Sistemas de ciencia y tecnología

POR **JUAN URRUTIA**

El físico Freeman Dyson (1) hace de Manchester y Atenas metáforas que le permiten iluminar dos maneras alternativas de entender el quehacer de los científicos. Atenas sería la patria de los científicos unificadores, aquellos cuya «pasión es encontrar principios generales que lo expliquen todo» (p.44), sin necesidad, claro está, de mancharse las manos con actividades materiales que desviarían al pensador de la teorización y contemplación en que consiste la vida auténtica (2). Manchester, por el contrario, albergaría a los diversificadores, es decir a aquellos que disfrutan con la proliferación de artefactos y con el examen de los detalles de las cosas y los hechos, aunque este examen les tizne la nariz.

Si bien es cierto que Dyson intenta hacemos ver cómo la verdadera ciencia se construye, o se debiera construir, en una dialéctica continua entre el descubrimiento de nuevos detalles de la realidad y su racionalización teórica para ser incluidos en el corpus aceptado, tarnbién es cierto que no tenemos más remedio que reconocer que la ciencia tiende a ser ateniense y la tecnología manchestenana y que las relaciones entre ambas no son fáciles ni simétricas.

Estos comentarios me sirven para enmarcar los dos libros que me propongo comentar (3) como relacionados con los dos polos de Ciencia y Tecnología, y subrayar, para empezar, lo que, a mi juicio, es su principal y secreto atractivo; a saber, que por primera vez, hablando de temas de Política Científica y Tecnológica, hay atisbos de que los autores entienden las diferentes actitudes de científicos y tecnólogos y de que aprehenden el Sistema de Ciencia y Tecnología como un todo que, no sólo ha de facilitar la explotación tecnológica de los resultados científicos, sino que también debe dejar transitar las sorpresas de los juguetes tecnológicos hacia los reinos de los científicos.

Me temo, sin embargo, que son sólo atisbos a los que no se presta demasiada atención y que no son perseguidos por los autores de manera sistemática. Así, Lafuente y Oro (LO) reconocen explícitamente que los incentivos que mueven a científicos y tecnólogos son de diferente naturaleza, pero este hecho no parece jugar ningún papel en el diseño del Sistema Español de Ciencia y Tecnología. Asimismo, Oro y Sebastián (OS), en la Presentación de la publicación de la que son autores, hacen un esfuerzo inteligente por conceptualizar lo que hoy en día debe entenderse por Sistema de Ciencia y Tecnología poniendo énfasis en «el carácter múltiple, reticular e interactivo de los elementos que lo componen» (p. 12) sin que, al final, lleguen a explotar esta intuición hasta descubrir el papel de la tecnología como fuente de inspiración de la ciencia. Deberían, pues, los autores hacer un esfuerzo sistemático en la dirección apuntada,

Fundación Telefónica

y en otras que indicaré más adelante, si no por otra razón por la muy contundente de que es difícil encontrar alguien más apropiado para la tarea, tal como espero haber sugerido ya al llamar la atención sobre un aspecto de estas dos obras que resulta realmente inesperado, por novedoso sin duda, pero, sobre todo, por el carácter ocasional de ambas.

En efecto, este carácter ocasional es evidente en OS, en el que se recogen las autodescripciones del Sistema de Ciencia y Tecnología de casi todos los países Iberoamencanos y que constituye una pieza conmemorativa más de la Cumbre Iberoamericana de Jefes de Estado y de Gobierno, en la cual, tal como dice el Ministro de Asuntos Exteriores en el Prólogo, «se acordó fortalecer el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo-Quinto Centenario (CYTED-D) como instrumento válido para la integración en el campo de la investigación científica y de la innovación tecnológica, a la vista de los logros alcanzados desde su creación» .

Una colección semejante de ensayos es, más allá de su carácter conmemorativo, una publicación útil para la comunicación entre científicos, tecnólogos y empresarios del ámbito geográfico de que se trata y, posiblemente, para la ilustración de quienes tienen la responsabilidad de liderar esfuerzos similares en otros ámbitos.

Su lectura, aunque sea en la forma trompicada en que estas colecciones son en general hojeadas, pone de manifiesto que, en los países de referencia, se ha avanzado mucho más en la organización institucional de la Ciencia que en la de la Tecnología (4), evidenciando así que no es fácil ni integrar ambas actividades -Atenas y Manchester- en un solo Sistema ni, a fortiori, ir más allá, en esa integración, de la única dirección de influencia generalmente subrayada: la que va desde la invención científica a la innovación tecnológica y su difusión en las industrias. El volumen de OS debe pues ser considerado como un libro oportuno, esencialmente de consulta y básicamente descriptivo. El libro de LO, aunque puede ser utilizado como una magnífica fuente de consulta, pretende ser más creativo y, aunque excelente en la descripción, incorpora no poco análisis (5). En efecto, cualquiera que desee conocer a fondo el Sistema Español de Ciencia y Tecnología, y debería haber muchas personas e instituciones, no sólo con deseo sino con necesidad de hacerlo, desde investigadores a empresas, encontrará en el capítulo 2 una descripción de sus piezas institucionales y del propio Plan Nacional que no puede menos que calificarse de espléndida, debido, precisamente, a que está llevada a cabo distinguiendo los ejes de actuación, las áreas y las acciones y enfatizando el papel del Plan como instrumento de priorización, fomento, coordinación y estimulación, sin caer en la mera descripción enumerativa tradicional.

A pesar de que los autores confiesan en el Epílogo (p. 127) que su objetivo era «la descripción sistemática de los rasgos más característicos del Sistema Español de Ciencia y Tecnología», su subcosciente de científicos les traiciona en la Presentación al afirmar, entreveladamente, que lo que les hubiera gustado aportar es una explicación de por qué ha aparecido un Sistema de Ciencia y Tecnología con «una estructura moderna, adaptada a las necesidades de la sociedad y con un grado de desarrollo….. cercano al de los países de nuestro entorno» (p.9). Desgraciadamente los autores no han estructurado el libro de acuerdo con esta declaración de intenciones por lo que, a efectos explicativos, nos tenemos que contentar con los factores enumerados en la Presentación (pp.9-10). En efecto, el trabajo de generación y organización

Fundación Telefónica

de datos del INE y la CICYT, la emergencia de grupos de expertos en el estudio de la política científica y de su gestión, el papel impulsor de la Secretaría General del Plan Nacional de I+D y un método serio de evaluación de los resultados son, sin duda, factores muy importantes pero, a mi juicio, la forma en que todos ellos han colaborado para la creación de un verdadero sistema, o la mera existencia de semejante cosa, está todavía sin documentar.

Sin embargo, el espíritu analítico de los autores aflora en muchas ocasiones en las que consiguen plantear, y a veces solucionar, problemas interesantes. En el resto de esta recensión trataré de resaltarlos con la sana intención de incitar a los autores, otra vez, a que continúen elaborando más sus ideas (6).
El primer problema que los autores enfrentan y del que salen brillantemente es el de medir (y por lo tanto evaluar) la evolución reciente del Sistema Español de Ciencia y Tecnología. Su solución está basada en el cuadro 3.1. de la p. 45, en el que se subraya en paralelo el proceso básico del Sistema y los indicadores necesarios para su evaluación.
El capítulo 3 es el corazón del libro y no hubiera resultado tan iluminador si no hubiera estado precedido de la organización intelectual que el citado cuadro representa. Mi única objeción tanto al capítulo como al cuadro es que, a pesar de sugerencias que ya he mencionado, cuando de verdad se trata de analizar el Sistema el único eje relevante parece ser el que va de Atenas a Manchester, de la Ciencia Básica a la Tecnología.

Al lector informado y exigente le hubiera gustado disponer de datos que nos acerquen a la percepción de en qué medida la propia tecnología, los propios problemas de competitividad o calidad de vida están en el origen de resultados científicos. Pero, quizá, esta tarea sea prematura y haya que esperar para verla realizada a una mayor elaboración de las bases de datos. De hecho, bastante han hecho los autores con la información existente. Han escrito una preciosa pieza expositiva, no exenta de pasión, del esfuerzo realizado por España en materia de I+D.

En este mismo capítulo 3 se plantean no pocos problemas importantes. Por ejemplo, en el apartado 3.1.3. se presentan unos datos muy interesantes sobre política de desarrollo regional

Fundación Telefónica

y política científica y tecnológica que pone de manifiesto los esfuerzos relativos realizados por las distintas CC.AA.

Sin embargo, ni se examinan las razones para transferirles unas u otras actividades en este campo, ni se llama la atención sobre el esfuerzo realizado por algunas a pesar de no tener efectuadas las transferencias correspondientes. Este es el caso, por ejemplo, del País Vasco, cuyos centros tecnológicos, de trayectoria ejemplar, son mencionados muy de pasada (p.71).

Como otro ejemplo de problema importante planteado en este capítulo 3 es el del carácter de las actividades de I+D en el marco internacional. En primer lugar creo que merece la pena llamar la atención sobre lo que podríamos llamar la aplicación implícita de Hecksher-Ohlin a los activos intangibles acumulados por la I+D.
Los datos parecen avalar que los países se especializan y exportan aquellos productos que incorporan un mayor o menor componente tecnológico según sean ricos o pobres en este factor de producción. Parece prematuro defender una postura así; pero si se insinúa, tal como parecen hacer nuestros autores, no está claro por qué recomiendan en la Introducción «la adquisición de las tecnologías generadas en las universidades de excelencia de la Europa comunitaria» (p.20). Esta recomendación parece suponer la movilidad del factor de producción que llamamos tecnología; pero el citado teorema se aplica cuando los factores de producción no pueden trasladarse entre países.

Y en segundo lugar, y dentro del marco internacional, surge el problema de la cooperación en actividades de I+D. Que nuestro Sistema de Ciencia y Tecnología se internacionalice puede ser motivo de orgullo nacional, pero deberíamos preguntarnos en qué medida se dará la cooperación y hasta qué punto se utilizará la tecnología como barrera de entrada a muchas actividades.

El Programa Marco de la CEE o el ya mencionado CYTED-D son ejemplos de buenas intenciones cooperativas, pero tampoco faltan ejemplos de guerras comerciales basadas en el componente tecnológico. En tercer lugar, merece la pena constatar la perspicacia de los autores al preguntarse sobre si el papel jugado por la alfabetización en el siglo XX -que explica prácticamente todo el desarrollo relativo de los países- no será jugado, en el siglo XXI, por la innovación tecnológica. A este respecto sólo quisiera llamar la atención sobre trabajos recientes que parecen avalar su intuición (7).

Para terminar con esta recensión (8) me gustaría volver a la metáfora inicial que he tomado prestada de Dyson. Está claro para mí que el futuro pertenecerá a quienes sepan integrar Atenas y Manchester. España ha entendido la llamada de Atenas y está funcionando muy bien en términos cientificos gracias, en gran parte, al Plan Nacional y a la labor entusiasta de la Secretaría General del mismo y de la Dirección General de Investigación Científica y Técnica (DGICYT) del Ministerio de Educación. España, sin embargo, no entiende muy bien la cultura de Manchester y habría que saber por qué. Mi diagnóstico es que ésta es una cuestión nada menos que cultural (9) y que, desafortunadamente, en este campo, incentivos, entusiasmos y prédicas pueden no funcionar, o pueden hacerlo a ritmos demasiado lentos.

Aunque esto fuera cierto no cabría renunciar, sino sólo seguir explorando formas en que la

Fundación Telefónica

cultura del cómo, asociada a Manchester, pueda ir enraizándose en esta tierra áspera propia de la cultura ateniense del qué. En este sentido creo que hemos de apoyar iniciativas como pueden ser, por ejemplo, la de COTEC (10) o la reciente puesta en marcha, en la UAM, de estudios de posgrado especializados, que vienen a acompañar al programa de Master en Análisis y Gestión de la Ciencia y la Tecnología que se imparte en la Carlos III y que, como tal, aparece reseñado en OS. En resumidas cuentas que, en parte debido a algunas de las objeciones mencionadas y, en parte a causa de mi descreimiento general, no puedo compartir del todo la fe de Lafuente y Oro en la existencia y las virtudes del Sistema Español de Ciencia y Tecnología.

Falta mucho trabajo por hacer y el futuro va a exigir enormes dosis de determinación y entusiasmo. La presencia al frente del Sistema (y en otros puntos neurálgicos del mismo como la Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva) de personas con visión y capacidad de arrastre como las que muestran estos dos autores, podría ayudar al enraizamiento de la semilla sembrada y a relativizar mi descreimiento; pero aun con ellos nada se conseguirá en este campo sin el apoyo decidido, y no sólo retórico, de la sociedad.

SUGERENCIAS PARA FUTURAS LECTURAS

Conceptos generales e innovación tecnológica en general

Acs Z.J. y Audretsch D.B.: Innovation and Small Firms. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts 1990. Allen T.J.: Managing the Flow of Technology. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1988. Foster R.: Innovation, the Attackers Advantage. Summit Books, Nueva York, 1986. Freeman C.: The Economics of Industrial Innovation. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1982. Freeman C. Perez, C.: The Diffusion of Technical Innovations and Changes in Techno-economic Paradigm. Conference on Innovation Diffusion, Venecia, 1986. Gaynor G.H.: Achieving the Competitive Edge through Integrated Technology Management. McGraw Hill, 1991. Kodama F.: Analyzing Japanese High Technologies. Pinter Publishers, Londres, 1991. Kuhn T.S.: The Structure of Scientific Revolutions. The University of Chicago Press, Chicago, 1970. Tushman M.L., Moore W.L. (eds.): Readings in the Management of Innovation. Ballinger Publishing Company, 1988.

Efectos económicos de la innovación tecnológlca

Baldwin W.L., Scott J.T.: Market Structure and Technological Change. Harwood Academic Publishers, Londres, 1987. Cyert R.M., Mowery D.C. (eds.): Technology and Growth National Academy Press, Washington D.C., 1987. OCDE: Technology and Productivity. The Challenge for Economie Policy. The Technology/Economy Programme, Paris 1991. OCDE: La Technologie dans un monde en Evolution. Le Programme Technologie/économie, París 1991. OCDE: Technology and the Economy. The Key Relationships. The Technology/Economy Programme, París 1992. Rosenberg, N.: Technology and American Economic Growth. M.E. Sharpe. Annonk, Nueva York, 1972. Scherer F.M.: Innovation and Growth. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1984. Schumpeter J.: Business Cycles. A Theoretical and Statistical Analysis of the Capitalist Process. Mc Graw Hill, Nueva York, 1939. Schumpeter J.: Theory of Economic Development. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, 1934.

Fundación Telefónica

Políticas de ciencia y tecnología

Derian J.C.: America's Struggle for Leadership in Technology. The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 1990. Ergas, H.: «Does Technology Policy Matter?», en Economic Policy and Technological Performance, P. Dasgupta y P. Stoneman (eds.). Cambridge University Press, Carnbridge, 1987. Ergas, H.: «Global Technology and National Politics», estudio realizado para el US Council on Foreing Relations, 1989. Golden WT: Worldwide Sience and Technology Advice to the Highest Levels of Government Pergamon Press, Elmsford, Nueva York, 1991. Stoneman, P.: The Economic Analysis of Tecnology Policy. Oxford University Press, Oxford, 1987. Stoneman P. y Vickers J.: «The economics of Technology Policy», Oxford Review of Economic Policy, vol. 4, núm. 4, 1988. Woot P.: High Technology Europe. Basil Blackwell, Oxford, 1990.

Indicadores de ciencia y tecnología

Archibugi D.: «In Search of a Useful Measure of Technological Innovahon», Technological Forecasting and Social Change, vol. 34, 1988. Brooks H.: «Science Indicators and Science Priorities», Science, Technology and Human Values, vol. 7, núm. 38, 1982. Griliches Z.: «Patent Statistics as Economic Indicators: A Survey», Journal of Economic Literature, vol. 28, 1990. Rappa M.A. and Debackere K.: «Monitoring Progress in R&D Communities». Working Paper, Sloan School of Management, MIT, Cambridge, Massachusetts, 1990. Instituto Nacional de Estadística, Proyecto de Encuesta sobre Innovación Tecnológica en las Empresas, 1992.

Historia de la tecnología

García Camarero E.: La polémica de la Ciencia Española. Alianza Editorial, Madrid, 1970. Mason Stephen T.: Historia de las Ciencias (5 tomos). Alianza Editorial (LB), Madrid (1984-1986). Mathias P., Davies J.A. (Editores): Innovation and Technology in Europe. From the Eighteenth Century to the Present Day. Oxford: Blackwell, 1991. Tortella G., González Blasco P.: «La ciencia y la tecnología en España: pasado y presente». Ciencia y desarrollo, año VII, núm. 40, septiembre-octubre 1981.

(1) F. Dyson: Infinite in all directions, Manchester y Atenas, cap. 3. Gifford Lectures, Aberdeen, Scotland Harper and Row, 1985. (2) Ver A. Sánchez Vázquez, «Filosofía, Técnica y Moral», CLAVES de Razón Práctica, núm. 36, octubre 1993 págs. 42-47. (3) L.A. Oro y J. Sebastián (eds.):
Los Sistemas de Ciencia y Tecnología en Iberoamérica, Los Libros de Fundesco, Colección Impactos, 1992, A. Lafuente y L.A. Oro: El Sistema Español de Ciencia y Tecnología, Evolución y Perspectivas, Los Libros de Fundesco, Colección Impactos, 1992. (4) Este sesgo se observa en la descripción del Sistema Español de Ciencia y Tecnología (págs. 201-234) del que es autor Luis Oro y que, en comparación con el libro de LO, es más orientado por la oferta y más concentrado en la ciencia básica, seguramente por exigencias de la homogeneidad requerida por el proplo libro y por el propio CYTED-D. (5)
Por otro lado es evidente para cualquiera interesado en estos temas de Política Científica y Tecnología que LO es un libro basado en la Memoria del Plan Nacional de Ciencia y Tecnología 1988-91 que cumple el objetivo de dar una mayor amplitud a la difusión de algunos

Fundación Telefónica

de los trabajos que con tal motivo se han realizado y con un precedente evidente en el trabajo de ambos autores en el libro de R. Dorado, J.M. Rojo, E. Triana y F. Martinez (eds.) Ciencia, Tecnología e Industria en España: Situación y Perpectivas. Madrid, Fundesco, 1991, págs. 33-123. (6) Aunque sea a pie de página me veo obligado a echar en falta la justificación convencional (pero no por ello menos necesaria para la unidad del libro) de la presencia de la actividad pública en estas materias de I+D, a saber la incertidumbre de los resultados de la investigación y la no apropiabilidad de sus resultados.
En su ausencia, las ideas de priorizar, fomentar, coordinar, etc. podrían ser tachadas por algún sector malintencionado de excesivamente dirigistas. (7) S.L. Parente y E.C. Prescott: Barriers to Technology Adoption and Development, Federal Reserve Bank of Minneapolis, Research Department, 1993; J.A. Schmitz, jr.: «Early Progress on the Problem of Economic Development», Quarterly Review, Federal Reserve Bank of Minneapolis, Spring 1993, págs. 17-35.

(8) A pesar de que el capítulo 4 de LO me parece un brillantísimo tour de force que intenta encajar el futuro del Sistema en el contexto de la convergencia real a la que apuntaban las ideas de Maastricht, no tengo más remedio gue relegar su examen a esta nota a pie de página. Que las ideas de convergencia y el reconocimiento de nuestro atraso tecnológico nos deberían de llevar a crecer a una tasa anual del 8 por ciento hasta llegar, en 1996,a gastar el 1,1 por ciento del PIB en I+D y a tener una población de investigadores del 3 por ciento de la población activa es una declaración de la máxima importancia que, sin embargo y desgraciadamente, debe ser revisada a la luz de los acontecimientos económicos sufridos desde mediados de 1992.

La convergencia de Maastricht deberá retrasarse, el Plan español de Convergencia es papel mojado y novedades presupuestadas tales como los recortes del subsidio de desempleo y otros pueden muy bien modificar la población activa. ¿Aceptarían Lafuente y Oro rehacer sus cálculos? Quizás esta misma Revista, Telos, podria acoger un trabajo así. (9) Este es, a mi entender, el mensaje principal de la Conferencia Inaugural del curso 1993-1994 en la Universitat Politécnica de Catalunya pronunciada por J.A. Sanchez Asiaín el 21 de septiembre último con el título El Cambio Tecnológico, la Innovación y la Formación de Ingenieros. (10) El número 2 de Estudios Cotec está dedicado a «Conceptos Básicos de Referencia para el Estudio de la Innovaclon Tecnológica» y, además de presentarlos muy bien, contiene la Bibliografía que acompaña a esta recensión y a la que sólo he añadido los informes TEP de la OCDE.

Fundación Telefónica