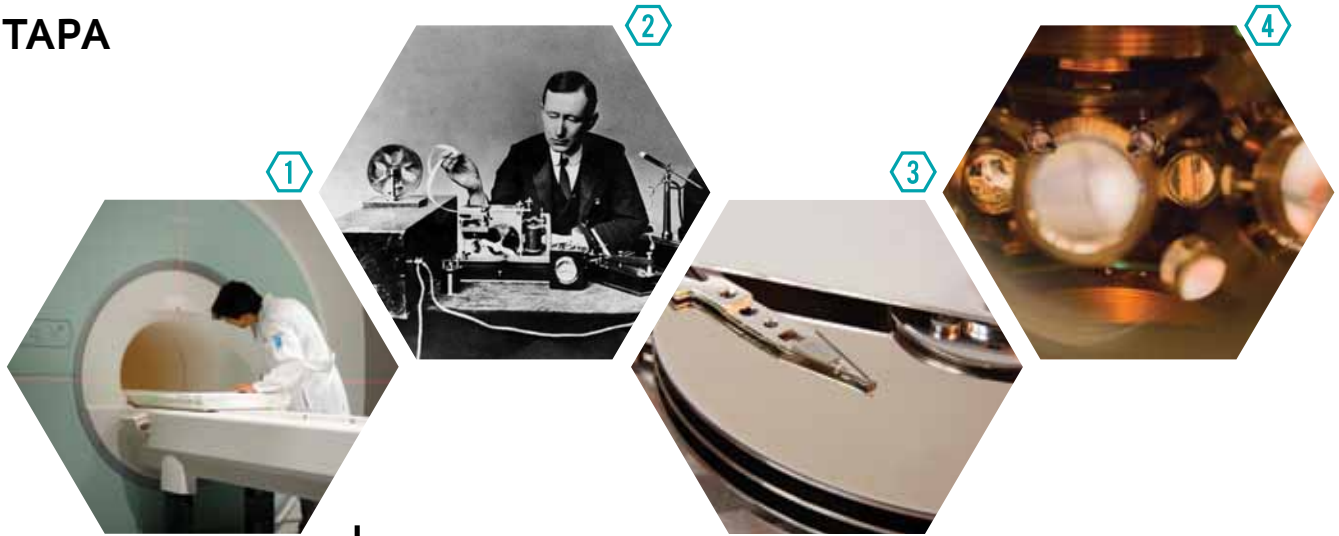


TAPA



LOS

IMPACTOS

de las
inversiones

En tiempos de crisis, resurge la exigencia de un retorno de la financiación pública destinada a la investigación en ciencia, sin tener en cuenta que la producción científica sigue caminos complejos que se interconectan

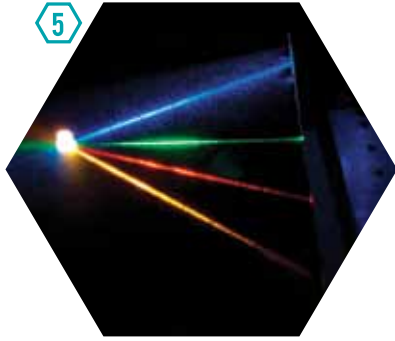
Fabrizio Marques | PUBLICADO EN AGOSTO DE 2016

En tiempos de crisis económica, es común que la sociedad ponga en tela de juicio la destinación de los fondos públicos y quiera privilegiar aquellas actividades que generen un retorno visible e inmediato. Las áreas donde los resultados son más difusos o menos palpables, a menudo comienzan dejar de percibirse como prioritarias a la hora de la asignación de recursos. Cuando este fenómeno afecta al sistema de investigación científica, cuya financiación depende en gran medida –varía según el país– del Estado, se traduce con frecuencia en una oposición entre investigación básica e investigación aplicada, como si fueran conceptos independientes y no profundamente interconectados. La inversión en investigaciones cuyos resultados inmediatos son nuevos productos y tecnologías tiende a ser vista como algo más importante, porque ofrecen un retorno tangible a la sociedad. En tanto, a los recursos destinados a la ciencia básica a veces se los considera una extravagancia, tal como lo definió en 1967 el entonces gobernador electo de

California, el republicano Ronald Reagan, cuando propuso, como medida para resolver problemas presupuestarios, que los contribuyentes dejaran de financiar la “curiosidad intelectual” en programas y carreras de las universidades de dicho estado. “Creemos que hay ciertos lujos intelectuales de los que tal vez podríamos prescindir”, dijo Reagan, suscitando críticas generalizadas. “Si la universidad no es el lugar en donde la curiosidad intelectual debe fomentarse y subvencionarse, entonces no es nada”, reaccionó en esa época el periódico *The Los Angeles Times*, en su editorial.

Para la realidad de la ciencia en el siglo XXI, este debate requiere clasificaciones bastante más complejas que las que las dos categorías mencionadas –investigación básica e investigación aplicada– tienen para ofrecer. “Los conceptos de investigación pura y aplicada pueden ser de alguna utilidad en discusiones abstractas y funcionar en contextos específicos, pero no resultan adecuados para categorizar a la ciencia”, sostiene Graeme Reid, docente de política científica en

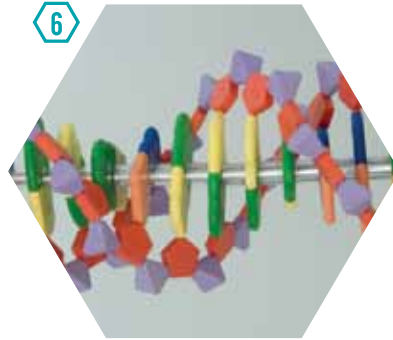
FOTOS 1 LÉO RAMOS CHAVES 2 WIKIMEDIA COMMONS 3 ERIC GABA / WIKI MEDICOMMONS 4 MARTI / JILA 5 RANDY MONTROYA 6 EDUARDO CESAR



la University College London, del Reino Unido, y autor del informe *Why should the taxpayer fund science and research?* (“¿Por qué debería el contribuyente financiar la ciencia y la investigación?”), que se publicó en 2014. En primer lugar, dice, el común denominador para una clasificación de la ciencia debe ser la “excelencia”, sin la cual ni el conocimiento básico ni el aplicado producen resultados consistentes.

Reid cita como ejemplo al Higher Education Funding Council for England (Hefce), un organismo que financia y evalúa al sistema educativo y de investigación universitario de Inglaterra. El Hefce distribuye recursos sin diferenciar entre ambas categorías, toda vez que la calidad de la investigación es lo que la habilita a lograr impacto. El informe menciona un documento emitido en 2010 por el Consejo de Ciencia y Tecnología ligado al primer ministro del Reino Unido, intitulado *A vision for UK research*, según el cual el meollo de la actividad de investigación reside en su capacidad para formular planteos relevantes; y la insistencia por diferenciar una vertiente pura y otra aplicada genera más problemas y divisiones que soluciones. Reid afirma que los beneficios resultantes de las inversiones en investigación científica se tradujeron en formas variadas que van mucho más allá de la polarización entre las ventajas de comprender mejor los fenómenos, por un lado, y los beneficios generados por el desarrollo de tecnologías, por el otro, tales como las *startup* emergentes de universidades que pueden transformar rápidamente conocimiento en riqueza, la atracción de inversiones globales en investigación y desarrollo (I&D) para universidades y polos de innovación o, incluso, la oferta de mano de obra altamente especializada para empresas y organizaciones públicas, entre

EJEMPLOS DE INVESTIGACIÓN BÁSICA QUE GENERARON APLICACIONES



otras. “El ambiente de investigación es un ecosistema delicado que ofrece múltiples beneficios a la economía y a la sociedad a lo largo de senderos complejos e interconectados”, dice.

En lugar de diferenciar los beneficios de la ciencia básica y la aplicada, actores e instituciones del sistema de ciencia elaboraron nuevas formas de clasificación para los objetivos de la investigación, que orbitan en torno de un concepto clave: el impacto que la inversión puede generar. “El impacto es un concepto bastante amplio y tiene diversas dimensiones, tales como lo social, lo económico y lo intelectual”, subrayó Carlos Henrique de Brito Cruz, director científico de la FAPESP, en el capítulo que escribió para el libro *University priorities and constraints* (editorial Económica, 2016), que reúne las contribuciones de 23 líderes de universidades de investigación presentadas en el mes de junio de 2015 en el foro Glion Colloquium, que se llevó a cabo en Suiza. Hay investigaciones que promueven beneficios para la sociedad al inspirar o dar respaldo a políticas públicas en prácticamente todas las esferas. Un ejemplo general es el del aporte de varias disciplinas a la comprensión de los fenómenos relacionados con el clima. Otro, más específico, es el papel de los resultados del programa Biota-FAPESP en la actividad legislativa. Ese programa, creado en 1999 para mapear la biodiversidad del estado de São Paulo, produjo conocimientos que

1 DE LOS GRADIENTES A LOS ANÁLISIS POR RESONANCIA

En 1954, los físicos estadounidenses Hermann Carr (1924-2008) y Edward Purcell (1912-1997) describieron el uso de gradientes de campo magnético para relacionar frecuencias de resonancia magnética nuclear con ubicaciones espaciales. Los precursores de la resonancia magnética no tenían idea de que su trabajo generaría una tecnología de diagnóstico por imágenes ampliamente usada en medicina.

2 DE LAS ECUACIONES DE MAXWELL A LA RADIO DE MARCONI

El desarrollo de un dispositivo de recepción denominado cohesor le permitió al italiano Guglielmo Marconi (1874-1937) inventar la radio. El logro de Marconi, empero, no habría sido posible sin las contribuciones del físico y matemático escocés James Clerk Maxwell (1831-1879), cuyas ecuaciones abstractas impulsaron las investigaciones en el campo del magnetismo y de la electricidad; y las del físico alemán Heinrich Hertz (1857-1894), quien posteriormente demostró la existencia de la radiación electromagnética.

3 DE LA MAGNETORRESISTENCIA A LA MINIATURIZACIÓN DE LOS DISCOS RÍGIDOS

En 1988, el físico alemán Peter Grünberg y el francés Albert Fert descubrieron la magnetorresistencia gigante (MRG), un efecto cuántico que se observa en películas delgadas compuestas por capas alternadas de metal ferromagnético y no magnético. Este hallazgo hizo posible una miniaturización radical de los discos rígidos, ampliando su capacidad de almacenamiento de datos, lo cual propició la popularización de microcomputadoras y dispositivos portátiles de MP3.

4 DEL RELOJ ATÓMICO AL GPS

Para poner a prueba la teoría general de la relatividad de Einstein y evaluar si el tiempo transcurre efectivamente con mayor lentitud bajo el efecto de un intenso campo gravitatorio, los físicos propusieron poner en órbita relojes atómicos ultraprecisos a bordo de satélites artificiales. Este estudio inspiró al físico Daniel Kleppner, del MIT, para crear, en la década de 1950, un nuevo tipo de reloj atómico que cumplió un papel importante al facilitar el desarrollo del sistema de geoposicionamiento GPS.

5 DEL PRIMER LÁSER A LA COMUNICACIÓN POR FIBRA ÓPTICA

El primer láser lo produjo en 1960 el físico estadounidense Theodore Maiman (1927-2007). Su concepción surgió de la física atómica, particularmente, de los efectos de la emisión estimulada, prevista por Einstein décadas antes. Con el desarrollo del láser de gas, esas fuentes lumínicas permitieron estudios en holografía e interferometría. Las aplicaciones más importantes emergieron aliadas al desarrollo del láser de estado sólido y su uso en la comunicación por fibra óptica. Actualmente se lo emplea en medicina, en dispositivos electrónicos y en la tecnología de escaneo e impresión.

6 DE LA ESTRUCTURA DEL ADN A LA INDUSTRIA BIOTECNOLÓGICA

En 1953, el inglés Francis Crick (1916-2004), junto al estadounidense James Watson (1928-...) descubrieron la estructura molecular del ácido desoxirribonucleico, el ADN, y revelaron los fundamentos de la herencia genética y de la producción de proteínas. Ese trabajo, enfocado en ampliar la comprensión de la naturaleza, sentó las bases de la ingeniería genética, condujo al desarrollo de análisis de diagnóstico, propició nuevos tratamientos y fundó la multimillonaria industria de la biotecnología.

El equilibrio en cada país

La distribución de los recursos públicos en I&D, según un estudio de la Universidad de Sussex, en el Reino Unido

ESTADOS UNIDOS

Las inversiones del presupuesto federal en defensa se redujeron de un 57,7% del total en 2007 a un 53% en 2013. En tanto, los recursos destinados a las investigaciones en salud se incrementaron del 21,9% al 24,3%. Un tercio de las inversiones en I&D está asignado a la producción de ciencia básica

UNIÓN EUROPEA

El programa Horizonte 2020, con un presupuesto de 80 mil millones de euros para el período comprendido entre 2014 y 2020, invierte, en tres partes iguales, en proyectos de ciencia básica, en investigaciones de interés para empresas y en la solución de grandes retos que enfrenta la sociedad

NORUEGA

La investigación básica recibe el 40% de las asignaciones públicas para I&D y la investigación aplicada y el desarrollo tecnológico, un 60%. Las universidades reciben el 60% de los recursos y los institutos de investigación científica, el 40%

DINAMARCA

A las universidades se les asigna el 90% de los recursos públicos que se invierten en I&D. Del total de recursos, un 44% se invierte en investigación básica y un 56% en investigación aplicada y desarrollo tecnológico

CHINA

La investigación aplicada tiene asignado el 73% de las inversiones en I&D del gobierno central. La investigación básica se queda con una fracción que representa un 22%

INDIA

Tres cuartas partes de las inversiones en I&D del gobierno central están destinadas a la investigación aplicada y el desarrollo de nuevos productos; la cuarta parte restante va a la ciencia básica. En 2010, los recursos asignados al área de defensa sumaban un 24,5% del total, y a continuación figuraba la agricultura, con un 17,7%

FUENTE: COMPARATIVE STUDY ON RESEARCH POLICY – SPRU/ UNIVERSIDADE DE SUSSEX, OCTUBRE DE 2015

se divulgaron bajo la forma de artículos científicos, libros, atlas y mapas, que sirvieron como referencia para la promulgación de seis decretos gubernamentales y 13 resoluciones sobre el medio ambiente.

En un estudio que se llevó a cabo en 2005, financiado por el Departamento de Investigación, Ciencia y Tecnología de Quebec, en Canadá, los politólogos Benoît Godin y Christian Doré se propusieron mapear los diferentes tipos de impacto generados por la investigación y arribaron a una lista con 11 puntos. Algunos de ellos son evidentes, tales como el científico, el tecnológico y el económico. Otros han sido menos estudiados, como en el caso del impacto cultural, entendido como las transformaciones en las habilidades y actitudes de los individuos generadas por una comprensión ampliada de los fenómenos de la naturaleza; o el impacto organizativo, donde los nuevos conocimientos promueven un perfeccionamiento de la gestión (*observe el cuadro en la página 9*). “Si bien el impacto económico no debe desmerecerse, el mismo representa una fracción de un todo que se extiende a las esferas social, cultural y organizativa de la sociedad”, explicaron Godin y Doré en el estudio.

LA CIENCIA POR LA CIENCIA MISMA

En este debate hay un gran villano que es la llamada investigación en aras de la curiosidad, a la que, erróneamente,

se la toma como un sinónimo de investigación básica. En realidad, se trata de aquella en la cual el científico elige el tema que va a investigar –en lugar de inducirlo a estudiar determinada área o problema–, que puede ser de carácter abstracto, aplicado, o bien una combinación de ambos. Esta vertiente, si bien que no intencionalmente, ha derivado en aportes singulares en áreas tales como láser, física atómica y biotecnología. Un caso clásico se produjo en 1983, cuando dos equipos de científicos, trabajando en países diferentes, descubrieron que un retrovirus, al que posteriormente se lo bautizó VIH, era el causante de una enfermedad recientemente descubierta, el síndrome de inmunodeficiencia adquirida (Sida). Los equipos del estadounidense Robert Gallo y del francés Luc Montagnier tuvieron éxito gracias a años de investigación sobre retrovirus impulsada por la curiosidad de los científicos, puesto que no se imaginaba que tuviera importancia para la salud humana (*vea otros ejemplos en la página 5*).

La investigación con impacto intelectual también puede derivar en impacto económico o social, pero una parte de ella servirá exclusivamente para ampliar el umbral del conocimiento, sin un beneficio tangible inmediato. “No siempre hay un objetivo final por alcanzar en la investigación básica”, dijo el bioquímico Stephen Buratowski, docente de la Universidad

Harvard, cuyo laboratorio estudia los mecanismos de expresión de los genes en células eucariotas, en el marco de una entrevista para el sitio web de la Harvard Medical School. “Muchos de los temas que se estudian a partir de la curiosidad de los científicos se proponen hallar respuestas a temas fundamentales de la biología. Su comprensión hace posible seguir adelante y afrontar problemas clínicos concretos”.

Un ejemplo de una nueva categoría de producción de conocimiento fuertemente basada en la investigación impulsada por la curiosidad es lo que se ha definido como investigación transformadora, que abarca ideas y hallazgos con potencial para alterar radicalmente la comprensión sobre conceptos científicos generando nuevos paradigmas. El término, adoptado en la segunda mitad de la década pasada por la Fundación Nacional para la Ciencia (NSF, por sus siglas en inglés), la principal agencia de investigación básica de Estados Unidos, y por el Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), del Reino Unido, no sólo comprende a la investigación que implica creatividad y alto riesgo, sino también a aquella que tiene capacidad para conducir a tecnologías radicalmente novedosas, con posibilidades de retorno fabulosas. No obstante, para lograr tales resultados, debe considerarse que las ideas realmente revo-

lucionarias podrían demandar un largo período de desarrollo, posiblemente requieran cuantiosas inversiones y, finalmente, tal vez no ofrezcan los resultados deseados. Así es la ciencia.

La dificultad para comprender estas limitaciones de la ciencia menudo genera tensiones. En el mes de febrero, se aprobó en la Cámara de Representantes de Estados Unidos, tal como se denomina a la Cámara de Diputados de ese país, un proyecto de ley que propone modificaciones en el proceso de evaluación de la NSF. El texto de la iniciativa, que todavía debe votarse en el Senado, exige que todo proyecto de investigación que se presente a la NSF esté acompañado de una justificación que describa el modo en que no sólo “promueve el progreso de la ciencia en Estados Unidos” sino también que atiende al “interés nacional”. “Muchos de los criterios mencionados para determinar si un proyecto es de interés nacional no se aplican a la ciencia básica”, sostuvo John Holdren, director de la oficina de Política Científica y Tecnológica de la Casa Blanca, proponiendo el veto al proyecto si el mismo fuera aprobado. “Los autores del proyecto de ley cuestionan si la investigación incrementará la competitividad de la economía, mejorará la salud y el bienestar, o se traducirá en un fortalecimiento de la defensa nacional. Eso sólo es potestad de la investigación aplicada. ¿Es que no entienden que la investigación básica implica una búsqueda de comprensión científica sin prever ningún beneficio en particular?”, indagó. Esa clase de presión en el parlamento no constituye una novedad para la NSF. En 2013, la agencia suspendió la selección anual de proyectos en ciencia política luego de que el Congreso aprobara una ley que le impidió financiar investigaciones en ese campo del conocimiento si no había garantías de que las mismas beneficiarían la seguridad nacional o tendrían algún interés económico. En las negociaciones del presupuesto, el senador republicano Tom Coburn se refirió al “desperdicio de recursos federales en proyectos de ciencia política”.

CONOCIMIENTO Y DESARROLLO

El debate al respecto de la inversión pública en investigación científica surge a partir de que varios países decidieron estructurar sistemas públicos nacionales de ciencia y tecnología. Eso sucedió luego

de la Segunda Guerra Mundial, cuando la aplicación de una serie de desarrollos científicos, tales como el radar y el plástico, así como la expansión de la ciencia de la nutrición, tuvieron un gran impacto, consolidando la percepción de que el conocimiento conduce al desarrollo, justificando de esa forma la financiación estatal. El modelo que determina que al Estado le cabe patrocinar la investigación básica y aplicada fue diseñado por el ingeniero estadounidense Vannevar Bush, quien comandó la US Office of Scientific Research and Development (OSRD), un organismo del gobierno estadounidense por medio del cual se ejecutó prácticamente todo el esfuerzo de I&D durante la guerra. A instancias del gobierno, Bush elaboró en 1945 un documento intitulado *Science, the endless frontier (Ciencia, la frontera sin fin)*, en el cual propuso que la investigación básica debería realizarse sin contemplar finalidades prácticas. Ese conocimiento general aportaría los medios para afrontar un gran número de problemas prácticos importantes, aunque no brindase respuestas específicas completas para ninguno de ellos, puesto que sería la investigación aplicada la encargada de aportar las soluciones. “La manera más simple y eficaz como el gobierno puede fortalecer la investigación empresarial consiste en apoyar la investigación

básica y desarrollar talentos científicos”, escribió Bush.

En un artículo publicado en 2014 en la *Revista Brasileira de Inovação*, Carlos Henrique de Brito Cruz recuerda que Bush consideraba insuficiente el volumen de investigación básica que Estados Unidos producía en aquella época, tan es así que muchas aplicaciones desarrolladas en el país se basaban en conocimiento fundamental proveniente de universidades europeas. Las reacciones que suscitó el informe en Estados Unidos fueron curiosas, tal como muestra Brito Cruz: “El *New York Times* lo criticó al publicar que el informe proponía una escasa participación gubernamental en el apoyo a la investigación; el *Wall Street Journal* hizo lo propio, al sostener que la industria podría hacerse cargo de todo lo que allí se proponía, siempre que obtuviera una mayor reducción de impuestos por medio de incentivos fiscales. Y el director de la Oficina de Presupuesto del gobierno, Harold Smith, consideró inadecuada la defensa de la libertad de investigación con recursos públicos. Irónicamente sugirió que podría cambiársele el título al informe por ‘Ciencia: el gasto sin fin’”.

“Bush abogó por la libertad de investigación y la inversión en ciencia desvinculada de cualquier tipo de interés en aplicaciones”, comenta la politóloga Elizabeth Balbachevsky, de la Facultad de Filosofía, Letras y Ciencias Humanas de la Universidad de São Paulo (FFLCH-USP). Para Bush, la ciencia constituía una fuente inagotable de conocimiento y de desarrollos que fomentaba innovaciones. El documento inspiró la creación de la NSF en 1950 y funcionó como orientador para el

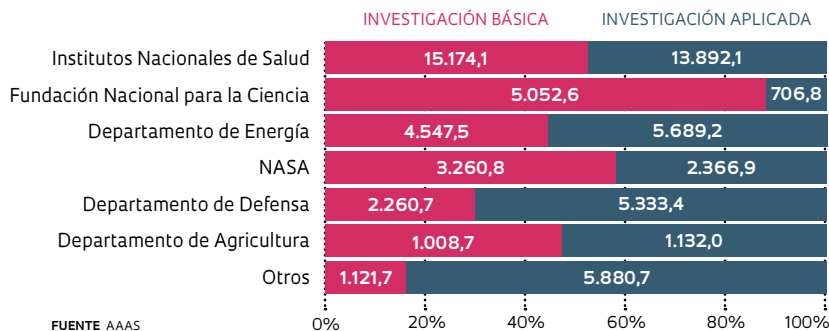


En 1967, el gobernador de California, Ronald Reagan, enfrentó protestas contra su plan de recorte de 64 millones de dólares del presupuesto de las universidades de los estados: para él, la financiación de la “curiosidad intelectual” podía suprimirse

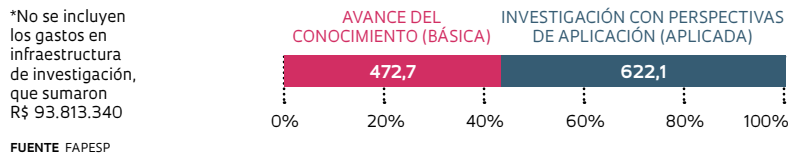


El reparto de los presupuestos

Valores (en millones de dólares) y porcentajes de los presupuestos de las agencias de fomento de EE.UU. asignados a la investigación básica y a la investigación aplicada durante el ejercicio fiscal 2015



Gastos de la FAPESP por objetivo de fomento en 2015, en millones de reales*



surgimiento de agencias de fomento de la investigación en diversos países, Brasil inclusive, interesados en crear sus propios sistemas de ciencia y tecnología.

Ese sistema funcionó sin grandes sobresaltos hasta la década de 1970, cuando el mundo afrontó la primera crisis económica de posguerra que afectó a los principales países desarrollados, y arrastró consigo a muchos países en vías de desarrollo. Los gobiernos comenzaron a requerir un retorno más rápido de sus inversiones públicas en ciencia. “El costo cada vez mayor de la investigación científica también estrechó los presupuestos de gobiernos y agencias de fomento y propició la búsqueda de impacto y resultados a corto plazo”, explica Brito Cruz. Según datos del Tufts Center for the Study of Drug Development, los costos de los ensayos preclínicos y clínicos para nuevos medicamentos se incrementaron 15 veces entre las décadas de 1970 y 2010, y tan sólo en la década pasada, ese aumento fue de un 145%. Simultáneamente, se buscó ampliar y comprender mejor las interacciones de las universidades con las empresas y el gobierno. “El auge de las empresas *startup* a partir de la década de 1980 les dejó en claro a los contribuyentes y sus representantes que ahí había una oportu-

nidad lista para explotar: la de generar riqueza a partir del conocimiento a una velocidad mucho mayor que hasta entonces”, dice Brito Cruz.

En 1980, entró en vigencia el Bayh-Dole Act, una ley estadounidense que regula la propiedad intelectual derivada de investigaciones financiadas por el gobierno. Hasta entonces, el gobierno no disponía de una política unificada al respecto de dichas patentes. Los convenios de financiación de la investigación científica suscritos por las agencias gubernamentales con instituciones de investigación, empresas u organizaciones sin fines de lucro comenzaron a incluir cláusulas que le permiten al gobierno ceder la titularidad de las invenciones. Un aspecto importante de la nueva legislación consistió en la ampliación de los resultados de investigación patentables, que pasaron a incluir conocimientos y métodos no directamente asociados con una aplicación.

La colaboración entre universidades y empresas, los programas de apoyo a la investigación en pequeñas empresas y el licenciamiento de la propiedad intelectual producida por científicos se tornaron objetivos de agencias de fomento, universidades e instituciones de investigación científica. La fluidez de la interacción entre universidades y empresas tiene como

uno de sus parámetros la participación relativa de la industria en la financiación de la investigación. En Estados Unidos, ese porcentaje osciló en años recientes entre un 5% y un 7%. En la mayoría de los países que forman parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), la participación del sector privado en la financiación de la investigación en las universidades varía de un 2% a un 10%. Un ejemplo fuera de esa variable es Alemania, donde llega al 14%.

En general, estas interacciones constituyen vías de doble mano. Las industrias recurren a las universidades para compartir los riesgos de la investigación, además de contar con acceso a científicos calificados, instalaciones apropiadas y planteles de investigadores y estudiantes que pueden fortalecer su cuerpo de investigación. Las universidades tienden a tomar a las colaboraciones como una oportunidad para captar recursos para la investigación y disponer de acceso a los desafíos científicos y tecnológicos que afrontan las fuerzas productivas. Según Carlos Américo Pacheco, docente del Instituto de Economía de la Unicamp, la experiencia internacional demuestra que la producción de patentes en las universidades y el licenciamiento de la propiedad intelectual a las empresas ocupan un rol importante, aunque complementario, en el interés de las empresas. “Las fuentes de información para la innovación tecnológica de las empresas se basan más en su cadena de proveedores y clientes que en las universidades. Es a través de la ciencia que las empresas viabilizan sus esfuerzos de desarrollo, pero éstas se enfocan más en lo que pide el mercado que en lo que la universidad tiene para ofrecer”, afirma. Según Pacheco, la creación de *startups* ha sido un mecanismo más sofisticado y eficiente para acercar la academia al sector privado. “Esto apuntaló ciertos clústeres regionales en torno a las universidades, atrayendo a laboratorios de empresas e inversores, que se transforman en un microcosmos estimulante”, aclara el economista, quien se desempeñó como secretario ejecutivo del Ministerio de Ciencia y Tecnología entre 1999 y 2002.

EL CUADRANTE DE PASTEUR

Un hito en el debate sobre la dicotomía entre ciencia pura y aplicada fue la publi-

cación del libro *Pasteur's Quadrant – Basic Science and Technological Innovation*, en 1997 (*El cuadrante de Pasteur – Ciencia básica e Innovación Tecnológica*), editado en 2005 en Brasil por la editorial de la Unicamp, del politólogo Donald Stokes, de la Universidad de Princeton. En esa obra, Stokes propuso una nueva clasificación. Más allá de las investigaciones básicas –buenos ejemplos de las cuales son los trabajos del físico danés Niels Bohr al respecto de la estructura atómica y la física cuántica en la primera mitad del siglo XX– y las que producen innovaciones tecnológicas –simbolizadas por la iluminación eléctrica de Thomas Alva Edison–, Stokes destacó otra categoría: la de aquéllas que pueden contribuir al avance del conocimiento a la vez que ofrecen perspectivas de aplicación práctica de alto impacto (*observe el cuadro de la página 11*). Las investigaciones del fran-

cés Louis Pasteur en el campo de la microbiología, que suscitaron un avance del conocimiento y redundaron en beneficios económicos, se emplean como uno de los ejemplos de dicha categoría, además de haber inspirado el título de la obra.

“Stokes demostró que el modelo de Vannevar Bush funcionó en Estados Unidos de un modo diferente a lo que pudo verificarse en otros países, toda vez que el gobierno estadounidense invertía cuantiosamente en áreas básicas, aunque simultáneamente procuraban responder a cuestiones prácticas a mediano y largo plazo”, dice Balvachevsky. “Ése es el caso de agencias tales como los Institutos Nacionales de la Salud, que administran más recursos que la NSF, o el Departamento de Defensa”. En Estados Unidos siempre se mantuvo un sistema dual, enfocado en el avance del conocimiento, por un lado, y en aplicaciones, por otro, donde cada

agencia de fomento destina recursos para ambas categorías (*observe el cuadro de la página 10*). La percepción de que ese tipo de inversión multiplicó la capacidad de innovación estadounidense movilizó a Europa en los años 1990. “Los países europeos habían adherido al modelo de Bush y produjeron ciencia de alta calidad, pero no desarrollaron la misma interfaz con el sector productivo”, agrega Balvachevsky. En las últimas décadas, Europa se empeñó en la creación de interfaces con el sector empresarial. “Actualmente, en la Comunidad Europea, prácticamente todos los programas apuntan a establecer redes en las cuales gobiernos y empresas aportan cada uno una parte de los recursos”.

En Horizonte 2020, el principal programa científico de la Unión Europea, cuyo presupuesto es de 80 mil millones de euros para el período 2014-2020, los recursos se dividen en tres partes. Una

Los tipos de impacto de la ciencia

Una investigación llevada a cabo en Canadá mapeó 11 tipos de impacto que generó la producción de conocimiento. Se entrevistó a investigadores y a organizaciones que se benefician del conocimiento científico



IMPACTO CIENTÍFICO

Cuando los resultados de la investigación propician el progreso del conocimiento, elaborando nuevos modelos y teorías, y desarrollando nuevas áreas y disciplinas



IMPACTO POLÍTICO

Efectos que generan los nuevos conocimientos científicos en la esfera de la legislación, de la jurisprudencia y de la ética, en la formulación de políticas públicas o que generan una movilización ciudadana



IMPACTO ORGANIZATIVO

Influencia de los resultados de la investigación en la administración de empresas e instituciones, en la organización laboral y de los recursos humanos



IMPACTO TECNOLÓGICO

Innovación en productos, servicios y procesos, así como el desarrollo de competencias técnicas generadas por actividades científicas



IMPACTO ECONÓMICO

Se refiere a los impactos que generan riqueza, tales como la comercialización de innovaciones, la recuperación de la inversión que se traduce en profesionales capacitados o en la apertura de nuevos mercados



IMPACTO EN LA SALUD

Tiene que ver con el efecto de las investigaciones en el aumento de la expectativa de vida de la gente y en la prevención y el tratamiento de enfermedades, o en la reducción de los costos para el sistema de salud



IMPACTO CULTURAL

Transformaciones en las habilidades y en las actitudes de los individuos generadas por una mejor comprensión de los fenómenos de la naturaleza y mediante el empleo de nuevas tecnologías



IMPACTO AMBIENTAL

Se vincula a las investigaciones que fomentan la preservación de la biodiversidad

y el manejo de la contaminación o amplían la comprensión de los fenómenos climáticos



IMPACTO SIMBÓLICO

Las empresas también ganan en credibilidad al invertir en investigación y desarrollo, así como por asociarse a investigadores de universidades en proyectos de interés mutuo



IMPACTO SOCIAL

Está relacionado con el resultado de los estudios que aportan bienestar y calidad de vida a los individuos o modifican antiguos conceptos y discursos de la población



IMPACTO EDUCATIVO

Se refiere a la creación de nuevos programas curriculares y herramientas pedagógicas en las universidades, así como al incremento de aptitudes de los alumnos para realizar investigaciones o responder a los requerimientos del mercado laboral

FUENTE: MEASURING THE IMPACTS OF SCIENCE: BEYOND THE ECONOMIC DIMENSION, DE BENOÎT CODIN Y CHRISTIAN DORÉ

de ellas es la investigación básica, que financia proyectos impulsados por la curiosidad, pero también temas tendientes a servir de base a nuevas tecnologías. La segunda es la investigación en empresas, que ofrece recursos y créditos para grandes, medianas y pequeñas compañías, incluso en programas cuyo retorno se considera de alto riesgo. Y, finalmente, la correspondiente a la investigación que se propone afrontar “retos para la sociedad” en marcos interdisciplinarios tales como el envejecimiento de la población, la eficiencia energética y la seguridad alimentaria.

La noción de reto para la sociedad se tornó omnipresente en el presupuesto destinado a la investigación científica en muchos países, según un informe divulgado en octubre de 2015 por un grupo de investigadores del Departamento de Investigación en Política Científica de la Universidad de Sussex, en Inglaterra. En ese trabajo se comparó la inversión pública en I&D efectuada en los países nórdicos (Suecia, Noruega, Dinamarca y Finlandia), con la de algunos de los BRICS (Brasil, la India y China) y la de Estados Unidos, y se reveló que esa categoría cobró preponderancia en las estrategias de todas las naciones en estudio, con inversiones en áreas tales como energía, clima y salud. El punto fuera de la curva, según el informe, es Estados Unidos, donde las asignaciones del gobierno para I&D se concentran mayormente en el área de defensa (un 53% del total en 2013), y, en

segundo lugar, en el área de la salud (un 24,3% del total). El estudio concluye que no hay un modelo que indique la fracción ideal de inversión que deba destinarse a investigación pura e investigación aplicada. En los países escandinavos, la tendencia marca una erogación de alrededor del 40% de la asignación pública en ciencias para la investigación básica. En tanto, China y la India le asignan un porcentaje menor, del orden del 20% al 25% (*observe el cuadro de la página 6*). El análisis no detectó datos consolidados al respecto de la división de esas inversiones en Brasil.

UN ESTADO EMPRENDEDOR

En última instancia, ¿el Estado debe invertir o no en investigación? Para la economista italiana Mariana Mazzucato, docente de la Universidad de Sussex, la inversión pública en ciencia cumple un papel crucial en la producción de conocimiento, principalmente cuando dicho proceso implica costos y riesgos elevados, que las empresas evitan. Ése es uno de los temas sobre los que versa su libro *The Entrepreneurial State* (en Brasil, *O Estado empreendedor* – de editorial Companhia das Letras, 2014). Según esa obra, incluso en áreas altamente innovadoras, tales como la farmacéutica, la de energías renovables o la de tecnología de la información, el sector privado recién interviene una vez que la financiación pública ha destinado grandes inversiones en investigación en aquellas etapas en las cuales

los resultados eran totalmente inciertos. “En biotecnología, nanotecnología e internet, el capital de riesgo apareció 15 ó 20 años después de que se hicieran las inversiones más importantes con recursos provenientes del sector público”, escribió Mazzucato. “El Estado es el soporte de la mayoría de las revoluciones tecnológicas y de los largos períodos de crecimiento. Por eso es que se necesita un ‘Estado emprendedor’ que asuma el riesgo y genere una nueva perspectiva, en lugar de corregir solamente los errores del mercado”. En sus conferencias, la economista cita el ejemplo de los *smartphones*, para demostrar que buena parte de la tecnología que éstos contienen fue fruto de inversiones públicas, con una participación notoria del Departamento de Defensa de Estados Unidos, cuando ni siquiera se imaginaba el alcance que tendría, como ocurre en los casos de internet, el sistema de navegación GPS y la pantalla táctil.

El apoyo a la investigación estatal en la denominada investigación básica obtuvo recientemente el aval del país que más invierte en I&D en términos relativos –el equivalente al 4% de su Producto Interno Bruto– y que, tradicionalmente, asigna menos del 20% de ese total a la ciencia básica: Corea del Sur. La estrategia que aceleró el desarrollo de su economía, basada en el perfeccionamiento y abaratamiento de tecnologías elaboradas en otros países, ahora apunta a la investigación básica. En la ciudad de Daejeon se está elaborando un experimento enfocado en detectar la existencia del axiÓN, una partícula singular que, hipotéticamente, compondría lo que se denomina materia oscura, que forma buena parte del Universo pero es invisible. Se trata de una iniciativa de alto riesgo, que simboliza la ambición del país por alcanzar un liderazgo en investigación básica. Si el proyecto, que le cuesta al país 7,6 millones de dólares por año, fuera exitoso, podría granjearle a Corea del Sur la consecución de un añorado premio Nobel. En el mes de mayo, el presidente surcoreano Park Geun-hye anunció que elevará al 36% el nivel de financiación a la investigación básica en el país. “La investigación básica surge de una inquietud intelectual de científicos y técnicos, pero podría transformarse en una fuente de nuevas tecnologías e industrias”, manifestó, según publica la revista *Nature*.

Habiéndose consensuado que el Estado debe invertir en investigación a cuenta

Las funciones de la investigación

Según definiciones de la Fundación Nacional para la Ciencia



INVESTIGACIÓN BÁSICA

Es el estudio sistemático enfocado en el conocimiento o la comprensión más minuciosa de los aspectos fundamentales de fenómenos y hechos observables, sin contemplar aplicaciones específicas referidas a procesos o productos



DESARROLLO

Es el uso sistemático del conocimiento o la comprensión obtenidos gracias a la investigación, dirigido a la producción de materiales, dispositivos y sistemas o métodos útiles, incluyendo el diseño y desarrollo de prototipos y nuevos procesos. Quedan excluidos el control de calidad, las pruebas usuales de productos y la producción



INVESTIGACIÓN APLICADA

Es el estudio sistemático con el objetivo de adquirir el conocimiento o la comprensión necesarios para determinar los medios por los cuales una necesidad específica y reconocida podría satisfacerse

El cuadrante de Pasteur

Una clasificación de los proyectos de investigación científica concebida por el politólogo Donald Stokes que propone categorías, más allá de los límites de las ciencias básica y aplicada, divididas en cuatro cuadrantes



de los beneficios tangibles e intangibles que ésta aporta, subsiste el debate acerca de cómo distribuir los recursos disponibles para lograr cumplir con las expectativas de la sociedad a corto y largo plazo. Los interrogantes que se les plantean a políticos y administradores del sistema público de ciencia y tecnología consisten en determinar cuánto debe asignarse a cada categoría de investigación científica y hasta qué punto interferirán ellos al efectuar tal distribución, para determinar lo que los científicos deben investigar. La búsqueda de un equilibrio resulta importante para que las instituciones de investigación públicas puedan obtener resultados de impacto para la sociedad y, al mismo tiempo, sigan produciendo un *stock* consistente de conocimiento fundamental. Cuando todos se ubican en un sólo lado del barco, éste acaba naufragando, dijo Francis Collins, presidente de los Institutos Nacionales de la Salud, al sostener, en un artículo publicado en 2012 en la revista *Science*, la importancia de preservar las asignaciones de la agencia destinadas a la investigación básica. Pero también es menester que los científicos le transmitan a la sociedad permanentemente lo que están haciendo y el impacto del conocimiento generado, tal como sostuvo un editorial de la revista *Nature*, al final del mes de julio, al festejar los resultados de un experimento piloto llevado a cabo por el European

Research Council sobre 199 proyectos de investigación básica que financió. Ese análisis reveló que las tres cuartas partes de los proyectos generaron desarrollos científicos significativos y al menos un cuarto tuvo impacto sobre la economía, la sociedad o la formulación de políticas.

La utilidad del “conocimiento inútil” quedó sintetizada en la charla que mantuvo el educador estadounidense Abraham Flexner, fundador del Instituto de Estudios Avanzados de la Universidad de Princeton, con el empresario George Eastman, inventor de la película fotográfica, que se relata en un artículo que publicara Flexner en la revista *Harpers*, en 1939 (library.ias.edu/files/UsefulnessHarpers.pdf). El empresario pensaba dedicar su vasta fortuna a la promoción de la educación en temas útiles. Flexner le preguntó a quién consideraba “el trabajador de la ciencia más útil del mundo”. Enseguida tuvo esta respuesta: Guglielmo Marconi, el italiano que inventó la radio. Flexner sorprendió a su interlocutor al declarar que, independientemente de la utilidad de la radio, el aporte del italiano era mínimo. Le explicó que Marconi no podría haber hecho nada sin los aportes del científico escocés James Clerk Maxwell, cuyas ecuaciones abstractas impulsaron investigaciones en el campo del magnetismo y de la electricidad, y del físico alemán Heinrich Hertz, quien más

adelante demostró la existencia de la radiación electromagnética. “Ni Maxwell ni Hertz nutrían ningún interés relacionado con la utilidad de sus respectivos trabajos; dicho pensamiento nunca se les cruzó por la cabeza. Ellos no tenían ningún objetivo práctico. Evidentemente, el inventor, en sentido legal, fue Marconi, pero, ¿qué fue lo que él inventó? Solamente un último detalle técnico, un dispositivo de recepción, el cohesor, que ya resulta obsoleto y está casi universalmente descartado”, dijo Flexner. Hertz y Maxwell no inventaron nada, pero su “trabajo teórico inútil” fue utilizado por un técnico inteligente para la creación de nuevos medios de comunicación, utilidades y diversión, escribió el educador. “¿Quiénes fueron las personalidades útiles? No fue Marconi, por cierto, sino Clerk Maxwell y Heinrich Hertz. Ambos eran genios sin pensamiento utilitario. Marconi fue un inventor inteligente, sin ninguna otra clase de pensamiento más allá de lo utilitario”. ■

Referencias

- BRITO CRUZ, C. H. “University research comes in many shapes”, p. 131-42 in *University priorities and constraints*, WEBER, Luc E. and Duderstadt, James J. (eds.). *Glion Colloquium Series*. n. 9 (Economica London, Paris, Genève, 2016).
- MAZZUCATO, M. *O Estado empreendedor*. São Paulo: Companhia das Letras, 2014.
- BUSH, V. *Science: The endless frontier*. Reproducción en la *Revista Brasileira de Inovação*. v. 13, n. 2 jul/ dic 2014.