la industria, un débil mercado de capital riesgo, un sistema de educación que promueve más la investigación básica que la aplicada y una dispersión de esfuerzos nacionales. En los últimos años, los organismos gubernamentales han articulado diversos instrumentos para vigorizar el sistema público de investigación y su relación con el tejido productivo.

4.1. ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

Una de las diferencias entre Europa y EE.UU. es el menor grado de protección de las patentes y la inexistencia del periodo de gracia impuesto por EE.UU. Además, el régimen jurídico de la protección de patentes no es homogéneo en Europa, ya que conviven los derechos de patentes nacionales, europeos (Convenio Europeo de Patentes) e internacionales (Tratado del Convenio de Patentes).

Por lo que respecta a la organización gubernamental, dentro de la Unión Europea, una de las debilidades del sistema nacional británico ha sido la baja coordinación entre los órganos gubernamentales responsables de la difusión tecnológica (Bartholomew, 1997: 254). Sin embargo, desde los años ochenta el gobierno británico está trabajando más activamente para potenciar los desarrollos comerciales de la ciencia básica mediante una variedad de programas.

Por su parte, el liderazgo tecnológico de Alemania frente a Reino Unido, y la media de la UE, se explica por la presencia en los últimos años de unas políticas y estructuras institucionalizadas altamente coordinadas, que han permitido cubrir la brecha entre investigación científica y desarrollo tecnológico. En particular, el gobierno alemán ha articulado un abanico de programas diseñados para crear *clusters* o distritos de empresas emprendedoras que posibilitan la generación de conocimiento específico a la industria, el desarrollo de alianzas verticales, la oportunidad de percibir nuevas trayectorias tecnológicas, etc. (Quintana y Benavides, 2007). Esta política de *clusters* también se está desarrollando en otros países europeos tales como Austria, Bélgica (Región de Flandes), Francia (Programa FR62), Italia, Reino Unido, etc. (Cotec, 2007b).

A pesar de estas experiencias, una debilidad de la política europea es la dispersión y aislamiento de esfuerzos nacionales. Así, la comunicación relativa a la aplicación del Programa Comunitario sobre la Estrategia de Lisboa (COM, 2005) afirma que, si bien la UE cuenta con numerosos *clusters* industriales dinámicos, éstos son más pequeños y están menos integrados que en EE.UU.

En este sentido, el VII Programa Marco 2007-2013 pretende apoyar a los *clusters* orientados hacia la investigación, asociando universidades, centros de investigación, asociaciones profesionales, cámaras de comercio e industria, instituciones financieras e instituciones públicas. Esta iniciativa se enmarca en su cuarto programa específico dedicado a generar capacidades mediante la actividad “desarrollo de agrupaciones de investigación regional (regiones del conocimiento)”.

4.2. INTERACCIÓN SISTEMA PÚBLICO DE I+D-INDUSTRIA / COMPORTAMIENTO EMPRESARIAL

Europa se caracteriza por la ausencia del estilo académico emprendedor. Las universidades han estado más preocupadas por la investigación básica que por la aplicada, y además, en el caso de Francia o Holanda, dicha investigación ha estado departamentalizada, con lo que ha resultado difícil crear equipos multidisciplinares.

De esta dinámica hay que exceptuar a Reino Unido y los países escandinavos. La economía británica se ha organizado en torno a un mercado liberal que ha propiciado la actividad empresarial. En los países escandinavos, sus gobiernos apoyan continuamente la actividad tecnológica, pero su desarrollo se debe básicamente a las empresas. Por iniciativa propia, operan como grupos fuertemente cohesionados, generando *clusters* sin necesidad de la intervención gubernamental.

Con el objetivo de disminuir el tradicional distanciamiento entre el sistema público de I+D y la industria, cada vez más las políticas de innovación de los diversos países europeos se están centrando en potenciar los acuerdos de colaboración entre ambos segmentos. Como ejemplo se puede citar la política de *clusters* ya descrita en el apartado anterior, los programas *Academy plus*

Business (AplusB) en Austria y *EXIST* en Alemania, el programa *Higher Education Innovation Fund 2* (HEIF 2) de Reino Unido, etc. (European Commission, 2006; OECD, 2006).

4.3. SISTEMA FINANCIERO

Como se observa en el Cuadro 2, el gasto europeo en I+D como porcentaje del Producto Interior Bruto (PIB) es inferior al de EE.UU., aunque hay que destacar las diferencias internas existentes en la UE. Es más, en contra de la aparente paradoja europea (Dosi et ál., 2006), la financiación gubernamental en I+D como porcentaje del PIB es superior en EE.UU., siendo las diferencias aún mayores en lo referente al gasto en I+D ejecutado por las empresas como porcentaje del PIB.

En Alemania, el sistema crediticio pone obstáculos al apoyo de proyectos emprendedores de alto riesgo. Además, el capital riesgo ha sido escaso en las industrias intensivas en conocimiento. Para superar esta situación, el gobierno alemán ofrece “capital riesgo público” en forma de socio “dormido” o “silencioso” mediante recursos federales, lo cual ha potenciado la creación de nuevas empresas en los últimos años. Esta política tecnológica incluye la creación en 1997 de un nuevo mercado de valores, el *Neuer Markt*, que en un principio demanda menos requisitos para cotizar que las principales bolsas (Casper y Kettler, 2001: 19). En 1999 también se creó en Suiza el *Swiss New Market*, lo que en un principio hace pensar que las perspectivas de liquidez mejorarán en Europa.

Comparado con el resto de países europeos, Reino Unido ha desarrollado un mercado de capital que ha apoyado las empresas de alta tecnología. La *London Stock Exchange* (LSE) relajó las normas para la adhesión de las empresas a la misma y creó un nuevo índice denominado *techMARK* (Ernst & Young, 2003).

A pesar de estos avances, todavía se echa en falta un mercado integrado como el que disfrutaban las compañías americanas. En este sentido, el espacio financiero europeo ha ido evolucionando en los últimos años con el objetivo de lograr la integración de los mercados. Actualmente, la mayoría de las bolsas de países europeos están implicadas en este proceso³. Pero el desarrollo de un mercado financiero integrado implica también actuar sobre las categorías banca y seguros. Así, la creación de un mercado de capitales único europeo constituye uno de los objetivos actuales de la Comisión Europea, lo que se ve plasmado en la adopción de la Directiva 2004/39/CE.

³ Un ejemplo destacado es *Euronext*, que es el primer mercado integrado europeo de negociación de acciones, bonos y derivados, fruto de la unión en el año 2000 de las bolsas de París, Ámsterdam y Bruselas, a las que posteriormente se unieron la Bolsa de Valores de Lisboa y Oporto (BVL) y el Mercado Internacional de Futuros y Opciones de Londres. En abril de 2007, Euronext formó junto a la americana New York Stock Exchange (NYSE) la principal compañía bursátil del mundo: NYSE Euronext, con sede central en Nueva York (NYSE Euronext, 2007).

4.4. MOVILIDAD DE PERSONAL / SISTEMA DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA

En contraste con el modelo americano, el mercado de trabajo europeo es menos dinámico. Además, en la UE, el porcentaje de graduados en ciencia y tecnología es mayor que en Japón y EE.UU., pero en cambio ostentan una menor proporción de investigadores activos. La UE produce un mayor número de doctores, pero Estados Unidos ofrece más puestos de trabajo post-doctorales (OECD, 2006). Todo ello limita la interacción entre el sistema público de I+D y la industria.

El sistema de educación también presenta diferencias con respecto a EE.UU. En Reino Unido, dicho sistema ha potenciado la ciencia básica, y la investigación científica posee una orientación creativa e intelectual escasamente preocupada por la comercialización de sus descubrimientos. Por su parte, el sistema educativo alemán mediante su enfoque dual, ha fomentado la investigación científica básica y el conocimiento de aplicaciones industriales apoyando las escuelas politécnicas. Además, desde mediados de los noventa se está promoviendo la transferencia de conocimiento desde la comunidad universitaria hacia la industria.

En esta línea, en la UE es necesario integrar las políticas educativas y del mercado de trabajo para promover los recursos humanos en ciencia y tecnología tanto desde el lado de la oferta como de la demanda, con el objetivo de atraer estudiantes a los diversos campos científicos, y fomentar la movilidad, la actividad emprendedora académica y el desarrollo de empresas tecnológicas que promueva la creación de puestos de trabajo intensivos en investigación (OECD, 2006).

5. DIMENSIONES DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN EN ESPAÑA

España se caracteriza por un retraso tecnológico respecto a EE.UU. y la media de la UE debido en parte a unas políticas públicas de carácter reactivo que no fomentan el capital privado para facilitar el despegue autónomo del sector productivo. El sistema de innovación español ha evolucionado positivamente en las dos últimas décadas, pero aún hay que solventar algunas deficiencias estructurales.

5.1. ADMINISTRACIONES PÚBLICAS

La política científica y tecnológica en España, desde finales de los ochenta, se ha basado en el fomento de la investigación, el desarrollo y la innovación, principalmente mediante el Plan Nacional de I+D+I (el último corresponde al período 2008-2011). Sin embargo, su actual diseño no responde plenamente a los retos que plantea un mercado globalizado (Cotec, 2007), por lo se han desarrollado nuevas herramientas de apoyo a la innovación como el Programa Ingenio 2010. A pesar de estos avances, persisten una serie de deficiencias en

esta dimensión, principalmente relativas a la dispersión de competencias en materia de política de I+D entre las diversas administraciones (Comunidades Autónomas y Ministerios), la baja participación de las empresas, sobre todo PYMEs, en los programas públicos de I+D y la débil transferencia de resultados de investigación al tejido industrial.

5.2. INTERACCIÓN SISTEMA PÚBLICO DE I+D-INDUSTRIA / COMPORTAMIENTO EMPRESARIAL / MOVILIDAD DE PERSONAL / SISTEMA DE EDUCACIÓN CIENTÍFICA

Una de las principales debilidades es la escasa interrelación existente entre el sistema público de I+D y la industria. Las empresas españolas no consideran a dicho sistema como una fuente de innovación, y los académicos no tienen incentivos para atender las demandas tecnológicas empresariales ya que sus carreras dependen fundamentalmente de su creación científica. Además, hay que reconocer que las estructuras de interfaz, las oficinas de transferencia de resultados de investigación (OTRIs), han estado siempre pobremente dotadas y han tenido que dedicarse a gestiones administrativas de los grupos de investigación (Cotec, 2007).

La reciente Ley Orgánica 4/2007 por la que se modifica la anterior Ley Orgánica de Universidades incluye una variación del artículo 83 que facilita la incorporación de profesores universitarios a empresas de base tecnológica creadas a partir de resultados de investigación, mediante una excedencia temporal. Así, se pretende favorecer la generación y transferencia de conocimiento científico y tecnológico desde el sistema público de I+D al tejido industrial.

En relación con la educación, la formación universitaria, tanto en ciencias experimentales como técnicas, no ha incorporado en sus currícula materias para que los estudiantes adquieran conocimientos de gestión empresarial. Las escuelas de negocios tampoco han incluido enseñanzas de gestión de la innovación. Así, se apunta la necesidad de fomentar la implicación de las empresas en la preparación y orientación de programas del sistema educativo (Cotec, 2007:52).

5.3. SISTEMA FINANCIERO

Durante los últimos años, es posible observar el importante esfuerzo realizado por España en esta dimensión, ya que en 1988 los gastos de I+D representaban el 0.72 por ciento del PIB, mientras que en 2005 ascendían al 1.12 por ciento. Aún así, existen diferencias significativas entre España y el resto de la UE tanto en el sector público como en el privado.

Dada la escasa importancia del capital riesgo⁴, las acciones de financiación han sido llevadas a cabo en su mayoría por el gobierno mediante los ya citados

⁴ Es destacable que España cerró el año 2005 con un balance muy positivo en la actividad de capital riesgo, intensificando el dinamismo observado en el año anterior. En el citado año se alcanzaron máximos en todas las variables significativas: volumen de inversión, número de operaciones realizadas, captación de fondos y desinversión (Cotec, 2007b).

Programas Nacionales. Otros mecanismos públicos de apoyo son: incentivos fiscales para los gastos de I+D, financiación de proyectos de investigación precompetitiva de empresas en forma de préstamos sin intereses, concesión de créditos blandos a proyectos empresariales de desarrollo tecnológico, formación de personal propio de la empresa o fuera de ellas y la inserción profesional de doctores en centros de I+D públicos y privados sin ánimo de lucro así como en empresas (Programa Ramón y Cajal, Programa Torres Quevedo, Programa de Movilidad de Investigadores y Tecnólogos -MIT-, etc.). A pesar de los logros alcanzados en esta dimensión, es necesario seguir avanzando, pues todavía la primera fuente de financiación de las empresas de alta tecnología son los fondos propios.

6. CONCLUSIONES

Mediante el análisis de los sistemas de innovación, hemos constatado las diferencias internacionales en la generación y transferencia de conocimiento que condicionan la tasa de aprendizaje tecnológico en los países.

Se ha puesto de manifiesto cómo el liderazgo de EE.UU. se ha fundamentado en un rápido movimiento de la base intelectual y en la fuerte conexión entre la comunidad universitaria y la industria. Además de la presencia de un eficaz mercado de capital riesgo, la financiación pública en actividades de I+D ha sido elevada, estando las innovaciones respaldadas por una alta protección de la propiedad intelectual. Así, a pesar de algunas deficiencias en el contexto institucional americano, el efecto conjunto del sistema nacional de innovación ha sido muy positivo tanto en el *stock* como en el flujo de conocimiento tecnológico. Similares características explican el liderazgo de los países nórdicos y Alemania. El retraso histórico de Europa en el desarrollo tecnológico con respecto a EE.UU. y Japón se debe en gran medida a la débil interacción entre el sistema público de I+D y la industria, un frágil mercado de capital riesgo, un sistema de educación que promueve más la investigación básica que la aplicada y una dispersión de esfuerzos nacionales. Este retraso ha sido más acusado en España que presenta deficiencias en muchos elementos del sistema de ciencia, tecnología e industria.

Se están produciendo avances significativos en los últimos años gracias a que los organismos gubernamentales están impulsando la innovación tecnológica, entre otras medidas, mediante una mayor coordinación universidad-empresa, el fomento de la actividad emprendedora, la mejora e integración de los mercados financieros, etc. En particular, la actuación de la Unión Europea está centrada en la homogeneización de las distintas dimensiones (infraestructuras, regulación, movilidad, etc.) de modo que se consiga un Espacio Europeo de Investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bartholomew, S. (1997): "National Systems of Biotechnology Innovation: Complex Interdependence in the Global System", *Journal of International Business Studies*, 28(2), 241-266.
- Benavides Velasco, C.A. (1998): *Tecnología, innovación y empresa*, Pirámide, Madrid.
- Casper, S. y Kettler, H. (2001): "National Institutional Frameworks and the Hybridization of Entrepreneurial Business Models: The German and UK Biotechnology Sectors", *Industry and Innovation*, 8(1), 5-30.
- Castells, M. y Hall, P. (directores) (1992): *Andalucía: innovación tecnológica y desarrollo económico*, Espasa Calpe y Expo'92, Madrid, 2 volúmenes.
- COM (2005) 488 final: "Más investigación e innovación—Invertir en el crecimiento y el empleo", Comisión de las Comunidades Europeas, Bruselas.
- Cotec (2007): *Las relaciones en el sistema español de innovación. Libro Blanco*, Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, Madrid.
- Cotec (2007b): *Tecnología e Innovación en España. Informe COTEC 2007*, Fundación Cotec para la Innovación Tecnológica, Madrid.
- Directiva 2004/39/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de abril de 2004, relativa a los mercados de instrumentos financieros, por la que se modifican las Directivas 85/611/CEE y 93/6/CEE del Consejo y la Directiva 2000/12/CE del Parlamento Europeo y del Consejo y se deroga la Directiva 93/22/CEE del Consejo.
- Dosi, G.; Llerena, P. y Labini, M.S. (2006): "The Relationships between Science, Technologies and Their Exploitation: An Illustration through the Myths and Realities of the So-Called 'European Paradox'", *Research Policy*, 35(10), 1450-1464.
- European Commission, Enterprise and Industry DG (2006): *European Innovation Progress Report 2006*, European Communities, Luxemburgo.
- Ernst & Young (2003): *Endurance. The European Biotechnology Report 2003. 10th Anniversary Edition*, Ernst & Young International Ltd, Londres.
- Freeman, C. (1987): *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, Pinter Publishers, Londres.
- Kaiser, R. y Prange, H. (2004): "The Reconfiguration of National Innovation Systems –The Example of German Biotechnology", *Research Policy*, 33(3), 395-408.
- Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril, por la que se modifica la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades.
- Lundvall, B-Å. (1992): *National Systems of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Pinter Publishers, Londres.

- Lundvall, B-Å. (2007): "National Innovation Systems – Analytical Concept and Development Tool". *Industry and Innovation*, 14(1), 95-119.
- Malerba, F. (2002): "Sectoral Systems of Innovation and Production", *Research Policy*, 31(2), 247-264.
- NYSE Euronext (2007): "About NYSE Euronext", *NYSE Euronext*, <http://www.euronext.com>.
- OECD (1997): *National Innovation Systems*, Organisation for Economic Co-operation and Development, París.
- OECD (2006): *OECD Science, Technology and Industry Outlook 2006 Highlights*. Organisation for Economic Co-operation and Development, París.
- OECD (2007): *Main Science and Technology Indicators*, volume 2007/1. Organisation for Economic Co-operation and Development, París.
- Patel, P. y Pavitt, K. (1994): "The Nature and Economic Importance of National Innovation Systems", *Science Technology Industry Review, OECD*, 14, 343-373.
- Quintana García, C. y Benavides Velasco, C.A. (2007): "Concentraciones territoriales, alianzas estratégicas e innovación: un enfoque de capacidades dinámicas", *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 30, 5-38.
- Real Decreto 557/2000, de 27 de abril, de reestructuración de los departamentos ministeriales. (BOE nº 102, de 28 de abril de 2000).
- Sharif, N. (2006): "Emergence and Development of the National Innovation Systems Concept", *Research Policy*, 35(5), 745-766.
- Verspagen, B. (2006): "University Research, Intellectual Property Rights and European Innovation Systems", *Journal of Economic Surveys*, 20(4), 607-632.