

Transatlántica de educación

transatlântica de educação



D.R. Transatlántica de Educación, *transatlântica de educação*. Marca registrada. Año III, volumen 3. Fecha de publicación: Septiembre 1 de 2007. Revista anual editada y publicada por Editorial Santillana, S.A. de C.V., Avenida Universidad núm. 767, Colonia Del Valle, 03100, México, D.F. Teléfono 5420 7530. Editor responsable: Clemente Merodio López. Número de Certificado de Reserva de derechos de autor 04-2006-111812074900-102. Número de certificado de Licitud de título 13608. Número de certificado de Licitud de contenido 11181. Domicilio de la publicación: Av. Universidad núm. 767, Colonia Del Valle, 03100 México, D.F. Distribuido por Editorial Santillana, S.A. de C.V., Avenida Universidad núm. 767, Colonia Del Valle, 03100 México, D.F. Impresa por Grupo CAZ, Marcos Carrillo 159, Col. Asturias, 06850 México, D.F. Prohibida la reproducción parcial o total del material editorial publicado en este número. Todos los derechos reservados. Copyright 2007. Todos los contenidos son responsabilidad de los autores.

NÚMERO III

DICIEMBRE 2007

DIRECCIÓN

MIGUEL ÁNGEL MORETA LARA
CONSEJERO DE EDUCACIÓN EN MÉXICO

COORDINACIÓN

JOSÉ ALFONSO AÍSA SOLA
SECRETARIO GENERAL DE LA CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN

COORDINACIÓN CIENTÍFICA

SALBADOR BARRERÁ SÁNDEZ
UNIVERSITAT AUTÓNOMA DE BARCELONA

CONSEJO DE REDACCIÓN

JOSÉ ALFONSO AÍSA SOLA
CLEMENTE MERODIO LÓPEZ
MIGUEL A. MORETA LARA

EDITAN

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CIENCIA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE INFORMACIÓN Y PUBLICACIONES
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN-EMBAJADA DE ESPAÑA EN MÉXICO
FUNDACIÓN SANTILLANA

EQUIPO DE EDICIÓN

DIRECCIÓN DE ARTE MAURICIO GÓMEZ MORIN FUENTES
COORDINACIÓN DE DISEÑO J. FRANCISCO IBARRA MEZA
COORDINACIÓN EDITORIAL LAURA MILENA VALENCIA ESCOBAR
DIAGRAMACIÓN ADRIÁN HERNÁNDEZ JIMÉNEZ
EDICIÓN ICONOGRÁFICA CARLOS ARTURO VELA TURCOTT
CORRECCIÓN DE ESTILO GILDA MORENO MANZUR
PREPRESA GABRIEL MIRANDA BARRÓN
DIGITALIZACIÓN DE IMÁGENES GERARDO HERNÁNDEZ ORTIZ

ISSN 1870-6428

NIPO: 651-07-329-5

DISEÑO, IMPRESIÓN Y MAQUETACIÓN

EDITORIAL SANTILLANA

TRANSATLÁNTICA DE EDUCACIÓN NO COMPARTE NECESARIAMENTE LAS
OPINIONES EXPUESTAS POR LOS COLABORADORES

EJEMPLAR GRATUITO

Consejería de Educación-Embajada de España

Hegel núm. 713 Colonia Chapultepec-Polanco. 11580 México, D.F.

Tels.: (5255) 1209 7654. Fax: (5255) 5250 5463

<http://www.mec.es/exterior/mx>

e-mail: consejeria.mx@mec.es

Consulta los números anteriores en:

<http://www.mec.es/exterior/mx/es/transatlantica/numero1.shtml>
<http://www.mec.es/exterior/mx/es/transatlantica/transatlantica02.shtml>

Transatlántica de educación transatlântica de educação

BITÁCORA

4

Ciencia y tecnología: hacia las sociedades
del conocimiento

MIGUEL A. MORETA LARA

Consejero de Educación de la Embajada de España en México

FARO

8

Economía y ciencia

SALVADOR BARBERÁ SÁNDEZ

Universidad Autónoma de Barcelona

JUNTO AL TIMÓN

18

La renovación de las políticas de educación superior,
ciencia y tecnología: una tarea estratégica para la
construcción de las sociedades del conocimiento

DRA. ROSAURA RUIZ GUTIÉRREZ

Secretaria de Desarrollo Institucional, Universidad Nacional Autónoma de México
(UNAM), Vicepresidenta de la Academia Mexicana de Ciencias

DRA. RINA MARÍA MARTÍNEZ ROMERO

Asesora, Secretaría de Desarrollo Institucional, Universidad Nacional Autónoma de
México (UNAM)

32

Entrevista al doctor García-Bellido, Premio México de
Ciencia y Tecnología 2006

JULIA TAGÜEÑA

Directora General de Divulgación de la Ciencia de la UNAM

SALA DE MÁQUINAS

38

El Gran Telescopio Canarias, un proyecto transatlántico
de cooperación

FRANCISCO SÁNCHEZ MARTÍNEZ

Director del Instituto de Astrofísica de Canarias

46

La fuente de luz de sincrotrón ALBA

RAMÓN PASCUAL

Presidente de la Fundación Parc Taulí

52

European Espalation Source (ESS)

JUAN URRUTIA

Presidente de la Comisión Ejecutiva del Consorcio ESS-BILBAO



60

Biocerámicas: regeneradoras de hueso y portadoras de sustancias biológicamente activas

MARÍA VALLET REGÍ

Catedrática de Química Inorgánica Universidad Complutense de Madrid



74

Aplicaciones terapéuticas de las células madre, ¿mito o realidad?

JOSÉ LÓPEZ BARNEO

Hospital Universitario Virgen del Rocío, Universidad de Sevilla, España

EN CUBIERTA



82

La fuga de cerebros. El caso de la investigación científica en economía

JAVIER RUIZ CASTILLO

Catedrático de Teoría Económica

Universidad Carlos III de Madrid



88

Humanidades en la encrucijada. El caso de la lingüística

VIOLETA DEMONTE

Catedrática de la Universidad Autónoma de Madrid



96

Apuntes sobre el reforzamiento del sistema de patentes

JUAN CARLOS GARCÍA-BERMEJO OCHOA

Universidad Autónoma de Madrid

BRÚJULA



108

Red de repositorios digitales para diseminación de información

ADOLFO GUZMÁN Y VÍCTOR-POLO DE GYVES

Centro de Investigación en Computación, Instituto Politécnico Nacional, México

ESCOTILLA



116

La cooperación matemática española con Latinoamérica

MANUEL DE LEÓN

Instituto de Ciencias Matemáticas & IMDEA-Matemáticas

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

ENRIQUE ZUAZUA IRIONDO

Departamento de Matemáticas & IMDEA-Matemáticas

Universidad Autónoma de Madrid



128

Óptica y Fotónica: contexto iberoamericano

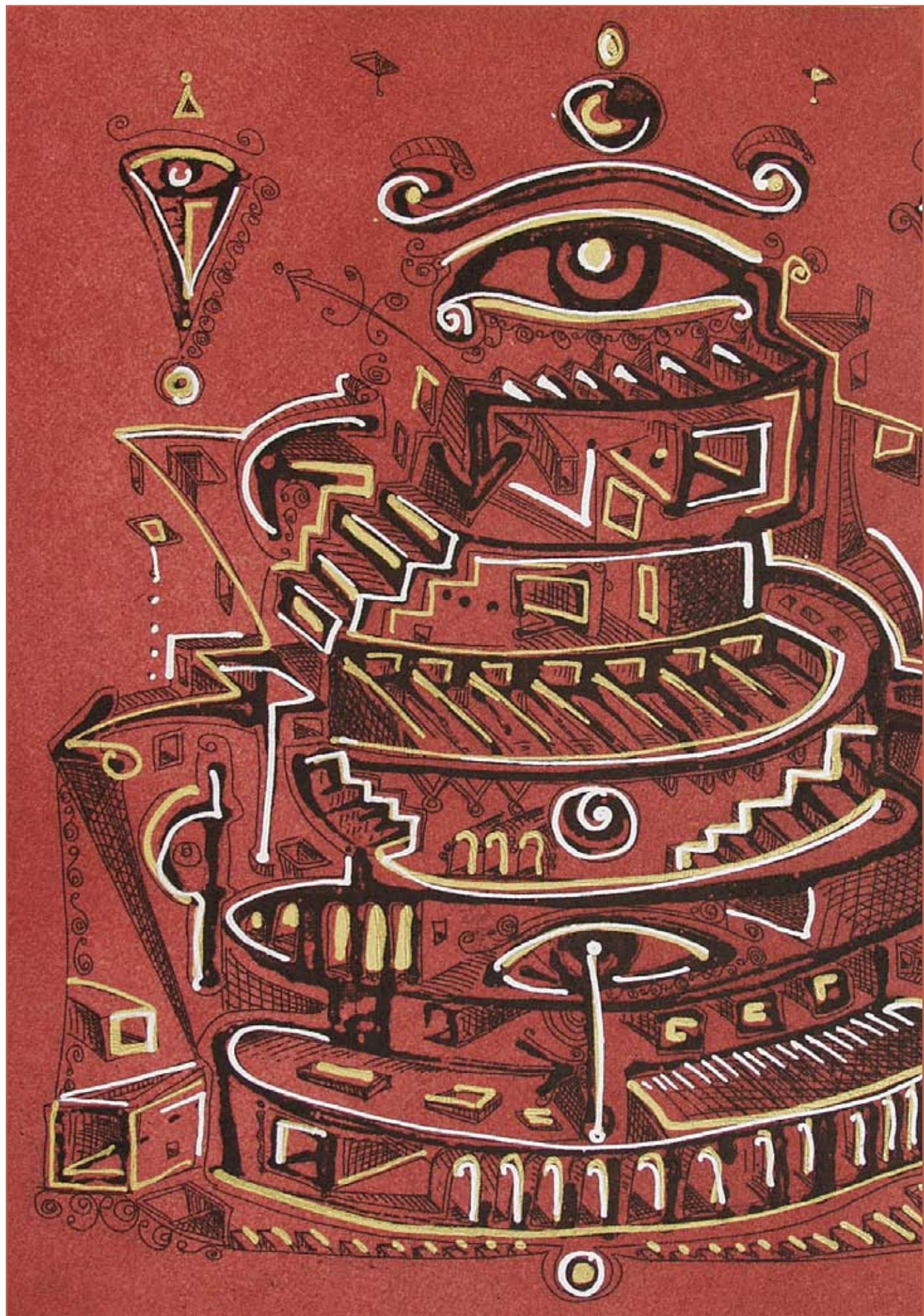
MARÍA LUISA CALVO, ÁNGELA GUZMÁN Y LLUIS TORNER

Departamento de Óptica, Facultad de Ciencias Físicas,

Universidad Complutense de Madrid/Profesora Emérita

de la Universidad Nacional de Colombia/ICFO-Instituto de Ciencias Fotónicas,

Universidad Politécnica de Cataluña, Parque Mediterráneo de la Tecnología



ECONOMÍA Y CIENCIA

SALVADOR BARBERÁ SÁNDEZ

Universidad Autónoma de Barcelona

E L ARTÍCULO SE REFIERE, EN PRIMER LUGAR, A LA IMPORTANCIA DE LA CIENCIA EN la actividad económica y, de manera recíproca, a los límites y estímulos que la organización de la economía puede imponer y ejercer sobre el desarrollo científico de un país, de un continente, o del mundo en general. En segundo lugar, invita a los estudiantes de economía, y a los economistas en general, a interesarse por estas cuestiones; asimismo, señala posibles nuevos campos de dedicación profesional. En tercer lugar, indica la conveniencia de estimular contactos entre todos aquellos que forman la universidad, de romper las fronteras de comunicación que no sólo nos aíslan en el aspecto físico, sino, sobre todo, intelectual, de otros miembros de la comunidad universitaria y de sus conocimientos.

SALVADOR BARBERÁ SÁNDEZ ES CATEDRÁTICO DE ECONOMÍA DE LA UNIVERSIDAD Autónoma de Barcelona y profesor afiliado a la Barcelona Graduate School of Economics, donde dirige un *Master* sobre Economía de la Ciencia y de la Innovación; PhD en Economía por la Northwestern University. Es *fellow* de la Econometric Society y de la Asociación Española de Economía. Receptor del Premio Rey Juan Carlos de Economía, del Premio de la Fundació Catalana per la Recerca i la Innovació y Doctor Honoris Causa por la Universidad Pablo de Olavide. Como investigador, se ha centrado en los campos de la economía pública, la teoría de la utilidad, la teoría de juegos y el análisis de incentivos. De manera más específica, es experto en teoría de la elección social, diseño de mecanismos no manipulables y análisis de métodos de votación. Ha coeditado en *Handbook of Utility Theory*, y publicado en *Econometrica*, *Journal of Political Economy*, *Quarterly Journal of Economics*, *Review of Economic Studies*, *Journal of Economic Theory*, *Games and Economic Behavior*, o *Social Choice and Welfare*, entre otras revistas. Fue presidente de la Social Choice and Welfare Society y de la Southern European Economic Association. Ha sido miembro de los consejos de diversas sociedades científicas, como la Econometric Society, la Social Choice and Welfare Society y la Society for the Advancement of Game Theory. Fue director de la *Revista Española de Economía* y de su su-

cesora, la *Spanish Economic Review*. Ha formado parte de los consejos editoriales de diversas revistas, entre ellas *Econometrica*, *Mathematical Social Sciences* o el *Journal of Public Economic Theory*. Fue secretario general de Política Científica y Tecnológica del gobierno de España entre 2004 y 2006. Antes, fungió como el primer director de la Institució Catalana de Recerca i d'Estudis Avançats (ICREA), institución creada por la Generalitat de Cataluña para atraer a científicos de alto nivel.

ECONOMÍA Y CIENCIA¹

SALVADOR BARBERÁ SÁNDEZ

Universidad Autónoma de Barcelona

LAS SIGUIENTES SON ALGUNAS REFLEXIONES EN TORNO A la relación entre economía y ciencia que he comenzado a hacer, que confío en seguir desarrollando y que deseo compartir con mis lectores. De momento son muy generales y me excuso ante aquellos colegas que ya han pensado durante un tiempo en estas direcciones y quienes, con seguridad, encontrarán mis comentarios demasiado simples. Espero, no obstante, poder continuar mi trabajo en el tema en el futuro y enriquecer mi conocimiento.

Comenzaré por aclarar aquello sobre lo que no quiero hablar. No me propongo argumentar que la economía es una ciencia. Sin lugar a dudas, una parte importante de lo que hacemos los economistas es ciencia, otra es ingeniería, y otra, arte, y aún más, artesanía. En tiempos antiguos, cuando los economistas nos sentíamos menospreciados y a la defensiva, hacía falta aclarar que muchas de estas actividades tienen fundamento científico. Me parece que ya no hace falta, porque nuestra profesión, en toda su diversidad, goza de ámbitos de actuación muy extendidos: basta con que cada uno de nosotros encuentre el sitio que más convenga a su forma de ser o a sus intereses personales, sin pedir perdón a nadie.

Me propongo, en primer lugar, abordar la importancia de la ciencia en la actividad económica, y, en forma recíproca, de los límites y

estímulos que la organización de la economía puede imponer y ejercer sobre el desarrollo científico de un país, de un continente o del mundo en general.

En segundo lugar, invito a los estudiantes a que se interesen en estas cuestiones como economistas. Mi intención es contribuir a despertar su curiosidad con respecto a las posibilidades que nos brinda la ciencia en las diferentes dimensiones en que, como he comentado, se despliega nuestra profesión. A los más inclinados al estudio y a la reflexión, planteo que hay abiertas muchas cuestiones relevantes, teóricas y empíricas, en el análisis de las relaciones entre ciencia y economía. Para los más inclinados a la acción, puede ser interesante insistir en que conocer los espacios de interacción entre ciencia y economía abre nuevos horizontes profesionales atractivos y hasta ahora poco explorados. La administración de la ciencia, tanto desde el sector público como de las empresas, me parece una actividad de gran futuro. Y la puesta en marcha de empresas innovadoras basadas en aplicaciones creativas de la ciencia también puede ser una fuente muy prometedora de beneficios individuales y colectivos para aquellos que tengáis un carácter más emprendedor.

En tercer lugar, me permitiré alguna reflexión sobre la conveniencia de estimular más los contactos entre todos aquellos que formamos la universidad, de romper las fronteras de comunicación que no sólo nos aíslan en el aspecto físico, sino, sobre todo, intelectual, de otros miembros de la comunidad universitaria y de sus conocimientos.

Comienzo, pues, por el primer punto. Las ciencias, en un sentido amplio, y las ciencias experimentales merecen la atención del economista. En una dirección, porque la ciencia es el motor del progreso social y económico. En la otra, porque las circunstancias en que se produce ciencia, los canales institucionales y económicos por donde discurre, pueden estimular o frenar ese progreso y marcar la dirección de sus aplicaciones.

1 Éste es el texto, prácticamente sin cambios, de la conferencia inaugural que dirigí a los estudiantes de la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad Autónoma de Barcelona en octubre de 2006. Me atrevo a publicarla pensando que el tema puede tener interés para un público más amplio, pero me excuso ante el lector por el tono de algunas recomendaciones y comentarios que sin duda reflejan el origen del texto.

LA CIENCIA COMO MOTOR

Comenzaré por la dirección más estimulante a mi entender: la que nos habla del potencial de la ciencia para ayudar a la humanidad a hacer frente a los retos más decisivos. Pensemos en grandes cuestiones abiertas, como las posibilidades de alargar la vida humana, la disponibilidad futura de recursos energéticos, la conservación de las especies, la mejora de las fuentes de alimentación, el cambio climático, o el aprovechamiento de las nuevas tecnologías, entre otras. Cada una de estas cuestiones supera el ámbito económico, pero lo incluye. De los caminos que se tomen en relación con cada una dependerá el tipo de vida de las sociedades del futuro. Y estos caminos deberán venir marcados, en su origen, por el avance de los conocimientos científicos.

Consideremos, por ejemplo, el problema de la disponibilidad energética. En la década de 1990 el consumo mundial de energía se basaba en 43% en petróleo, 22% en carbón, 20% en gas, 8% en nuclear, 5% en hidráulica, y sólo el 2% restante en otras fuentes de energía. Cálculos moderados permiten estimar que este consumo habría de triplicarse en algún momento del siglo XXI, y esto plantea diversos temas sobre la disponibilidad de recursos, pero también con respecto a las consecuencias medioambientales y a la seguridad de los suministros. Las estimaciones de reservas de petróleo apuntan a un agotamiento en 50 años, y las de carbón en unos 200 años. Si bien sabemos que estas estimaciones son aproximativas, el orden de magnitud es muy pequeño, en comparación con otras fuentes alternativas: las reservas de combustibles por fisión permitirían generar energía en los niveles deseados durante miles de años. Pero esto tampoco es mucho en comparación con las posibilidades de la energía solar, que todavía nos llegará durante algunos billones de años, los mismos que nos prometen los físicos de fusión si llegan a controlar estos procesos en niveles industriales.

Hay muchas otras opciones abiertas y cada una se enfrenta con problemas que requieren más y mejores conocimientos científicos. La energía solar térmica o fotovoltaica, la eólica, la de hidrógeno, son opciones para un futuro que no llegará si no sobrevienen diferentes avances científicos y de ingeniería que permitan, entre otras cosas, almacenar con eficiencia la energía producida y obtener mejoras sustanciales en los rendimientos. Tampoco es menospreciable la opción de mejorar las fuentes que ahora predominan y seguir en busca de la forma de poder acceder a costos razonables a los depósitos naturales que hoy día todavía son inexplorables, haciendo crecer, por decirlo así, las reservas. De igual forma, la energía nuclear basada en la fisión pasa por momentos de gran impopularidad en muchas partes del mundo, pero no se debería dejar de trabajar para saber cómo reducir los diversos tipos de riesgos que comporta.

En todos estos casos hablamos de mejorar procesos conocidos en esencia, que queríamos hacer más eficientes, más seguros, más rentables. Hablamos de progresos científicos y de ingeniería basados en el progreso normal del conocimiento, útiles pero tal vez no demasiado espectaculares.

Pero la ciencia también ofrece, en este campo de la energía, horizontes más inciertos y polémicos, y a la vez más extraordinarios, que permiten soñar en la solución, de golpe, de los problemas energéticos de muchas generaciones. Este toque más futurista viene asociado a la energía producida por fusión. Y es que, en este caso, todavía falta mucha ciencia básica antes de que se logre saber si las expectativas de utilizar esta fuente de energía tienen un fundamento sólido. Ya existen dispositivos experimentales en los que se han conseguido reacciones de fusión, al calentar materiales como el deuterio y el tritio a temperaturas de 100 millones de grados. Pero se trata de ver si

se puede conseguir sostener un proceso de fusión durante tiempo prolongado, en condiciones seguras y que generen más energía que la necesaria para dar lugar al proceso. Porque, hasta ahora, se necesita más de la que se obtiene.

Hay científicos importantes que son muy escépticos. Incluso se bromea que una de las constantes de la física es el plazo que siempre dan los físicos de fusión para poder cumplir sus promesas, plazo que se mantiene invariablemente en 30 años. Pero la promesa es golosa y hay también otros científicos convencidos de las posibilidades de éxito. Para ponerlas a prueba, se está poniendo en marcha un proceso cooperativo internacional, el Proyecto ITER, en el que participan, en conjunto, Europa, Estados Unidos de América, Japón, China, India, Corea y Rusia.

Después de largas negociaciones sobre el emplazamiento, los costos para cada país y las ventajas para cada uno, en términos de contratos industriales y otros beneficios, están a punto de implantarse los primeros pasos para la construcción en Cadarache (Francia), de un dispositivo. Éste tardará unos 10 años en construirse y después de unos años de funcionamiento debería permitir decidir si se afronta una nueva fase, a partir de su vigésimo año, para construir, hacia 2030, un prototipo que ya fuera capaz de generar energía consumible, en fase de pruebas.

El caso de ITER constituye un ejemplo de cómo la ciencia puede ser fuente de esperanzas para orientar la solución de problemas de ámbito universal. Y también representa un caso en que el trabajo científico inicia el vuelo, mira a largo plazo, y juega un papel esencial para promover la colaboración internacional orientada a la solución de problemas de interés general. Hay otros igualmente fascinantes. A punto de acabarse la construcción del Gran Telescopio de Canarias, que será, con sus 10 metros de diámetro, uno de los más grandes del mundo, ¡ya se están reuniendo comités internacionales para comenzar a decidir si el paso siguiente es el telescopio de 100 metros, o si sería mejor pensar en uno intermedio, de 30 metros, para la primera mitad del siglo!

Pero tampoco hace falta dar una imagen idílica de la ciencia como fuente de armonía universal. Si la ciencia genera riqueza, los economistas tenemos que esperar que también induzca una fuerte competición para obtener beneficios. El hecho es que, incluso en la búsqueda de soluciones que nos interesan a todos, como la prolongación de la vida, conviven procesos cooperativos



con otros fuertemente competitivos. Tal competencia ocurre entre países y regiones, y también entre empresas. Esto es porque, por un lado, los beneficios del progreso científico no se extienden de forma homogénea entre las diferentes regiones y países del mundo. Por el contrario, es una creencia común que el crecimiento absoluto y relativo de las diferentes economías, la distribución y características de las actividades en que se base cada una de ellas, dependen de sus capacidades para generar nuevo conocimiento, y para beneficiarse de él. Entonces, la ciencia puede ser una actividad estratégica diferenciadora entre países y por esto es objeto de políticas concretas, tendientes a promover la investigación en el propio territorio.

Por otro lado, los desarrollos científicos no se traducen automáticamente en aplicaciones de interés económico, ni tampoco lo hacen de forma homogénea en todos los campos, ni a la misma velocidad, ni para los mismos canales de transmisión. Pero al final de la cadena, la comercialización de los productos que, en forma directa o remota, resultan de nuevos descubrimientos, son llevados a término, en la mayoría de los casos, por empresas privadas guiadas por la posibilidad de hacer beneficios. De ahí que no sean sólo los países los que compitan entre ellos para beneficiarse de la prosperidad que pueda aportar una ventaja científica, sino que, sobre todo, sean las empresas las que hayan de competir en los mercados de base científico-tecnológica.

De hecho, no es que haya una ciencia cooperativa y otra competitiva; más bien, la naturaleza de los descubrimientos esperados determina en gran medida si se avanza en una u otra dirección. Aquellos desarrollos que son más básicos, de rentabilidad incierta y a largo plazo, son los que acaban por financiarse con recursos públicos y con una mirada más amplia hacia el progreso general del conocimiento. A medida que nos acercamos a descubrimientos de posible aplicación inmediata y económicamente explotables, entran en juego las consideraciones de mercado y los elementos competitivos. En cualquier caso, no hay una relación sencilla que permita identificar las iniciativas estatales con actitudes de cooperación y las empresariales con instintos de competencia. Los financiadores públicos también compiten para favorecer a sus países o incidir positivamente en sus ámbitos de influencia; asimismo, promueven la competencia entre equipos de investigación, como fuente de eficiencia. Las empresas, cuando hay cuestiones de interés que no pueden resolver por ellas mismas, también exploran mecanismos cooperativos, como la creación de plataformas tecnológicas en los niveles estatal y europeo.

No se trata de lamentarse de esta mezcla de motivaciones, sino de asegurarnos de que la cooperación y competencia, dos motores esenciales en todos los ámbitos de la vida social, y en especial dentro de la vida económica, se combinen de la forma más eficiente, mediante instituciones y políticas que proporcionen los mejores mecanismos para asegurar que progreso científico y bienestar vayan de la mano.

La propia Unión Europea se plantea la necesidad de dar un nuevo impulso a sus estructuras productivas al basarlas cada vez más en el conocimiento, la tecnología y la innovación. Es la estrategia de Lisboa, resultado de un análisis del retroceso europeo con respecto a Estados Unidos y el Japón en muchos indicadores de progreso, y de la conciencia de que nuevos gigantes como China e India pueden entrar con fuerza en una competencia ante la cual Europa debe buscar sus puntos más fuertes. Esta estrategia empezó a perfilarse en el Consejo Europeo celebrado en Lisboa en 2000, y se tradujo en objetivos cuantitativos en el Consejo de Barcelona, efectuado en 2002: se pretende que Europa llegue a invertir 3% del PIB en 2010, cuando toda-

vía no llega, como media, a 2% y se aspira a que los dos tercios de este gasto lo haga el sector privado. Los mecanismos previstos para lograrlo son relativamente poco dirigistas: la Comisión Europea propone un nuevo programa marco de apoyo a la I+D, un nuevo programa de estímulo a la innovación y un seguimiento de los procesos llevados a cabo por los diferentes países, que procuran coordinarse para alcanzar aquellos objetivos comunes.

Y es que, en efecto, cada país parte de situaciones diferentes. España, y también Cataluña, aunque un poco menos, está lejos de las medias europeas en todos los indicadores, y muy en especial en lo referente a la financiación privada y al número de patentes. Es por este motivo que el gobierno español ha acelerado las inversiones en I+D y generado políticas de estímulo bastante energéticas, algunas de las cuales se han recogido en un plan de choque denominado Ingenio 2010.

También en Cataluña tenemos un plan de investigación donde se proponen objetivos de progreso, partiendo de una situación ligeramente mejor que la media española, pero todavía por debajo de la europea de partida, por no hablar de los objetivos de Lisboa, que nos quedan a todos muy lejos.

En fechas recientes, Cataluña ha logrado buenos impulsos en ciencia. Una prueba de ello son las grandes instalaciones científicas. Ya mencioné ITER y los grandes proyectos en astrofísica, que suelen ser fruto de la cooperación internacional. Otros proyectos, a pesar de su envergadura, son asequibles a países individuales, e invertir en ellos puede ser una buena estrategia para obtener ventajas competitivas. Tal es el caso de una gran instalación que ya se está construyendo en el entorno de la Universidad Autónoma de Barcelona, el sincrotrón ALBA, y que debería entrar en funcionamiento en 2009. Un sincrotrón es una fuente de luz de gran intensidad, obtenida por aceleración de electrones en torno a un anillo que, en nuestro caso, tendrá 268 metros. Alrededor del anillo se situarán siete líneas (o salidas) de luz, que es donde, de hecho, se llevarán a cabo los experimentos, al servicio de diferentes grupos de investigación en diversas áreas, sobre todo para el estudio de materiales y de varias estructuras de interés biomédico, como es el caso de las proteínas. Se espera que no sean sólo los grupos de investigación básica los que se beneficien de esta instalación, sino también las empresas de diferentes sectores. Y que el sincrotrón puede tener usuarios de distintas partes del mundo, contribuyendo de este modo a la vigorización de nuestro tejido científico y tecnológico. No es la única inversión ambiciosa en Cataluña, si bien es la mayor. Otras instalaciones recientes y con notoriedad internacional son dos centros dedicados a formas avanzadas y diferentes de computación masiva: la supercomputadora Mare Nostrum, ubicada en la Universidad Politécnica de Cataluña, y el Puerto de Información Científica, este último también situado en el campus de la UAB.

LIMITACIONES Y ESTÍMULOS A LA CIENCIA, Y A LA DIFUSIÓN Y APLICACIÓN DE SUS CONOCIMIENTOS

Como comenté al principio, la ciencia puede jugar un papel esencial para superar las limitaciones de nuestra vida actual. Pero también, de manera recíproca, es influida por las condiciones institucionales bajo las que se realiza.

No hay un camino inevitable por el cual los avances científicos y tecnológicos deban determinar las opciones de futuro. La elección de un camino, entre los muchos otros posibles, depende de restricciones institucionales y de políticas deliberadas. Y, una vez iniciado, puede hacerse muy difícilmente

reversible, incluso cuando hay alternativas viables y en principio más atractivas. De esto saben mucho los historiadores económicos, quienes a menudo se refieren, como un caso extraordinario de irreversibilidad, a la configuración de los teclados de las computadoras. La razón por la cual éstos comienzan, por arriba y a la izquierda, con QWERTY, y por arriba a la derecha con POIUY, es porque así lo hacían los teclados de las antiguas máquinas de escribir. Y esto se debía a dos razones que hace mucho tiempo dejaron de tener sentido. Una, repartir las letras de manera que las varillas que, una vez presionado el teclado, llevaban las letras hasta el papel, se engancharan lo menos posible. La otra, todavía más peregrina, porque la marca Typewriter, una de las primeras en competir por el mercado de máquinas de escribir a finales del siglo XIX, y que acabó por dar el nombre a la máquina en inglés, encontró que sus vendedores, con esta configuración concreta, podían deslumbrar a los posibles clientes escribiendo el nombre de la marca a una gran velocidad, haciendo uso sólo de la primera fila. Un siglo y medio más tarde, ¡utilizamos aún un teclado bastante irracional debido al éxito de aquella campaña publicitaria encubierta!

Pasemos a un ejemplo más cercano. En el caso de las fuentes de energía, está claro que los caminos que se sigan no dependerán únicamente de las posibilidades abiertas por la ciencia y por la técnica. Las condiciones de mercado, y más en concreto el precio del petróleo, tendrán mucho que decir, así como la evolución de las actitudes ciudadanas con respecto a las opciones nucleares.

Sea como sea, antes de poder escoger caminos, se deben dibujar las opciones, hay que hacer ciencia. Y aquí menciono algunas de las cuestiones a las que debe hacer frente un país, o una entidad supranacional, cuando se plantea estimular la ciencia dentro de sus ámbitos.

De entrada, deberá aclarar si, para favorecer el progreso de un país, le conviene dar apoyo a la ciencia, en general, o si es mejor ser selectivo. Mi impresión es que más vale favorecer actividades concretas en las que el país se sienta mejor dotado, o quiera invertir. Es una decisión difícil, escoger siempre lo es, pero con seguridad ésta es una primera encrucijada donde se puede distinguir entre los gobiernos que saben dónde van y los que lo ignoran. En Cataluña tenemos ejemplos recientes de esfuerzos en general bien orientados. La decisión de construir infraestructuras importantes, como el sincrotrón ALBA, o la supercomputadora Mare Nostrum, la creación

de centros altamente especializados en fotónica, telecomunicaciones, regulación genómica, entre otros; o los esfuerzos para coordinar las actuaciones de empresas, hospitales y centros de investigación básica dentro de una biorregión, son ejemplos de actuaciones selectivas. La única reserva ante ellas es que nunca deberían cerrar la puerta a otras buenas propuestas nuevas, y que deben existir mecanismos que permitan detectar y apoyar otras actividades que puedan despegar en cualquier momento.

Una cuestión diferente es si es necesario orientar la investigación hacia la resolución de problemas definidos, o bien si se debe dejar grandes márgenes a la creatividad, dada la experiencia frecuente de descubrimientos en apariencia casuales.

Éste es un viejo debate sobre el que tenemos evidencias contradictorias. Algunos grandes descubrimientos son el producto deliberado de una planificación detallada. Otros, en cambio, son el resultado de aquello que en inglés se llama *serendipity*, la facultad de hacer descubrimientos felices e inesperados. La dualidad entre estos dos tipos de descubrimientos la ilustró de manera magistral el Premio Nobel de Física Sheldon Glashow en un ensayo muy rico en ejemplos. Mencionaré sólo uno de los muchos en que, de hecho, la misma persona hizo descubrimientos de uno y otro estilo.

William Herschel fue uno de los más grandes astrónomos de la historia y catalogó una gran cantidad de nebulosas, gracias a un plan de investigación sistemático y a su capacidad para construir el telescopio más potente de su tiempo. De pasada, también descubrió el planeta Urano, dos de sus lunas y dos satélites de Júpiter.

Pero, junto con estos descubrimientos sistemáticos, hizo otro por completo fortuito (*serendipitous*). Quería investigar si el calentamiento de los rayos solares se asociaba con alguno de los colores en que se descompone la luz. Colocó termómetros en cada una de las bandas de color generadas por un prisma, para medir la temperatura de cada una. Además, situó otros en diversos puntos fuera del espectro luminoso, para controlar la temperatura. Y así vino el hallazgo. El termómetro de control que estaba más cerca del rojo se calentó más que ningún otro. Es así como en 1800, de manera inesperada, Herschel descubrió los rayos infrarrojos.

Hace poco que conozco esta historia, y no puedo decir que haya cambiado mis opiniones drásticamente. Siempre he tenido un cierto rece-

lo hacia el dirigismo científico, por mucho que entienda que en determinados proyectos hace falta saber a dónde se quiere llegar. Pero, en general, soy partidario de dejar mucha libertad al científico, exigiéndole sobre todo calidad, medida por la repercusión internacional de su trabajo. Una buena ciencia aplicada y orientada sólo puede emerger del sustrato de una gran ciencia básica, dejada en libertad.

No creo que valga la pena, para un país, especializarse en ciencia mediocre. Por ello, debe asegurarse de que las instituciones y los investigadores que trabajan se vean estimulados por una buena estructura de incentivos para buscar la excelencia. Yo creo que los economistas podemos ayudar, y mucho, a analizar esta cuestión.

Dejadme hacer un listado de preguntas que se plantean de entrada, en cuanto alguien piensa que la finalidad de una política científica local es, al menos en parte, hacer que el propio país salga ganando. ¿Quiere esto decir que debemos juzgar nuestra ciencia por su capacidad de inducir actividad económica? ¿Por su capacidad de generar empresas de base científica y tecnológica? ¿Por su capacidad de diálogo y de comunicación con las empresas que necesiten el conocimiento científico para seguir adelante? ¿Queremos que la investigación atañe al sector productivo? ¿Que el sector privado se haga cada vez más cargo de ella?

Uno de los discursos más extendidos entre quienes se dedican al análisis de la ciencia española se concentra en la escasa actividad de investigación por parte de las empresas, en el bajo número de patentes que se derivan de nuestra ciencia básica, en la poca atención de los investigadores para aspectos aplicados, a las dificultades de relación entre centros de investigación y empresas. Éstos son hechos probados. Quizás el caso concreto de Cataluña es un poco menos grave, pero también se ajusta a los mismos trazos generales.

El problema es que, a menudo, aquella escasez acaba por traducirse en argumentos contrarios a la ciencia básica, o incluso lleva a poner en duda la capacidad de los científicos para orientar su propia investigación. Y esto no me parece ni justo ni productivo. No es justo, porque los científicos españoles, en muchos ámbitos, incluso en economía, han contestado con éxito al reto que se les hizo, hacia la década de 1980, de publicar cada vez más y mejor en ámbitos internacionales. En cambio, y con excepciones muy meritorias, es el sector privado el que no ha acabado de hacer los deberes. Y el argumento tampoco es productivo, porque olvida la capacidad demostrada de los científicos para adaptarse a nuevas demandas y estímulos, siempre que sean coherentes y bien expresados. Si no tenemos mejor conexión entre ciencia e industria, tendremos que analizar por qué a la industria le ha costado tanto hacer investigación, y a la vez seguir estimulando, del lado de los investigadores, una actitud más positiva al acercamiento con el mundo empresarial. Pero me parecen inaceptables los diagnósticos que, a partir de las carencias existentes, declaran que hay demasiada ciencia básica. Por el contrario, hay todavía demasiado poca, y de calidad mejorable, si se quiere llegar a posiciones de élite, que son las que en realidad cuentan. Esto no niega la necesidad de resolver el problema de la poca inversión empresarial, o la necesidad de establecer puentes: pero nunca desde una óptica de culpabilización exclusiva de los científicos.

Sin querer, y de forma un poco abrupta, he sustituido aquello que debería haber sido una exposición pausada de cómo las instituciones influyen en el desarrollo de la ciencia por una especie de declaración apasionada en favor de la ciencia básica. Se me ha escapado un poco, pero no lo borraré, porque me parece que hay que defenderla. Aun así, aprovecharé para reto-

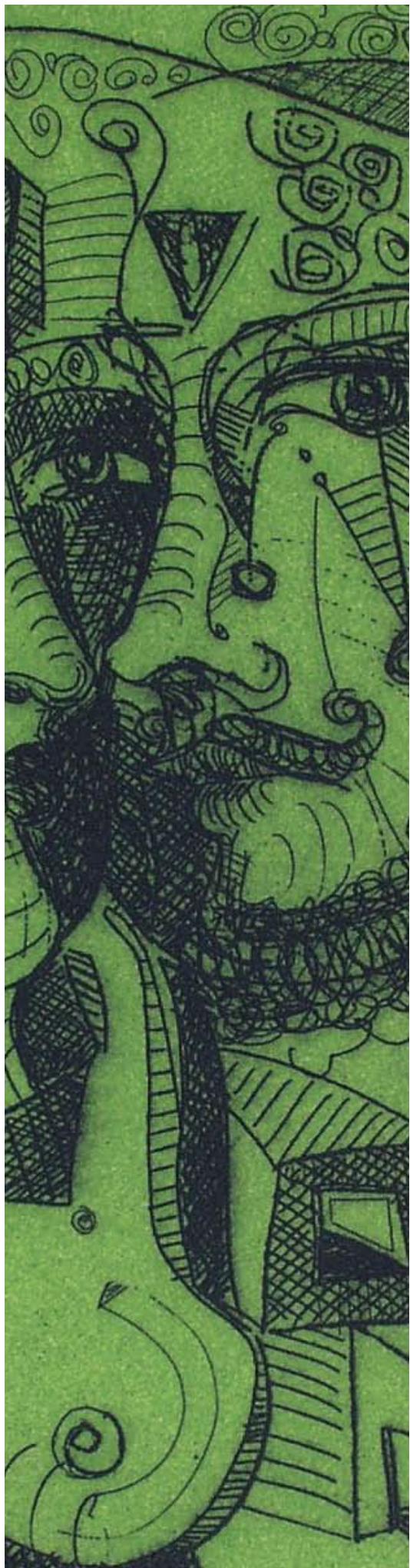
mar el hilo y destacar algunas de las cuestiones que han surgido un tanto en desorden. Comenté ya que el reparto de la tarea investigadora entre el sector público y el privado no es un dato inamovible, sino una variable, que puede marcar la orientación de la investigación. Sugerí que los incentivos son importantes tanto para las instituciones públicas como para las privadas, y que la calidad y dirección de la investigación que promueven pueden depender de diversas variables. Algunas de éstas son legales: por ejemplo, la protección que cada legislación proporciona a las empresas que financian investigación y a los investigadores que consiguen hacer descubrimientos. Las normas y las prácticas sobre patentes, por ejemplo, pueden marcar diferencias clave entre estructuras de incentivos bajo situaciones por lo demás similares. También operan sobre la ciencia variables económicas: por ejemplo, las universidades, donde se genera gran parte del conocimiento científico, no siempre se ven recompensadas por hacer la mejor investigación. En España, su financiamiento tiene más que ver con su función docente que con su papel investigador. Eso las sitúa, como centros de investigación, en desventaja con respecto a instituciones de otros países donde la investigación es prioritaria. De igual manera inciden en el desarrollo de la ciencia las formas de organización y de gobierno de las instituciones: un mismo proyecto puede evolucionar de maneras muy distintas dentro de una empresa, de un centro de investigación especializado, o en el seno de una organización amplia y con pocos mecanismos de control. Dentro de este apartado de organización, también aparecen diferencias en el rendimiento y la orientación de la ciencia basadas en la existencia, o no, de intermediarios especializados en la transferencia del conocimiento. Cerca de las universidades aparecen parques científicos y tecnológicos, dedicados a acoger a grupos de investigación y de empresas que quieran interaccionar unas con otras, y a favorecer la creación de nuevas empresas basadas en los conocimientos generados en el entorno, integrándolas en viveros de empresas. Por su parte, las pequeñas y medianas empresas interesadas en incorporar tecnologías e innovaciones basadas en la ciencia también se dotan de canales para impulsar en conjunto los estudios de interés para todo su sector. Éste es, en particular, el papel de los centros tecnológicos.

En definitiva, y sin ser exhaustivo: las leyes, las instituciones, los condicionamientos económicos, las políticas públicas y las formas de gobierno de las instituciones son, entre otros, los factores que marcan los canales dentro de los cuales la ciencia debe progresar hasta llegar a influir en nuestra vida diaria.

EL PAPEL DEL ECONOMISTA COMO OBSERVADOR, COMO CONSEJERO Y COMO ACTOR

El listado de las diferentes formas en que la ciencia se ve condicionada resulta una primera indicación sobre las diferentes oportunidades que se nos abren, como economistas, si nos acercamos a esta problemática y la tomamos como objeto de estudio.

Pensemos en las patentes, por ejemplo. En principio, son el reconocimiento de unos derechos de propiedad que provienen de haber descubierto una nueva forma de hacer, basada en nuevos conocimientos. Aparecen como una garantía para los inversionistas, y en muchos ámbitos representa una carrera con aquellos competidores que también quieren llegar al mismo puerto. La patente es necesaria para dar incentivos a la inversión



en investigación y debe proporcionar la debida protección. Pero, una vez concedida, podría ser también un freno para progresos posteriores, si quien la tiene pierde incentivos para seguir mejorando el conocimiento durante el tiempo en que se beneficia de derechos de monopolio; además, puede evitar el progreso de otros. Hay debates sobre este tema, bien vivos, entre los economistas, favorecidos por la variedad de tecnologías posibles, que acaso sugieran la posibilidad de tratamientos diferenciados según campos de actividad. ¿Puede ser que lo que es válido para la industria farmacéutica no lo sea tanto para las tecnologías de la información? Hay muchas personas con mayor experiencia que yo, y con fuertes opiniones sobre el tema. Yo me limito a señalar, como ejemplo, que la mirada del economista es imprescindible en el debate sobre patentes y, por tanto, en el estudio de una pieza clave de la política científica, como es el estímulo al sector privado para invertir en ciencia.

Las patentes son sólo un ejemplo de cómo se pueden incentivar comportamientos que favorezcan la conexión entre los caminos de la ciencia y los intereses sociales. También me he referido a la variedad de formas alternativas en que se puede organizar la investigación, cada una de las cuales comporta formas diferentes de remunerar a los investigadores y diferentes estímulos para invertir en ciencia. Algunos países, como Canadá, favorecen más los centros tecnológicos, muy ligados a la industria, para todo aquello que sean aplicaciones, y reservan a las universidades la ciencia básica. En otros todo está más mezclado y se espera que la totalidad de los agentes acabe por cubrir el arco que va desde lo más básico a lo más aplicado, a menudo sin explicar qué incentivos pueden llevar a una institución a complicarse la vida de tal manera, o qué medios se ponen en manos de sus dirigentes para poder estimular a los que trabajan en ciencia para ser dúctiles a las demandas sociales. En cualquier caso, un economista puede encontrar muchísimos temas de interés si se asoma, con mirada crítica, a las necesidades de organizaciones complejas donde no resulta evidente cómo conviene alinear los incentivos.

Y si alguien alberga intereses más empíricos, tampoco le faltará trabajo. Medir la productividad de los recursos destinados a la ciencia, adivinar por qué las empresas que no hacen investigación se sienten cómodas a pesar de todas las advertencias teóricas de que acabarán por morir si no se dedican a ello, valorar los efectos de las

grandes instalaciones, evaluar la calidad de los equipos y los proyectos, anticipar sus consecuencias sobre la economía... ¡Hay para todos!

Ya hemos visto que el paso desde los descubrimientos básicos hasta las aplicaciones concretas, y su incorporación al mercado son preocupaciones muy presentes hoy día. Por esto puede ser positivo ilustrar que también los descubridores del pasado estaban interesados en este tránsito, aunque los métodos fueran distintos.

En 1642, el gran pensador francés Blaise Pascal inventó, a los 19 años de edad, una máquina de aritmética, la primera calculadora mecánica. Tres años más tarde escribió un opúsculo en el que explicaba sus principios y aplicaciones. El texto, que merece la pena leer completo, termina de la manera siguiente: "Espero que estéis de acuerdo, estimado lector, que me he esforzado para conseguir que todas las operaciones que resultaban penosas, largas e inciertas según los métodos preexistentes, se vuelvan fáciles, sencillas, rápidas y seguras".

Si llevo esta historia aquí es para comentar su curioso método para hacer aquello que ahora denominamos "transferencia de tecnología".

Decía Pascal, al final del panfleto:

"Los curiosos que deseen ver la máquina en cuestión pueden dirigirse al señor de Roverbal, profesor ordinario del Collège Royal de France, quien les mostrará detalladamente y de forma gratuita la facilidad de las operaciones, la venderá, y enseñará su funcionamiento.

El referido señor de Roverbal vive en el Collège Maître Gervais, en la rue du Foin, cerca de los Marthirins. Se le puede encontrar cada mañana hasta las ocho, y los sábados por la tarde".

¡Como podemos ver, los métodos de transferencia, desde entonces, se han ido complicando!

Hasta ahora únicamente he hablado, aunque con poco detalle, de algunos ejemplos que vienen de las ciencias "duras". Pero los científicos sociales también pueden encontrar muchos temas de investigación y jugar un papel como consultores en relación con el estudio del fenómeno de la producción científica, como recién mencioné, así como de los problemas sociales que, sin lugar a dudas, generarán algunos de los avances de otras ciencias. Por ejemplo, el alargamiento de la vida no quedará sólo como asunto de biólogos y médicos. También habrán de estudiar sus consecuencias los demógrafos, geógrafos humanos y sociólogos, para analizar los nuevos fenómenos que generaría la acumulación de más y más generaciones, con derechos, actitudes y necesidades divergentes, dentro de una misma sociedad.

Asimismo, los economistas nos deberemos preocupar, aún más que en el pasado, por los impactos económicos de este alargamiento de la vida en varias dimensiones: sobre los sistemas de pensiones, sobre los costos de la salud, o sobre el alcance y la sostenibilidad de los programas de bienestar social. Pienso, en concreto, en la importancia económica de la nueva ley de dependencia que ha aprobado el gobierno de España.

Analizar los procesos de creación científica con una mirada económica, prever y estudiar las consecuencias de los nuevos avances de la ciencia sobre nuestras economías, son dos de las actividades que quería señalar. Pero también hacen falta más gestores que entiendan las peculiaridades de la ciencia, para defenderlas allí donde sean justificadas, y que a la vez ayuden a los científicos a salir de sus espacios protegidos, a aceptar nuevos

retos, a moverse en entornos menos seguros pero más competitivos en salarios, a abrirse, en definitiva, a prácticas más comprensibles para el resto de la sociedad.

Y si la gestión de las tareas ajenas no os acaba de convencer, la sociedad está deseosa de descubrir nuevos empresarios, capaces de aprovechar las oportunidades que presenta el progreso del conocimiento.

Como comentaba al principio, tener un ojo puesto hacia la ciencia puede ser, además de una ventana al futuro, también una fuente de oportunidades laborales.

¿DÓNDE ESTÁN ESTOS CIENTÍFICOS?

¿Hacia dónde mirar, para encontrar estas ventanas y saber más sobre la ciencia, sin dejar de ser economistas? La buena noticia es que las tenemos en nuestro entorno. Vivimos en una universidad rica en investigación y amplia en especialidades. Aun así, ni profesores ni estudiantes tenemos demasiados incentivos para convivir con nuestros colegas de otras ramas del saber, aunque hay claras excepciones. Ciento, algunos profesores cultivan de manera decidida campos interdisciplinares y colaboran con científicos de otros ramos del conocimiento. Otros, estoy seguro, tienen tratos de amistad y otras afinidades con una variedad de colegas. Otros, como yo mismo, los hemos conocido en reuniones o comisiones, o bien, sencillamente, de tanto tomar el tren juntos. Y estoy seguro de que los estudiantes también frecuentáis, por razones diversas, gente que trabaja en otros campos. Pero echo en falta un contacto más fácil entre todos. Quizá cada uno de nosotros tengamos demasiado trabajo, y además no hay canales evidentes para encontrarse. Es una lástima, porque nuestros vecinos son muchos y muy buenos.

Ya he dicho que cerca del campus se está construyendo un sincrotrón y que dentro del mismo contamos con un centro que será uno de los nodos principales de la red de comunicación que deberá llevar a cabo los cálculos derivados de las observaciones que comenzarán a hacerse dentro de poco en el CERN, uno de los centros de física de partículas más importantes del mundo. También tenemos, casi al lado, laboratorios donde se producen ratones transgénicos en condiciones particularmente controladas, lo cual permite no sólo experimentar con ellos en el campus, sino suministrarlos a otros centros de investigación. Tenemos expertos en cáncer que trabajan en la frontera entre la ciencia básica y la experiencia clínica, en proyectos de primera fila internacional, expertos en cambio climático, nanotecnólogos, biotecnólogos que trabajan para las agencias del espacio y un centro de acogida para matemáticos de fama mundial. Éstos son algunos de nuestros vecinos, junto con arqueólogos, filólogos y tantos otros expertos que nos rodean.

A mí, en lo personal, me gustaría poder compartir más con los compañeros de otras facultades los intereses comunes por la ciencia, a la vez de poder debatir también nuestras diferencias de enfoque, compartir informaciones sobre las prioridades, disponer de una visión más integral de la ciencia gracias a unos contactos profesionales mejorados. Con seguridad tendríamos que lanzar iniciativas en este sentido.

Pero tal vez más importante aún sea que los estudiantes no perdáis la oportunidad de aprender de los demás, de los que han llegado a vuestra misma universidad para estudiar otras realidades, con otras curiosidades. Siempre he creído que de quienes más aprenderéis es de los compañeros.

Cuanto más amplio sea vuestro círculo, más abierta vuestra curiosidad por lo que respecta a lo que hacen los demás, más rica será vuestra experiencia entre nosotros.

Para acabar, me he dado cuenta de que podríais pensar que he insinuado que aquello que estudian o enseñan los demás es mejor que lo que recibiréis en la Facultad de Económicas. Nada más lejos de mis intenciones. Hacerse economista es un proceso apasionante, que permite seguir creciendo durante muchos años. Disfrutad de ello, y disfrutad también de un entorno tan rico como es la Autónoma, donde se hace ciencia de todos los colores.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alejaldre, Carlos. 2006. "Grandes infraestructuras europeas. El proyecto ITER y España" (Cómo embotellar una estrella), presentado al curso Fortalezas y avances recientes en el sistema español de I+D+I, Universidad Internacional Menéndez Pelayo, agosto.

Coll, Miquel. 2005. "¡Hágase la luz!", en *Boletín de la Sociedad Española de Bioquímica y de Biología Molecular*, marzo.

David, Paul. 1985. "Cleo and the Economics of QWERTY", en *American Economic Review* 75 (2).

Glashow, Sheldon L. 2002. *Immanuel Kant and the Princes of Serendip. Does Science Evolve through Blind Chance or Intelligent Design?*, mimeo, Boston University.

León, Gonzalo. 2006. Notas para un curso de doctorado sobre políticas de I+D e innovación en la Unión Europea, UPM, Madrid.

Pascal, Blaise "Lettre dédicatoire à Monsieur le Chancelier sur le sujet de la machine nouvellement inventée par le sieur B.P. pour faire toutes sortes d'opérations d'arithmétique par un mouvement réglé sans plume ni jetons, avec un avis nécessaire à ceux qui auront curiosité de voir ladite machine et s'en servir", en *Oeuvres Complètes*, Editions du Seuil, París.

Pascual, Ramón. "El projecte de font de llum de sincrotró del Vallès", en *Coneixement i Societat*, núm. 1.

