

EL DISCURSO SOBRE LAS POLÍTICAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA: MARCOS Y PARADIGMAS¹

SCIENCE AND TECHNOLOGY POLICY DISCOURSE: FRAMES AND PARADIGMS

ANDONI EIZAGUIRRE EIZAGUIRRE
Universidad de Mondragón
aeizagirre@mondragon.edu

RECIBIDO: 09/02/2015

ACEPTADO: 30/04/2015

Abstract: En las últimas décadas observamos cambios en el carácter del conocimiento y los modos de organizar la actividad científico-tecnológica. Nuestra estrategia de análisis sostiene que la evolución de las políticas de ciencia y tecnología permite conocer las interacciones entre ciencia, innovación y sociedad. El artículo distingue los modelos canónicos que se desprenden de los sucesivos indicadores que propone la OCDE, desgana los principales determinantes que los inducen y discute los cambios en los modos de hacer, razonar y justificar la actividad científico-tecnológica. Los resultados sugieren que la nueva organización de la ciencia está condicionada por la competitividad y el crecimiento económico, a la vez que se propone como elemento clave el rol que los economistas a través de las organizaciones internacionales han desarrollado en los debates sobre política científica e innovación tecnológica.

Palabras clave: políticas de ciencia,modelos, indicadores,sociedad.

Abstract: In recent decades the nature of knowledge and how to organize the scientific and technological activity are changing. Our analysis strategy argues that the evolution of science and technology policies also reveals the broader interactions between science, innovation and society. Our paper distinguishes between different canonical models arising from the indicators on science and technology in the OECD reports, discusses the main determinants that drive the emergence of new indicators and analyzes changes in the ways to generate, guide and evaluate the scientific and technological activity. The results suggest that the new organization of science is conditioned by the language of competitiveness and economic growth that now affects all decisions of science and technology policies. The article also concluded that another important factor is the role that economists are developing in discussions on science policy and technological innovation.

Keywords: Science policy,modelos, indicators,society.

¹ La elaboración de este artículo ha contado con el apoyo del Departamento de Educación, Política Lingüística y Cultura del Gobierno Vasco (IT644-13).

Entre la retórica política y los indicadores numéricos

En este apartado regresamos a los orígenes de la ciencia y la tecnología como objeto de competencia de las políticas públicas, identificamos las premisas conceptuales y normativas que justifican su desarrollo, y sugerimos el papel que organismos internacionales han desempeñado en la armonización de las políticas sobre ciencia y tecnología.

Hay que recurrir al informe *Science: The Endless Frontier* para comprender buena parte de las directrices ideológicas y normativas que contiene tradicionalmente la retórica sobre las políticas científicas. El informe *Science: The Endless Frontier* fue elaborado por Vannevar Bush y un grupo selecto de científicos tras la Segunda Guerra Mundial, en respuesta a una carta del presidente de los EE.UU. Franklin D. Roosevelt el 17 de noviembre de 1944, finalmente recibido por su sucesor en la presidencia, Harry Truman, en junio de 1945.² El momento posterior al conflicto bélico es triunfante, los resultados obtenidos en época de guerra sugieren que el desarrollo científico avanza fronteras sin fin, a la vez que esta verdad como meta inalcanzable parece satisfacer la innovación tecnológica (una demanda militar). Roosevelt concluye que la visión, audacia y unidad que la posibilitaron también debe promoverse en tiempos de paz. Desde ese momento, la ciencia se transforma en incumbencia prioritaria y directa del Gobierno.

A partir del informe *Science: The Endless Frontier* (Bush, 1945), los contenidos y supuestos que asume la política científica, al menos en su origen, podemos determinar como sigue: el conocimiento generado a través de la investigación básica está en el origen de la innovación y la difusión; se fija una financiación sin límites de la investigación, no condicionada por objetivos, y proyectada a largo plazo; se asumen una visión científica del progreso y un modelo basado en el empuje de la ciencia, en base a una distinción lineal de fases tanto en el plano temporal como institucional; se establece una asociación secuencial y triunfalista entre investigación básica, aplicación tecnológica y beneficio ilimitado; se garantizan la incentivación de la carrera investigadora, la autonomía

² Conviene insistir que tradicionalmente, salvo los períodos de guerra en el que se movilizan la industria y los científicos, la pauta habitual consistía en una industria dedicada a inversiones civiles y en una comunidad científica sustentada por capital privado (las ayudas a la investigación realizadas por Rockefeller Foundation en la universidad y los laboratorios como General Electric, AT&T y Du Pont en el sector de la industria), que permitía “una actividad libre de interferencias”. También los historiadores de la ciencia han probado la relación entre las necesidades de la industria en la investigación y la orientación de los ámbitos de investigación y las prioridades en la investigación. Véase Kevles, 1997.

de los científicos en su objetivo de aumentar el acervo de conocimiento existente, y su independencia (funcional y moral) ante las aplicaciones tecnológicas del conocimiento.

Cierto que en aras a una mejor interacción entre ciencia, tecnología e industria aquellos supuestos serán periódicamente revisados. Es más, hay tres fenómenos que en el transcurso de las siguientes décadas se alimentan mutuamente (Berman, 2012; Godin, 2007; Sther, 2002): la creciente importancia de la economía en las políticas públicas, la relevancia con frecuencia exclusiva que el impacto económico adquiere en la justificación de la actividad científico-tecnológica, así como la transformación de la tecnología intensiva en ciencia en el motor de las economías del conocimiento. Una conclusión preliminar es que tan importante como los cambios en el sistema de organización y optimización de recursos, es el hecho de que la dinámica interna de la ciencia y los indicadores políticos sobre ciencia tienen paulatinamente una justificación selectiva y económicamente orientada. Esta es la idea que motiva nuestro artículo. Sin embargo, como puntualizan Guston & Brown (2009), todo esto se desarrolla con un saber hacer adicional, bien contenido en el informe dirigido por Bush: las instituciones políticas y empresariales han sabido conjugar el intervencionismo económico con la promesa de beneficios ilimitados de la ciencia, su visión normativa sobre el progreso, y el mito de la no-interferencia de “la política” en el desarrollo de la ciencia y la tecnología.

La primera idea que debemos retener es precisamente que el contrato social sobre la política científica y su justificación ideológica se legitiman sobre las premisas triunfantes y normativas de origen. Estos supuestos generales cimentados en una visión positivista de la ciencia consolidan un modelo de política pública basada en la promoción y estímulo de la investigación básica. En segundo lugar, aquella visión integra una carga normativa que codifica la ciencia automáticamente como bien común. En tercer lugar, las promesas que internaliza (la investigación básica y el flujo de conocimiento científico como garantes de la guerra contra la enfermedad, la lucha contra la agresión, la creación de puestos de trabajo) han promocionado y garantizado justamente el contrato social de la ciencia.

La retórica que contienen las políticas de ciencia y tecnología queda anclada en la ingenua visión lineal y normativa de la ciencia. Aclarada esta idea clave, en lo que sigue desarrollamos una segunda idea, a saber, el carácter performativo de los indicadores en el diseño de las políticas científicas y los objetivos que se persiguen. Es lo que en este artículo nos interesa remarcar, y no tanto, como bien desenmascara Godin (2004), la discusión que economistas y estadísticos imponen bajo la supuesta neutralidad valorativa de los indicadores. La caja negra de los

indicadores, bajo un carácter supuestamente técnico y accidental, encierra en su seno un debate necesario sobre las políticas científicas y los objetivos que deben orientar la actividad científica y tecnológica.

Para comprender esta otra hipótesis, también en este caso debemos recurrir a los orígenes. Salvo algunos intentos previos en años anteriores en la Unión Soviética (1930) y los Estados Unidos (1940), las primeras encuestas que se envían periódicamente a las empresas para recopilar datos estadísticos de la investigación y el desarrollo experimental se realizan por decisión de la National Science Foundation. Debemos señalar que la National Science Foundation (NSF), agencia del gobierno de EEUU, nace en 1950 a propuesta de Vannevar Bush, con la misión de promover el progreso de la ciencia, avanzar la salud nacional y asegurar la defensa de la nación. Aquí puede intuirse una motivación que aparentemente choca con algunos de los supuestos mencionados. En la medida que la ciencia y la tecnología se transforman en objeto de estímulo de las políticas públicas, también su planificación, ejecución y evaluación se plantea como un balance coste-beneficio.

El trabajo estadístico previo a la recopilación de datos, su análisis y posterior construcción de indicadores, en el caso de los sistemas de ciencia nacionales tropieza con problemas asociados al carácter intangible y acumulativo de los beneficios generados por la actividad científica. Si bien los costes e inversiones se deciden medir con los mismos patrones que se utilizan en otras áreas y actividades de gobierno, los resultados son generalmente intangibles, transversales, multidimensionales e indirectos. Otro problema adicional es el retraso de las estadísticas de investigación y desarrollo como ámbito de trabajo en las distintas administraciones públicas. Por último, los indicadores, entendidos como aquellos parámetros utilizados en la evaluación de la actividad (científica y tecnológica) se han ampliado (en base a lo que se quiere evaluar) y evolucionado (debido a una comprensión más compleja, multidimensional y dinámica de la actividad), como indicamos en los próximos apartados de este artículo.

De hecho, en respuesta a las dificultades encontradas para las comparaciones internacionales por las diferencias entre conceptos y métodos empleados en las distintas encuestas nacionales, la tarea de su armonización se delega a instituciones internacionales. A partir sobre todo de su informe *Basic Research: A National Resource* (1957), la NSF es junto a la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), pieza angular en la internacionalización de la política científica. Como precisan Salomon (2000) y Godin (2005), ambas instituciones (la NSF y la OCDE) han desarrollado los procedimientos para la selección y recogida de datos estadísticos de ciencia y tecnología, y han

establecido los indicadores para su medición, que, directa e indirectamente, por su marcado carácter performativo, han guiado las políticas científicas nacionales.³

También los primeros documentos de la OCDE manifiestan que en su origen las políticas públicas de promoción de la investigación básica se han apropiado de una visión esencialista, positivista y triunfalista de la ciencia. El informe *Science and the Policies of Governments* (OECD, 1963a), conocido también como el Informe Pigagnol, el primero que la OCDE dirige a los gobiernos miembro relativo al apoyo al sector de investigación y desarrollo, reconoce abiertamente la relación entre la actividad científica y técnica y el dinamismo de la economía. Debemos recordar que en la convención inicial de la OCDE celebrada en París el 14 de diciembre de 1960 se impusieron tres líneas estratégicas que también orientan el desarrollo de la ciencia y la tecnología: el crecimiento económico y el empleo; la promoción del bienestar económico y social; y, medidas en apoyo a los países en desarrollo. Así, en los primeros documentos referidos a la política científica y su valor estratégico se confirma su dimensión económica, algo previamente reflejado en las reflexiones trazadas por la OEEC, precedente de la OCDE, en el documento *International Cooperation in Scientific and Technical Research* (1960). De hecho, esa ambición política explica que los primeros documentos sobre política científica de la OCDE (OECD, 1963a, 1963b, 1964) consideren la ciencia y la educación superior, junto con el trabajo y el capital, un factor productivo en la búsqueda del crecimiento económico.

Difícilmente podemos abandonar y subestimar los rasgos distintivos de las políticas nacionales y regionales. También hay empero similitudes en la sucesión de eventos de los diferentes países que se explica por la naturaleza internacional de las relaciones de las políticas científicas. Así, en este artículo planteamos que es un factor de análisis que nos faculta para explicar los cambios en las dinámicas del conocimiento y la organización de la ciencia. En este sentido, Ruivo (1995) determina que no es solamente la naturaleza del conocimiento científico (su

³ Cabe indicar que la OCDE elabora y publica repertorios y bases de datos de series temporales de indicadores de ciencia y tecnología. Debemos destacar el documento semestral *Main Science and Technology Indicators* (París: OECD) y el bienal *Basic Science and Technology Statistics* (París: OECD). En todos los casos, la tarea se realiza por la cooperación de las distintas agencias internacionales (Eurostat, Unesco) y nacionales (Instituto Nacional de Estadística, INE) involucradas en la recogida de los datos. Es importante señalar que las distintas oficinas estadísticas recopilan datos en base a las normas y metodologías que establecen la OECD y Eurostat. Las encuestas son de obligado cumplimiento y son enviados a todas las instituciones que realizan actividades de investigación y desarrollo. (Obviamente, hay datos que se recogen por otras fuentes, por ejemplo, aquellas relativas a los gastos presupuestarios.) De ahí también finalmente el documento bienal *Estadísticas sobre las actividades de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico* que publica el INE.

carácter universal) sino también la dificultad ligada a la organización de la producción del conocimiento y los modos de regular y usar los sistemas de investigación lo que explica las causas de la congruencia en las políticas científicas y su evolución. Con todo, no podemos descuidar que, junto a la conformidad metodológica sobre las estrategias de futuro, hay una diversidad de factores (interdependencia económica, globalización de la producción y el despliegue del conocimiento, incremento de los costes de las tecnologías de investigación, los problemas ligados a la innovación tecnológica, la competitividad) que también explican una convergencia internacional sobre los problemas y enfoques de las políticas científicas.

Salomon, director de la división de política científica de la OCDE entre 1965 y 1983, define las políticas científicas como aquellas decisiones colectivas adoptadas por un gobierno para estimular el desarrollo de la investigación científica y técnica y, gestionar los resultados en aras de objetivos políticos más generales (Salomon, 1977: 45-46). En nuestro análisis vamos a intercambiar ambas tareas (la dimensión vertical ligada a la organización de la ciencia y la dimensión horizontal ligada a resultados y objetivos perseguidos) conjuntamente. Ciertamente que hay una amplia literatura académica sobre innovación y datos estadísticos relativos a la actividad científica, pero nuestra estrategia de análisis se propone conocer y discutir los valores y los objetivos que persiguen los indicadores de ciencia y los programas de estímulo de la investigación y el desarrollo científico-tecnológico.

La evolución de los indicadores, como veremos en los siguientes apartados, evidencia el progresivo abandono de la política *laissez-faire* sugerida en el informe *Science: The Endless Frontier*. De la misma manera, desde la década de los años 60 el sistema de ciencia y tecnología reconoce la importancia de los aspectos contextuales e institucionales en el avance de la ciencia, a saber, los aspectos sectoriales (gobierno, universidad, industria, organizaciones no lucrativas), el contexto económico y el entorno internacional (Salomon, Sagasti & Sachs-Jeantet, 1998). El artículo precisa que los cambios en la organización de la ciencia responden en gran parte a la optimización de recursos y la rentabilidad de mercado, de tal manera que el ambiente de selección de la innovación no reconoce factores (cognitivos, instrumentales, sociales) que cuestionan la trayectoria del cambio tecnológico orientado por necesidades exclusivamente económicas.

Los siguientes apartados se centran en el análisis crítico de los modelos canónicos de política científica y tecnológica, que se formulan en base a los indicadores de ciencia y tecnología propuestos por la OCDE, con el objetivo de

evaluar las interacciones entre ciencia, innovación y sociedad, los motivos de su orientación y los objetivos perseguidos.⁴

El empuje de la ciencia

La primera fase de las políticas científicas se caracteriza por una secuenciación lineal. Así, se entiende la ciencia como motor de aplicaciones tecnológicas, comercialización de productos novedosos, garante de la creación de empleos y crecimiento económico. De ahí, las políticas públicas de promoción basadas en el empuje de la ciencia. Un segundo elemento singular es la presuposición de que la validez y utilidad del conocimiento para el desarrollo de un producto y para un sector de la industria no puede fijarse de antemano, por lo que la financiación no orientada, la confianza en la ciencia y la prioridad de la investigación básica vienen a caracterizar el primer modelo de política científica. En buena medida este modelo puede integrarse en una fase de la ciencia que se caracteriza por los ideales de la Ilustración, que persigue la verdad de manera desinteresada, se organiza de manera disciplinar y académica, hay criterios epistemológicos establecidos y sistemas de reputación internos que controlan y validan el conocimiento (sistema de revisión por pares), y, asume una clara demarcación entre conocimiento y aplicación, lo que separa el científico de toda responsabilidad sobre las consecuencias del uso de la ciencia.

Esto explica la importancia que adquieren la integridad de la investigación científica y la productividad en la conformación de las políticas científicas. La continua adición de conocimiento de las leyes de la naturaleza y su aplicación a propósitos prácticos tiene como condición de posibilidad la libertad de investigación (financiación de la actividad científica y no interferencia en las prácticas científicas). La comprensión lineal que sigue un flujo unidireccional presupone ámbitos diferenciados con sus correspondientes agentes, una clara división del trabajo, así como lógicas de acción, organización, motivación y evaluación diferentes. La investigación básica como ámbito distintivo debe

⁴ Hay un explícito consenso relativo a la distinción y caracterización de las diferentes fases que ha comprendido la historia reciente de las políticas científicas. Otra cosa es el nombre asignado a las distintas fases: “engine of process – problem solver – source of strategic opportunities” (Blume 1985); “the naïve period – the period of social priorities – the period of emphasis in innovative period” (Brooks 1985); “policy for science – science in policy – policy for technological innovation” (Gibbons et alia 1994); “basic science as pacemaker – economic growth – productivity slowdown – strategic focus – networks and systems” (Hauknes y Wicken, 1999). En nuestro caso, las periodizaciones y el marco de análisis trata de integrar las ópticas burocrática, económica y cívica sobre la política científica y sus fases. Para un análisis complementario, véanse: Barben, 2007 y Jamison, 2012.

explorar lo desconocido, para lo que es imprescindible que el científico no se someta a presiones y necesidades comerciales. Como medidas adoptadas, la primera exige garantizar y promover la autonomía de los científicos y centros de investigación, lo que de manera automática y lineal posibilitará en un mercado autorregulado su aplicación y, a través de la creación de la riqueza, en definitiva cotas más altas de bienestar social. En otros términos, la filosofía del modelo lineal de desarrollo se refleja como sigue: oferta científica + regulación autónoma de la integridad y la productividad de la investigación científica □ innovación tecnológica □ producción industrial □ desarrollo económico □ bienestar de la nación.

Se trata de los supuestos que encontramos en el informe *Science: The Endless Frontier* (1945), de manera que la bondad de la ciencia y la autonomía de los científicos estructuran en este primer momento el modelo lineal de innovación. Así es como bajo el argumento sobre el impredecible pero esencial fruto de la ciencia, en la edad dorada para los científicos, durante los años cincuenta y la primera mitad de los sesenta, se justifica el patronazgo del Estado. En este momento de la exposición, nos parece necesario hacer explícito algo fundamental para nuestros propósitos. Una lectura atenta del informe *Science: The Endless Frontier* (1945) sugiere que el sistema de investigación y desarrollo contiene una dimensión económica, en tanto que asume la relevancia que la ciencia tiene para la tecnología, la industria y el empleo, pero como precisa Hart (1998), al menos en ese primer momento la relación de la ciencia y la tecnología con la economía es inexistente, o indirecta. Con esto guarda relación también el carácter no orientado y sin límites de la financiación.

Esta inversión sin límites realizada en investigación básica como política de oferta y estímulo ocasionó un crecimiento exponencial de capital y mano de obra dedicado a la ciencia entre las décadas de 1940 y 1950. Price (1963, 1965) lo denominó como la Gran Ciencia. Es algo que permitió a Bell (1973) anticipar una sociedad posindustrial donde la ciencia desplazaba a la economía como motor de cambio social, y a Lane (1966) pronosticar una sociedad del conocimiento basada en la epistemología y la lógica de la investigación, corolario del declive de las controversias políticas, el fin de las ideologías y la consolidación de sociedades tecnocráticas. En este orden de cosas, con la década de 1960 se profesionaliza la política científica, se consolidan los expertos y comités de asesoramiento, y emergen revistas especializadas sobre investigación y desarrollo.

Godin (2006) sostiene que es exagerado atribuir que Bush propone una construcción explícita y secuencial de la innovación, es más, afirma que la secuencia lineal es más bien una culminación de la retórica que promueven los científicos naturales sobre la investigación básica, los industriales sobre el

desarrollo tecnológico y los economistas sobre la innovación. El modelo lineal legitimaría a las partes sus correspondientes reclamaciones e intereses. De hecho, Elzinga y Jamison (1995) afirman que la consolidación de la ciencia como objeto de la política pública y la profesionalización de los científicos ha limitado la política científica a racionalizar bajo instrumentos tecnocráticos el paradigma lineal y triunfalista. Más todavía, a nuestro parecer es necesario sugerir que hay un acervo cultural que compartían las distintas comunidades académicas.⁵

Sin ánimo de exhaustividad, cabe destacar, en primer lugar, la importancia de la sociología funcionalista de la ciencia, el contexto socio-epistémico y la estructuración social de la ciencia sobre intereses académicos y disciplinarios, la propuesta teórica de Merton (1942) sobre la estructura normativa de la ciencia (el carácter obligatorio de los imperativos que rigen la ciencia pura en base a la socialización de los científicos en la comunidad académica y los incentivos y sanciones por su trabajo), así como la visión positivista dominante en relación a la naturaleza de la ciencia y su cambio temporal. El carácter immaculado de la actividad científica vino a legitimar más si cabe la demarcación entre ciencia (dinámica interna) y política (dinámica externa) que presuponía las premisas de Bush (1945). La ciencia, si bien una condición necesaria para la resolución de problemas prácticos, era considerada un sistema autorreferencial, regulada por una lógica interna, autónoma sobre su organización y estructuración, e independiente sobre el entorno social. En definitiva, la actividad científica y la agenda de investigación se desarrollan obedeciendo a intereses académicos, regidas por normas cognitivas ligadas a una disciplina, y generadas por la curiosidad y la contribución a la comprensión general. Aquí adquiere pleno sentido la metáfora “república de la ciencia” invocada por Polanyi (1962), que desliga la comunidad científica de la sociedad y de su ámbito democrático, para institucionalizar y legitimar la política científica. Por último, nuestra tarea de contextualizar este periodo saliente y comprender la financiación incondicional, debe recordar el contexto socio-histórico posterior a la Segunda Guerra Mundial y la institucionalización de modelos socioeconómicos desarrollistas.

En este contexto material e intelectual, en los años 50 y 60 las principales medidas estadísticas dirigidas a cuantificar y comparar los distintos sistemas de ciencia nacionales se refieren exclusivamente a las inversiones realizadas. Así, en referencia al lugar de la reunión que realizan expertos en estadística de los países de la OCDE, el primer documento sobre la metodología normalizada propuesta

⁵ Con todo, véanse las diferentes perspectivas compiladas en Shils, 1968.

para las encuestas sobre investigación y desarrollo experimental se conoció como *Manual de Frascati* (1963).⁶

La inversión realizada y los recursos promovidos se mide a través de la financiación dirigida a la investigación y el personal dedicado a la ciencia, para lo que se recurre a los presupuestos generales y los centros de investigación, respectivamente. Entre los indicadores del primer grupo, un indicador mide la financiación pública destinada a investigación y desarrollo (i+d). El porcentaje de los presupuestos nacionales destinados indica la importancia relativa que un país concede a la actividad científica, en relación con otras obligaciones y tareas ejecutadas. Otro conjunto de indicadores que mide el esfuerzo dedicado a i+d es el referido al gasto interno total (público y privado) que realizan los distintos organismos ejecutores de i+d (industria, administración pública, enseñanza superior), cuyos resultados indicarían el esfuerzo relativo que el país realiza y la intensidad de su i+d. Un segundo grupo de indicadores, también canalizados a medir el esfuerzo (inversión, gasto) que se realiza en i+d, es el referido a los recursos humanos dedicados a la ciencia y la tecnología. El *Manual de Frascati* restringe al personal dedicado a investigación y desarrollo, distribuye entre investigadores y otro personal de i+d, desglosa por disciplina, ocupación y cualificación, y también sugiere medir la migración de los científicos y otras dimensiones ligadas a la movilidad de los investigadores. Estos últimos indicadores adquieren mayor relevancia en años posteriores según emerge el interés por medir la calidad y la productividad de la actividad en i+d.⁷

El *Manual de Frascati*, sobre todo la primera edición, es claro reflejo de la visión triunfante e ingenua de la ciencia. Se miden exclusivamente los aspectos relativos a la inversión en recursos, concretamente, el presupuesto y el personal, dedicados a investigación y desarrollo. La medición exclusivamente de los costes (inversión, input, oferta) indica que en esta primera fase las políticas científicas se entienden como políticas de estímulo de la investigación en ciencia. Se trata de las referencias que a su vez utilizan las autoridades para la evaluación y gestión de sus políticas científicas.

⁶ OECD (1963): *The Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development*. Paris: OECD. Los expertos reunidos en Frascati utilizaron el documento elaborado por Christopher Freeman. En las décadas sucesivas se han publicado nuevas ediciones revisadas, mejoradas y ampliadas para medir las inversiones (y los gastos) en investigación y desarrollo. En 2002 se publicó una sexta edición mejorada y ampliada. Entre 2013-2014 se está trabajando en lo que será la séptima edición.

⁷ Véanse también los documentos OECD, 1966a, 1966b, 1966c.

La demanda de mercado

Un primer cambio ligado a las políticas científicas se asocia a la adecuación de prioridades entre la oferta y la demanda. Se asume la necesidad de orientar la ciencia y primar aquellos mecanismos de aprovechamiento de la inversión y líneas estratégicas que aseguren la transferencia de conocimiento al ámbito del sistema productivo. Como primera medida, la oferta sin límites es desplazada por la demanda en el mercado de la investigación, y de esta manera se reconoce –primero en el sector industrial- la necesidad de justificar económicamente el gasto en ciencia. La concepción de la investigación básica y el modelo de financiación se inclinan a lo que oficialmente se denomina la investigación y el desarrollo de calidad. En esta segunda fase se intensifica la dimensión económica de la ciencia, pero sólo paulatinamente se desplaza la economía al centro de las decisiones sobre la actividad científico-tecnológica.

Debemos señalar que en la década de los años 60 los primeros datos empíricos contradicen las suposiciones iniciales sobre la idea de la cadena de innovación. Es más, se confirma que los buenos resultados en términos de indicadores de producto (volumen y calidad de la investigación científica) no garantizan la transferencia de conocimientos científicos a desarrollos tecnológicos y sistemas productivos, y se aprecian tasas de rendimiento en inversiones a la baja; el potencial de un sistema de ciencia (su dimensión en el PIB) no necesariamente explica los éxitos y fracasos de la capacidad tecnológica y productiva de la nación. Es así como el periodo ingenuo basado en el empuje del conocimiento es sustituido por el tirón de la demanda de mercado. La nueva fase cuestiona la indefinición de los recursos dirigidos a la investigación básica, por el contrario la asignación de recursos en la formulación de las políticas se realiza en aras a los resultados previstos, y esta redirección caracterizada por la demanda (“demand pull”) anticipa el carácter estratégico de la ciencia y su carácter aplicativo. Ciertamente que en parte se reconocen las carencias analíticas del modelo lineal de innovación, no obstante, la principal variable explicativa resulta el devenir de algunos proyectos estratégicos. Efectivamente, las lecciones extraídas del Proyecto Manhattan quedan revocadas por el resultado desigual de los proyectos estratégicos financiados en la década de 1950 y 1960.

La experiencia del Proyecto Manhattan supuso una lección histórica. En los años posteriores a la Segunda Guerra Mundial se presupone que la construcción de la primeras bombas atómicas es resultado de un experimento científico financiado bajo la suposición de que la inversión en ciencia garantiza a medio y largo plazo nuevo conocimiento, aplicaciones novedosas y un futuro prometedor.

Es más, los resultados obtenidos (junto a sus implicaciones en el ámbito militar y geopolítico) relativos al conocimiento científico también permitieron a empresas e industria nuevas aplicaciones tecnológicas y crecimiento económico. Así, el Proyecto Manhattan confirma la premisa que ha justificado la financiación sin límites en toda su primera fase. Debe recordarse que Vannevar Bush, además de director de la Office of Scientific Research and Development, tuvo un papel crucial en calidad de científico en la puesta en marcha del Proyecto Manhattan. Es entonces cuando emerge la sospecha de que una proyección a largo plazo de la investigación resulta necesaria para la investigación militar y el crecimiento económico. En este contexto se promueven los programas de investigación del cáncer y la financiación de la tecnología espacial.

Los resultados sin embargo se manifiestan contradictorios y dispares. Así, mientras la investigación contra el cáncer se valora como un estrepitoso fracaso (no hay correlación entre inversión y progreso), por el contrario el programa del espacio anticipa la posibilidad de productos transversales y la creación de nuevas industrias. Entre las principales conclusiones extraídas destaca que la promoción de la investigación básica, su financiación y las expectativas sobre los resultados requiere mayor cuidado y precisión. Es cuando adquieren resonancia la investigación básica orientada, se reconoce una serie de factores (externos a la ciencia) para el logro de su aplicación y comercialización, y se admite que los avances en el conocimiento no garantizan automáticamente la satisfacción de prioridades e intereses en ciudadanos y consumidores (Weinberg, 1967). Otro elemento a destacar es que la utilidad y viabilidad del conocimiento no es simétrico para empresas públicas y privadas. Los economistas comienzan a sugerir que las compañías privadas consideren también la gestión del conocimiento y consoliden una cultura del negocio basada en el riesgo.⁸

La financiación orientada por la demanda estimula una revisión de las políticas públicas de promoción de la investigación básica. En efecto, de los indicadores exclusivamente centrados en la inversión realizada, se amplía a la medición de

⁸ Entre los documentos de la OECD, véanse: OECD, 1968, 1971. Sobre investigación, como anticipo de posteriores discusiones sobre investigación básica y su orientación estratégica, véase: OECD, 1972a. Sin embargo, debemos reconocer que el Informe Pigagnol (OECD, 1963a) también sugería distinguir entre, por una parte, política para la ciencia, y por otra, la investigación para necesidades que requiere el contexto político e industrial. Lo que plantea como hipótesis de trabajo que el carácter sistémico más o menos sofisticado de la actividad científica y tecnológica tiene origen desde los primeros documentos elaborados por la OECD. Véase también Greenberg, 1967. Sobre la distorsión que ha generado el modelo lineal en los documentos académicos ligados al análisis de la evolución de las políticas científicas, junto a los trabajos de Godin (1998, 2005, 2006), véase: Edgerton, 2004.

resultados e impacto. Los primeros cambios están asociados a la medición de la calidad y la eficacia del gasto (inversión, esfuerzo, input) realizado en i+d. Se reconoce la ingenuidad que contenían los primeros indicadores, en tanto sugerían que los resultados de los países en actividad científica y tecnológica eran proporcionales al gasto realizado. Ahora por el contrario se reconoce que la eficacia del sistema nacional de ciencia también es importante. En respuesta a las nuevas obligaciones y necesidades en la planificación, ejecución y evaluación de la actividad científica y tecnológica, la medición del conocimiento generado y la productividad científica se realiza en base a los indicadores de resultados (beneficio, output). Entre estos últimos, se distingue a su vez entre indicadores de producción científica e indicadores de resultados tecnológicos.

El primero de ellos pretende medir y comparar la aportación de un país al conocimiento mediante la investigación básica, emplea para ello la bibliometría, disciplina que estudia las características y el comportamiento de la ciencia a través de las publicaciones científicas, y entre las fuentes destaca la *Science Citation Index* (SCI), en base al método de indización creada por Eugene Garfield y su fundación Institute for Scientific Information de Filadelfia. Se trata de la principal herramienta para registrar y determinar la producción, especialización, calidad del trabajo y colaboraciones realizadas con otros países u otros departamentos de un país.⁹

En relación a las patentes y marcas, el segundo conjunto de indicadores está singularmente orientado a proteger y fomentar aquella actividad investigadora ligada a la creación tecnológica mediante la concesión de títulos de propiedad industrial. Se presupone que las patentes son producto de actividades de i+d exitosas. Los resultados reflejan la demanda de las patentes nacionales y la cuota de demanda de las patentes, ejecutada desde las oficinas de patentes del país correspondiente (Oficinas Nacionales de Patentes), que reciben la solicitud y una vez examinadas la novedad, actividad inventiva, aplicabilidad industrial y suficiencia descriptiva conceden la patente. También destacan la World Intellectual Property Organisation (WIPO), que desde 1979 publica estadísticas de patentes, y la European Patent Office (EPO). A partir de estos datos, se construyen indicadores como el índice de dependencia tecnológica, el índice de difusión tecnológica, el índice de autosuficiencia tecnológica y la especialización tecnológica en los distintos países. Por su parte, la US Patent and Trademark Office tiene interés para analizar las citas a otras patentes y analizar la influencia

⁹ Para iniciar una discusión sobre los indicadores bibliométricos, véanse: Gómez Caridad & Bordons Gangas, 1996; Sancho, 1990.

de la ciencia básica sobre la tecnología (a partir de los datos obtenidos de las citas que a trabajos publicados en revistas científicas realizan las patentes solicitadas).

El giro económico que adopta el sistema de investigación se justifica en base a las promesas que integran todavía la concepción esencialista de la ciencia y la visión triunfalista de la política científica. En este contexto, sin embargo, nos parece injusto ignorar u omitir la crítica que propuso un comité de la OCDE coordinado por Harvey Brooks en su informe *Science, Growth and Society: A New Perspective* (OECD, 1972b). Creemos que articula en su seno la revisión conceptual y normativa del periodo ingenuo. Esto explica a nuestro parecer que el alcance teórico y pragmático que contiene el informe *Science, Growth and Society: A New Perspective* no se haya reconocido en la literatura sobre política científica tradicionalmente reducida a optimizar los recursos y adaptar el sistema de ciencia a las necesidades de la economía.

La tesis sugerida por Brooks, ingeniero y profesor de Harvard, anticipa que la tarea de los gobiernos no puede plantearse en términos de seguridad nacional y defensa militar, antes bien, debe ampliar su rol para que la sociedad realmente se beneficie de la ciencia y la tecnología. Nos parece que en sus precisiones adivinamos lo que podemos denominar un “sistema de ciencia, tecnología y sociedad” claramente orientado a satisfacer las demandas sociales y al bienestar de la sociedad. El informe *Science, Growth and Society: A New Perspective* es un intento por integrar las primeras evidencias científicas sobre el deterioro ambiental y la cultura del malestar ante los desarrollos tecnológicos en el seno de las políticas científicas. Debemos precisar que en este periodo en la sociedad y el interior de las universidades se reclama una política científica y tecnológica alternativa en respuesta a sus dimensiones sociales e institucionales, los condicionantes del cambio tecnológico y los impactos de la innovación (Boeker y Gibbons, 1978): se observa un interés científico y social creciente por los impactos tecnológicos; se generalizan las críticas a la política científica estándar y a la ausencia de políticas que regulen las consecuencias negativas del desarrollo tecnológico en la salud y el ambiente; se consolidan los primeros debates en la comunidad de expertos sobre los impactos sociales, ambientales y laborales del crecimiento económico y el desarrollo industrial. De esta manera, la tecnociencia y los asuntos relacionados con la salud, el trabajo y el ambiente se transforman en objeto de competencia política.

El informe elaborado por Brooks no solo responde a este clima de malestar y confusión. Antes bien, su demanda por movilizar la ciencia y los científicos sobre bases más justas social y ambientalmente rompe por completo con la visión triunfalista y también ingenua, esencialista y positivista del conocimiento

científico. Es más, sirve para comprender que el mito del beneficio ilimitado ha sido más bien una estrategia política avalada por un contexto histórico favorable (desarrollo industrial, crecimiento económico, bienestar social). Podemos afirmar que el informe *Science, Growth and Society: A New Perspective* es el anticipo de una tradición universitaria que, con un trasfondo claramente social y destinado a mejorar la sociedad, se propone cuestionar las premisas epistemológicas y la carga normativa que conlleva la visión científica sobre el progreso, codificado automáticamente como bien común. Un resultado inmediato es precisamente la emergencia de programas de investigación sobre ciencia, tecnología y sociedad (CTS) con un doble objetivo, al menos en sus inicios: estudiar el contexto social y cultural más amplio de la ciencia y la tecnología; y, promover ámbitos de interacción y seminarios entre científicos naturales, ingenieros, científicos sociales y humanistas. Otro aspecto relevante es la emergencia de nuevas universidades que apuestan por la innovación educativa (modelos didácticos centrados en el alumnado y el aprendizaje basado en problemas).

Conviene retener la importancia del informe elaborado por Brooks, en tanto que en las siguientes décadas apreciamos un cambio que en los estudios sociales con frecuencia se omite, a saber, la ciencia se transforma en una dimensión clave de la economía y la actividad económica. De la misma manera, el avance de la ciencia y sus motivos se desvinculan por sus efectos en la expansión de las capacidades de las personas, como respuesta de las necesidades humanas, y como solución de problemas como la energía, el medio ambiente y la ciudad. Aquí debemos sugerir una necesaria distinción: una cosa es remarcar la creciente complejidad de los sistemas de innovación, que obliga continuamente a reformular la organización del sistema de ciencia, y otra cosa bien distinta es subestimar que estos cambios en la gestión política están condicionados a los intereses económicos.

El informe *Technical Change and Economic Policy* (OECD, 1980), conocido también como el Informe Delapalme, todavía solicita una síntesis de políticas de ajuste económicas, tecnológicas y sociales que optimizara las contribuciones del desarrollo tecnológico al desarrollo económico y social. También avisa sobre la urgencia de emprender iniciativas para armonizar las políticas económicas y las tecnológicas. Los siguientes informes de la OCDE en los principios de la década de 1990, agrupados bajo “Tecnología y política económica”,¹⁰ sitúan explícitamente las teorías sobre el cambio tecnológico en el núcleo de la política económica. Así emerge el tercer periodo, que rompe definitivamente con el

¹⁰ Véanse: OECD, 1988 (conocido también como el Informe Sundqvist); OECD, 1991a; OECD, 1991b; y, OECD, 1992.

modelo lineal que venía caracterizando los sistemas de investigación y desarrollo, a la vez el eje de comprensión y por tanto la orientación de las políticas se desplaza de reconocer la dimensión económica de la ciencia a considerar el impacto económico de la ciencia y paulatinamente la ciencia como motor de la economía.

De momento, conviene destacar algunas conclusiones provisionales. En primer lugar, el recorrido que realiza la política científica a partir de la década de los años 80 revela que efectivamente los objetivos inscritos en los indicadores ciencia y tecnología dependen claramente de los supuestos, actores, intereses o instituciones que participan en la elaboración de los sistemas de investigación, desarrollo e innovación. Es el principio del fin de las premisas y promesas que contiene el contrato social de la ciencia (Lederman, 1991). En segundo lugar, ligado más bien a los objetivos que persiguen las políticas públicas, en el nuevo contexto geoeconómico emergente, las políticas de ciencia, tecnología e innovación se orientan definitivamente a satisfacer las necesidades del mercado empresarial, consolidándose lo que denominamos “el sistema de ciencia, tecnología y empresa”.

El giro económico y la nueva modalidad de actividad científica

La superación del modelo lineal de la política científica se cierra definitivamente con la primera edición del *Manual de Oslo* (1992) sobre las directrices para el recuento e interpretación de datos sobre innovación tecnológica. Es así como emerge un nuevo conjunto de indicadores relativos a la medición de fuentes, inversiones y resultados de las ideas innovadoras.

Como primera aproximación, “el sistema de ciencia, tecnología y empresa” puede caracterizarse por los cambios que se adivinan en los indicadores, en el ámbito de acción de las políticas, en los criterios que rigen la generación y evaluación de la investigación, y en la organización general del sistema. En primer lugar, los datos estadísticos y los indicadores, si bien en un inicio dirigidos a la fabricación de productos industriales, se amplían más tarde al ámbito de los servicios. Se trata de un período que, orientado por medidas de estímulo de la microelectrónica, la biotecnología y los nuevos materiales industriales, redefine claramente una nueva política basada en la innovación. En segundo lugar, las políticas relativas a la innovación superan la visión reduccionista que limitaba el sistema de ciencia y tecnología a la industria. Ahora el sector productivo no queda restringido a las actividades industriales y por el contrario adquiere relevancia en su concepción amplia y diversa la empresa. En tercer lugar, en los manuales metodológicos de la OCDE para la medición de las actividades científicas y

tecnológicas también se aprecia un claro giro para medir el impacto económico de la actividad científico-tecnológica. En relación a los indicadores de resultados tecnológicos, desde la década de 1990 se consolida el conjunto de indicadores sobre las transacciones comerciales de tecnología (*Manual de Balanza de Pagos Tecnológicos*, 1990). No menos importante es la utilización de los datos de patentes como indicadores de ciencia y tecnología (*Manual de Patentes*, 1994).¹¹ También destacan indicadores no bibliométricos para el análisis de la productividad científica, así por ejemplo, aquellos orientados a medir la capacidad para el desarrollo de actividades económicas y empresariales que tienen las universidades (creación de empresas desde las universidades para desarrollar y comercializar los descubrimientos generados). En cuarto lugar, la nueva fase se caracteriza asimismo por cambios evidentes en el sistema de organización que opera la actividad científico-tecnológica. Así, destacan los cambios en los valores e intereses concurrentes que rigen la investigación y el desarrollo (dominio de la cultura empresarial, gasto público orientado a la empresa); en el sistema y sus estructuras (consolidación del “sistema de ciencia, tecnología y empresa”, bajo el acrónimo “i+d+i”); y en los estilos de gestión política (ministerios de economía y secretarías de Estado sobre innovación que asumen competencias relativas a la ciencia y la educación superior). Lo más remarcable sin embargo es que todos estos cambios se sostienen en aras a garantizar y promover la productividad de la inversión en investigación y desarrollo. Este periodo tiene como rasgo distintivo que las medidas dirigidas a alimentar el flujo de resultados entre el sistema de producción de conocimiento y el sistema de producción de bienes y servicios orientan claramente la balanza a consideraciones de política económica.¹²

Aunque sea brevemente, conviene hacer algunas precisiones y entender su alcance en relación a los motivos de la nueva modalidad de actividad científica y los objetivos que persigue. Un primer aspecto obliga retrotraernos a la crisis económica de la década de 1970 y la consiguiente revisión de los conceptos y teorías para el cambio tecnológico, una vez constatado los problemas teóricos y empíricos de la teoría neoclásica sobre el crecimiento y el modelo lineal de

¹¹ Véanse, respectivamente: OECD (1990): *The Measurement of Scientific and Technological Activities. Proposed Standard Method of Compiling and Interpreting Technology Balance of Payments Data*. París: OECD. OECD (1994): *Proposed Standard Practice Survey of R&D: The Measurement of Scientific and Technological Activities. Using Patent Data as Science and Technological Indicators*. París: OECD.

¹² Para mayor exhaustividad en relación a los indicadores, que rebasa los objetivos de nuestro trabajo, remitimos a <http://www.oecd.org/science/>

innovación (Irvine y Martin, 1984). La exportación industrial de los denominados países de reciente industrialización (Corea del Sur, Taiwan, Singapur) así como las estrategias que Japón desarrolla (“pick de winners”) mediante la previsión tecnológica y la creación de sistemas de innovación, cuestiona definitivamente el modelo lineal de desarrollo (Freeman, 1987). También debemos precisar que el contexto social y económico (la crisis del petróleo, la interdependencia financiera mundial, el reajuste presupuestario, etc.) resulta decisivo para comprender el giro en el sistema de ciencia y tecnología. Todo parece indicar que se cuestiona el liderazgo tecnológico de los EE.UU, agravado por un contexto de cambio generalizado (potencias ascendentes, geoeconomía, nuevo reparto de la riqueza y el poder).

Se reafirma algo que se anticipaba desde los años 60. En primer lugar, se puntualiza que la experiencia histórica desmiente los supuestos tradicionales y que debe reconocerse que tan costoso como la creación (producción, justificación, validación) del conocimiento es también su transmisión, aplicación y difusión. Una segunda puntualización hace referencia a las motivaciones y los incentivos de los investigadores públicos y privados. Se confirma que han aumentado los artículos científicos y las patentes de calidad, no así el conocimiento y el desarrollo tecnológico, por lo que los nuevos indicadores deben vigilar la capacidad que tiene el sistema de producción de absorber la oferta científica y tecnológica. La principal conclusión es que la promoción y financiación que un gobierno realiza en investigación y desarrollo no necesariamente retorna beneficios en las compañías nacionales; las estadísticas sobre distribución de patentes y productos tecnológicos evidencian que buena parte de las inversiones realizadas en los programas de defensa por el gobierno de los EE.UU. han beneficiado a compañías japonesas y alemanas en su desarrollo de productos electrónicos para el consumo (Boretsky, 1975; Nelson & Wright, 1992). Es en este contexto que: (a) se cuestionan las inversiones realizadas en las tecnologías de defensa y el espacio en gasto de recursos públicos; (b) se insiste en los recursos invertidos por las compañías privadas para estimular la competitividad y abrir nuevos mercados; (c) se sugiere el trinomio “comercialización, internacionalización, innovación”, es decir, empresas internacionalizadas que apuesten por la I+D+i como principio-guía de un nuevo conjunto de indicadores.

Junto a la crisis económica, hay un segundo aspecto que nos interesa destacar. Las mutaciones radicales en la estructura de la práctica científica y tecnológica se explican por la influencia de la tradición neo-schumpeteriana (Nelson, Freeman, Pevitt) y el discurso político de la tercera revolución industrial y de las economías basadas en el conocimiento (OECD 1996). En este momento crítico adquieren relevancia la nueva teoría del crecimiento, que destaca el rol de la innovación en

la competitividad, y aquella otra teoría que enfatiza la inversión no material para productividad, algo que revela como prioritario la investigación y el desarrollo, el diseño, la ingeniería, el marketing, la gestión de los recursos y también la organización en grupo. En definitiva, las reticencias ante la interpretación macroeconómica y la primacía del rol de los factores tecnológicos sugieren también la revisión y reformulación de los indicadores de ciencia y tecnología. El modelo que adquiere preferencia es el llamado “chain-linked”, desarrollado por Kline y Rosenberg (1986), y divulgado por la OECD. La innovación se convierte en un concepto recurrido como difuso, general y universal. El *Manual de Oslo* (1992) refleja un cambio dirigido nuevamente por la intervención gubernamental, pero en este caso se rompe definitivamente con la autonomía del sistema que suponía en sus orígenes el modelo lineal. Se reconoce que el cambio tecnológico y en general la innovación no es un proceso autónomo, dependiente del impulso del conocimiento científico (“science push”) y de la magnitud de la demanda de mercado (“demand pull”), y es cierto que emerge una visión más dinámica y procesual de la innovación, pero el ambiente de selección ahora no reducido al entorno productivo sigue condicionado por la rentabilidad del mercado.¹³ Es la precisión que nos permite hacer nuestro análisis, que sin perder de vista los aspectos relativos a la organización del sistema y la optimización de los recursos, también se interesa por lo objetivos que la rigen.

Todo ello explica que durante las últimas décadas sin mayor discusión política se hayan tomado medidas económicas de gran repercusión en el devenir de los sectores productivos e industriales nacionales. (Trasciende nuestro objetivo su análisis y valoración.) Es llamativo el discurso unívoco que adoptaron países europeos tan heterogéneos en actividad científico-tecnológica, modelo productivo e industrial como respuesta a los desafíos planteados por un contexto socioeconómico que debe su principal novedad a los cambios en la regulación neoliberal de las economías capitalistas. En otras palabras, bajo el pretexto de la globalización económica y economías basadas en el conocimiento se han justificado sin debate público cambios estructurales de la economía, la liberalización creciente de los intercambios comerciales, la deslocalización de actividades productivas (principalmente en el sector industrial) y nuevas

¹³ Cosa bien distinta se anticipa con el camino inverso, es decir, primero se discuten los objetivos (la extensión de las capacidades humanas, los retos del bienestar y las necesidades, etc.) y luego se deciden el sistema de investigación. Véanse: Hauknes y Wicken, 2003; Miettinen, 2013. Cabe destacar también el trabajo que vienen realizando la Red Iberoamericana de Indicadores en Ciencia y Tecnología (RICYT) y el Observatorio Iberoamericano de Ciencia, Tecnología y Sociedad, del Centro de Altos Estudios Universitarios (OEI). Véanse: Albornoz, 2012; Albornoz y López Cerezo, 2010.

estructuras políticas de regulación comercial. (En el mismo sentido, es relevante que en España los estudios sobre la crisis económica descuiden las dinámicas históricas que han conducido a la insostenibilidad de la estructura productiva. La creciente desindustrialización está ligada a las políticas estimuladas por las élites políticas y económicas nacionales y europeas.) El relato que enmascaró aquellos cambios es bien conocido. El origen de las transformaciones se detecta en las dificultades económicas que padecen los países occidentales ante los emergentes problemas ligados a la competitividad y la transmisión del conocimiento en la nueva economía global. La demanda de mercado, en un contexto global en el que compiten las empresas, obliga adaptarse a las exigentes estrategias de internacionalización. La apertura a nuevos mercados para la comercialización y la exportación, sin embargo, difícilmente puede realizarse compitiendo en los sectores tradicionales a través del modelo de costos (deslocalizarse a territorios en el que el costo de la producción es más bajo e intensivo). Por el contrario, la ventaja competitiva debe alcanzarse en la innovación e integración del valor añadido a través de la promoción de nuevas actividades o insertando innovaciones en los sectores tradicionales; en el énfasis en la innovación se propone generar competitividad y crecimiento económico a través de los sistemas de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i). Es más, buena parte de los avances tecnológicos se realiza en un sector (tecnologías de la información y comunicación) caracterizado por productos y servicios de corta duración, un margen estrecho de competitividad y un contexto de comercialización global. Los nuevos indicadores basados en i+d+i apuntan que el crecimiento de las empresas y su base tecnológica son la clave de la innovación y del valor añadido. Como ha documentado Guston (2000), entre las primeras leyes destacan aquellas orientadas a la capacidad innovadora, la transferencia de tecnología del laboratorio a la empresa, las patentes y las marcas registradas. La ciencia y la tecnología se convierten así en objetivos estratégicos cara a competir en un mercado globalizado, libre de regulaciones y totalmente sometido a la obtención de ganancias económicas.

Sólo así comprendemos la nueva retórica asociada a la innovación. Podemos constatar una repolitización de las políticas científicas y tecnológicas, hay una clara reformulación de la naturaleza y el valor de la ciencia y la tecnología, y se cuestionan definitivamente los supuestos principales que han caracterizado la política científica.¹⁴

¹⁴ Todos estos aspectos vienen a confirmar una nueva modalidad de actividad científica, que supone remodelaciones de carácter organizativo, científico, sociocultural y relacional. Sobre este aspecto hay una amplia literatura, en el que destacan las tesis “Modo 2 de producción de conocimiento” (Gibbons y otros, 1994; Nowotny y otros 2001), “modelo de triple hélice” (Etzkowitz & Leydesdorff, 1997), “sistemas de innovación” (Lundvall 1992), “ciencia post-académica” (Ziman, 1994, 1996). Para una

El nuevo sistema de innovación, se formula a partir de la teoría de sistemas, que interpreta la relación entre diversas y diferentes instituciones condición de competitividad de una empresa o un sector productivo. La caracterización de la nueva política científica debe considerar, en primer lugar, un nuevo conjunto de actores y sus relaciones (Barre y otros, 1998). La visión de la innovación centrada en la estructura es desplazada por una visión más dinámica y procesual, ahora el ambiente de selección no queda reducido al entorno productivo, pero la teoría funcionalista impone la creación de entornos de innovación que propicien funciones científicas, tecnológicas, productivas y financieras que vayan a realizarse en la estructura del sistema de innovación. Es así como se producen cambios en las preferencias sobre el conocimiento científico, en el ámbito disciplinar, en la manera de producir conocimiento y en las relaciones entre actores. Esto supone una ampliación de la comunidad científica de la universidad también a las empresas y los centros tecnológicos, a la vez que la pluralización de los agentes del sistema de innovación amplía sus actividades a prácticas tan dispares como la transferencia del conocimiento, el marketing, la gestión de patentes, etc. En efecto, la innovación amplía su ámbito de referencia de la ciencia y la tecnología también a las estructuras de organización, las relaciones entre diferentes agentes del sistema de innovación y la dinamización de sus funciones, en tanto que los procesos de innovación resultan para la rentabilidad tan importantes como los productos finales. Se empañan y difuminan además las fronteras tradicionales entre ciencia y sociedad, se amplía lo que se entiende por actividad científica y vemos que el conocimiento se desplaza progresivamente al núcleo de los planes de competitividad que elaboran gobiernos y empresas.

La relevancia que adquiere el contexto en el proceso de innovación explica, en primer lugar, el nuevo rol que se asigna –lejos de la retórica neoliberal más ingenua- a las administraciones públicas. La rentabilidad del mercado y el rol de la innovación en la productividad exigen un contexto social y económico “atractivo”, no bastan la formación científica, las políticas de gobierno sobre ciencia (recursos destinados a I+D+i) y la iniciativa empresarial, y se demanda a las administraciones que faciliten el acceso a la financiación y el crédito, se promueva la internacionalización y la innovación, mayor inversión pública

primera discusión, véanse: Hessels & van Lente, 2008; VVAA, 2003. Diversos trabajos (véase: Shinn, 2002) han cuestionado la interpretación histórica que contienen las nuevas teorías sobre producción del conocimiento, mientras que aquellos defienden su valor heurístico. En un tono más crítico tienen relevancia las tesis sobre “convergencia asimétrica” (Kleimann y Vallas, 2001), “régimen de privatización globalizada” (Mirowski y Sent, 2008) y “ciencia neoliberal” (Slaughter y Rhoades, 2004; Canaan y Shumar, 2008).

(proyectos de infraestructuras), factores que incentiven el interés de los inversores mundiales, la construcción de redes y la conectividad, la conexión con nuevas dinámicas (científicas, económicas); lo que en la literatura sobre innovación se vienen denominando la diplomacia económica.

Un segundo rasgo general de la nueva política científica debe referirse a la relación entre la ciencia y la tecnología, no sólo a nivel práctico y funcional, sino también conceptual. Como notas distintivas, podemos destacar las siguientes: la superación del modelo lineal conlleva también no acotar la tecnología a mera ciencia aplicada; los conocimientos tácitos y no referidos a la investigación básica son necesarios para promover el proceso de la innovación tecnológica; el sistema de innovación relativiza la investigación básica, reformula las premisas que suponía el modelo lineal, explicita la aplicación inmediatamente útil que debe tener el conocimiento científico, y esto reformula el sistema de investigación y desarrollo público en aras a un sector privado más implicado; los recursos económicos y de gestión cobran importancia similar a los recursos cognitivos y técnicos en el desarrollo científico-técnico; la tecnología es condición de posibilidad de conocimientos novedosos; las oportunidades estratégicas más que a la investigación básica se refieren a la innovación tecnológica.

Cierto que, incluso en una economía capitalista, el sector público y privado difieren por su naturaleza, objetivos y funciones en relación a la promoción de la investigación de la ciencia y la tecnología. No obstante, en relación al sector público, la superación del modelo lineal de innovación también impone cambios en las motivaciones del trabajo universitario, en el valor de la investigación básica y en el sentido de las políticas de investigación y desarrollo. Buena parte de las discusiones sobre ciencia y tecnología, universidad, investigación orientada, innovación industrial, transferencia de conocimientos, desarrollo experimental, innovación de productos, etc. deben situarse en el contexto más amplio de cambios. Con lo visto, podemos entender mejor que el nuevo proceso caracterizado por la interacción creciente entre actores e intereses supone adaptar la vocación del sector público a las normas del mercado; la investigación básica debe orientarse a problemas, se rige por criterios prácticos, el conocimiento tiene crecientemente un carácter inter- y transdisciplinar, la calidad del conocimiento es evaluada por los pares pero también por criterios sociales, económicos y políticos, y esto implica el predominio de las formas de organización y acción propias de las empresas en la comunidad científica. De la misma forma, tan pronto se comercializa el conocimiento, también la universidad, el status de la ciencia y la imagen de los científicos cambian su naturaleza y su rol en la sociedad.¹⁵

¹⁵ Sobre los mitos y las paradojas que emergen ante la nueva modalidad de actividad científica, véase

Consideraciones finales

Las políticas científicas han promocionado durante las seis últimas décadas la investigación y el desarrollo debido a sus resultados en la sociedad. Las políticas para la ciencia han asumido que la finalidad última de financiar la ciencia y la tecnología respondía a objetivos socio-económicos como la seguridad nacional, el desarrollo económico, el bienestar y el ambiente. Hemos visto sin embargo que las oficinas estadísticas y los académicos (economistas) también han propuesto diversos indicadores, metodologías y modelos econométricos para su medición, que paulatinamente se han centrado en la dimensión económica del impacto de la ciencia, de tal manera que actualmente la actividad científico-tecnológica necesita crecientemente de justificación económica. Todo ello además parece justificarse una vez que el lenguaje político sostiene que en nuestras sociedades la tecnología intensiva en ciencia es el motor de la competitividad y el crecimiento económico.

El análisis que acabamos de realizar es suficiente para nuestros objetivos. El propósito era conocer el contexto más amplio en el que se desarrollan la actividad científica y tecnológica, para así comprender los cambios en su organización y los intereses que concurren en su valoración.¹⁶ En nuestro caso, la estrategia de análisis que manejamos y el rol analítico de la perspectiva contextual nos ha permitido realizar un estudio más complejo e interactivo de los sistemas de ciencia, en el que la mediación del mercado juega un rol determinante. En segundo lugar, hemos observado que el concepto de ciencia presupuesto omite el escrutinio público de las políticas de estímulo, una vez que la imagen triunfalista y normativa del conocimiento anticipa a través del empuje de la ciencia (fase 1), la demanda de mercado (fase 2) y los sistemas de innovación (fase 3) la promesa de nuevas aplicaciones, creación de riqueza y bienestar social. Mientras tanto, los indicadores se centran en los impactos económicos, excluyendo otras esferas de

Eizaguirre, 2012.

¹⁶ Conviene aclarar tres cosas. No era objetivo de este artículo elaborar una tipología de los modelos de política científica a partir de un análisis exhaustivo de los indicadores de ciencia (Godin, 2010). Tampoco nos hemos referido a cuestiones tan relevantes ligadas a los problemas sobre la medición (Feller & y Coozens, 2007) y las desigualdades que “las nuevas reglas de juego” generan en la producción del conocimiento, el beneficio económico y la cohesión social (Coozens y otros, 2007; VVAA, 2007). Por último, debemos recurrir a estudios empíricos con visión planetaria para comprobar si realmente la ciencia y la tecnología pueden considerarse fuerzas de producción (como fueron la energía de vapor o el motor eléctrico) que justifiquen hablar de la tercera revolución industrial. Creemos que estos aspectos, junto a otros tratados en el cuarto apartado deben atraer nuestra atención en futuros trabajos.

nuestra vida socioambiental, a la vez que deviene escasa y accidental la consideración que merecen dimensiones relevantes como son la regulación de riesgos e incertidumbres, la participación ciudadana y sus valores y preferencias en el proceso multidireccional de variación y selección que consolida las formas concretas de tecnología, etc. En tercer lugar, a raíz de los cambios en el desarrollo de las políticas científicas, hemos anticipado la emergencia de una nueva modalidad de actividad científica como respuesta al nuevo contexto de economía global. En cuarto lugar, sin embargo, la reciente crítica del modelo lineal de innovación y una versión más compleja de los sistemas de investigación evidencian bien claramente su carácter sociopolítico. El carácter sistémico de la innovación y la retórica asociada a la gobernanza sugiere, como se deduce en la última estrategia de la OCDE (OECD, 2010), que la innovación depende en gran medida del reparto de fuerzas y la estrategia negociadora. Una vez superada la visión lineal, creemos que una comprensión más compleja y sistémica, guiado de momento exclusivamente por la rentabilidad de mercado, también anticipa paradójicamente las potencialidades de la innovación como servicio público.

Estos resultados indican la necesidad de reflexionar sobre los supuestos y las promesas en los que erróneamente se sustenta el sistema de investigación actual, incorporar indicadores alternativos a la justificación y evaluación de las políticas científicas, y evitando cualquier ingenuidad (imagen esencialista de la ciencia, política científica triunfalista) reafirmar la necesidad de promover una discusión que nos capacite para reflexionar también sobre políticas científicas democrática y socialmente orientadas. Sin descuidar la reflexión sobre el sistema de ciencia en aras a optimizar recursos, también es necesario retomar aquella otra línea de análisis más ligada a los objetivos de las políticas públicas sobre investigación, desarrollo e innovación. De hecho, en los últimos años y tras la recesión económica, en las estrategias de innovación a nivel europeo se adivina una mayor ambivalencia y una creciente preocupación ligada a los retos sociales de futuro que imponen los cambios de tendencia en la sociedad global. Parece que hay una mayor conciencia sobre la necesidad de responder a los desafíos globales, algo que de ser cierto debería impulsar también un claro giro en las políticas diseñadas e implementadas en ciencia. Está claro que el significado, alcance y aplicación de las diferentes alternativas dependerá de las dinámicas económicas y socio-políticas por las cuales se instrumentalizan y regulan la ciencia y la tecnología.

Bibliografía

- ALBORNOZ, M. (coord.), *Ciencia, tecnología e innovación para el desarrollo y la cohesión social*, Madrid, OEI, 2012.
- ALBORNOZ, M. & LÓPEZ CERREZO, J.A. (eds.), *Ciencia, tecnología y universidad en Iberoamérica*, Buenos Aires, Eudeba, 2010.
- BARBEN, D., “Changing Regimes of Science and Politics: Comparative and Transnational Perspectives for a World in Transition”, *Science and Public Policy*, 34 1, (2007), 55-69.
- BARRE, R., GIBBONS, M., MADDOX, J., MARTIN, B. & PAPON, P. (eds.), *Science in Tomorrow's Europe*, Paris, Economica Ltd, 1998.
- BELL, D., *The Coming of Post-Industrial Society*, New York, Penguin, 1973.
- BERMAN, E.P., *Creating the Market University: How Academic Science Became an Economic Engine*. Princeton: Princeton University Press, 2012.
- BLUME, S., “The Development of Dutch Science Policy in International Perspective 1965-1985”, RAWB Achtergrondstudies no. 14, Amsterdam, 1985.
- BOEKER, E. & GIBBONS, M. (eds.), *Science, Society and Education*. Amsterdam, Free University, 1978.
- BORETSKY, M., “Trends in US Technology: A Political Economist's View”, *American Scientist*, 63 1, (1975), 70-82.
- BROOKS, H., “National Science Policy and Technological Innovation”, in Landau, R. & Rosenberg, N. (eds.), *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, 119-165, Washington DC, National Academic Press, 1985.
- BUSH, V., *Science: The Endless Frontier*, Washington, D.C., NSF, 1945.
- CANAAN, J.E. & SHUMAR, W. (eds.), *Structure and Agency in the Neoliberal University*. New York: Routledge, 2008.
- COOZENS, S., KALLERUD, E., ACKERS, L., GILL, B., HARPER, J., SANTOS PEREIRA T. & ZARB-ADAMI, N., *Problems of Inequality in Science, Technology, and Innovation Policy*, Project Deliverable #2, James Martin Institute for Science and Civilization, 2007.
- EDGERTON, D., “‘The Linear Model’ Did not Exist: Reflections on the History and Historiography of Science and Research in Industry in the Twentieth Century”, in GRAFIN, K., WORMBS, N. & WILDMALM, S. (eds.), *The Science-Industry Nexus: History, Policy, Implications*, 31-57, New York, Science and History Publications, 2004.

- EIZAGUIRRE, A., "Mitos y paradojas de los sistemas de investigación", *Argumentos de razón técnica*, 15 (2012), 81-109.
- ELZINGA, A. & JAMISON, A., "Changing Policy Agendas in Science and Technology", in JASANOFF, S., MARKLE, G.E., PETERSON, J.C. & PINCH, T.J. (eds.), *Handbook of Science and Technology Studies*, 572-597, London, Sage, 1995.
- ETZKOWITZ, H. & LEYDESDORFF, L. (eds.), *Universities and the Global Knowledge Economy: A Triple Helix of University-Industry-Government Relations*, London, Pinter, 1997.
- EZHARI, Y., *The Descent of Icarus: Science and the Transformation of Contemporary Democracy*, Cambridge, Harvard University Press, 1990.
- FELLER, I. & COOZENS, S., *A Science of Science and Innovation Policy Research Agenda*, Working Papers #29, Georgia Institute of Technology, 2007.
- FREEMAN, C. & SOETE, L., *Developing Science, Technology and Innovation Indicators: What We Can Learn from the Past*, UNU-MERIT, Working Paper Series, Maastricht, 2007.
- GIBBONS, M., LIMOGES, C., NOWOTNY, H., SCHWARTZMAN, S., SCOTT, P. & TROW, M., *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, London, Sage, 1994.
- GODIN, B., "Writing Performative History: The New "New Atlantis", *Social Studies of Science*, 28 3, (1998), 465-483.
- GODIN, B., "The Obsession for Competitiveness and Its Impact on Statistics: The Construction of High-Technology Indicators", *Research Policy*, 33 8 (2004), 1217-1229.
- GODIN, B., *Measurement and Statistics on Science and Technology: 1920 to the Present*, London, Routledge, 2005.
- GODIN, B., "The Linear Model of Innovation: The Historical Construction of an Analytical Framework", *Science, Technology & Human Values*, 31 6, (2006), 639-667.
- GODIN, B., "Science, Accounting and Statistics: The Input-Output Framework", *Research Policy*, 36 9, (2007), 1388-1403.
- GODIN, B., *The Making of Science, Technology and Innovation Policy: Conceptual Frameworks as Narratives, 1945-2005*, Montreal, Centre Urbanisation Culture Société, 2010.
- GÓMEZ CARIDAD, I. & BORDONS GANGAS, M., "Limitaciones en el uso de los indicadores bibliométricos para la evaluación científica", *Política Científica* 46, (1996), 21-26.

- GREENBERG, D.S., *The Politics of Pure Science*, New York, New American Library, 1967.
- GUSTON, D.H., *Between Politics and Science: Assuring the Integrity and Productivity of Science*, New York, Cambridge University Press, 2000.
- GUSTON, D.H. & BROWN, N., "Science, Democracy, and the Right to Research" *Sci Eng Ethics*, 15, (2009), 351-366.
- HART, D.M., *Forged Consensus: Science, Technology, and Economic Policy in the United States, 1921-1953*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1998.
- HAUKNES, J. & WICKEN, O., "Innovation Policy in the Post-War Period: Trends and Patterns", Oslo, STEP Group, Senter for innovasjonsforskning, Sintef Teknologiledelse, 1999.
- HAUKNES, J. & WICKEN, O., "Innovation Policy in the Post-War Period", Oslo, STEP Group, Senter for innovasjonsforskning, Sintef Teknologiledelse, 2003.
- HESSELS, L.K. & VAN LENTE, H., "Re-thinking New Knowledge Production: A Literature Review and a Research Agenda", *Research Policy*, 37, (2008), 740-760.
- IRVINE, J & MARTIN, B.R., *Foresight in Science: Picking the Winners*, London, Pinter, 1984.
- JAMISON, A., "Science and Technology in Postwar Europe", in STONE, D. (ed.): *The Oxford Handbook of Postwar European History*, 630-648, Oxford, Oxford University Press, 2012.
- KEVLES, D., *The Physicists: The History of a Scientific Community in Modern America*. New York: Vintage, 1997.
- KLEIMANN, D.L. & VALLAS, S.P., "Science, Capitalism, and the Rise of the 'Knowledge Worker': The Changing Structure of Knowledge Production in the United States". *Theory and Society*, 30 4, (2001), 451-492.
- KLINE, S.J. & ROSENBERG, N., "An overview of innovation", in LANDAU, R. & ROSENBERG, N. (eds.): *The Positive Sum Strategy: Harnessing Technology for Economic Growth*, 275-305, Washington, D.C., National Academy Press, 1986.
- LANE, R., "The Decline of Politics and Ideology in a Knowledgeable Society", *American Sociological Review*, 31, (1966), 649-662.
- LEDERMAN, L., *Science. The End of the Frontier?*, Washington, D.C., AAAS, 1991.
- LUNDVALL, B. (ed.), *National System of Innovation. Towards a Theory of Innovation and Interactive Learning*, Londres, Pinter Publishers, 1992.

- MERTON, R., "A Note on Science and Democracy" *Journal of Legal and Political Sociology*, 1, (1942), 115-126.
- MIETTINEN, R., *National Innovation System: Scientific Concept or Political Rhetoric?*, Helsinki, Edita, 2002.
- MIETTINEN, R., *Innovation, Human Capabilities, and Democracy: Towards an Enabling Welfare State*, Oxford, Oxford University Press, 2013.
- MIROWSKI, P. & SENT, E-J., "The Commercialization of Science and the Response to STS", in HACKETT, E.J., AMSTERDAMSKA, O., LYNCH, M. & WAJCMAN, J. (eds.), *The Handbook of Science and Technology Studies*, 635-689. Cambridge: MIT Press, 2008.
- NELSON, R.R., "The Simple Economics of Basic Scientific Research", *Journal of Political Economy*, 67, (1959), 297-306.
- NELSON, R.R. & Wright, G., "The Rise and Fall of American Technological Leadership: The Postwar Era in Historical Perspective", *Journal of Economic Literature*, 30, (1992), 1931-1964.
- NOWOTNY, H., SCOTT, P. & GIBBONS, M., *Re-Thinking Science: Knowledge and the Public in an Age of Uncertainty*, Cambridge, Cambridge University Press, 2001.
- OECD, *International Cooperation in Scientific and Technical Research*, Paris, OEEC, 1960.
- OECD, *Science and the Policies of Governments*, Paris, OECD, 1963a.
- OECD, *Science, Economic Growth and Government Policy*, Paris, OECD, 1963b.
- OECD, *Ministers Talk about Science*, Paris, OECD, 1964.
- OECD, *Fundamental Research and the Policies of Governments*, Paris, OECD, 1966a.
- OECD, *Government and the Allocation of Resources to Science*, Paris, OECD, 1966b.
- OECD, *Government and Technical Innovation*, Paris, OECD, 1966c.
- OECD, *Gaps in Technology: General Report*, Paris, OECD, 1968.
- OECD, *The Conditions of Success in Technological Innovation*, Paris, OECD, 1971.
- OECD, *The Research System*, Paris, OECD, 1972a.
- OECD, *Science, Growth and Society: A New Perspective*, Paris, OECD, 1972b.
- OECD, *Technical Change and Economic Policy*, Paris, OECD, 1980.
- OECD, *New Technologies in the 1990s: A Socio-economic Strategy*, Paris, OECD, 1988.

- OECD, *Choosing Priorities in Science and Technology*, Paris, OECD, 1991a.
- OECD, *Technology in a Changing World*, Paris, OECD, 1991b.
- OECD, *Technology and the Economy: the Key Relationships*, Paris, OECD, 1992.
- OECD, *The Knowledge-Based Economy*, Paris, OECD, 1996.
- OECD, *Managing Innovation Systems*, Paris, OECD, 1999.
- OECD, *Innovative Networks: Co-operation in National Innovation Systems*, Paris, OECD, 2001a.
- OECD, *Innovative Clusters: Drivers of National Innovation Systems*, Paris, OECD, 2001b.
- OECD, *Innovative People: Mobility of Skilled Personnel in National Innovation Systems*, Paris, OECD, 2001c.
- OECD, *Dynamising National Innovation Systems*, Paris, OECD, 2002.
- OECD, *Science and Innovation Policy: Key Challenges and Opportunities*, Paris, OECD, 2004.
- OECD, *Governance of Innovation Systems*, Paris, OECD, 2005.
- OECD, *The OECD Innovation Strategy: Getting a Head Start on Tomorrow*, Paris, OECD, 2010.
- PRICE, H. D. de S., *The Scientific Estate*, New York, Oxford University Press, 1965.
- PRICE, H. D. de S., *Little Science, Big Science*, New York, Columbia University Press, 1963/1971.
- RUIVO, B., "Phases' or 'Paradigms' of Science Policy?", *Science and Public Policy*, 21 3, (1995), 157-164.
- SALOMON, J-J., "Science Policy Studies and the Development of Science Policy", in SPIEGEL-ROSING, I. & PRICE, D.S. (eds.), *Science, Technology and Society*, 43-70, London, Sage, 1977.
- SALOMON, J-J., "L'OECD et les politiques scientifiques", *Revue pour l'histoire du CNRS*, 3 (2000), 40-58.
- SALOMON, J-J, SAGASTI, F.R. y SACHS-JEANTET, C. (eds.), *The Uncertain Quest: Science, Technology, and Development*, Paris, United Nations University Press, 1998.
- SANCHO, R., "Indicadores bibliométricos utilizados en la evaluación de la ciencia y la tecnología", *Revista Española de Documentación Científica*, 13 3/4 (1990), 842-865.
- SHILS, E. (comp.) *Criteria for Scientific Development: Public Policy and National Goals*, Cambridge, MIT Press, 1968.

- SHINN, T., "The Triple Helix and New Production of Knowledge: Prepackaged Thinking in Science and Technology", *Social Studies of Science*, 32 4, (2002), 599-614.
- SLAUGHTER, S. & RHOADES, G., *Academic Capitalism and the New Economy: Markets, State, and Higher Education*. Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2004.
- STHER, N., *Knowledge and Economic Conduct: The Social Foundations of the Modern Economy*. Toronto: University of Toronto Press, 2002.
- US President's Scientific Research Board, *Science and Public Policy*, New York, Arno Press, 1947.
- VVAA, "The New Production of Knowledge", *Minerva* n° monográfico, 41 3, (2003), 177-276.
- VVAA, "Science, Policy and Social Inequity", *Science and Public Policy* n° monográfico, 34 2, (2007), 83-150.
- WEINBERG, A.M., *Reflections on Big Science*, Cambridge, MIT Press, 1967.
- ZIMAN, J., *Prometheus Bond. Science in a Steady State*, Cambridge, Cambridge University Press, 1994.
- ZIMAN, J., "'Postacademic Science': Constructing Knowledge with Networks and Norms", *Science Studies*, 9, (1996), 67-80.