

BBVA

El cambio tecnológico y la evolución del sistema nacional de innovación estadounidense en el periodo 1880-1990

David C. Mowery

Haas School of Business,
Berkeley University, California
y National Bureau of Economic
Research (NBER)

INTRODUCCIÓN

Desde el siglo XIX el cambio tecnológico ha desempeñado un papel fundamental en el crecimiento económico de Estados Unidos. En los primeros estudios en la materia de Solow (1957) y de Abramovitz (1956) se afirmaba que la intensificación de la mano de obra y del capital representaba no más del 15% del crecimiento total de la producción per cápita estadounidense entre mediados del siglo XIX y mediados del XX. El 85% restante, denominado *residual*, generalmente se considera una medida de los efectos económicos del cambio tecnológico, aunque Abramovitz se refería acertadamente a él como la «medida de nuestra ignorancia». En el presente artículo se analizan las cambiantes características de la innovación y la relación existente entre esta y el crecimiento económico estadounidense durante ese largo periodo.

La transición del siglo XIX al XX estuvo marcada por la modificación de las fuentes de crecimiento económico de Estados Unidos, ya que pasó de la explotación de un rico legado nacional de recursos naturales a la explotación de recursos *creados* a partir del conocimiento y de científicos y técnicos altamente cualificados. Los avances en el campo tecnológico y del conocimiento ayudaron a aprovechar el legado de recursos estadounidense durante el siglo XIX,

facilitando así que este país tomase la delantera al líder mundial de la época, esto es, Gran Bretaña. Sin embargo, desde finales del siglo XIX Estados Unidos tuvo que experimentar una larga transición, del crecimiento económico impulsado por los recursos a otro impulsado por el conocimiento.

La innovación institucional resultó ser un complemento imprescindible de la innovación tecnológica durante y después de este periodo en lo que respecta al desarrollo económico estadounidense. La inversión pública y privada en nuevas estructuras organizacionales concebidas para apoyar la creación de conocimientos, la innovación y la enseñanza, fue esencial en la cambiante trayectoria del crecimiento económico de Estados Unidos en los siglos XIX y XX. La inversión hecha por el gobierno federal y los gobiernos estatales apoyó la creación de una infraestructura de enseñanza superior que al final demostró ser una importante fuente de conocimientos científicos y técnicos, así como de expertos (Goldin y Katz, 2009). La inversión industrial en el desarrollo de nuevas tecnologías también fue especialmente relevante durante el siglo XX. Por último, durante el periodo 1945-1989, dominado por tensiones geopolíticas que provocaron cuantiosas inversiones de fondos públicos en defensa y otros ámbitos afines por

parte del gobierno federal, se produjo una nueva transformación de esta compleja combinación de instituciones públicas y privadas dedicadas a financiar la innovación.

En este artículo examinamos el desarrollo del *sistema nacional de innovación* estadounidense desde finales del siglo XIX hasta finales del XX. El marco de referencia del *sistema nacional de innovación* utilizado para analizar los resultados y la política en materia de innovación es objeto de muchos estudios académicos, que han florecido desde que este concepto se articuló por primera vez en la obra de Freeman (1987; véanse también las obras de Lundvall, 1992 y de Nelson, 1993). Por lo común, dentro de los sistemas *nacionales* de innovación se incluyen las instituciones, las políticas y la normativa, los agentes, los procesos que afectan a la creación de conocimientos, los procesos de innovación que traducen la investigación en aplicaciones (para su venta comercial o para su utilización en contextos *no mercantiles* como la defensa nacional) y los procesos que influyen en la adopción de innovaciones.

Por lo tanto, el sistema nacional de innovación estadounidense incluye no solo a las instituciones que llevan a cabo la investigación y el desarrollo, además del volumen y las fuentes de financiación de esa I+D, sino también las políticas y normas (como la política antimonopolio, los derechos de propiedad industrial e intelectual y la política regulatoria) que afectan al desarrollo tecnológico, a la formación de científicos y técnicos especializados y a la adopción de tecnologías. Otros elementos institucionales, como los sistemas nacionales de enseñanza superior, las finanzas empresariales y el buen gobierno de las empresas son también elementos fundamentales de los sistemas nacionales de innovación. La estructura del sistema de innovación de un país es el resultado de complejos procesos históricos de desarrollo institucional que se ven afectados por las políticas públicas y por otros factores. Además, los resultados finales de esos sistemas dependen en parte de las acciones y

las decisiones de empresas privadas, que pueden reforzar o atenuar los efectos de las políticas gubernamentales.

PERSPECTIVA GENERAL DEL AVANCE ECONÓMICO ESTADOUNIDENSE DURANTE EL PERIODO 1800-1910

Abramovitz y David (2000), David y Wright (1997) y Wright (2007) consideran que el crecimiento económico en Estados Unidos en el siglo XIX fue más intensivo en capital y recursos naturales que el crecimiento en Europa occidental durante el mismo periodo. El carácter intensivo en capital del crecimiento económico estadounidense en el siglo XIX fue consecuencia de las elevadas tasas de inversión y de innovaciones de relevancia en las infraestructuras de transportes y comunicaciones (canales, ferrocarriles, telégrafo y teléfono) que contribuyeron al desarrollo de otro importante factor del crecimiento económico de Estados Unidos, en aquel siglo, a saber, el gran mercado nacional unificado que los fabricantes en particular supieron explotar tras la guerra civil. Durante gran parte del siglo XIX ese mercado nacional se caracterizó por el grado relativamente bajo de desigualdad en materia de rentas, al contrario de Gran Bretaña y otras economías europeas, lo que se tradujo en un amplio y homogéneo perfil de la demanda de los consumidores. Asimismo, la disponibilidad de un sistema de transporte interior fiable durante todo el año facilitaba la exportación de productos agrícolas procedentes de las grandes y relativamente fértiles extensiones de terreno de Estados Unidos.

Durante las dos últimas décadas del siglo XIX la economía estadounidense inició el largo paso de una trayectoria de crecimiento extensivo basada en la intensificación de las aportaciones de capital, recursos y mano de obra, a otra más intensiva en conocimiento, asociada a tasas superiores de crecimiento total de la productividad de los factores económicos (Abramovitz y David, 2002). Uno de los ejemplos más concluyentes de este cambio gradual fue el mayor aprovechamiento de los conocimientos científicos y

técnicos en las industrias de extracción de recursos que se pusieron en marcha a finales del siglo XIX (David y Wright, 1997). Tal como señalan estos autores, Estados Unidos fue un país pionero en el establecimiento de nuevos centros de investigación y enseñanza en materia de ingeniería minera, geología y disciplinas afines, que contribuyeron a la expansión de la producción de minerales y otras materias primas asociadas durante este periodo. Debido en parte al creciente legado de reservas naturales económicamente relevantes, las empresas estadounidenses adoptaron múltiples tecnologías que les permitieron producir en serie, en particular en las industrias metalúrgica y de maquinaria, a finales del siglo que estamos estudiando (Nelson y Wright, 1992: 135)¹.

Muchas de las primeras instituciones académicas especializadas en esos campos de investigación y enseñanza fueron financiadas públicamente, lo cual ponía de relieve otra característica importante del periodo de progreso económico posterior a 1870. La Ley Morrill del año 1862 sentó las bases de una enseñanza superior de financiación pública y (junto con la Ley Hatch de 1887) logró que se ampliaran las dotaciones de los presupuestos estatales y federales destinadas a actividades de investigación y expansión en agricultura. El desarrollo a gran escala de la educación superior en Estados Unidos se produjo en paralelo a la aparición de la primera *universidad de investigación* estadounidense (la Universidad Johns Hopkins, fundada en 1876), basada en el modelo alemán de universidad investigadora que había demostrado su eficacia en el apoyo a la investigación científica y la colaboración con la industria. Pese a que hizo falta esperar muchos años (y gastar miles de millones de dólares de fondos públicos) para que las universidades estadounidenses alcanzaran puestos de liderazgo científico en el mundo, incluso antes de lograr la excelencia investigadora, esas instituciones desempeñaron un papel crucial en la formación de generaciones de científicos, ingenieros y directivos, y establecieron

redes de colaboración en materia de investigación científica y técnica con los sectores industriales estadounidenses que promovieron el crecimiento económico del país a finales del siglo XIX y durante el siglo XX

Gran parte de la innovación tecnológica que impulsó el desarrollo económico estadounidense durante el siglo XIX puede considerarse *precientífica*, ya que se basaba tanto en la experimentación por el método de aproximaciones sucesivas, aplicado por profesionales cualificados, como en actividades que podrían denominarse de «I+D». La dependencia de la innovación del siglo XIX de la «realización de pequeños ajustes» se redujo durante sus últimas décadas, gracias al desarrollo de nuevas áreas de producción e innovación industriales que se basaban en tecnologías más complejas asociadas a otros conocimientos científicos y de ingeniería. Esa dependencia de conocimientos más formalizados implicó que el crecimiento de las «nuevas industrias» de la Segunda Revolución Industrial, en especial la química y la de maquinaria eléctrica, estuviera asociado a inversiones en I+D en la propia empresa, actividad con muy pocos precedentes en la mayoría de las sociedades mercantiles estadounidenses.

Las pioneras en este tipo de innovación organizacional fueron las grandes empresas químicas alemanas del último cuarto del siglo XIX, cuyo crecimiento se basó en las innovaciones hechas en teñidos. No obstante, a principios de siglo XX algunas grandes empresas estadounidenses ya habían creado también sus propios departamentos internos de I+D. Casi con seguridad, el crecimiento de esos laboratorios no hubiera sido posible si no se hubieran producido cambios complementarios en instituciones externas a la empresa, como es el desarrollo de las universidades estadounidenses o de nuevos mecanismos de financiación industrial. Ahora bien, el auge de los laboratorios industriales de I+D supuso también un cambio fundamental en la estructura del sistema nacional de innovación de Estados Unidos.

¹ «Esos nuevos logros de fin de siglo podrían considerarse la confluencia de dos corrientes tecnológicas: el constante avance de las competencias y los rendimientos en materia mecánica y metalúrgica, centrado en la producción a gran escala de mercancías normalizadas, y el proceso de explorar, desarrollar y utilizar la base de recursos minerales de la economía nacional.»

EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN INDUSTRIAL ESTADOUNIDENSE EN LA SEGUNDA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL (1890-1945)

Al término de la primera década del siglo XX algunas grandes empresas de fabricación estadounidenses ya habían creado laboratorios internos de investigación industrial como parte de una reestructuración de más alcance que transformó sus escalas, sus estructuras de dirección, sus cadenas de producción y su proyección en el mundo. Muchos de los primeros inversores empresariales de Estados Unidos en I+D industrial, como General Electric y Alcoa, promovieron innovaciones de productos o de procesos que se basaban en los adelantos habidos en física y química. Los laboratorios internos de I+D contribuyeron a acelerar la integración del proceso de desarrollo y mejora de la tecnología industrial en el ámbito de las empresas manufactureras estadounidenses, reduciendo así la importancia tecnológica y económica del inventor independiente (Schmookler, 1957).

Sin embargo, los centros internos de investigación de las grandes empresas estadounidenses no se dedicaban solo a crear nuevas tecnologías. A semejanza de los laboratorios de las empresas alemanas de teñidos, esos laboratorios industriales estadounidenses también estaban al tanto de los desarrollos tecnológicos habidos fuera de la empresa y asesoraban a la alta dirección en cuanto a la adquisición de tecnologías desarrolladas externamente. Así, por ejemplo, muchas de las grandes innovaciones de Du Pont en materia de productos y procesos durante este periodo se realizaron a partir de fuentes externas a la empresa, que posteriormente Du Pont desarrollaba y comercializaba (Mueller, 1962; Hounshell y Smith, 1988; Hounshell, 1995)². Los centros internos de I+D de las empresas estadounidenses evolucionaron en paralelo a los laboratorios independientes de I+D, que llevaban a cabo sus investigaciones por encargo, en el marco de contratos de servicio (véase también Mowery, 1983a). Ahora bien, a lo largo del siglo XX se fue reduciendo

paulatinamente el porcentaje de investigadores industriales pertenecientes a laboratorios de investigación independientes.

La evolución de la investigación industrial en Estados Unidos también estuvo influida por otro factor, inexistente en Alemania, durante el siglo XIX y principios del XX, esto es, la regulación jurídica de la competencia. A finales del siglo XIX, las interpretaciones judiciales de la Ley Sherman de lucha contra actividades monopolísticas habían hecho que los convenios firmados entre empresas para el control de precios y de la producción fueran objeto de enjuiciamiento civil. La ola de fusiones de empresas habida en Estados Unidos en el periodo 1895-1904, en especial después del año 1898, fue una de las respuestas a este nuevo marco jurídico. Como los acuerdos de fijación de precios y de distribución de mercados, tanto formales como informales, habían sido declarados ilegales en un número cada vez mayor de causas judiciales, las empresas recurrieron a la realización de fusiones horizontales para el control de precios y mercados³.

El impulso que la Ley Sherman dio a las fusiones horizontales finalizó en 1904 con el fallo del Tribunal Supremo relativo a la causa «Northern Securities», aunque muchas grandes empresas estadounidenses respondieron al nuevo marco antimonopolio con la adopción de estrategias de diversificación basadas en actividades internas de I+D que brindaban apoyo a la comercialización de nuevas tecnologías desarrolladas internamente o adquiridas a proveedores externos. George Eastman consideraba que la investigación industrial era una vía para apoyar la diversificación y el crecimiento de su empresa Eastman Kodak (Sturchio, 1988: 8). Por su parte, la compañía Du Pont utilizaba la investigación industrial para diversificarse fuera de los negocios de pólvora negra y sin humos, incluso antes de la sentencia judicial antimonopolio del año 1913 que obligó a la empresa a enajenar sus negocios de pólvora negra y de dinamita (Hounshell y Smith, 1988: 57).

² Los centros de investigación de AT&T desempeñaron un papel decisivo en la adquisición del *triado* al inventor independiente Lee de Forest y, además, asesoraron a la alta dirección de la empresa en su decisión de adquirir la tecnología de bobina de carga de Pupin (Reich, 1985). El área de investigación de General Electric supervisaba los adelantos tecnológicos extranjeros en materia de filamentos de bombillas, así como las invenciones de empresas o personas externas, y también se dedicaba a comprar los derechos de patentes de innovaciones llevadas a cabo en todo el mundo (Reich, 1985: 61). La compañía Standard Oil de Nueva Jersey creó su Departamento de Desarrollo precisamente con el propósito de desarrollar tecnologías adquiridas a otras fuentes y no de efectuar investigaciones originales (Gibb y Knowlton, 1956: 525). La división de I+D de Alcoa también supervisaba estrechamente las innovaciones de procesos y muchas veces las adquiría externamente (Graham y Pruitt, 1990: 145-147).

³ V. Stigler (1968). El Tribunal Supremo resolvió en la causa «Trans Missouri Association» en 1898 y en la causa «Addyston Pipe» en 1899 que la Ley Sherman prohibía todo tipo de acuerdos entre empresas en materia de precios o de reparto de mercados. Los datos aportados en las obras de Thorelli (1954) y de Lamoreaux (1985) muestran un incremento en el número de fusiones habidas entre los periodos de 1895-1898 y de 1899-1902. Lamoreaux (1985) sostiene que otros factores, incluida la mayor intensidad de capital de las tecnologías de producción y el consecuente aumento de los costes fijos, influyeron de forma más significativa en la ola de fusiones estadounidense, pero en su estudio (p. 109) también se reconoce la importancia de la Ley Sherman en cuanto al apogeo de la ola de fusiones. Asimismo, Lamoreaux hace hincapié en los incentivos creados por la aplicación más

rigurosa de la Ley Sherman después de 1904 para que las empresas buscasen alternativas a la fusión o la cartelización en forma de estrategias para el logro o el mantenimiento del dominio del mercado.

⁴ Esas estrategias de adquisición de tecnologías se apoyaban en un mercado nacional de la propiedad intelectual que creció mucho durante el periodo 1880-1920. En opinión de Lamoreaux y Sokoloff (1999), el desarrollo del mercado nacional de la propiedad intelectual permitió que los inventores independientes se especializaran y, de ese modo, mejorasen su productividad y los resultados innovadores generales de la economía estadounidense durante este periodo. Sin embargo, en los primeros años del siglo XX el incremento de los costes de las invenciones y la mayor demanda de formación formal científica y técnica provocaron la sustitución de los inventores independientes por los pertenecientes a empresas (Lamoreaux y Sokoloff, 2005).

⁵ Hounshell y Smith (1988: 298) indican que 46 de los 176 doctores supervisados por Carl Marvel, durante mucho tiempo profesor de la Facultad de Químicas de la Universidad de Illinois, encontraron trabajo en una sola empresa: Du Pont. Según Thackray (1982: 221), el 65% de los 184 doctores supervisados por el profesor Roger Adams de la Universidad de Illinois durante el periodo 1918-1958 empezó a trabajar directamente en investigación industrial. En 1940, 30 de los 46 doctores titulados por la Facultad de Químicas de la Universidad de Illinois encontraron su primer empleo en la industria.

Pese a que la legislación antimonopolio estadounidense tuvo un efecto disuasorio en la realización de fusiones horizontales entre grandes empresas en las mismas áreas de negocio, durante gran parte del periodo previo a 1940 tuvo escasa repercusión en las iniciativas emprendidas por esas empresas para adquirir nuevas tecnologías externamente. El desarrollo de la investigación industrial, así como la creación de un mercado para la adquisición y la venta de tecnologías industriales, también se vieron beneficiadas por las reformas habidas entre 1890 y 1910 en la política de patentes de Estados Unidos, que reforzaron los derechos de los titulares de las patentes (Mowery, 1995)⁴. La tolerancia judicial con respecto a políticas que permitían la inclusión de unas condiciones más restrictivas de la competencia en las licencias de explotación de patentes aumentó aun más el valor de las patentes en las estrategias de investigación de las empresas. Aunque la búsqueda de nuevas patentes incentivaba la investigación industrial, la inevitable caducidad de esas patentes también fomentaba mucho el establecimiento de laboratorios de investigación industrial. Por ejemplo, American Telephone and Telegraph y General Electric crearon o ampliaron sus laboratorios internos en respuesta a la cada vez mayor presión competitiva derivada de la caducidad de algunas patentes básicas (Reich, 1985; Millard, 1990: 156). Las continuas iniciativas destinadas a mejorar y proteger los activos tecnológicos de las empresas servían de complemento a la adquisición de patentes en tecnologías afines pertenecientes a otras empresas y a inventores independientes.

Muchos de los componentes del modelo de *innovación abierta*, definido por su principal defensor como un nuevo modelo para la gestión de la innovación empresarial según el cual «las empresas pueden y deben utilizar las ideas externas y las internas» (Chesbrough, 2003), estuvieron presentes en las primeras fases del desarrollo de la I+D industrial de Estados Unidos. Los propios centros de I+D de las principales

empresas industriales actuaban como supervisores de los desarrollos tecnológicos externos y apoyaban la compra por parte de sus sociedades matrices de importantes innovaciones a inventores independientes y a otras empresas.

Otro aspecto en el que el desarrollo de la investigación industrial del periodo anterior a 1940 se asemeja al de los últimos veinte años es la colaboración entre la investigación industrial y la académica. Furman y MacGarvie (2005) ponen de relieve que los centros de I+D de la industria farmacéutica creados en el periodo 1927-1946 en Estados Unidos solían estar ubicados cerca de las universidades líderes en investigación, y también ofrecen otras pruebas de colaboración en materia farmacéutica entre la universidad y la industria durante ese periodo. Otros autores (Mowery *et al.*, 2004; Rosenberg, 1998) han subrayado la importancia de ese tipo de cooperación en ese mismo periodo, especialmente en lo que atañe al desarrollo de campos de investigación tan importantes como la ingeniería química.

La formación de científicos e ingenieros por las universidades públicas para su dedicación a la investigación industrial también unió a la industria y las universidades estadounidenses durante las primeras décadas del siglo XX. Las personas con titulación de doctor que habían sido formadas en universidades públicas fueron elementos clave de la expansión del empleo en materia de investigación industrial en este periodo (Thackray, 1982: 211)⁵. El tamaño de este cualificado conjunto de recursos humanos era tan importante como su calidad, si bien, a pesar de que la situación estaba mejorando en la década anterior a 1940, Cohen (1976) señala que prácticamente todos los científicos *serios* estadounidenses completaban sus estudios en universidades europeas. Thackray *et al.* (1985) sostiene que la investigación química estadounidense durante este periodo fue objeto de interés (en forma de citas en otros trabajos científicos) tanto por su cantidad como por su calidad.

El gasto federal en I+D durante los años treinta constituyó del 12 al 20% del gasto total estadounidense en esa materia, del que la industria representaba alrededor del 66%. El resto provenía de universidades, gobiernos estatales, fundaciones privadas y centros de investigación. Algunos cálculos indican que es posible que los fondos estatales llegaran a representar hasta el 14% de la financiación de la investigación universitaria durante los años 1935 y 1936 (Resources Planning Board, 1942: 178). Además, según esos datos parece que la contribución de los gobiernos estatales a la investigación universitaria en materia no agrícola superó a la contribución federal, en marcado contraste con el periodo posterior a la guerra. El modesto papel desempeñado por el gobierno federal en la financiación de la I+D estadounidense durante los años treinta varió radicalmente como consecuencia de los acontecimientos políticos ocurridos en los veinte años siguientes.

LA TRANSFORMACIÓN DEL SISTEMA DE INNOVACIÓN ESTADOUNIDENSE EN EL PERIODO 1945-1989

La guerra mundial de 1939-1945 transformó la estructura de las organizaciones de I+D en todas las economías industriales. No obstante, en ningún país industrializado ese cambio fue tan impresionante como en Estados Unidos. La estructura del sistema de I+D estadounidense anterior a 1940 era semejante a la de los principales países industrializados de la época, como Reino Unido, Alemania y Francia, caracterizada por el hecho de que la industria era la fuente principal de financiación y de ejecución de la I+D y porque la financiación del gobierno central en este campo era reducida. Ahora bien, después de la guerra el sistema estadounidense de I+D se hizo distinto al de las demás economías industriales en, al menos, los tres aspectos siguientes: 1. la política antimonopolio de Estados Unidos durante el periodo posterior a la guerra fue más rigurosa de lo habitual; 2. algunas nuevas pequeñas empresas tuvieron un papel muy importante en la comercialización de las nuevas tecnologías,

especialmente en el campo de las tecnologías de la información⁶; y 3. la financiación y la adquisición de I+D asociada a la defensa ejercieron una influencia capital en los sectores de alta tecnología de la economía estadounidense.

Una de las características primordiales de la transformación institucional del sistema nacional de innovación de Estados Unidos durante este periodo fue el creciente apoyo federal a la I+D, en su mayor parte a la asociada a la defensa. Precisamente el gasto destinado a este tipo de I+D supuso más del 80% del gasto federal total en investigación y desarrollo durante casi toda la década de los cincuenta, que además pocas veces fue inferior al 50% del gasto federal en I+D durante todo el periodo 1949-2005 (véase el Gráfico 1 con datos procedentes de la U.S. Office of Management and Budget, 2005). Como el gasto federal en I+D representó más del 50% del gasto nacional total por ese concepto durante el periodo 1953-1978 (solo se dispone de datos relativos a la inversión nacional total en I+D a partir de 1952) y solo disminuyó por debajo del 40% en 1991 (el porcentaje más reducido después de la guerra corresponde al año 2000 con un 25%, tal como se muestra en el Gráfico 2 con datos procedentes del National Science Board, 2006), resulta evidente la relevancia de la inversión del gobierno federal en materia de I+D asociada a la defensa. Incluso en algunos años del periodo posterior a la guerra (por ejemplo, a finales de los cincuenta y principios de los sesenta) esta clase de inversión representó casi la mitad de todo el gasto nacional en I+D.

Los programas de I+D relacionados con la defensa influyeron en el proceso de innovación de la economía estadounidense durante todo el periodo posterior a la Segunda Guerra Mundial. Una gran parte de la *infraestructura de I+D* de la economía de la posguerra (incluyendo los grandes centros de investigación de la industria, del gobierno o de las universidades) se creó con fondos provenientes de programas de I+D asociados a la defensa. Además, los fondos relacionados con la defensa destinados a la investigación

⁶ Chandler e Hikino (1997) sostienen que las empresas ya consolidadas dominaban la comercialización de las nuevas tecnologías en la mayoría de los sectores de la economía estadounidense con posterioridad a la guerra, con la importante excepción de las «...tecnologías de procesamiento electrónico de datos basadas en transistores y circuitos integrados...» (p. 33).

Gráfico 1. Financiación federal y no federal de la I+D, 1953-2002

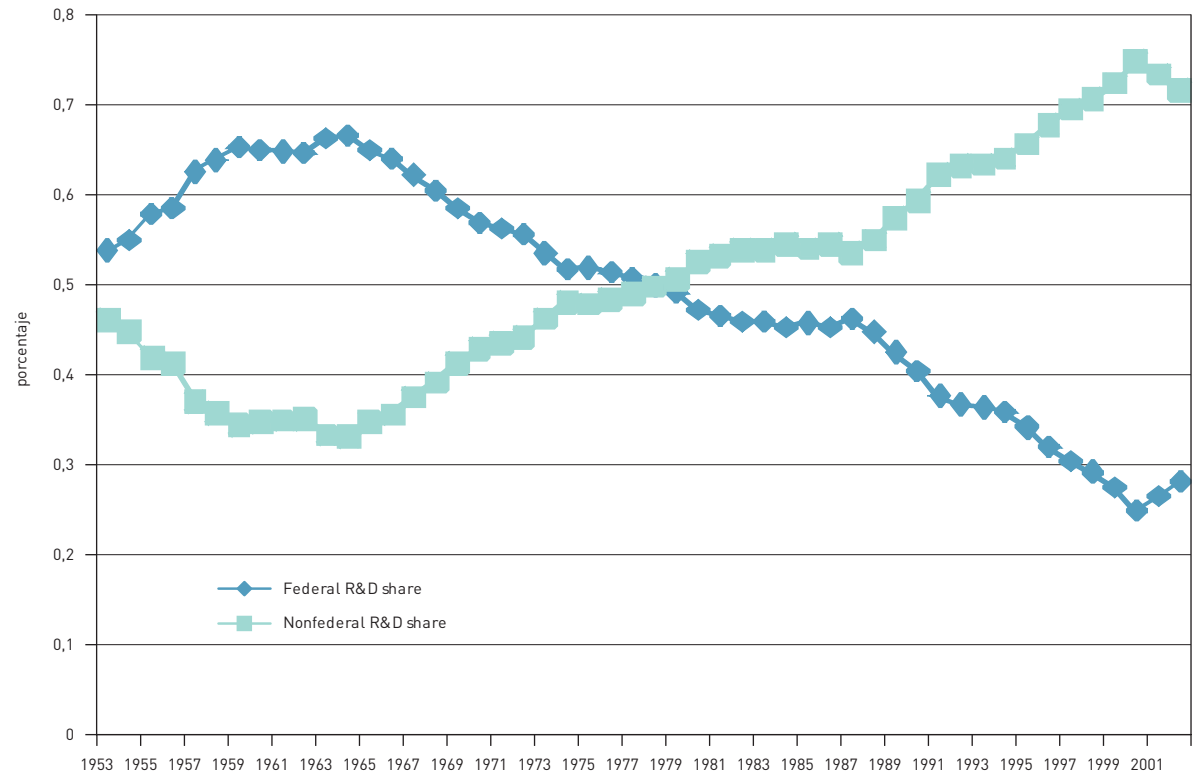
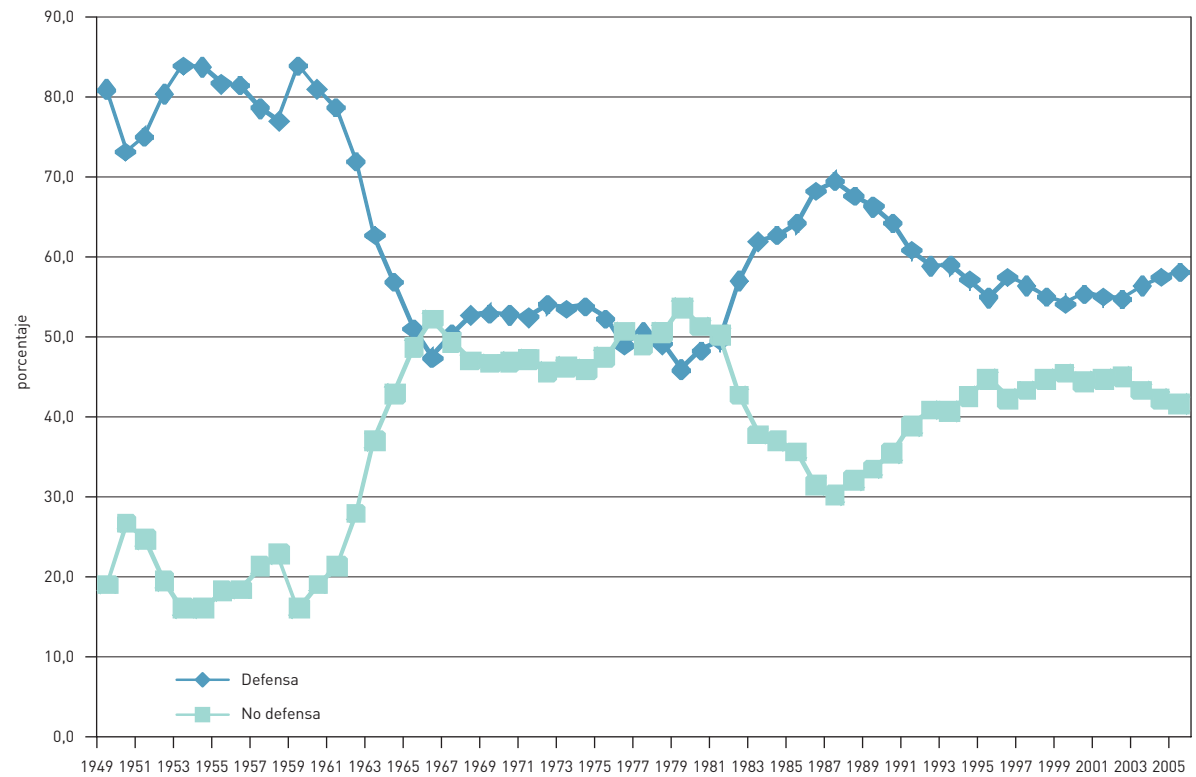


Gráfico 2. Porcentajes en defensa y no defensa de los desembolsos totales del gobierno federal en I+D, 1949-2005



académica en campos como las ciencias informáticas o la oceanografía sirvieron para financiar la formación de miles de científicos e ingenieros. Una importante segunda vía de influencia estuvo asociada a los *productos derivados* tecnológicos, es decir, a los avances tecnológicos desarrollados para aplicaciones afines a la defensa que encontraron grandes mercados en la economía civil. Ese tipo de aplicaciones derivadas fue especialmente relevante en el sector aeroespacial y las tecnologías de la información.

La tercera importante vía por la cual el gasto en nuevas tecnologías relacionadas con la defensa promovió las aplicaciones tecnológicas civiles y contribuyó al aprovechamiento de los productos derivados tecnológicos fue la de los contratos públicos de suministro. Por lo común, los programas de I+D relacionados con la defensa de la posguerra se complementaban con importantes compras de nuevas tecnologías. Las fuerzas armadas estadounidenses, cuyas condiciones para la adjudicación de contratos públicos habitualmente hacían hincapié en los resultados y las prestaciones finales por encima de cualesquiera otras condiciones (incluido el coste), desempeñaron una función especialmente importante durante el periodo posterior a 1945 en su calidad de *comprador principal* que efectuaba grandes pedidos de las primeras versiones de nuevas tecnologías. Esos pedidos de compra permitieron que los proveedores de productos como los transistores o los circuitos integrados redujeran sus precios e incrementasen su fiabilidad y funcionalidad⁷. Los contratos públicos hicieron que los innovadores se beneficiasen del aprendizaje vinculado a la producción y de reducciones de costes gracias al aumento de la producción de las primeras versiones de una nueva tecnología. La disminución de los costes de producción permitió que los precios se redujesen y se abrieran nuevos mercados civiles (por lo general, más sensibles a los precios) para esas tecnologías.

Entre los ejemplos de productos tecnológicos derivados del gasto en I+D relacionado con la defensa estadounidense tras la Segunda Guerra

Mundial destacan el motor a reacción y el fuselaje de ala en flecha que transformaron el sector de la aviación comercial de la posguerra. Los grandes avances en materia de interconexiones informáticas y de tecnologías de memoria informática, que rápidamente se manifestaron en forma de aplicaciones civiles y programas militares, también tienen su origen en programas de I+D destinados a la defensa. La contratación pública asociada a la defensa fue especialmente importante en la industria de las tecnologías de la información de Estados Unidos tras la guerra. Sin embargo, en otras áreas, como las máquinas herramientas controladas digitalmente, la demanda relacionada con la defensa de aplicaciones de nuevas tecnologías tuvo efectos negativos en el futuro comercial de las empresas estadounidenses de máquinas herramientas (Mazzoleni, 1999; Stowsky, 1992). Por otro lado, las tecnologías de reactores nucleares de agua ligera que se desarrollaron primeramente para aplicaciones militares fueron al final muy escasamente adaptadas al sector civil (Cowan, 1990).

Las vías de interacción promovidas por los productos derivados y la contratación pública fueron especialmente significativas cuando las exigencias civiles y militares de nuevas tecnologías coincidían en gran medida y también cuando la demanda asociada a la defensa representaba un elevado porcentaje de la demanda total de una nueva tecnología. Tanto en el sector aeroespacial como en el de las tecnologías de la información, la relevancia económica y tecnológica de las aplicaciones derivadas militares y civiles parece haber disminuido como consecuencia de la cada vez mayor divergencia de los requisitos tecnológicos de los productos militares y civiles, así como del crecimiento de los mercados civiles para esos productos. Además, en algunos casos, como en las tecnologías de la información, el efecto de las aplicaciones militares en el rumbo general del desarrollo técnico no solo se redujo en los años noventa, sino que las tecnologías de la defensa en algunos campos iban rezagadas respecto a las del sector civil, reflejando así la

⁷ Las nuevas tecnologías conllevan un largo periodo de *depuración*; de mejora de los resultados, las prestaciones y la fiabilidad; de reducción de los costes, y de aprendizaje a través de los usuarios y los productores en cuanto a las aplicaciones y al mantenimiento (Mowery y Rosenberg, 1999). El ritmo y las pautas de dicha mejora progresiva afectan a su tasa de adopción, la cual a su vez influye en el desarrollo de esas innovaciones.

menor influencia de la demanda asociada a la defensa y la mayor inversión en I+D para la innovación de las empresas privadas.

Aunque comúnmente los programas de I+D en el campo de la defensa están más centrados en el gasto en *desarrollo* que en *investigación*, la mera magnitud de la inversión global de fondos públicos permitía que la I+D relacionada con la defensa y a cargo del gobierno financiara la investigación académica en múltiples disciplinas de las ciencias físicas y la ingeniería. Pero los fondos federales destinados a I+D en ciencias biomédicas, que en gran medida se asignaban a la investigación, también crecieron mucho durante el periodo posterior a 1945. Pese a que el principal organismo federal proveedor de fondos para la investigación biomédica, el Instituto Nacional de Sanidad (NIH, según sus siglas en inglés), se creó en 1930, su programa de investigación externa no empezó a recibir grandes ayudas hasta la constitución en 1937 del Instituto Nacional del Cáncer, el primero de los veintiocho centros de investigación del NIH (Swain, 1962), y a finales de los años cuarenta los programas de investigación externa del NIH empezaron a crecer más rápidamente⁸. En 1970 los fondos destinados por el NIH a la investigación académica ascendieron a 2.000 millones de dólares (en dólares del año 2000), que llegaron a superar la cifra de 13.000 millones en 2009.

El rápido crecimiento del presupuesto del NIH, junto con el menor crecimiento de la I+D asociada a la defensa desde 1970, modificaron el desglose disciplinar de la investigación financiada por el gobierno federal, disminuyendo la importancia de la investigación en ciencias físicas e ingeniería y aumentando la de la correspondiente a ciencias biomédicas. Ese incremento de la financiación federal de la I+D biomédica ha sido superado por el crecimiento de la inversión privada en I+D en el sector farmacéutico estadounidense desde el año 1990. A principios del siglo XXI el gasto en I+D financiado con fondos federales representaba menos del 40% del gasto total en I+D de este sector⁹. En la actualidad,

el NIH financia la mitad del conjunto de I+D federal no relativa a la defensa y más del 60% de la investigación financiada federalmente de las universidades estadounidenses¹⁰.

Las ayudas brindadas por el NIH a la investigación académica facilitaron los progresos científicos en biología molecular y otros campos afines que dieron lugar al nacimiento de la industria de biotecnología durante los años setenta y ochenta. Los avances científicos logrados en universidades como las de Columbia, Stanford y California en San Francisco permitieron realizar nuevas aplicaciones en el sector farmacéutico y otros relacionados con él. Esas tres universidades y algunas otras más se convirtieron en importantes *incubadoras* de nuevas empresas y patentaron cada vez con mayor frecuencia los descubrimientos de su personal docente. Incluso antes de la adopción de la Ley Bayh-Dole en 1980, se habían registrado importantes patentes en nombre de esas tres universidades y las concesiones de licencias por parte de las universidades en el campo biomédico crecieron rápidamente durante los años ochenta y noventa (Mowery *et al.*, 2004).

A diferencia de las inversiones federales en tecnologías de la información, la política federal en materia de I+D en el sector biomédico no combinaba el *mecanismo de prioridad a la demanda* asociado a los contratos federales de suministro con sus grandes inversiones en investigación. Sin embargo, debido al predominio del sistema de pagos de terceros (de origen público o privado) en la mayor parte de la asistencia sanitaria en Estados Unidos, tanto los pacientes como los médicos eran más sensibles a los resultados que al precio. Como consecuencia de ello, las nuevas tecnologías solían imponer una prima sobre el precio en el mercado biomédico de Estados Unidos aun más elevada que en otros países industrializados, donde los sistemas públicos de la seguridad social a menudo limitaban los precios y los márgenes. Es posible que esos incentivos para adoptar y aplicar rápidamente nuevas tecnologías hayan influido en el

⁸ La mayor parte (el 80%) del presupuesto anual de investigación del NIH se dedica a financiar la investigación llevada a cabo en laboratorios de universidades, por lo general en las facultades de Medicina.

⁹ La U.S. Pharmaceutical Manufacturers Association calculaba que las empresas farmacéuticas extranjeras y estadounidenses habían invertido más de 26.000 millones de dólares en I+D en Estados Unidos en 2002, muy por encima de la inversión en I+D por valor de 16.000 millones de dólares del NIH de ese mismo año (véanse ambos cálculos en la publicación de la Pharmaceutical Manufacturers Association de 2003).

¹⁰ National Science Foundation/ Division of Science Resources Statistics, «Survey of Research and Development Expenditures at Universities and Colleges», año fiscal de 2006. <http://www.nsf.gov/statistics/nsf08300/pdf/nsf08300.pdf>.

aprovechamiento comercial de los conocimientos y los métodos generados por las inversiones en I+D del NIH por parte de las empresas farmacéuticas, de aparatos médicos y de biotecnología de Estados Unidos.

Como ya observamos anteriormente, una característica internacionalmente única del sistema nacional de innovación de Estados Unidos, que se remonta hasta finales del siglo XIX, ha sido el carácter inusualmente riguroso de su política antimonopolio, que ejerció una gran influencia en las primeras estrategias de I+D de muchas de las principales empresas industriales del país. La política de lucha contra los monopolios siguió afectando al desarrollo de la I+D industrial durante el periodo de posguerra, y en los años cincuenta y sesenta dificultó que las grandes empresas pudieran adquirir sociedades de sectores o tecnologías *afines* e incrementó su dependencia de fuentes internas para la adopción de nuevas tecnologías (Fligstein, 1990). En el caso de Du Pont, la utilización del laboratorio central y de su departamento de Desarrollo para la búsqueda de tecnologías de origen externo fue descartada por la alta dirección de la compañía debido a las restricciones antimonopolio a las que estaban sujetas las adquisiciones de empresas en industrias afines. Por ello, el descubrimiento interno (pero no el desarrollo) de nuevos productos se convirtió en algo primordial (Hounshell y Smith, 1988; obra en la que se hace hincapié en la expansión de posguerra de esta empresa en materia de I+D y su búsqueda de *nuevo nailon*¹¹), al contrario de la estrategia de la empresa con anterioridad a la Segunda Guerra Mundial. La concentración interna de la investigación de Du Pont parece haber afectado a los resultados innovadores de la empresa después de la guerra, pese a que su laboratorio central de investigación corporativa consiguió un prestigio invaluable entre la comunidad científica mundial.

En otras empresas estadounidenses la alta dirección intentó mantener el crecimiento por medio de la adquisición de sociedades de áreas

de negocio no relacionadas con las propias empresas, creando así conglomerados industriales con poca o ninguna vinculación tecnológica entre productos y procesos. Chandler (1990) y otros autores (por ejemplo, Ravenscraft y Scherer, 1987; Fligstein, 1990) sostienen que la diversificación redujo la comprensión de la alta dirección, así como su compromiso, con respecto al desarrollo de las tecnologías que tradicionalmente habían sido esenciales para el éxito competitivo, minando así la calidad y la coherencia del proceso de toma de decisiones en asuntos relacionados con las tecnologías¹².

Otra característica novedosa del sistema nacional de innovación de Estados Unidos durante el periodo 1945-1990, muy distinta al del periodo anterior a 1940, fue la presencia destacada de nuevas empresas en la comercialización de las nuevas tecnologías. En los sectores que realmente no existían antes de 1940, como el informático, el de semiconductores o el de biotecnologías, las nuevas empresas desempeñaron una función primordial en la comercialización de las innovaciones. Tras la Guerra, esos sectores fueron muy distintos en Estados Unidos a sus equivalentes en Japón y la mayoría de los países de Europa occidental, donde las tradicionales empresas electrónicas y farmacéuticas seguían dominando la comercialización de esas tecnologías.

Son varios los factores que explican la importancia de las nuevas empresas en el sistema de innovación estadounidense de posguerra. Los grandes centros de investigación básica de las universidades, del Estado y de algunas empresas privadas actuaron como *incubadoras* para el desarrollo de innovaciones que *traspasaron el umbral* gracias a las personas que constituyeron sociedades para comercializarlas. Pese a que Klepper (2009) sostiene que un modelo similar de iniciativa empresarial y constitución de nuevas empresas en la misma región geográfica también se dio en el sector automovilístico estadounidense de principios del siglo XX, la evolución de posguerra de los sectores de

¹¹ Hounshell y Smith (1988) así como Mueller (1962) sostienen que el descubrimiento y el desarrollo del nailon, una de las innovaciones de mayor éxito comercial de Du Pont, en realidad fueron atípicas frente a su estrategia de I+D anterior a 1940, ya que tenían un muy cercano parecido con la *innovación abierta*. En lugar de desarrollarlo hasta la comercialización tras su adquisición por Du Pont, el nailon se basaba en la investigación básica del Carothers en las instalaciones centrales de investigación corporativa de Du Pont. No obstante, el éxito del desarrollo del nailon desde la investigación básica hasta la comercialización ejerció una enorme influencia en la estrategia de I+D de posguerra de la empresa, sobre todo debido a que muchos altos directivos de Du Pont tenían experiencia directa en el proyecto del nailon. Hounshell (1992) sostiene que Du Pont tuvo mucho menos éxito a la hora de aplicar las «lecciones del nailon» a la gestión de innovaciones de fibras sintéticas muy costosas como Delrin en la época de posguerra.

¹² El estudio llevado a cabo por Graham (1986) acerca del fracaso de RCA a la hora de comercializar su tecnología de videodiscos frente a la enorme diversificación de la empresa en sectores tan poco afines como el de agencias de alquiler de coches o el de alimentos congelados, constituye un análisis ilustrativo de los fallos relativos a la gestión de las tecnologías que acompañaron a las estrategias de diversificación en forma de conglomerados industriales de muchas empresas estadounidenses durante los años sesenta y setenta.

biotecnologías, microelectrónica e informática de Estados Unidos estuvo enormemente influenciada por esas nuevas sociedades filiales creadas a partir de empresas ya consolidadas. Además, la elevada movilidad de la mano de obra en las aglomeraciones regionales de empresas de alta tecnología actuó como vía esencial para la difusión de tecnologías y como un imán para que otras empresas de industrias afines se ubicasen en esas zonas. Esa movilidad laboral también contribuyó a transferir conocimientos y competencias especializadas en muchas de esas incipientes industrias de alta tecnología¹³. La relevancia de las nuevas empresas en la comercialización de las innovaciones de posguerra en esos nuevos sectores también dependió de la extensión del régimen de financiación industrial basado en recursos propios a empresas mucho más pequeñas, que diferenció a la economía estadounidense de la alemana y la japonesa.

CONCLUSIÓN

Al igual que otros países industrializados, Estados Unidos pasó de ser una economía cuyos resultados se basaban en la explotación de los recursos naturales nacionales, incluidos los agrícolas, a una *economía basada en el conocimiento* en el siglo xx. Hicieron falta muchos años para lograr esta transición que, además, se caracterizó por la manifestación de algunos fenómenos denominados comúnmente «los sellos distintivos de la innovación» del siglo xxi. La *innovación abierta*, por ejemplo, a tenor de la cual las grandes empresas utilizan sus capacidades internas para explorar el horizonte tecnológico con el propósito de realizar adquisiciones potenciales de nuevas tecnologías, describe fielmente las estrategias de muchos de los grandes pioneros empresariales estadounidenses en cuanto a I+D interna durante los primeros años del siglo xx. Sus adquisiciones externas de tecnologías también dependían del funcionamiento de un mercado de la propiedad industrial e intelectual que estuvo ampliamente generalizado durante las primeras décadas del siglo xx, aunque

su importancia posterior fue sustituida por las actividades de desarrollo tecnológico interno de las grandes empresas.

En este breve estudio también se destaca la estrecha interrelación existente entre las influencias tecnológicas, políticas e institucionales en la evolución del sistema nacional de innovación de Estados Unidos. En el análisis se ponen de relieve las relaciones entre los procesos de innovación tecnológica y de adopción de las nuevas tecnologías, elemento fundamental del crecimiento económico de todas las economías industrializadas. Una gran parte de la influencia económica del gasto federal en I+D posterior a 1945, por ejemplo, procedía de los efectos de la política pública en el apoyo al desarrollo de nuevas tecnologías y el respaldo a su rápida adopción. Además, en campos como las tecnologías de la información, la adopción generalizada por los usuarios estadounidenses de innovaciones como los ordenadores de sobremesa y la interconexión informática creó una inmensa plataforma que promovió la innovación impulsada por los usuarios. Para este tipo de *tecnología multiusuario* en particular, la innovación y la adopción interactuaron efectivamente y se aceleraron entre sí. Las políticas públicas que se conciben para hacer frente a los futuros retos tecnológicos, como el cambio climático en el mundo o la salud pública, deberán tener en cuenta la importancia de la coherencia y del apoyo a la innovación tecnológica y a la adopción de nuevas tecnologías.

¹³ Al analizar el desarrollo de la tecnología del láser, Bromberg (1991) subraya la importancia de las relaciones en Estados Unidos entre las entidades financiadoras de la investigación y las que la llevaban a cabo durante los años cincuenta y sesenta que, a su vez, se basaban en la movilidad de los investigadores: «Los científicos académicos estaban relacionados con los científicos industriales por medio de las consultorías que los profesores universitarios efectuaban a empresas grandes y pequeñas, del patrocinio industrial de becas de investigación universitarias y del trabajo de graduados universitarios y de doctores en la industria. Se relacionaban a través de proyectos conjuntos, uno de cuyos principales ejemplos es el trabajo de Townes-Schawlow sobre máseres ópticos, y de años sabáticos tomados por los académicos para trabajar en la industria y por los científicos industriales para colaborar en las universidades. Los científicos académicos mantenían relaciones con los grupos de I+D del Ministerio de Defensa y con otras instituciones gubernamentales por medio de periodos de servicio en centros de investigación, como el Instituto de Análisis de la Defensa, de su trabajo en laboratorios financiados por ese Ministerio, como el Laboratorio de Radiación de Columbia o el Laboratorio de Investigación Electrónica del MIT, y de grupos de estudio gubernamentales y consultorías. También estaban comunicados entre sí, debido a que una gran parte de su investigación estaba financiada por el Ministerio de Defensa y por la NASA» [Bromberg, 1991: 224].

BIBLIOGRAFÍA

- ABRAMOVITZ, M. (1956), «Resource and Output Trends in the United States, since 1870», *American Economic Review* 46, pp. 5-23.
- ABRAMOVITZ, M., y P. A. DAVID (2000), «American Macroeconomic Growth in the Era of Knowledge-Based Progress», en S. L. Engerman y R. E. Gallman (eds.) (2000), *The Cambridge Economic History of the United States*, vol. III., Nueva York: Cambridge University Press.
- American Association for the Advancement of Science (2005), *Research and Development in the FY2006 Budget*. Washington, D.C.: American Association for the Advancement of Science.
- BOK, D. (1982), *Beyond the Ivory Tower*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- BRAUN, E., y S. MACDONALD (1978), *Revolution in Miniature*. Nueva York: Cambridge University Press.
- BROMBERG, L. (1991), *The Laser in America, 1950-1970*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- BUSH, V. (1945), *Science: The Endless Frontier*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- CHANDLER, A. D., Jr. (1977), *The Visible Hand*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- CHANDLER, A. D., Jr. (1990), *Scale and Scope*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- CHANDLER, A. D., Jr. (2001), *Inventing the Electronic Century*, Nueva York: Free Press.
- CHANDLER, A. D., Jr., y T. HIKINO (1997), «The large industrial enterprise and the dynamics of modern economic growth», en A. D. Chandler, Jr., F. Amatori y T. Hikino (eds.), *Big Business and the Wealth of Nations*, Cambridge: Cambridge University Press.
- CHESBROUGH, H. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Boston, MA: Harvard Business School Press.
- CHESBROUGH, H. (2006), «Open Innovation: A New Paradigm for Understanding Industrial Innovation», en H. Chesbrough, W. Vanhaverbeke y J. West (eds.), *Open Innovation: Researching a New Paradigm*, Nueva York: Oxford University Press.
- COHEN, I. B. (1976), «Science and the Growth of the American Republic», *Review of Politics* 38, pp. 359-398.
- COHEN, W., R. FLORIDA y R. GOE (1994), «University-Industry Research Centers in the United States», informe técnico, Center for Economic Development, Universidad Carnegie-Mellon.
- COHEN, W., R. FLORIDA, L. RANDAZZESE y J. WALSH (1998), «Industry and the Academy: Uneasy Partners in the Cause of Technological Advance», en R. Noll (ed.), *Challenges to the Research University*, Washington, D.C: Institución Brookings.
- COWAN, R. (1990), «Nuclear Power Reactors: A Study in Technological Lock-In», *Journal of Economic History* 50, pp. 541-567.
- DAVID, P. A., y G. WRIGHT (1997), «Increasing Returns and the Genesis of American Resource Abundance», *Industrial and Corporate Change* 6, pp. 203-245.
- DAVIS, L. A., y R. J. CULL (2000), «International Capital Movements, Domestic Capital Markets, and American Economic Growth, 1820-1914», en S. L. Engerman y R. E. Gallman (eds.), *The Cambridge Economic History of the United States*, vol. II, Nueva York: Cambridge University Press.
- EDQUIST, C. (2004), «Systems of Innovation: Perspectives and Challenges», en J. Fagerberg, D. C. Mowery y R. R. Nelson (eds.), *Oxford Handbook of Innovation and Policy*, Oxford: Oxford University Press.
- FLIGSTEIN, N. (1990), *The Transformation of Corporate Control*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- FREEMAN, C. (1987), *Technology Policy and Economic Performance: Lessons from Japan*, Londres: Pinter.
- FREEMAN, C. (1995), «The "National System of Innovation" in Historical Perspective», *Cambridge Journal of Economics* 19, pp. 5-24.
- FURMAN, J., y M. MACGARVIE (2005), «Early Academic Science and the Birth of Industrial Research Laboratories in the U.S. Pharmaceutical Industry», National Bureau of Economic Research, documento de trabajo n.º 11470.
- GALAMBOS, L., y J. L. STURCHIO (1998), «Pharmaceutical firms and the transition to biotechnology: A study in strategic innovation», *Business History Review* 72, pp. 250-278.
- GALLMAN, R. E. (2000), «Economic Growth and Structural Change in the Long Nineteenth Century», en S. L. Engerman y R. E. Gallman (eds.), *The Cambridge Economic History of the United States*, vol. II, Nueva York: Cambridge University Press.
- GERSCHENKRON, A. (1962), *Economic Backwardness in Historical Perspective*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- GIBB, G. S., y E. H. KNOWLTON (1956), *The Resurgent Years: History of Standard Oil Company (New Jersey), 1911-1927*, Nueva York: Harper & Row.
- GOLDIN y KATZ, (2009), *The Race Between Education and Technology*, Cambridge, MA: Harvard University Press.
- GRAHAM, M. B. W. (1986), *RCA and the Videodisc: The Business of Research*, Nueva York: Cambridge University Press.
- GRAHAM, M. B. W., y H. G. PRUITT (1990), *R&D for Industry: A Century of Technical Innovation at Alcoa*, Nueva York: Cambridge University Press.
- HAINES, M. R. (2000), «The Population of the United States, 1790 – 1920», en S. L. Engerman y R. E. Gallman (eds.), *The Cambridge Economic History of the United States*, vol. II, Nueva York: Cambridge University Press.
- HOUNSHELL, D. A. (1995), «Du Pont and the Management of Large-Scale Research and Development», en P. Gallison y B. Hevly, *Big Science: The Growth of Large-Scale Research*, Stanford, CA: Stanford University Press.
- HOUNSHELL, D. A. (2000), «The Medium is the Message, or How Context Matters: The RAND Corporation Builds an Economics of Innovation, 1946-62», en T. P. Hughes y A. Hughes (eds.), *Systems, Experts, and Computers*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- HOUNSHELL, D. A., y J. K. SMITH (1998), *Science and Corporate Strategy: Du Pont R&D, 1902-1980*, Nueva York: Cambridge University Press.
- KLEPPER, S. (2009), «Silicon Valley-A Chip off the old Detroit Bloc», en Z. Acs, D. B. Audretsch y R. Strom (eds.), *Entrepreneurship, Growth, and Public Policy*, Nueva York: Cambridge University Press.
- LAMOREAUX, N. R., y K. L. SOKOLOFF (1999), «Inventors, Firms, and the Market for Technology in the Late Nineteenth and Early Twentieth Centuries», en N. R. Lamoreaux, D. M. G. Raff y P. Temin (eds.), *Learning by Doing in Markets, Firms, and Countries*. Chicago: University of Chicago Press.
- LAMOREAUX, N. R., y K. L. SOKOLOFF (2005), «The Decline of the Independent Inventor: A Schumpeterian Story», National Bureau of Economic Research, documento de trabajo n.º 11654.
- LANGLOIS, R. (2003), «The Vanishing Hand: The Changing Dynamics of Industrial Capitalism», *Industrial and Corporate Change* 12, pp. 351-385.
- LANGLOIS, R. N., y D. C. MOWERY (1996), «The federal government role in the development of the U.S. software industry», en D. C. Mowery (ed.), *The International Computer Software Industry: A Comparative Study of Industry Evolution and Structure*, Nueva York: Oxford University Press.
- LESLIE, S. W. (1993), *The Cold War and American Science*, Nueva York: Columbia University Press.
- LEVIN, Richard C. (1982), «The Semiconductor Industry», en R. R. Nelson (ed.), *Government and Technical Progress: A Cross-Industry Analysis*, Nueva York: Pergamon Press.
- LUNDVALL, B.-Å. (1992), *National Systems of Innovation: Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres: Pinter.
- MADDISON, A. (1994), «Explaining the Economic Performance of Nations, 1820-1989», en W. J. Baumol, R. R. Nelson y E. N. Wolff (eds.), *Convergence of Productivity*, Nueva York: Oxford University Press.
- MARR, W. L., y D. G. PATERSON (1980), *Canada: An Economic History*, Toronto: Macmillan.
- MAZZOLENI, R. (1999), «Innovation in the Machine Tool Industry: A Historical Perspective on the Dynamics of Comparative Advantage», en D. C. Mowery y R. R. Nelson (eds.), *The Sources of Industrial Leadership*, Nueva York: Cambridge University Press.
- MCMILLAN, G. S., F. NARIN y D. S. DEEDS (2000), «An Analysis of the Critical Role of Public Science in Innovation: The Case of Biotechnology», *Research Policy* 29, pp. 1-8.
- MILLARD, A. (1990), *Edison and the Business of Invention*, Baltimore: Johns Hopkins University Press.

- MOWERY, D. C. (1983a), «Industrial Research, Firm Size, Growth, and Survival, 1921-1946», *Journal of Economic History* 43, pp. 953-980.
- MOWERY, D. C. (1983b), «The Relationship between the Contractual and In-House Forms of Industrial Research in American Manufacturing, 1900-1940», *Explorations in Economic History* 20, pp. 351-374.
- MOWERY, D. C. (1995), «The Boundaries of the U.S. Firm in R&D», en N. R. Lamoreaux y D. M. G. Raff (eds.), *Coordination and Information: Historical Perspectives on the Organization of Enterprise*, Chicago: University of Chicago Press para el NBER.
- MOWERY, D. C. (2005), «National Security and National Innovation Systems», presentado en el seminario PRIME/PREST sobre «Reevaluación del papel de la I+D en defensa y seguridad en el sistema de innovación», Universidad de Manchester, 19-21 de septiembre.
- MOWERY, D. C., R. R. NELSON, B. SAMPAT y A. ZIEDONIS (2004), *Ivory Tower and Industrial Innovation*, Stanford, CA: Stanford University Press.
- MOWERY, D. C., y N. ROSENBERG (1999), *Paths of Innovation*, Nueva York: Cambridge University Press.
- MOWERY, D. C., y B. N. SAMPAT (2004), «The Bayh-Dole Act of 1980 and University-Industry Technology Transfer: A Model for Other OECD Governments?», *Journal of Technology Transfer* 30, pp. 115-127.
- MOWERY, D. C., y T. SIMCOE (2002), «The History and Evolution of the Internet», en B. Steil, R. Nelson y D. Victor (eds.), *Technological Innovation and Economic Performance*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- MOWERY, D. C., y A. ZIEDONIS (2002), «Academic Patent Quality and Quantity Before and After the Bayh-Dole Act in the United States», *Research Policy* 31, pp. 399-418.
- MUELLER, W. F. (1962), «The Origins of the Basic Inventions Underlying Du Pont's Major Product and Process Innovations, 1920 to 1950», en *The Rate and Direction of Inventive Activity*, Princeton, NJ: Princeton University Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (1999), *Funding a Revolution: Government Support for Computing Research*, National Academies Press.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2004), *A Patent System for the 21st Century*, Washington, D.C.: National Academies Press.
- NATIONAL RESOURCES PLANNING BOARD (1942), *Research-A National Resource*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- NATIONAL SCIENCE BOARD (2006), *Science and Engineering Indicators: 2006*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, DIRECTORATE FOR SOCIAL, BEHAVIORAL, AND ECONOMIC SCIENCES (1995a), «1993 Spending Falls for U.S. Industrial R&D, Nonmanufacturing Share Increases», <http://www.nsf.gov/statistics/databrf/sdb95325.pdf>.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, SCIENCE RESOURCES DIVISION (1995b), «Research and Development in Industry: 1992», <http://www.nsf.gov/statistics/nsf96333/appa.pdf>.
- NATIONAL SCIENCE FOUNDATION, SCIENCE RESOURCES DIVISION (2005), *Academic Research and Development Expenditures: Fiscal Year 2003*, Washington, D.C.: National Science Foundation.
- NEAL, A. D., y D. G. GOYDER (1980), *The Antitrust Laws of the United States*, Cambridge: Cambridge University Press.
- NELSON, R. R., (ed.) (1993), *National Innovation Systems: A Comparative Analysis*, Nueva York: Oxford University Press.
- NELSON, R. R., y G. WRIGHT (1992), «The Rise and Fall of American Technological Leadership», *Journal of Economic Literature* 30(4) (diciembre), pp. 1931-1964.
- PATIT, J. M., S. P. RAJ y D. WILEMON (2006), «Integrating internal and external R&D: What can we learn from the history of industrial R&D?», presentado en las reuniones de la Academia de Administración, Atlanta, GA, 4-6 de agosto.
- PHARMACEUTICAL MANUFACTURERS ASSOCIATION (2003), *Industry Profile 2003*, <http://www.phrma.org/publications/profile02>.
- RAVENSCRAFT, D., y F. M. SCHERER (1987), *Mergers, Sell-Offs, and Economic Efficiency*, Washington, D.C.: Institución Brookings.
- REICH, L. S. (1985), *The Making of American Industrial Research*, Nueva York: Cambridge University Press.
- ROSENBERG, N. (1998), «Technological Change in Chemicals: The Role of University-Industry Relations», en A. Arora, R. Landau y N. Rosenberg (eds.), *Chemicals and Long-Term Economic Growth*, Nueva York: John Wiley.
- SCHMOOKLER, J. (1957), «Inventors Past and Present», *Review of Economics and Statistics* 39, pp. 321-333.
- SCHUMPETER, J. A. (1943), *Capitalism, Socialism, and Democracy*, Nueva York: Harper & Row.
- SOLOW, R. M. (1957), «Technical Change and the Aggregate Production Function», *Review of Economics and Statistics* 39, pp. 312-320.
- STIGLER, G. J. (1968), «Monopoly and Oligopoly by Merger», en G. J. Stigler (ed.), *The Organization of Industry*, Homewood, IL: Irwin.
- STOWSKY, J. (1992), «From Spin-off to Spin-on: Redefining the Military's Role in American Technology Development», en W. Sandholtz, M. Borrus, J. Zysman, K. Conca, J. Stowsky, S. Vogel y S. Weber, *The Highest Stakes*, Nueva York: Oxford University Press.
- STURCHIO, J. L. (1988), «Experimenting with Research: Kenneth Mees, Eastman Kodak, and the Challenges of Diversification», en *The R&D Pioneers*, Hagley Museum and Library, 7 de octubre.
- SWANN, J. P. (1988), *Academic Scientists and the Pharmaceutical Industry*, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- THACKRAY, A. (1982), «University-Industry Connections and Chemical Research: An Historical Perspective», en *University-Industry Research Relationships*, Washington, D.C.: National Science Board.
- THACKRAY, A., J. L. STURCHIO, P. T. CARROLL y R. BUD (1985), *Chemistry in America, 1876-1976: Historical Indicators*, Dordrecht: Reidel.
- THORELLI, H. B. (1954), *Federal Antitrust Policy*, Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- TROW, M. (1979), «Aspects of Diversity in American Higher Education», en H. Gans, *On the Making of Americans*, Filadelfia: University of Pennsylvania Press.
- TROW, M. (1991), «American Higher Education: "Exceptional" or Just Different?», en B. E. Shafer (ed.), *Is America Different? A New Look at American Exceptionalism*, Nueva York: Oxford University Press.
- U.S. OFFICE OF MANAGEMENT AND BUDGET (2005), *Budget of the U.S. Government, Fiscal Year 2006: Historical Tables*, Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office.
- WILDES, K. L., y N. A. Lindgren (1985), *A Century of Electrical Engineering and Computer Science at MIT, 1882-1982*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- WRIGHT, G. (2007), «Historical Origins of the New American Economy», Universidad de Stanford.