

la prosperidad por medio
de la investigación

la prosperidad por medio
de la investigación

la investigación básica en EE.UU.

la prosperidad por medio
de la investigación

la prosperidad por medio
de la investigación



Dirección General de Investigación
CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN

Comunidad de Madrid

La prosperidad por medio de la investigación

La investigación básica en EE.UU

Una declaración política
por el Comité de Investigación
y Política del Comité
para el Desarrollo Económico (CED)

madriod



Dirección General de Investigación
CONSEJERÍA DE EDUCACION

Comunidad de Madrid



Biblioteca Virtual

CONSEJERÍA DE EDUCACIÓN
Comunidad de Madrid

Esta versión digital de la obra impresa forma parte de la Biblioteca Virtual de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid y las condiciones de su distribución y difusión de encuentran amparadas por el marco legal de la misma.

www.madrid.org/edupubli

edupubli@madrid.org

Traductora: Carmen Costa

Colaboradora: M.^a Dolores de Torres

© Los autores: CED, Comité para el Desarrollo Económico, USA.

Comunidad de Madrid de la presente edición

Imprime: BOCM (Boletín Oficial de la Comunidad de Madrid)

Edita: Dirección General de Investigación de la Comunidad de Madrid

Tirada: 1.000 ejemplares

Coste unitario: 462 pesetas

Edición: 03/00

Dep. Legal: M-9.879-200

I.S.B.N.: 84-451-1763-7

madriod

| | |
|--|-----|
| Prólogo <i>Francisco José Rubia Vila</i> | 9 |
| Introducción | 13 |
| Propósito de esta declaración | 17 |
| CAPÍTULO 1 Introducción y resumen de los resultados y recomendaciones Conclusiones Resumen de las recomendaciones | 21 |
| CAPÍTULO 2 Comprender la contribución de la investigación básica Los beneficios de la investigación básica El impacto económico de la investigación básica La investigación básica financiada públicamente es decisiva para la innovación del sector privado El impacto futuro de la investigación básica | 33 |
| CAPÍTULO 3 El desarrollo del sistema americano de investigación básica Instituciones de investigación básica actuales El valor decisivo del investigador individual El contexto internacional para la investigación básica americana Conclusión | 51 |
| CAPÍTULO 4 Mantener el liderazgo de Estados Unidos en la investigación básica: la recomendación del CED Mejorar la asignación de recursos para investigación básica Mantener nuestra capacidad de hacer investigación básica en el futuro Principios para la investigación universitaria en el mercado Retos y oportunidades internacionales para la investigación básica americana Conclusión Recursos para la investigación básica | 83 |
| APÉNDICE 1 Recursos para la investigación básica | 119 |

PRÓLOGO

D. FRANCISCO JOSÉ RUBIA VILA
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN
DE LA COMUNIDAD DE MADRID

El documento que hoy publicamos tiene, a mi entender, una enorme importancia en las circunstancias por las que atraviesan las discusiones que tienen lugar sobre política científica en España.

Publicado por el Comité de Desarrollo Económico (Committee for Economic Research, CED) de Estados Unidos, una organización que reúne a representantes de las empresas más importantes del país, viene a decir, en un momento en el que en España se discute si debemos apoyar la investigación básica o aplicada, que la investigación básica es la fuente del crecimiento y prosperidad económicos de Estados Unidos.

Efectivamente, en España cuando se discute sobre política científica, no es raro verse implicado en la eterna antinomia de si se debe apoyar la investigación “básica” o “aplicada”. Y es frecuente encontrar nuevos profetas que nos indican que la solución del país está en fomentar la investigación “aplicada”, dejando la “básica” a un lado, por ser una ocupación inútil que sólo sirve para satisfacer al que la practica, pero sin ningún tipo de ventajas para la sociedad. Para estos nuevos visionarios, el investigador básico es una persona irresponsable, que no tiene en cuenta el sector productivo del país, que, a fin de cuentas, es el que crea la riqueza que le permite a él realizar cualquier tipo de investigación.

Por ello, aprovecho la publicación de este resumen del informe del CED para hacer algunas reflexiones al respecto que considero necesarias, y dejar claro algunos puntos para que en próximas discusiones no nos dejemos llevar por las opiniones del momento.

1. La investigación “básica” se denomina así no por ser contraria a una supuesta investigación “ácida”, como diría un químico, sino por ser el fundamento, la base, de todo conocimiento. Esto significa que si suprimimos esta investigación básica, más tarde o más temprano acabaremos con toda la investigación del país, incluida por supuesto la aplicada.
2. Un país con limitados recursos no puede permitirse el lujo de realizar investigación en todas las ramas del conocimiento. Por tanto, un determinado tanto por ciento de la investigación debe orientarse, mediante incentivos, a aquellas áreas consideradas prioritarias por el Estado o la región.
3. La antinomia planteada entre investigación “básica” y “aplicada”, de cara a su financiación, cada vez tiene menos sentido. Independientemente de la célebre frase de Louis Pasteur de que no existe la ciencia aplicada, sino sólo la aplicación de la ciencia, en primer lugar porque la distancia entre un descubrimiento científico y su aplicación cada vez es más corta; y en segundo lugar, porque no existe relación, al menos estrecha, entre el apoyo económico y el descubrimiento científico. Hasta ahora, éste ha sido, generalmente, un fruto más o menos fortuito de la investigación.
4. Sí que es imprescindible la distinción, por lo que respecta a su financiación, entre la investigación de calidad y la investigación mediocre. Naturalmente hay que apostar por la primera de forma decidida, sin consideraciones de ningún tipo para la segunda, que no sólo consume indebidamente fondos públicos, sino que perpetúa un sistema que constituye una rémora para cualquier país. Es esta investigación básica de mala calidad la que hay que dejar de financiar.
5. El V Programa Marco de Investigación de la Unión Europea está, en una gran parte, orientado a la investigación aplicada, dejando a las administraciones nacionales el apoyo a la investigación básica.
6. En los últimos años, tanto EE.UU. como Japón han aumentado considerablemente sus esfuerzos en las inversiones dedicadas a investigación básica.
7. Cuando se pretende que los resultados de la investigación se “apliquen” al sistema productivo, lo que habría que cuidar y apoyar son las estructuras de interfase entre la investigación básica y su aplicación, estructuras que en España son aún muy débiles y demasiado cercanas al sector público del sistema de Investigación y Desarrollo. En cualquier caso, la administración regional sólo tiene el papel de facilitar el entorno para que estas transferencias tengan lugar. Es la empresa privada la que tiene que estar interesada en aplicar los conocimientos que se generan gracias a la investigación básica en beneficio de la innovación en el sector productivo.

Con todas estas consideraciones, las conclusiones que deberíamos sacar podrían ser las siguientes:

- a) Apoyar a fondo la investigación de calidad, allí donde se genere
- b) Apoyar las estructuras de interfase entre los investigadores básicos y el sector productivo
- c) Incentivar y facilitar con diferentes medidas la colaboración entre los científicos y técnicos y el sector productivo.

Así, más tarde o más temprano se aplicarán los resultados de la investigación y tendremos esa investigación “aplicada” que queremos sacar de la nada, o mediante una financiación que sin un fundamento previo de investigación básica significaría tirar el dinero.

Estas reflexiones, producto de la actividad como investigador básico y como gestor de la investigación y el desarrollo tecnológico de la Comunidad de Madrid, se han visto confirmadas por la reciente publicación de este documento, cuyo resumen le ofrecemos, sobre la investigación básica en Estados Unidos. Consideramos que es un documento extraordinariamente importante, por la autoridad que le da el porvenir de un país que tiene a gala ser el número uno en tecnología y aplicación de la investigación; pero, sobre todo, porque proviene de una organización que, como hemos dicho, agrupa las mejores empresas privadas del país.

Este documento, además, nos sirve de ejemplo para ver cómo un país federal no ha renunciado, sin embargo, a que sea el Gobierno federal quien financie la mayor parte de la investigación básica, y cómo la mayor parte de sus fondos se dedican a financiar proyectos de desarrollo, llevados a cabo fundamentalmente por las empresas privadas. En un momento en el que, en España, no están aún muy claras las competencias que en materia de ciencia, tecnología e innovación deberán tener las administraciones autonómicas y la administración central, resulta de gran importancia ver cómo otros países, con gobiernos federales con muchos años de experiencia, resuelven este tipo de problemas.

Es de suponer que su lectura nos ayude a todos los que estamos implicados y preocupados por el desarrollo científico-tecnológico de España a aprender de las reflexiones que se hacen en este documento y de las conclusiones que se sacan en un país que está a la cabeza de ese desarrollo a escala mundial.

D. FRANCISCO JOSÉ RUBIA VILA
DIRECTOR GENERAL DE INVESTIGACIÓN DE LA COMUNIDAD DE MADRID

INTRODUCCIÓN

El Comité para el Desarrollo Económico es una organización de investigación y política compuesta por unos 250 líderes empresariales y educadores. El CED no tiene ánimo de lucro, es no partidista, y apolítico. Su propósito es proponer políticas que den lugar a un crecimiento económico con una alta tasa de empleo y a precios razonablemente estables, incremento de la productividad y de los niveles de vida, mayor y más igualdad de oportunidades para todos los ciudadanos y una calidad de vida mejor para todos ellos.

Todas las recomendaciones de políticas a aplicar efectuadas por el CED, deben contar con la aprobación de los miembros del Comité de Política e Investigación. El comité está sujeto a unos estatutos que destacan que “toda la investigación debe ser profundamente objetiva en su carácter, y el enfoque en cada caso debe hacerse desde el punto de partida del bienestar general y no desde la perspectiva de ningún otro grupo político o económico”. El comité es asistido por el Consejo Asesor de Investigación compuesto por ilustres científicos y por un personal profesional permanente.

El Comité de Investigación y Política no trata de juzgar ningún proyecto legislativo; su propósito es instar a que se consideren cuidadosamente los objetivos establecidos en este informe así como las mejores medidas para alcanzar estos objetivos.

Cada informe está precedido por amplias discusiones, reuniones e intercambio de información. La investigación es realizada por un subcomité, aconsejado por asesores elegidos por su competencia en el ámbito objeto del estudio.

El Comité de Investigación y Política al completo participa en la redacción de las recomendaciones. Igualmente, los Consejeros del subcomité de redacción votan para aprobar o desaprobado un informe de política a seguir y comparten con el Comité de Investigación y Política el privilegio de hacer comentarios individuales para su publicación.

Excepto por lo que se refiere al Comité de Investigación y Política y al subcomité responsables, las recomendaciones presentadas en este informe no son necesariamente compartidas por otros miembros o por los asesores, miembros del personal u otras personas asociadas al CED.

PROPÓSITO DE ESTA DECLARACIÓN

La investigación básica es una fuente sumamente importante -aunque a menudo infravalorada- para la prosperidad y el crecimiento económico americano. Los avances en ciencia básica y en conocimiento tecnológico, derivados de esta investigación, han hecho posible la mayor parte de nuestro progreso tecnológico reciente y las mejoras, que de ello se derivan en cuanto a ingresos y calidad de vida. Nuestra nación invierte en la actualidad un 0,4 por ciento del Producto Nacional Bruto en investigación básica.

Mientras se está realizando este estudio, la ciencia y los científicos americanos destacan en el mundo entero. Muchos de nuestros esfuerzos científicos reciben un significativo apoyo financiero, político, y público. Pero las solicitudes de financiación, que compiten por los escasos dólares federales, las prioridades sociales y económicas cambiantes, las presiones políticas, y las presiones empresariales por obtener beneficios a corto plazo plantean amenazas a largo plazo a la potencia constante de la investigación básica de América y sus contribuciones a nuestra prosperidad.

Esta visión de política científica se realiza sobre una amplia perspectiva del sistema americano de investigación básica y establece los procesos y reformas sistemáticas que son necesarios para hacer frente a los riesgos que amenazan a los valiosos resultados de nuestras inversiones en investigación básica. Los vocales del CED emprendieron este importante proyecto con la firme creencia de que un progreso importante en muchos problemas sociales y en nuevos descubrimientos dependería, fundamentalmente, de los resultados científicos fundamentales de la investigación básica.

CAPÍTULO 1

Introducción y resumen de los resultados y recomendaciones

Al preguntarle por qué los científicos americanos han ganado tantos Premios Nobel, uno de los anteriores secretarios generales de la Real Academia Sueca de las Ciencias señaló: *“Ningún otro país ha invertido tanto dinero en investigación durante años como los Estados Unidos. Es tan simple como esto”*. La asignación de fondos de América, desde hace mucho tiempo, a la investigación básica ha sido abrumadoramente fructífera, proporcionando a la sociedad americana, no sólo los frutos de nuevos conocimientos sino los beneficios prácticos del crecimiento económico y la mejora en el bienestar de los ciudadanos.

El CED cree, sin embargo, que el éxito de la investigación básica de América no es simplemente una cuestión de dinero. Más bien, como señalamos en este informe, este éxito proviene de la peculiar organización de dicha investigación. Esa organización ha descansado con una fe ciega en la superioridad de un mercado libre, en ideas y de competencia empresarial, más que en la toma de decisiones de arriba a abajo, garantizando la calidad y la eficiencia de los esfuerzos en investigación.

Creemos que es esencial defender el papel integral del gobierno para apoyar la investigación básica, mientras la industria sigue centrándose en la I+D, con objetivos específicos dirigidos al producto. Los grandes retornos económicos, procedentes de las inversiones en investigación básica demuestran que es una utilización extremadamente productiva del dinero de los contribuyentes. Nos estimulan las recientes propuestas bipartidistas de incrementar la inversión de la nación en investigación básica. Pero no podemos dar por sentado el actual apoyo político, especialmente con un futuro de grandes restricciones de recursos. La excelencia americana en investigación básica es verdaderamente un tesoro nacional, pero los que la apoyan deben ser fuertes y estar coordinados en su defensa.

La investigación básica –realizada en instituciones académicas, laboratorios federales, empresas privadas e instituciones de investigación sin ánimo de lucro– ha proporcionado la base intelectual y tecnológica para innumerables inventos prácticos que son parte integrante del liderazgo tecnológico y económico americano. Industrias tan diversas como las farmacéuticas, de defensa, de electrónica y aeroespaciales han contado con descubrimientos básicos impulsados por las subvenciones del gobierno.

Un factor crítico en la transferencia de la investigación básica a aplicaciones funcionales ha sido el peculiar espíritu empresarial de América. Desde pequeñas empresas en creación a grandes multinacionales, el ingenio americano ha destacado al convertir los nuevos conocimientos en productos prácticos y rentables. Un malentendido común es que la investigación “básica” se realiza en una “torre de marfil”, sin tener en cuenta los beneficios prácticos. Por el contrario, una virtud constante de la investigación básica de Estados Unidos ha sido la búsqueda de conocimiento básico con una atención especial puesta en sus posibles aplicaciones. Los empresarios americanos se han distinguido por su capacidad para capitalizar con éxito los nuevos conocimientos allí donde han ido apareciendo.

Como cualquier gran empresa, que comprende cientos de instituciones, y miles de trabajadores, el sistema americano de investigación básica debe renovarse a sí mismo constantemente, en respuesta a las condiciones cambiantes en unos mercados económicos, políticos y científicos globales. Debe también poder identificar las expectativas legítimas de la sociedad que apoya sus esfuerzos.

La investigación básica debe hacer frente a importantes cuestiones como las prioridades y equilibrio de sus objetivos de investigación, la constancia del apoyo del gobierno, la difusión global del nuevo conocimiento y el colapso de las premisas de la Guerra Fría de inversión masiva en investigación para defensa. Al mismo tiempo, las instituciones que realizan investigación básica deben mantener la excepcional calidad de su profesorado, tratar de solucionar el problema de los costes cada vez mayores y hacer frente al complejo reto de reforzar los lazos entre empresas y universidades.

Los objetivos de este informe son, en primer lugar, establecer argumentos convincentes a favor de la investigación básica y sus beneficios para la sociedad y, en segundo lugar, hacer recomendaciones a los políticos y gestores. Confirmamos la importancia de la investigación básica universitaria de América y su tradición de excelencia. Pero también proponemos un incesante sondeo para medir la producción frente a la inversión y los resultados frente a las

expectativas. Esto significa extender la utilización de la evaluación por pares y la competencia para obtener las subvenciones para investigación. Estamos a favor de acabar con las asignaciones políticas de fondos para investigación, y estamos preocupados por “el desvío de asignaciones” a aquellos sectores de la investigación básica –especialmente a algunos de los laboratorios nacionales del Ministerio de Energía– que han completado o cesado en sus funciones. A este respecto, estamos preocupados por la creciente tendencia del gobierno a financiar directamente el desarrollo y comercialización de tecnologías que, con pocas excepciones, es más bien función del sector privado.

Este informe también reafirma las posturas adoptadas en declaraciones previas de política científica del CED que tienen especial relevancia para la investigación básica. Ponemos gran énfasis en mejorar la enseñanza del tramo K-12, para asegurar nuestra provisión futura de científicos sobresalientes. También insistimos en la importancia de limitar el gasto federal en programas sociales de modo que las inversiones futuras en investigación básica no se vean reducidas por los efectos presupuestarios de inexorables presiones demográficas.

A largo plazo: aunque algún descubrimiento científico importante encuentre aplicación inmediata, lo normal es que los retornos de la investigación básica tengan lugar en un futuro más lejano. Frecuentemente, los mayores beneficios son los que menos se preveían. La investigación sobre el virus iniciada por “War on Cancer” en los años 70 produjo sus más significativos beneficios –tanto previstos como imprevistos– en el tratamiento del SIDA en los años 90; sólo ahora esta investigación está produciendo nuevos medicamentos que transformarán la oncología clínica en los años 2000.

Los retos médicos, medioambientales, sociales y militares del siglo XXI requerirán soluciones que sólo pueden surgir de un sistema de investigación básica saludable y productivo. El CED cree firmemente que es esencial mantener la excelencia en investigación básica para la continuada prosperidad y liderazgo global de América.

Conclusiones

1. La investigación básica en ciencia e ingeniería ha supuesto una contribución fundamental para el crecimiento de la economía americana. Los retornos económicos de las inversiones en investigación básica son muy altos. Además, los retornos a la nación, procedentes de las mismas son sustancialmente mayores que los retornos a las empresas privadas, puesto que los avances en conocimiento básico tienden a ser ampliamente difundidos y explotados en innovaciones que producen sustanciales beneficios económicos durante un largo período.
2. La investigación básica llevada a cabo en las mejores universidades se correlaciona normalmente con importantes actividades económicas en empresas de la localidad. Por ejemplo, hay más de 1.000 empresas relacionadas con el MIT en Massachusetts, con ventas mundiales de más de 53 millardos de dólares. Parecidos desarrollos se han producido en Silicon Valley en California y en el Triángulo de Investigación de Carolina del Norte.
3. El gobierno federal ha sido, durante mucho tiempo, la fuente más importante de apoyo a la investigación básica. La financiación del gobierno a la investigación básica excede a la de la empresa privada, tanto en cantidad absoluta como en su participación en actividades de Investigación y Desarrollo (I+D). De los casi 63 millardos de dólares que el gobierno gasta en I+D, 18 millardos de dólares se destinan a investigación básica, mientras que sólo 8 millardos de los 133 que invierte la empresa privada en I+D van a investigación básica. Sin embargo, el futuro a largo plazo de la financiación federal es incierto, debido a los probables efectos presupuestarios que tendrá la presión demográfica.
4. La financiación pública de la investigación básica es crítica para la innovación en el sector privado. Aunque la empresa privada realiza investigación básica, estos esfuerzos se destinan fundamentalmente a “cubrir vacíos”, dentro de programas más amplios de investigación aplicada dirigidos al desarrollo de nuevos productos. La industria depende de los fundamentos intelectuales, proporcionados por investigadores básicos en los sectores no lucrativos y públicos, para sus servicios y productos innovadores. Un estudio reciente demostró que el 73% de las publicaciones de investigación citadas por patentes industriales derivaban de investigación financiada por el gobierno.
5. La ciencia americana no se realiza en una “torre de marfil”. Incluso los investigadores básicos que están estudiando problemas fundamentales de física teórica, materiales avanzados, o biología molecular lo hacen con la expectativa de que su trabajo sea importante para el desarrollo de nuevos chips, nuevos compuestos para aviones o medicamentos para el cáncer.
6. La financiación federal se dirige principalmente, no a las instituciones, sino a los investigadores individuales, que compiten directamente por las subvenciones del gobierno. Estos investigadores representan la espina dorsal del sistema americano de investigación básica. Una fortaleza esencial está en la asignación de subvenciones por medio de un proceso riguroso y competitivo de evaluación por pares.
7. Las instituciones americanas más importantes que realizan investigación básica son las 200 universidades principales de investigación de la nación. Estas instituciones se caracterizan por una asignación de fondos altamente competitiva, una tradición de excelencia, un grupo experto de profesores muy bien preparados y motivados, becarios postdoctorales y estudiantes universitarios. La amplia difusión de los resultados de investigación ha sido importante para nuestra sociedad en cuanto a los excelentes beneficios derivados para la investigación básica universitaria.
8. En una sección de la Bayh-Dole Act de 1980, se permitía explícitamente a los beneficiarios de subvenciones del gobierno reservarse el derecho de los inventos realizados utilizando fondos gubernamentales. Esta ley ha producido un gran aumento de solicitud de patentes por parte de las universidades y la consiguiente transferencia de tecnología desde las instituciones de investigación básica a la industria. Como resultado, la industria cada vez está más implicada en la colaboración y el patrocinio de investigadores universitarios. Mientras que ciertos ámbitos, comparativamente, no se han visto afectados por la Ley Bayh-Dole, la industria tecnológica ha sido una importante beneficiaria.
9. Si las relaciones universidad-empresa están gestionadas con acierto, se pueden beneficiar de ello tanto las instituciones investigadoras como las empresas, mientras que la sociedad

cosecha los beneficios procedentes de una eficiente transferencia de tecnología en productos útiles. La CED cree, sin embargo, que estas relaciones se deberían establecer de acuerdo con líneas maestras que protegieran la función originaria de investigación básica de las universidades.

10. Las prioridades del gobierno federal están cambiando. Con el fin de la guerra fría, las necesidades de investigación básica del Pentágono se han desplazado y se han reducido. Como resultado, los objetivos del gran sistema federal de laboratorios han cambiado y, en algunos casos, desaparecido. Los laboratorios federales continúan desempeñando importantes papeles en defensa, salud y energía. Pero algunos, especialmente los laboratorios nacionales del Ministerio de Energía, no han actuado con decisión para eliminar trabajo en áreas que ya no son relevantes para sus cometidos, ni se han presentado ellos mismos a procesos de evaluación por pares.
11. Las deficiencias en la enseñanza de la ciencia en la educación primaria y secundaria amenazan nuestra provisión futura de jóvenes y excelentes investigadores. Estas deficiencias también pueden limitar la capacidad de las mujeres y de las minorías a realizar una carrera en investigación básica. Más aún, el apoyo continuo de la sociedad a la investigación básica depende de un electorado informado que reconozca los beneficios de un sistema fuerte de investigación básica.
12. A medida que otras naciones construyen su poderío económico, invertirán también inevitablemente en investigación básica. Aunque los Estados Unidos continúan siendo el líder mundial en la generación de nuevos conocimientos, otros países están contribuyendo más que en el pasado. No tenemos nada que temer de estas tendencias. En tanto que la investigación básica se difunda libremente por todo el globo y Estados Unidos continúe capitalizando la aplicación práctica de los nuevos conocimientos, pensándolo bien, la expansión global de la investigación básica beneficiará a la economía y a la sociedad de Estados Unidos.

Resumen de las recomendaciones

1. Los políticos del Congreso y de la Administración, aleccionados por un debate de política científica nacional, deberían establecer prioridades nacionales amplias para la investigación básica que satisfagan las necesidades de la sociedad a largo plazo. Los científicos tienen un importante papel que desempeñar participando en el debate, pero dichas prioridades deben ser establecidas convenientemente por nuestros responsables políticos electos.
2. El apoyo federal a la investigación básica debería continuar siendo diverso en sus fuentes y objetivos. Los intentos de imponer un control central o de concentrar recursos en una sola área de investigación deberían evitarse.
3. En el marco de las amplias prioridades establecidas por los políticos, los mecanismos primarios para destinar fondos federales a investigación básica en todas las agencias e instituciones deberían basarse en el mérito científico determinado por un proceso de evaluación por pares. En general, se debería apoyar a las personas y no a las instituciones. Las asignaciones de fondos para investigación básica, determinadas políticamente, representan un uso improductivo de los escasos recursos.
4. Ya que la financiación federal es esencial para un sistema próspero de investigación básica, la perspectiva a largo plazo del presupuesto federal es decisiva. La investigación básica debería ser una prioridad muy importante del presupuesto federal en las décadas venideras. Esto requerirá reformas en los programas federales de pensiones, que, de otra forma, crecerán enormemente en respuesta a la presión demográfica de aquí a unos años.
5. Los beneficiarios más productivos de fondos federales para investigación básica son las universidades de la nación. Su liderazgo y productividad deberían seguir siendo un modelo para otras instituciones que reciben financiación federal.
6. Los investigadores individuales cada vez están más abrumados por la complejidad del proceso de las solicitudes para obtener financiación. Se deberían establecer mecanismos que permitieran a los investigadores competir por la financiación a largo plazo y las cargas administrativas de las agencias que conceden las becas deberían reducirse.
7. Las agencias financiadoras están tratando cada vez más de reducir los costes indirectos y atribuirlos a los centros de investigación. Recomendamos una reforma del sistema que determine los costes indirectos para asegurar la simplicidad, el juego limpio, y su reducción.
8. El CED reclama al Congreso y a la Administración que determine claramente las tareas de los laboratorios del Ministerio Nacional de Energía y decida qué remodelaciones de objetivos y funciones son necesarias. Las actividades de los laboratorios nacionales deben justificarse sobre la base de cometidos de importancia, determinaciones de mérito científico evaluadas por pares, y estructuras eficientes de vigilancia.
9. Con pocas excepciones, el gobierno no debería involucrarse en financiar directamente el desarrollo y la comercialización de tecnologías, que es más bien una función del sector privado. Se dan excepciones en casos en que la financiación sirve a una clara función de adquisiciones para objetivos del gobierno, como las necesidades de tecnología de defensa.
10. El gobierno federal debería continuar desempeñando un papel primordial en financiar proyectos de infraestructura a larga escala que son utilizados ampliamente por muchos investigadores como las instalaciones para la generación experimental de energía y el Telescopio espacial Hubble .
11. Como ha recomendado la CED en informes previos, los Estados Unidos deben alcanzar el éxito académico en matemáticas y ciencia en las etapas de educación K-12. Para mejorar el aprendizaje en matemáticas y ciencia, nos parece urgente la adopción de estándares nacionales, políticas para aumentar el conocimiento y capacidades del profesorado y actualizaciones de los planes de estudio en las aulas, de las instalaciones y de los materiales de enseñanza.
12. La formación de los estudiantes graduados es una misión indispensable de las universidades. El gobierno federal debería hacer de la formación del estudiante universitario una prioridad máxima e incrementar su financiación de becas y formación profesional. Las universidades deberían explorar vías para reducir el tiempo y el gasto requeridos para obtener el doctorado. Puesto que una mayoría de los Ph.D. graduados no volverán a las universidades como profesores, las escuelas de graduación deberían ofrecer

programas de formación y tutorías que prepararan a sus estudiantes para el empleo fuera del ámbito académico

13. Las relaciones universidad-empresa y la obtención de patentes y licencias por parte de la universidad deberían estar dirigidas a optimizar beneficios para la sociedad en su conjunto. Como principio general, el nuevo conocimiento proveniente de la investigación básica en la universidad debería difundirse libremente. No obstante, en casos en que el nuevo conocimiento tenga un potencial comercial, la obtención de patentes y las licencias pueden ser apropiadas y en beneficio del interés público. Sin embargo, esas actividades de transferencia de tecnología no deberían diluir o comprometer las funciones básicas de educación e investigación de la universidad.
14. Los Estados Unidos deberían aumentar sus esfuerzos para beneficiarse de la colaboración internacional y de la globalización de la investigación básica. A este fin, las políticas públicas y privadas deberían garantizar que los Estados Unidos fuesen un lugar atractivo en el que los investigadores puedan vivir y trabajar. Nuestras políticas de inmigración deberían estar más liberalizadas para conceder a científicos e ingenieros extranjeros visados permanentes o de mayor duración así como permitirles más visitas cortas como asesores y colaboradores.

CAPÍTULO 2

Comprender la contribución de la investigación básica

La investigación básica de América es uno de los más importantes activos de la nación. Los avances en ciencia e ingeniería básicas, derivados de la investigación, combinados con fuertes incentivos económicos para el cambio y la innovación tecnológica, han supuesto una enorme contribución a la prosperidad económica y social de que disfrutaron los ciudadanos de Estados Unidos. Los éxitos en ciencia e ingeniería básicas han contribuido también al papel de nuestra nación como líder económico, social, político y militar, que ha ayudado al mantenimiento de un período históricamente único de relativa paz y estabilidad en el mundo. **Está claro que es de interés nacional mantener y fortalecer el compromiso de América con la investigación básica y mejorar la productividad de los recursos utilizados en la misma.**

Como en el pasado, la prosperidad económica de generaciones futuras dependerá decisivamente de los esfuerzos actuales para mantener este compromiso histórico y fundamental con la investigación básica. De hecho, este compromiso es una gran fuente de esperanza para el futuro. La solución para muchos de los principales retos sociales y la clave para explotar nuevas oportunidades –como la curación del cáncer y del SIDA, descubriendo nuevos potenciales productivos procedentes de recursos naturales y hechos por el hombre, y el antídoto para amenazantes problemas medioambientales como el calentamiento global– dependerán de los descubrimientos científicos básicos derivados de la investigación actual.

Es importante que los políticos, y el público en general, entiendan los beneficios de la investigación básica. Sin una apreciación de estos beneficios, será difícil mantener nuestro compromiso nacional con la investigación básica, y así mantener el liderazgo de nuestra nación en el futuro.

Los beneficios de la investigación básica

Aunque la investigación básica –trabajo experimental o teórico emprendido para aumentar el conocimiento de la ciencia y la ingeniería fundamental– supone sólo el 15% de la I+D total en los Estados Unidos, ha sido un importante factor en la mejora de las tecnologías, niveles y estilos de vida. Para los no científicos, esta contribución de la investigación básica puede no ser obvia, a causa del complicado entramado entre investigación, descubrimiento e innovación. Una razón de esta complicación estriba en que el conocimiento fundamental, derivado de la investigación básica, por lo general es ampliamente compartido y explotado por los científicos y empresarios que no estaban implicados en el descubrimiento original. Mas aún, el valor potencial de nuevos descubrimientos procedentes de la investigación básica puede no ser evidente inmediatamente ni siquiera para los descubridores y, en consecuencia, las innovaciones asociadas ocurren a menudo varias décadas después del descubrimiento inicial. Por contraste, pueden transcurrir sólo unos pocos meses o años entre la investigación aplicada y de desarrollo y las innovaciones comerciales. Por consiguiente, los resultados de la investigación aplicada pueden observarse fácilmente en productos y procesos nuevos o mejorados, introducidos por las empresas que patrocinaban la investigación. Por supuesto, la investigación básica, aplicada y de desarrollo son de vital importancia para el progreso económico. Sin embargo, la investigación básica es el fundamento de la mayor parte de los cambios tecnológicos, como se explica más adelante.

CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN Y DE DESCUBRIMIENTO

Definiciones tradicionales

Los científicos y los patrocinadores de actividades de I+D han dividido tradicionalmente estas últimas en tres categorías: investigación básica, aplicada y de desarrollo. Aunque es a menudo difícil situar un proyecto específico de investigación en una de estas categorías, los datos sobre actividad en I+D publicados por el gobierno federal siguen basándose en esta división. Estas tres categorías pueden describirse como sigue.

- **La investigación básica** es el trabajo experimental o teórico emprendido para aumentar el conocimiento científico y de ingeniería básicos. Aunque la investigación básica puede ser exploratoria, sin ninguna aplicación especial prevista, gran parte de ella se dirige a obtener nuevo conocimiento científico o de ingeniería en áreas de interés para los financiadores.
- **La investigación aplicada** incluye investigaciones que provienen de investigación básica o de otra investigación aplicada para crear nuevo conocimiento que a su vez puede utilizarse para desarrollar nuevos o mejores productos y procesos.
- **La investigación de desarrollo** se basa en el conocimiento existente obtenido de la investigación básica y aplicada y de la experiencia práctica, con el propósito de crear nuevos productos o procesos innovadores, así como mejoras cuantitativas para los productos o procesos existentes.

El proceso de descubrimiento y definiciones alternativas

A pesar de las distinciones tradicionales y de los límites entre investigación básica, aplicada y de desarrollo, sería un error llegar a la conclusión de que la mejor descripción del proceso de descubrimiento y de innovación es que se trata de un modelo lineal que comienza con la investigación básica, sigue con la investigación aplicada y termina en el desarrollo. El descubrimiento y la innovación, a menudo, no se producen de esta manera secuencial y unidireccional.

El análisis de casos individuales demuestra que los avances tecnológicos ocurren en un proceso interactivo, entrelazado, en que los descubrimientos tienen lugar tanto antes como después de la investigación básica. Hay muchos ejemplos de descubrimientos tecnológicos que ocurrieron mucho antes de que la ciencia básica se implicase. Este proceso interactivo de descubrimiento e innovación –a menudo descrito como un “enlace en cadena” o modelo “continuo” que incorpora bucles de realimentación– suele ser más característico del proceso de I+D que del modelo lineal.

Dada esta comprensión más profunda del proceso de descubrimiento y su alejamiento de un modelo lineal, se han propuesto otras características distintas a las de las definiciones tradicionales para describir la investigación básica. Por ejemplo, se ha sugerido que el período de tiempo transcurrido entre la investigación y su traducción en resultados es una característica de distinción. Ha habido muchos ejemplos en que ha transcurrido un largo período –a menudo 10 a 20 años– antes de que el nuevo conocimiento derivado de la investigación básica tuviera alguna influencia en la productividad.

Sin embargo, también hay casos en que el espacio de tiempo transcurrido entre la investigación básica y la innovación ha sido muy corto. Mas aún, muchas empresas han establecido recientemente reformas en el proceso de innovación, con objeto de reducir ese lapso de tiempo.

Otra distinción entre investigación básica y aplicada se basa en hasta qué punto los resultados se comparten con otros. El conocimiento básico tiende a ser ampliamente compartido, porque, a diferencia de la mayoría de los productos, su utilización por otras personas no reduce su disponibilidad para aquellos que hicieron el descubrimiento. Por contraste, la difusión de los resultados de la investigación aplicada generalmente queda limitada por las patentes o el secreto de modo que los frutos del descubrimiento puedan redundar en beneficio de las empresas que patrocinan la investigación.

El mito de la investigación sin objetivos y sin dirección

Quizá porque los descubrimientos individuales son a menudo fortuitos y el proceso de descubrimiento es, en sí mismo, complejo, se asume algunas veces que la investigación básica no puede ser dirigida hacia objetivos concretos o gestionada eficazmente. Pero, de hecho, las inversiones en I+D, incluyendo la investigación básica, pueden ser y son generalmente gestionadas cuidadosamente y dirigidas a alcanzar objetivos específicos.

Una institución o una persona invierten en investigación básica dentro de un contexto especial, en circunstancias en las que la inversión en investigación se dirige a la creación de resultados valiosos. En una universidad, la investigación contribuye a la educación de los estudiantes y a los campos de conocimiento que pueden tener un impacto en la economía, el medio ambiente, la salud de la población o la seguridad de la nación. Los laboratorios del gobierno existen gracias a un objetivo particular del gobierno, sea éste cuidado de la salud pública, energía, defensa, agricultura, etc, que afecta a la escala de valores de los esfuerzos en investigación básica de esta institución. Igual ocurre con la investigación en la industria, en donde los objetivos y aplicaciones están claros. La gestión de la investigación, incluyendo la investigación básica, se dirige a optimizar el valor que es probable que se cree, proveniente de las inversiones en investigación, donde la noción de valor es especial para el objetivo y circunstancias de la institución.

Cumplir con este principio obliga a la institución, y a las personas de la institución, a desarrollar una comprensión clara de qué significa “valor”, y qué se puede hacer para incrementarlo. La selección de áreas de investigación, tanto para investigación básica como aplicada, refleja este concepto del valor. Se han desarrollado evaluaciones realistas de progreso y de éxito en la escala de valores, y se emplean para influir en el curso de la investigación. En resumen, se crea un conjunto de procesos, que implican profundamente a los mismos investigadores, pero que incluyen a los otros agentes, afectando a la investigación básica en muchas etapas –en la asignación de fondos a los distintos sectores, en las decisiones sobre recursos para iniciativas especiales, y en las medidas de progreso y resultados.

Aunque el papel decisivo de la investigación básica en el desarrollo de nueva tecnología se observa fácilmente algunas veces, como en el caso de la investigación biomédica, emprendida explícitamente con el propósito de desarrollar nuevos medicamentos, más a menudo la relación entre ciencia básica y productos y servicios nuevos o mejorados es bastante compleja e indirecta. Sólo un examen retrospectivo de casos específicos pone en evidencia que la investigación básica ha sido el fundamento de muchas innovaciones tecnológicas revolucionarias.

- **El láser** debe su herencia a la investigación básica desarrollada por varios científicos como: Albert Einstein, el primero en establecer en 1917 la teoría de las “emisiones estimuladas”; Charles Townes de la Universidad de Colombia que, en 1958, descubrió cómo crear un haz hertziano focalizado; Townes y Arthur Schawlow que publicaron la teoría de cómo las emisiones estimuladas podrían funcionar con longitudes de onda más cortas, incluyendo aquellas dentro del espectro de la luz visible; y Theodore Maiman que contruyó el primer láser en los laboratorios Bell en 1960. Hoy en día, las aplicaciones con láser representan una amplia variedad, como cirugía, telecomunicaciones, impresoras, y otras máquinas.
- **Los Rayos X** fueron descubiertos inicialmente de un modo fortuito en 1895 por William Roentgen, mientras experimentaba con rayos catódicos. Desde entonces, muchos científicos e ingenieros han desarrollado diversos usos para los rayos X. Las aplicaciones más conocidas se

encuentran en el ámbito médico. Más recientemente, el valor de los rayos X ha aumentado considerablemente debido a las contribuciones matemáticas del físico A. M. Cormack (por lo que ganó el Premio Nobel). El trabajo de Cormack contribuyó al desarrollo de la tomografía axial computerizada (TAC), que ha revolucionado el diagnóstico por imagen. Hoy, el TAC produce imágenes tridimensionales. Los rayos X también se utilizan para la detección de defectos de tensión interna en los materiales y en el ensamblaje de pequeños microcircuitos electrónicos.

- El **GPS** (Global Positioning System) debe su origen en la investigación teórica sobre la estructura atómica y la construcción de un reloj atómico. El trabajo sobre un reloj atómico, que se inició antes de la II Guerra Mundial, fue emprendido inicialmente por investigadores interesados en los efectos de la gravedad en el tiempo. Esos investigadores no previeron la contribución de su trabajo a la constelación GPS de 24 satélites que hace posible obtener una información extremadamente exacta sobre la localización. El GPS ha tenido un impacto trascendental en el transporte y su impacto económico se prevé que crezca muy deprisa.
- **Tratamiento para el VIH y el SIDA** –especialmente el impacto de los inhibidores de proteasa VIH en la ralentización de la progresión de la enfermedad y en una mayor supervivencia– fueron resultado de más de 10 años de investigación biomédica financiada por el sector público y el privado en diferentes áreas como la inmunología, virología, y bioquímica. La investigación en el NIH (National Institute of Health) sacó a la luz la patogénesis de la infección por el VIH y el lento pero continuo deterioro del sistema inmunológico por el VIH que en algunos casos desemboca en el SIDA, y ayudó a caracterizar la composición molecular del VIH. La investigación realizada por laboratorios académicos y no lucrativos demostró la capacidad del VIH para replicarse y sembrar numerosos reservorios del virus en todo el sistema inmunológico, nervioso central y gastrointestinal. La investigación llevada a cabo por diversas compañías farmacéuticas aportó conocimientos fundamentales sobre el papel de la enzima proteasa del VIH en el ciclo de vida del VIH y llevó al diseño de varios potentes inhibidores de la proteasa del VIH que impedían la replicación del virus y reducían los niveles del mismo en el cuerpo.
- **La Xerografía**, inventada por Chester Carlson en 1938, tuvo un profundo impacto en el procesamiento de la información, pero este impacto se demoró un cuarto de siglo. Fueron necesarios muchos avances en tecnología, ciencia básica e ingeniería antes de que el descubrimiento de Carlson se comercializara. La investigación realizada en los laboratorios privados del Battelle Memorial Institute dio lugar a la creación de los productos de copia Haloid-Xerox, más de 20 años después del descubrimiento original de Carlson. Xerox adquirió una licencia del proceso en 1947 y reunió a un gran equipo de científicos e ingenieros para avanzar más en el proceso xerográfico, cubriendo las lagunas en conocimiento básico que fueron surgiendo al realizar las necesarias reformas del producto. Xerox patrocinó tanto investigación básica como aplicada e implicó a científicos e ingenieros de diversas disciplinas, creando avances que llevaron a la moderna fotocopiadora de alta velocidad.

Se podrían citar cientos de ejemplos más para ilustrar que los efectos económicos y sociales de la investigación básica son omnipresentes.

Las innovaciones descritas anteriormente, y muchas otras, demuestran ciertas características de los avances tecnológicos:

1. Los beneficios de la investigación básica están amplia y profusamente dispersos y frecuentemente no se pueden anticipar.
2. Los nuevos descubrimientos científicos y los avances tecnológicos tienen generalmente una rica historia de investigación básica tras ellos, a menudo basándose en y ampliando el trabajo de otros.
3. Los avances tecnológicos combinan a menudo descubrimientos en varios campos –ver el ejemplo citado en que los rayos X, las matemáticas, y la tecnología informática se combinaron para desarrollar los scanners TAC.

4. El conocimiento resultante de la investigación básica tiende a diseminarse mucho y a emplearse por investigadores de otros campos.
5. Incluso la investigación aplicada y de desarrollo puede ayudar a llegar a nuevos descubrimientos fundamentales:
 - Desarrollando nuevas herramientas e instrumentación para uso en investigación básica;
 - Los que trabajan en la investigación aplicada frecuentemente deben dar marcha atrás y utilizar investigación básica para cubrir los vacíos existentes en conocimientos fundamentales que se requieren para alcanzar sus objetivos prácticos;
 - Los que trabajan en la investigación de desarrollo a menudo realizan nuevos descubrimientos en el curso de su trabajo de aplicación, que contribuyen a nuestro entendimiento básico de la naturaleza.

El impacto económico de la investigación básica

Existen pruebas contundentes de que la investigación básica en ciencia y en ingeniería ha contribuido de forma importante al crecimiento de la economía de Estados Unidos. El estudio de los casos individuales muestra que los descubrimientos e innovaciones derivados de la investigación básica han conducido a nuevos productos e industrias que emplean a miles de trabajadores en toda la nación. Por supuesto, el cambio tecnológico resultante de la investigación básica da lugar a menudo también al desplazamiento temporal de trabajadores de industrias más antiguas. Y la investigación básica es sólo uno de los varios factores –como la formación de la fuerza de trabajo y el stock de capital– que influyen en el crecimiento económico. Por tanto, identificar el impacto neto de las inversiones en investigación sobre el crecimiento económico nacional supone generalmente el empleo de modelos sofisticados de crecimiento económico, un área de la investigación económica que va creciendo durante las últimas cuatro décadas. Una interpretación conservadora de los resultados de este trabajo indica que el total I+D supuso entre un 12 y un 24% del crecimiento anual en productividad durante las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial. Esto sugiere que el impacto acumulativo sobre los niveles de vida ha sido muy grande. Más aún, una nueva perspectiva del crecimiento económico sugiere que la I+D tiene efectos económicos mucho mayores. La investigación básica es una parte fundamental de esta contribución al crecimiento. Una razón por la que la investigación básica es tan importante reside en que los avances en conocimientos fundamentales tienden a difundirse ampliamente, con descubrimientos ampliados por otros científicos y conformados de manera que, a menudo, dan lugar a enormes beneficios económicos para la sociedad durante un largo período de tiempo. Asimismo, como se dijo anteriormente, los avances en actividades de investigación aplicada y de desarrollo dependen decisivamente, frecuentemente, de avances anteriores en ciencia e ingeniería básicas derivados de la investigación básica.

LA TASA DE RETORNO DE LAS INVERSIONES EN INVESTIGACIÓN BÁSICA

Otra aproximación para medir el impacto de la investigación básica en la productividad, y de la I+D en general, es estimar la tasa interna de retorno de las inversiones en I+D realizadas por compañías o industrias privadas. Muchos de estos estudios proporcionan una prueba contundente de los beneficios económicos de la I+D. Los estudios sobre la tasa de retorno miden tanto el incremento en la productividad experimentado por las industrias que invierten en I+D, como los beneficios indirectos que mejoran la productividad de otras industrias. Aunque la escala de las tasas estimadas de retorno es bastante amplia, existe el consenso de que, por término medio, los retornos son muy altos en relación con otras oportunidades de inversión –del orden del 20 al 30% anual, o el doble del promedio de retorno histórico de las inversiones en bolsa. Mas aún, los retornos “sociales” de las inversiones en I+D –es decir, los retornos a la sociedad en su conjunto– son sustancialmente mayores que los retornos privados. Los retornos sociales de la investigación básica son, a menudo, particularmente altos, debido, en parte, a la amplia difusión de los conocimientos fundamentales, que frecuentemente lleva a descubrimientos y aplicaciones adicionales en diversos campos.

La diferencia entre los retornos privados y los retornos sociales de las inversiones en investigación básica, descritos a menudo como “fallo del mercado”, es una justificación importante para que la financiación pública de la investigación y las políticas fiscales estimulen el incremento de la investigación. Las inversiones de las empresas en investigación están motivadas por la expectativa de beneficios privados. Con objeto de optimizar los beneficios para la sociedad en su conjunto, la mejor estrategia inversora del gobierno consiste en proporcionar financiación adicional para aquellas actividades de investigación que ofrecen retornos sociales superiores a los retornos privados.

Aunque las inversiones en investigación básica se consideran normalmente como “de alto riesgo”, ello se refiere más a las inversiones en investigación básica del sector privado que a las del sector público. Una empresa privada debe conseguir un nivel mínimo de beneficios, tras un período razonable de tiempo, para justificar su inversión. Como los resultados de la investigación básica son a menudo impredecibles (en resultados y en tiempo) y muy dispersos, conseguir los retornos adecuados a nivel de la empresa es difícil y por lo tanto arriesgado. Pero, para el gobierno, los retornos de la inversión pública en investigación básica no necesitan ser conseguidos por una entidad individual –sea un investigador, universidad o agencia– para justificar la inversión. Más bien, cuanto más se dispersen esos resultados y sean utilizados por diferentes personas e instituciones, mayores serán los beneficios públicos de las inversiones del gobierno. El riesgo, entonces, es mucho menor para estas inversiones públicas de lo que lo sería para una inversión similar por una empresa privada.

Además, la “cartera” de inversiones en investigación básica del gobierno es mucho mayor y más diversificada que la de una empresa individual. Como resultado, el riesgo asociado a todos los proyectos financiados por el gobierno, que incluiría a perdedores y ganadores, es mucho menor del que sería posible en una empresa individual.

BENEFICIOS ECONÓMICOS REGIONALES

La investigación básica realizada en las más importantes universidades (y en otros laboratorios públicos y privados) tiene a menudo un gran impacto indirecto en la economía de las regiones en las que se sitúan estas universidades. Por ejemplo, un estudio de Bank Boston muestra que la investigación realizada en el MIT ha tenido un gran impacto en la economía del Greater Boston, donde se sitúan numerosas empresas basadas en el conocimiento. Se estima que hay más de mil empresas relacionadas con el MIT en Massachusetts con ventas mundiales de 53 millardos de dólares. Aproximadamente 125.000 trabajadores están empleados por estas compañías en Massachusetts. El empleo a escala mundial de estas empresas relacionadas con el MIT es de 353.000 trabajadores. Por supuesto, muchas otras regiones de la nación, como el Silicon Valley de California y el Research Triangle de Carolina del Norte, se han beneficiado del mismo modo de la presencia de importantes universidades.

CASILLA 2

¿POR QUÉ APOYA EL GOBIERNO LA INVESTIGACIÓN BÁSICA?

El gobierno federal es, con mucho, el financiador más importante de la investigación básica. ¿Por qué este papel? Existen dos explicaciones, una definida por las necesidades del gobierno mismo, y la otra, por la incapacidad de los mercados privados para responder adecuadamente a las necesidades de la economía y la sociedad en su conjunto. En primer lugar, el gobierno financia la investigación básica, y la I+D en general, simplemente por un asunto de "intendencia". Lo mismo que el gobierno compra bolígrafos y lápices para poder desempeñar sus tareas, también "compra" investigación para apoyar las tareas de sus organismos. En este sentido, el Ministerio de Defensa financia investigación en ciencia física y en informática para generar conocimientos que conducirán a contar con unos mejores sistemas de defensa. En general, esta explicación se refiere más a actividades de desarrollo que a la investigación básica, lo que explica el predominio de inversión federal en desarrollo por encima de la inversión en investigación básica. Es decir, las necesidades a corto plazo y bien definidas tienen preferencia sobre las necesidades menos definidas y de largo plazo.

Pero existe una segunda categoría más amplia de explicaciones sobre por qué el gobierno es el financiador fundamental de la investigación básica. Estas explicaciones trascienden las necesidades marcadamente definidas de los organismos federales. Como hemos señalado en este capítulo, la investigación básica ha dado lugar a innumerables beneficios económicos y sociales en los Estados Unidos. El mismo hecho de que los beneficios de la investigación básica se difundan de una manera tan amplia, explica el papel central del gobierno en su apoyo.

En términos económicos, el conocimiento que resulta de la investigación básica es, por lo general, un *bien público*. Al contrario que los bienes privados, un bien público puede ser utilizado simultáneamente por cualquier número de personas sin que la utilización del mismo por una de ellas disminuya su cantidad. Por ejemplo, la utilización, por una persona, de una fórmula científica no excluye su uso por otra persona ni disminuye la fórmula en ningún sentido. Esta característica general tiene muchas implicaciones, y una de las más importantes es que hace que la propiedad privada de un bien público sea difícil y económicamente ineficiente.

Como una persona o una empresa no puede cosechar todos los beneficios de una fórmula científica (u otros resultados potenciales procedentes de la investigación básica), estos agentes del mercado privado tienden a subinvertir en actividades de investigación básica desde la perspectiva de la sociedad. Como resultado de ello, surge una laguna entre el nivel de inversión privada en investigación básica y el nivel que optimizaría los beneficios para la sociedad a largo plazo. Los economistas identifican esta laguna o vacío como una "quiebra del mercado" y señalan que es necesaria la intervención del gobierno para llenar este vacío de financiación y explotar las externalidades positivas de la investigación básica.

El caso *Pfizer* establece la distinción entre financiación pública y privada de la I+D en términos muy prácticos tal y como lo hacen ellos para la innovación farmacéutica: "Tanto el sector industrial como el académico desempeñan papeles vitales, aunque diferentes, en el proceso de innovación, con la industria centrándose en integrar los resultados científicos básicos en un proceso aplicado y directo de desarrollo farmacéutico gestionado. Este desarrollo en la empresa es muy diferente del de la investigación académica básica cuya naturaleza es abierta y activa."

**La investigación básica
financiada públicamente
es decisiva para la innovación
del sector privado**

Como se describe en el capítulo 3, las universidades son el campo más importante de la investigación básica, pero también se realiza en laboratorios del gobierno, laboratorios de la industria y en otras instituciones privadas no lucrativas. En varios de los casos históricos mencionados antes en este capítulo, la investigación básica que subyace a avances técnicos se emprendió en laboratorios privados dirigidos por empresas privadas. Sin embargo, la evidencia empírica sobre la innovación industrial en décadas anteriores demostró que muchos de los importantes productos y procesos nuevos del mercado podrían no haberse producido sin investigación académica. La industria actual continúa desarrollando investigación básica en muchas áreas, pero las presiones competitivas y financieras cada vez mayores han hecho que muchas empresas pongan más énfasis en un trabajo aplicado y de desarrollo a corto plazo (ver capítulo 3). En consecuencia, la investigación básica financiada por el gobierno (principalmente la realizada en las universidades) es ahora más decisiva para la tecnología industrial. La importancia creciente de la investigación financiada públicamente para la innovación industrial fue confirmada recientemente en un estudio de 1997 basado en el análisis de citas en patentes emitidas en la industria de Estados Unidos. La ley de patentes de Estados Unidos exige que en las primeras páginas de la solicitud de patentes aparezca "otras referencias", o sea, habilidad previa importante que la patente ha mejorado. El análisis examinó 430.226 menciones en las primeras páginas de 397.660 patentes emitidas desde 1987 a 1988 y desde 1993 a 1994. *Este análisis reveló que el 73% de los trabajos de investigación citados por las patentes industriales se referían a "ciencia pública" –investigación financiada por el gobierno sobre la que se informaba en artículos cuyos autores eran científicos que trabajaban en instituciones académicas, gubernamentales o de otras características. Sólo el 27% de los materiales citados había sido realizado por científicos de la industria. Más aún, una comparación de las citas, en los dos períodos de tiempo, mostraba el rápido crecimiento de la dependencia de la tecnología privada de la ciencia pública.* Aunque gran parte de la investigación realizada en las universidades tiene como fin avanzar en el conocimiento fundamental en ciencia e ingeniería, frecuentemente tiene muchas aplicaciones prácticas. De hecho, en años recientes, muchos científicos de talento, empleados por universidades, participaron en proyectos de investigación cooperativa con empresas y, en consecuencia, una creciente proporción de su investigación se ha dirigido a objetivos comercialmente valiosos. Además, las principales universidades tienen oficinas de transferencia de tecnología muy activas que trabajan para ayudar a las empresas a adquirir nueva tecnología. Como se señala en el capítulo 3, aunque las universidades realizan gran parte de la investigación básica que subyace a la tecnología comercial, también benefician a la sociedad formando a futuros científicos e ingenieros. De hecho, la formación de los futuros investigadores es lo más importante que pueden hacer las universidades para asegurar un futuro prometedor para la investigación básica. A causa de las características de la investigación básica, el gobierno es su financiador primordial. La CED está en desacuerdo con "el nuevo pensamiento" en boga en la actualidad entre algunos comentaristas, que sostienen que la financiación del gobierno a la investigación básica es innecesaria en una economía de libre mercado y que una reducción de la financiación de la investigación básica tendría un pequeño efecto económico porque la innovación de la empresa descansa fundamentalmente en la tecnología existente. La comprobación sobre las referencias de las patentes descrita más arriba indica que este "nuevo pensamiento" es gravemente erróneo. El desarrollo tecnológico de la industria depende en extremo de la investigación básica financiada con fondos públicos realizada en universidades y en otros lugares.

El impacto futuro de la investigación básica

La investigación básica ha sido extremadamente importante para nuestra economía y sociedad a lo largo del siglo. ¿Pero qué ocurrirá en el próximo siglo? ¿Promete la investigación básica proporcionarnos una rentabilidad tan grande y para tantas áreas de nuestras vidas en el futuro? La contestación, en nuestra opinión, es un rotundo sí. Los retos y oportunidades a que se enfrentará nuestra economía y sociedad en años venideros son variados y abundantes. Y caso tras caso, los avances en el conocimiento científico básico son necesarios antes de que podamos esperar ver beneficios o soluciones.

Por ejemplo, a medida que las tecnologías informáticas y de información se hacen más sofisticadas, nuestras expectativas para un progreso futuro serán avances ausentes no realizados en conocimientos fundamentales. La esperanza de un “ordenador que aprende” requiere descubrimientos científicos importantes –posiblemente en investigación en DNA así como en informática– y no simplemente mejoras tecnológicas uniformes y perfeccionamientos. La investigación en DNA encierra en sí misma una gran promesa de beneficios en todos los aspectos de la salud y bienestar humanos. Pero el pasar del proceso actual de hacer un mapa de los genes al de entender los mapas en sí mismos y el significado de las secuencias de genes es un enorme reto que mantendrá ocupados a los científicos durante décadas.

La investigación básica será también importante para identificar y definir problemas sociales que nos afligen. Hoy, por ejemplo, el actual debate sobre el calentamiento global nos da una medida de nuestra ignorancia en esta área. Con el progreso científico, nos podemos mover más allá de la contienda política para definir adecuadamente los problemas y establecer soluciones, que es probable que se deriven de la investigación básica.

Por supuesto, las perspectivas de descubrimientos científicos futuros en áreas específicas son desconocidas hoy para nosotros, y en muchos casos, insondables. Ideas que en la actualidad son mera teoría, si se hicieran realidad, redefinirían el modo en que existimos como seres humanos y como sociedad. La “nanotecnología” es sólo uno de los ejemplos sobresalientes. La capacidad para manipular moléculas sistemáticamente, una propuesta teórica en el momento actual, puede ofrecer el potencial para vivir en un mundo de ciencia ficción, en el que la naturaleza puede ser (replicada) repetida de un millón diferente de maneras hasta cualquier número de fines. La investigación básica en sí misma podría probar que la ingeniería molecular es más fantasía que realidad; pero especular sobre su potencial subraya la naturaleza dramática del progreso científico y las grandes incógnitas que están a él asociadas.

La lista de resultados potenciales de la investigación básica no tiene fin, pero al considerar las oportunidades y retos del futuro, una forma de definir a la investigación básica es como que es un seguro de bajo coste –en la actualidad, la investigación básica utiliza menos de la mitad del 1% del Producto Interior Bruto para producir beneficios económicos y sociales a largo plazo muy importantes. Sólo tenemos una percepción muy sutil de lo que está por venir. Pero nuestra mayor esperanza para aprovechar oportunidades desconocidas y evitar calamidades ignotas es invertir en el conocimiento científico que solucionará esas incógnitas en las próximas décadas.

CAPÍTULO 3

El desarrollo del sistema americano de investigación básica

El éxito de la investigación básica en este país, se debe, en gran parte, a las características peculiares del sistema americano de investigación. La forma americana de investigar se caracteriza por la flexibilidad y la heterogeneidad de sus instituciones y disciplinas, la intensa competencia para obtener fondos para investigación, y la independencia y creatividad de los científicos e ingenieros. Más que nada, la alta preparación de nuestros científicos e ingenieros es muy importante para la excepcional calidad de nuestra investigación básica. En palabras de un observador, los científicos americanos son el “cofre del tesoro nacional”. Más aún, el impacto económico de nuestra investigación básica también refleja la sensibilidad de la economía de Estados Unidos al cambio tecnológico, la innovación y las necesidades comerciales.

El carácter dinámico del sistema de investigación básica de Estados Unidos es especialmente evidente en la actualidad, cuando todo el sistema de I+D está experimentando un cambio sustancial. Las características de esta ola reciente de cambios son las siguientes:

- *A causa de las crecientes presiones competitivas, muchas empresas están dando pasos para mejorar la gestión de sus actividades de investigación y el retorno de sus inversiones en I+D.* Esto se refleja en un mayor énfasis en las actividades de investigación aplicada y de desarrollo, que tienen una rentabilidad más predecible en el tiempo y más segura; en los esfuerzos para hacerse más competitivas, reduciendo el tiempo de puesta en el mercado y en acciones para reducir los costes de I+D, incluyendo la disminución del tamaño de los grandes laboratorios industriales.
- *Las prioridades del gobierno federal están cambiando.* El fin de la Guerra Fría, que dio lugar a reducciones drásticas de las asignaciones a defensa, ha situado a la investigación básica de áreas tradicionalmente financiadas por el Pentágono en situación desventajosa, mientras que la financiación de ciertas prioridades civiles, especialmente la investigación en salud, continúa creciendo rápidamente. A menos que los programas sociales para los ancianos se reformen, el gasto en los mismos dejara fuera otros gastos discrecionales, creando el potencial para la reducción de la inversión federal en investigación básica. Con un interés creciente por nuestra competitividad internacional, el gobierno federal ha incrementado la financiación de iniciativas de colaboración entre empresarios y gobierno para impulsar la tecnología comercial, un cambio que amenaza con disminuir los recursos destinados a la investigación básica futura.
- *La tecnología moderna está produciendo cambios radicales en el sistema de investigación propiamente dicho.* La revolución de la tecnología de la información ha dado lugar a una más rápida transferencia de conocimientos y ha aumentado las oportunidades para que un investigador se base en los descubrimientos de otros. Esta tendencia es particularmente importante en aquellos campos de investigación en que la tecnología moderna permite una rápida reproducción del trabajo que al investigador originario le llevó años realizar.
- *En muchos casos, la investigación realizada en la universidad ha adquirido un carácter empresarial.* La legislación federal promulgada en los años 80 para facilitar el desarrollo económico permite ahora a las universidades que patenten el trabajo financiado por el gobierno federal, y las empresas han aumentado la financiación de la investigación en las universidades. Esta tendencia también se explica por la capacidad de la industria, especialmente la de biotecnología, para transferir con mucha rapidez la investigación básica a productos comerciales.
- *Las iniciativas de colaboración entre las instituciones de investigación básica –universidades y empresas, empresas y gobierno, etc.– y entre disciplinas están creciendo en importancia.* Los costes de investigación, en rápido crecimiento, especialmente para estructuras vitales, han sido una importante motivación para la colaboración institucional. Se ha producido una colaboración interdisciplinaria a causa de la naturaleza y complejidad de los asuntos explorados. También se ha ampliado la colaboración internacional en investigación, impulsada por la necesidad de compartir costes, especialmente en proyectos con grandes necesidades de financiación en infraestructuras como física energética y exploración del espacio.
- *La presencia extranjera en I+D se ha intensificado en los últimos años, incluso en la investigación básica.* Otros países están aumentando sus inversiones en I+D e investigación

básica, incluyendo los países en vías de desarrollo que no gastaban prácticamente nada en I+D hace unas décadas. Esta tendencia está reforzada por la rápida difusión del conocimiento y la tendencia de las compañías internacionales a situar su investigación en países en que hay abundantes trabajadores cualificados y existen técnicas especializadas. La mayor disponibilidad de oportunidades de empleo en el extranjero ha reducido también el número de científicos extranjeros –incluyendo aquellos educados en los Estados Unidos– que optan por establecerse en nuestro país.

Este capítulo describe brevemente las cualidades del sistema americano de investigación básica que le han conducido al éxito, así como la naturaleza en evolución de estas cualidades: su estructura institucional, la infraestructura humana, y el sistema de financiación. Finalmente, el capítulo apunta las tendencias internacionales que presagian un contexto cada vez más global para la investigación básica americana en los años venideros.

Instituciones de investigación básica actuales

La estructura institucional actual de investigación básica es, en gran medida, legado de importantes decisiones tomadas por el gobierno y la industria, tras la II Guerra Mundial y a lo largo de la Guerra Fría, sobre cómo destinar recursos a la misma. Una característica clave del sistema americano de investigación básica, desde finales de los años 30, ha sido el predominio de la financiación del gobierno federal con respecto a otras fuentes de financiación. La financiación industrial y otras fuentes de financiación, aunque menores, también han desempeñado importantes papeles en el apoyo a la investigación básica. (Véase Apéndice 1). No obstante, los recursos financieros no justifican, por sí solos, la alta calidad de la investigación básica en los Estados Unidos. Importa sobremanera cómo o a quién son destinados estos recursos. Quizá más que en ningún otro país, los Estados Unidos confían en los mecanismos competitivos para destinar fondos a la investigación básica. Las becas o subvenciones competitivas, revisadas por pares, concedidas a los investigadores individuales, son un sello característico del sistema americano. Las instituciones de investigación básica que han tenido éxito con este mecanismo de concesión, fundamentalmente grandes universidades, han establecido el nivel de calidad en la era posterior a la Guerra Fría. Por otra parte, las instituciones que han crecido bajo un régimen diferente, caracterizado por la centralización y la gestión de arriba a abajo, han tenido que luchar para justificar su relación coste-eficiencia en una era de presupuestos ajustados.

INDUSTRIA

INVESTIGACIÓN BÁSICA REALIZADA POR LA INDUSTRIA

La industria es, con mucho, la mayor financiadora de I+D en Estados Unidos, pero su presencia relativa en *investigación básica* es menos significativa. La investigación básica llevada a cabo por la industria está muy dirigida al desarrollo de sus propios productos –llenando, a menudo, los vacíos no cubiertos por la investigación financiada públicamente y en áreas de inversión que son necesarias para continuar el desarrollo del producto–, aunque una pequeña parte de la investigación básica industrial se realice por el gobierno, especialmente en el área de defensa. La inversión de la industria en investigación básica varía mucho de sector a sector. Sólo unas pocas, como las farmacéuticas, dependen en gran medida de sus inversiones a largo plazo en investigación básica para nuevos productos y procesos, mientras que otras invierten muy poco, si es que invierten algo. En conjunto, la industria pone mucho más énfasis en las actividades de desarrollo a corto plazo como destino de sus dólares en I+D, dejando la mayor parte de las inversiones en investigación básica al sector público.

Pero son mucho mayores las diferencias entre la investigación básica de la industria y la investigación básica financiada por el gobierno (realizada principalmente en las universidades) que las que existen en cuanto al tamaño de las inversiones. Tanto la investigación básica de las empresas como la de las universidades pueden ambas obtener conocimiento nuevo y fundamental, pero se caracterizan por diferentes motivaciones y diferentes objetivos. El investigador de una universidad trata de hacerse preguntas de una profunda importancia científica y contestarlas, con el fin de generar conocimientos y teorías con el mayor poder posible para explicar procesos naturales. El investigador de la industria tiene un objetivo muy preciso: obtener conocimientos que son esenciales para un posterior desarrollo de tecnología, que, a su vez, se espera lleve al desarrollo de nuevos productos. Cuando los investigadores universitarios realizan un importante descubrimiento básico, ellos y sus compañeros amplían inmediatamente sus investigaciones en direcciones similares para confirmar y ampliar el descubrimiento. Además, los investigadores académicos dirigirán nuevos esfuerzos hacia cuestiones que son, en sí mismas, del mayor interés. Una vez que el investigador de la industria ha realizado el descubrimiento, él o ella acometen el siguiente grupo de problemas que deben resolverse para que el desarrollo del producto continúe, y puedan dejar la elaboración del descubrimiento a otros (incluidos los investigadores de la universidad).

CASILLA 3

LA EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL SISTEMA ACTUAL DE INVESTIGACIÓN BÁSICA

El sistema de investigación básica que existe hoy en Estados Unidos –con una investigación de tipo universal financiada y dirigida por agencias federales, grandes empresas, gobiernos estatales, universidades públicas y privadas, pequeñas empresas e instituciones de investigación privadas no lucrativas – ha caminado un largo trecho desde su infancia hace un siglo. A comienzos de siglo, la investigación científica era todavía un asunto principalmente europeo. En esa época, los Estados Unidos eran conocidos por sus inventores individuales, personas ingeniosas que ensayaban en sus casas para descubrir un nuevo producto o proceso, pero raramente un descubrimiento científico fundamental.

Con el nacimiento de grandes empresas y las demandas científicas y tecnológicas de la I Guerra Mundial, la investigación básica americana comenzó a tomar cuerpo. Con un afán de innovar, las grandes empresas pusieron sus ojos en los científicos e ingenieros en busca de expertos, (principalmente en química, petróleo y maquinaria eléctrica), estableciendo laboratorios de investigación internos o contratando con laboratorios independientes. Durante estos años, la investigación financiada federalmente era principalmente agrícola, aunque las universidades subvencionadas patrocinaban otras importantes áreas de investigación, a menudo referidas a necesidades económicas locales y regionales.

La Segunda Guerra Mundial fue la línea divisoria de la investigación americana, creando un entusiasmo público por la ciencia y la tecnología que proseguiría en los años siguientes a la guerra. Las consecuencias de la II Guerra Mundial dieron lugar a una aplicación de recursos a la investigación básica dirigida a objetivos militares, estructurando un sistema de financiación pública que floreció

durante el periodo post-bélico a medida que se iba extendiendo también a objetivos civiles. Bajo este sistema, los proyectos de investigación básica fueron financiados por el gobierno y realizados en universidades, laboratorios gubernamentales y empresas privadas.

El anteproyecto Vannevar Bush posterior a la guerra, sobre investigación pública, llevó a la creación de la National Science Foundation (NSF) y con ella, a un sistema de asignación de dólares federales para todas aquellas ciencias basadas en el mérito científico. La mayor parte de los recursos federales destinados a la investigación eran (y son) asignados por medio de objetivos de la agencia federal. El gobierno federal invirtió mucho en investigación como vía para alcanzar la supremacía en sistemas de armamento y tecnología espacial.

La inversión del gobierno en investigación para la salud también creció rápidamente durante este periodo, mientras las políticas públicas trataban de centrar la especialización científica de la nación en las principales enfermedades. Evidentemente, durante estos años, la financiación gubernamental de la investigación básica iba dirigida, en su mayor parte, a unos objetivos determinados.

Bien financiada por la NSF o por otras agencias federales, la investigación básica financiada públicamente llegó a caracterizarse como investigación de "investigador individual", puesto que era éste el que "definiría los problemas y diseñaría los mejores métodos para solucionarlos". En el caso de las becas NSF, este proceso era predominantemente "iniciado por el investigador". Pero incluso dentro de los estrechos márgenes de los objetivos de agencia, la investigación básica fue en su mayor parte dirigida por científicos expertos, más que por medio de "una gestión dirigida a un objetivo concreto fijado por los patrocinadores o usuarios finales".

A medida que el sistema de la investigación básica financiada públicamente iba tomando forma, muchas grandes empresas de Estados Unidos ampliaron sus propias actividades de investigación básica. La era de la Guerra Fría también marcó un extraordinario periodo económico durante el cual muchas empresas pudieron controlar el significativo poder del mercado. Empresas como AT&T, Xerox, General Electric e Eastman Kodak utilizaron los recursos de este poder del mercado para financiar actividades en algunos de los primeros laboratorios de investigación básica de la nación. Así, el trabajo de los laboratorios industriales llevaría a obtener numerosos premios Nobel por descubrimientos científicos. El fin de la Guerra Fría marcó un cambio decisivo para la investigación básica de los Estados Unidos. En los años 90, los laboratorios federales, que llevaban a cabo una gran parte de la investigación básica tras la II Guerra Mundial, se enfrentaron a un futuro incierto. Las universidades también se prepararon para un periodo de vacas flacas, en respuesta a una casi segura reducción de las ayudas federales. Como las empresas se encontraron con un mercado cada vez más competitivo y global, comenzaron a cambiar sus actividades de I+D hacia proyectos con horizontes a corto plazo.

LA INDUSTRIA COMO SOCIO Y COLABORADOR EN INVESTIGACIÓN BÁSICA

Aunque la industria lleva a cabo una parte significativa de la investigación básica de la nación, cada vez más empresas han encontrado rentable financiar proyectos de investigación básica en las universidades y colaborar con los investigadores. La financiación directa por parte de la industria de la "investigación patrocinada" en las universidades, aunque pequeña con respecto a la financiación del gobierno, se ha ampliado considerablemente, desde un 4% de la financiación total de la investigación académica en 1980 a un 7% en 1996. Gran parte de este crecimiento se produjo en el campo biomédico, en que las empresas han transferido, rápidamente, los descubrimientos en investigación básica a programas de desarrollo de nuevos productos en ámbitos terapéuticos, de diagnóstico e instrumentos médicos.

La disposición de la industria a financiar investigación ha sido estimulada, en parte, por la Bayh-Dole Act de 1989, una ley federal que permite a los beneficiarios de subvenciones federales conservar el derecho de los inventos realizados en el curso de una investigación financiada con una subvención. En la práctica, esto significa que un patrocinador industrial puede obtener no sólo derechos legales de propiedad del trabajo que está siendo patrocinado sino también los derechos adicionales sobre inventos anteriores financiados por subvenciones del gobierno. Así, el patrocinador de la industria puede ser titular de una licencia sobre los derechos de uso de un "paquete coherente" de propiedad industrial. En algunos casos, estos derechos pueden dar lugar a una plataforma lo suficientemente amplia como para que la empresa inicie su propia I+D interna para el desarrollo de nuevos productos.

En las mejores universidades de Estados Unidos, un contrato de investigación patrocinado, negociado entre una empresa y la oficina de transferencia de tecnología de la universidad, tiene las siguientes características: la empresa proporciona una cantidad determinada de fondos a cambio de un acuerdo con el investigador para que realice un plan de investigación acordado; la empresa recibe una opción a obtener una licencia sobre cualquier nueva invención, que toma la forma de un primer derecho de negociación; la compañía está de acuerdo en financiar, durante el período de opción, cualquier solicitud, cumplimentada por la universidad, relativa a la patente; y a la compañía se le concede un breve período en el cual examina para su patentabilidad cualquier presentación oral o escrita (como conferencias o artículos en las revistas) antes de su divulgación pública. Este acuerdo conserva el derecho y necesidad de la universidad de difundir libremente los resultados de su investigación, mientras que preserva el interés tanto de la universidad como del patrocinador en el valor de cualquier descubrimiento de su propiedad.

Con las adecuadas salvaguardas para el papel de la universidad, el patrocinio industrial de la investigación básica puede proporcionar beneficios a ambas partes. El patrocinador industrial obtiene acceso a algunas de las mentes más creativas de su ámbito de interés, que pueden llevar a importantes descubrimientos. La empresa también puede obtener una licencia sobre las innovaciones tecnológicas y los derechos asociados de patente que pueden ser la base de nuevas e importantes líneas de productos. De hecho, la industria de la biotecnología surgió con la formación de nuevas empresas en torno a tecnologías que habían sido patentadas por las universidades.

La universidad obtiene también beneficios, permitiendo a sus profesores complementar sus subvenciones financiadas públicamente con el apoyo adicional de las empresas. Para muchos investigadores, este patrocinio adicional contribuye a mantener la productividad de sus laboratorios. Además, si una empresa convierte tecnología patentada por la universidad en un producto o servicio de éxito, la universidad recibe pagos y royalties, que, en el caso de un producto "bomba" (como un importante producto farmacéutico) pueden ascender a millones de dólares al año. Un beneficio adicional intangible de una colaboración bien gestionada puede ser el valor de la colaboración intelectual entre los investigadores individuales de la industria y los laboratorios universitarios.

BENEFICIOS PARA LA INDUSTRIA PROCEDENTES DE LA DIFUSIÓN ABIERTA DE LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA

La creciente importancia de la colaboración universidad-industria en investigación no hace disminuir lo que sigue siendo el canal primario de beneficio de la investigación básica universitaria para la industria y la economía en general: la difusión abierta de nuevos conocimientos, sin restricción sobre su uso o número de usuarios. El beneficio primario de la investigación universitaria para la sociedad proviene de la difusión libre y abierta de nuevos conocimientos, sea que la investigación esté financiada por el gobierno, fundaciones o corporaciones, o bien la investigación dé lugar o no a inventos que puedan ser patentados. Así, la mayor parte de los acuerdos de transferencia de tecnología de las principales universidades se diseñan de modo que se produzca sólo una breve demora en la difusión de la investigación patrocinada por la industria.

Como se señaló en el capítulo anterior, los recientes análisis de datos sobre patentes sugieren que los resultados difundidos de la investigación universitaria han supuesto gran parte del nuevo conocimiento incorporado en las solicitudes de patentes comerciales. También hay pruebas de que la difusión abierta de la investigación universitaria –por medio de publicaciones, reuniones públicas y conferencias, y de canales informales– ha sido mucho más importante para la innovación industrial que relaciones más restringidas.

La difusión abierta de la investigación básica no ocurre únicamente en las universidades. El caso de la investigación sobre el SIDA en Merck ilustra cómo y por qué muchas empresas privadas también suscriben la norma de difusión abierta del conocimiento derivado de muchas de sus actividades de investigación básica. Como lo demuestra el caso Merck, incluso cuando no

existen barreras legales para establecer derechos de propiedad sobre los resultados de la investigación, las empresas como Merck han hallado que un enfoque más aperturista en cuanto a la difusión no sólo aporta mayores beneficios a la sociedad en general, sino también, en muchos casos, a ellas mismas. También los investigadores de la industria están, como sus colegas universitarios, motivados por el prestigio que supone difundir su trabajo de un modo abierto por medio de revistas evaluadas por pares de alta calidad científica siempre que sea posible. El prestigio generado por la publicación beneficia a la compañía intensificando su contratación de científicos de primera clase y aumentando el valor de la investigación de la compañía y, por último, de sus productos.

UNIVERSIDADES

Sin lugar a dudas, la institución americana más importante de investigación básica es la universidad. El sistema universitario se ha convertido en la principal empresa de investigación básica de la nación como resultado de una financiación amplia y sostenida a lo largo de todo el período posterior a la II Guerra Mundial (ver Apéndice 1 para una perspectiva de los recursos para investigación universitaria). Pero el éxito real del sistema se basa en:

1. La especial estructura que apoya al investigador universitario individual, más a que la institución en sí.
2. El papel dual que las universidades desempeñan al realizar la investigación y formar a los estudiantes universitarios.
3. Los mecanismos competitivos de financiación de las universidades.
4. Y la flexibilidad y diversidad de las mismas.

Como señalamos más adelante en este capítulo y en el apartado anterior, el éxito del sistema universitario ha contribuido, en gran medida, a atraer el interés de la empresa en años recientes, llevando a las universidades y a sus investigadores a desempeñar nuevas tareas y a enfrentarse a nuevos retos en el mercado.

APOYO DE LA UNIVERSIDAD AL INVESTIGADOR INDIVIDUAL

El núcleo de la investigación universitaria es el investigador independiente altamente cualificado (ver "El valor crítico del investigador individual", para más información). Los científicos universitarios, generalmente profesores vitalicios, cuentan con una combinación del apoyo de la universidad (en la forma de salario, instalaciones y ayudantes de investigación) y subvenciones externas para llevar a cabo su investigación. El entorno de la investigación universitaria permite a los científicos universitarios una considerable autonomía para establecer la naturaleza de sus proyectos de investigación, para buscar ayudas externas para los mismos, y para llevar a cabo la investigación de un modo que sea apropiado tanto para el investigador como para el organismo financiador (u otra entidad). La calidad de la investigación universitaria, en general, está guiada por un proceso competitivo, por medio del cual miles de científicos universitarios de toda la nación buscan subvenciones (en su mayor parte, federales) externas. Evidentemente, los directores de los departamentos, decanos y funcionarios administrativos de la universidad desempeñan también un papel importante en dar forma y asegurar la calidad de las carteras de investigación de la universidad. Especialmente importante a este respecto es la exhaustiva selección realizada para contratar a los miembros del profesorado.

Como lo ilustran los indicadores sobre el apoyo federal a la investigación universitaria (señaladas en el Apéndice 1), los científicos universitarios, a menudo, buscan ayuda en varios organismos, porque la naturaleza básica de su trabajo puede servir para varios objetivos federales. (Por ejemplo, la misma solicitud de subvención puede ser elegible para su consideración por la National Science Foundation, el Ministerio de Defensa y los Institutos Nacionales de Salud). La pluralidad de fuentes de financiación ha aumentado la posibilidad de obtener subvenciones para los solicitantes y ha mantenido el flujo de nuevos conocimientos a pesar de las cambiantes prioridades de la agencia y de las fluctuaciones del presupuesto (ver Apéndice I para una descripción de estos modelos de financiación). La disponibilidad de fuentes múltiples de financiación ha permitido una mayor diversidad de investigaciones científicas y de propuestas de las que serían posibles en una estructura de financiación procedente de una sola fuente.

La función educativa de las universidades les confiere una ventaja especial en la investigación básica. Como parte integral de su formación en ciencia y en ingeniería, los estudiantes licenciados están empleados en laboratorios como ayudantes de los profesores investigadores. Los licenciados de las universidades están técnicamente especializados, íntimamente familiarizados con la investigación de primera línea, y altamente motivados. Sus tesis de doctorado y sus carreras futuras como investigadores dependen de que realicen una

contribución intelectual significativa, desarrollando una investigación que merezca la pena publicar en revistas de primera fila, de alto contenido científico, evaluadas por pares. Así, los experimentos de laboratorio que conducen a descubrimientos básicos son realizados normalmente por estudiantes licenciados y becarios post-doctorales, cuyas enseñanzas y salarios están financiados por el gobierno y por becas de fundaciones.

CUADRO 1 LAS 25 UNIVERSIDADES MÁS IMPORTANTES POR SU INVERSIÓN TOTAL EN INVESTIGACIÓN, FINANCIADA FEDERALMENTE EN 1995

| <i>Inversión total en Investigación</i> | <i>(Miles de Dólares)</i> | <i>Investigación financiada federalmente</i> | <i>(Miles de Dólares)</i> |
|---|---------------------------|--|---------------------------|
| Total de Instituciones | \$21.654.220 | Total de Instituciones | \$12.884.158 |
| 1 University of Michigan | \$443.070 | 1 University of Washington | \$291.284 |
| 2 U WI Madison | \$403.541 | 2 U CA San Diego..... | \$284.445 |
| 3 University of Washington..... | \$289.160 | 3 University of Michigan | \$275.956 |
| 4 MA Institute of Tech ¹ | \$370.800 | 4 MA Institute of Tech ¹ | \$273.543 |
| 5 Texas A&M University..... | \$362.539 | 5 Stanford University..... | \$273.157 |
| 6 U CA San Diego..... | \$357.333 | 6 Johns Hopkins Univ ² | \$259.049 |
| 7 Cornell University ¹ | \$343.786 | 7 U WI Madison..... | \$299.381 |
| 8 University of Minnesota | \$336.524 | 8 U CA San Francisco..... | \$224.271 |
| 9 Johns Hopkins Univ ² | \$331.387 | 9 Cornell University ¹ | \$207.391 |
| 10 Pennsylvania State U | \$330.881 | 10 Columbia University..... | \$206.495 |
| Total, top 10 institutions | \$3.669.321 | Total, top 10 institutions | \$2.524.972 |
| 11 U CA San Francisco | \$329.742 | 11 Harvard University..... | \$203.965 |
| 12 Stanford University..... | \$318.871 | 12 U CA Los Angeles | \$201.773 |
| 13 U CA Los Angeles | \$303.668 | 13 U of Pennsylvania..... | \$200.895 |
| 14 University of Arizona | \$292.351 | 14 University of Minnesota..... | \$194.819 |
| 15 U CA Berkeley ¹ | \$291.200 | 15 Pennsylvania State U | \$187.481 |
| 16 Harvard University | \$276.422 | 16 Yale University..... | \$174.868 |
| 17 U of Pennsylvania..... | \$272.393 | 17 University of Colorado..... | \$168.674 |
| 18 University of Colorado | \$249.695 | 18 University of Arizona | \$168.791 |
| 19 Ohio State University | \$246.287 | 19 U of Southern California | \$163.606 |
| 20 U of Illinois Urbana | \$246.174 | 20 U CA Berkeley ¹ | \$157.826 |
| 21 Columbia University | \$244.991 | 21 U of NC Chapel Hill..... | \$156.626 |
| 22 U CA Davis | \$244.116 | 22 Duke University..... | \$148.526 |
| 23 Yale University..... | \$231.819 | 23 Washington University | \$146.921 |
| 24 U TX Austin | \$228.676 | 24 University of Pittsburgh | \$144.457 |
| 25 U of Southern California | \$222.159 | 25 U TX Austin | \$143.939 |
| Total, top 25 institutions | \$7.667.885 | Total, top 25 institutions | \$5.089.169 |

¹ Estos datos no incluyen las inversiones en investigación en centros de I+D financiados federalmente asociados a Universidades.

² La Universidad John Hopkins no incluye el Laboratorio de Física Aplicada, con 447 millones de dólares en inversión en I+D.

Fuente: National Science Foundation, Science Resource Studies Division, Survey of Scientific and Engineering Expenditures Universities and Colleges, FY 1995 (datos disponibles en www.nsf.gov).

LA DIVERSIDAD DE LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA

Prácticamente toda la investigación universitaria (96%), realizada en los Estados Unidos, se concentra en aproximadamente 200 instituciones públicas y privadas. Veinticinco universidades (ver cuadro 1) suponen cerca de un 35% del total de la inversión en investigación de las 3.600 instituciones de educación superior de los Estados Unidos. Estas 25 beneficiarias realizan el 39% de la investigación financiada federalmente. Las 100 primeras suponen el 78% de la financiación federal total –lo que supone sólo una modesta distribución de los recursos durante las cuatro décadas de expansión del sistema universitario de los Estados Unidos. Aunque la distribución de los recursos totales no ha cambiado espectacularmente, muchas más de las instituciones académicas de investigación reciben hoy fondos federales para investigación de lo que lo hacían 25 años antes –de 567 instituciones en 1971 a 875 en 1993. Prácticamente la totalidad de este incremento ha ido a financiar universidades que no conceden becas para doctorados –es decir, artes liberales, y otras escuelas técnicas y profesionales. Dada la importancia, en los Estados Unidos, de las becas para el investigador principiante, se sigue que la reputación de una universidad y su impacto colectivo como institución de investigación son la suma de productividad, prestigio, y concesión de becas a los miembros de su profesorado y a los estudiantes que reclutan para sus laboratorios. Como los científicos y los ingenieros aislados pueden trasladarse de una universidad a otra, los beneficios financieros y educativos de sus actividades de investigación se mueven con ellos. Por ello, aunque haya diferencias en la calidad y en las economías de escala entre las instituciones que tienden a mantener patrones institucionales de financiación de la investigación, la posición jerárquica de las universidades que reciben la mayor parte de las ayudas federales a la investigación no es estática. La competencia para obtener becas para investigación por parte de los investigadores individuales tiene un efecto competitivo similar en las instituciones académicas en que están empleados. Interesa a las universidades emplear a los científicos más altamente cualificados en tanto productores y difusores de conocimiento.

LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA Y EL MERCADO

Dos tendencias importantes están contribuyendo a dar forma al aspecto de la investigación universitaria del mañana. Ambas prometen acercar la investigación universitaria al mercado. La primera es la capacidad de las universidades y de los investigadores académicos para obtener ayudas financieras para inventos que deben ser comercializados por la industria. La otra tendencia es el número creciente de colaboraciones industria-universidad y el énfasis, cada vez mayor, de las instituciones de investigación en desarrollar tales colaboraciones como una importante fuente de financiación a largo plazo.

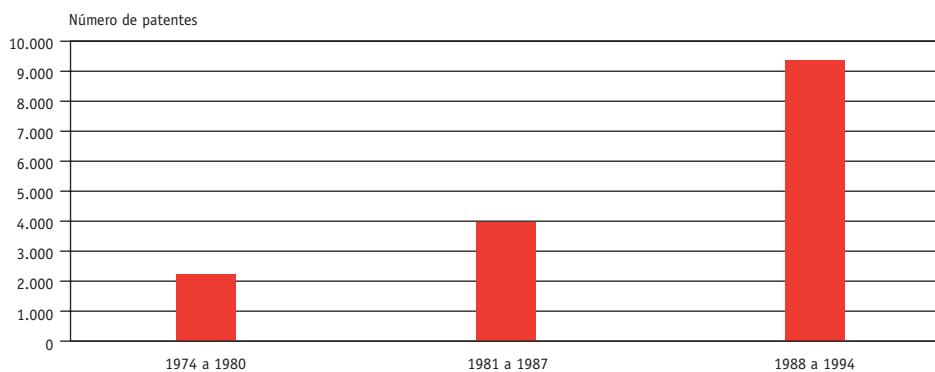
Durante casi 20 años, la política del gobierno federal ha sido estimular a las universidades (y a otros ejecutantes de la investigación financiada por el gobierno) para registrar patentes y transferir los inventos útiles a la industria, para su desarrollo comercial. Como se describió anteriormente, la legislación clave relativa a esta política fue la Bayh-Dole Act de 1980, que anunció una nueva era para la investigación universitaria. Los cuadros 2 y 3 ilustran la magnitud de estos cambios. Un indicador del impacto de la Bayh-Dole es el número de patentes emitidas a las instituciones académicas, que creció de 249 en 1974 a 1.761 en 1994.

Sin embargo, es importante reconocer que la implicación de las universidades en la comercialización de tecnología es todavía una pequeña porción del total de la investigación universitaria, y, por supuesto, del total de la I+D de la industria. Por ejemplo, las patentes concedidas por la Oficina de Patentes de Estados Unidos a las universidades en 1994 supusieron menos del 1% de todas las patentes emitidas durante ese año. A pesar de la creciente presencia de la industria en la financiación de la investigación universitaria, las empresas sólo suponen un 7% del apoyo total a la investigación universitaria.

La naturaleza abierta de la investigación universitaria ha permitido siempre que se obtuviera financiación externa de muchas fuentes, no sólo del gobierno federal. No obstante, la naturaleza de la financiación de la industria y los efectos del uso de licencias dan lugar a cuestiones y problemas que no se encuentran en la financiación pública. Estos problemas encierran el potencial para:

- Restricciones a la difusión abierta de la investigación
- Una reorientación de la investigación universitaria para acomodarse a los intereses y necesidades de los patrocinadores industriales
- Conflictos de interés entre los intereses financieros individuales de los investigadores y los intereses más amplios de los departamentos académicos, universidad y sociedad en su conjunto
- Aplicación de otros criterios que no son los de la productividad de la investigación básica y la enseñanza académica, como son los de la habilidad para obtener ayuda de la industria y generar royalties, en cuanto a las decisiones para contratar y promoción académica.

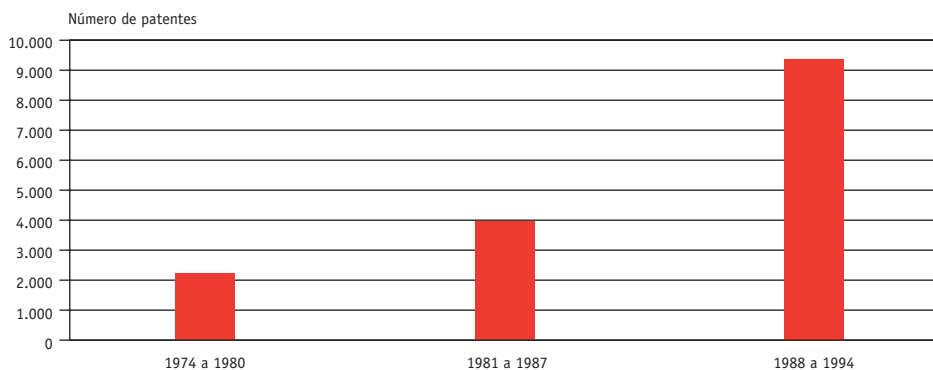
CUADRO 2 NÚMERO DE PATENTES U.S. CONCEDIDAS A LAS INSTITUCIONES ACADÉMICAS



Fuente: National Science Board, *Science & Engineering Indicators—1996* (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996).

CUADRO 3

AUMENTO DE LAS ACTIVIDADES DE SOLICITUD DE PATENTES EN LA UNIVERSIDAD DE ESTADOS UNIDOS CON RELACIÓN AL TOTAL DEL PAÍS. % DE CAMBIO 1991-1995



* Los Ingresos brutos ajustados son los derechos brutos menos los pagados a otras instituciones

Fuente: Association of University Technology Managers, *Licensing Survey FY 1991-95*, (ATUM, 1997).

La mayor parte de las universidades han desarrollado políticas y líneas maestras que hacen frente a estos temas, y las han difundido entre el profesorado, personal y estudiantes. No obstante, las universidades profundamente implicadas en la investigación subvencionada deben servir ahora a un nuevo electorado: sus socios industriales. Los académicos deben enfrentarse a una nueva burocracia –las Oficinas Universitarias de Transferencia de Tecnología. Y los administradores de la universidad deben luchar con una serie de potenciales conflictos de interés por parte del profesorado y del personal administrativo.

PATENTES Y LICENCIAS DE LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA

Como los inventos universitarios se realizan frecuentemente con la utilización de fondos públicos, las universidades tienen una responsabilidad especial de maximizar el beneficio social que supone el uso de los mismos. Esta responsabilidad va más allá de la necesidad de difundir libremente la descripción de los inventos, y se extiende a la forma en que tales inventos se comercializan, puesto que las patentes, por su propia naturaleza, implican una restricción de uso.

Evidentemente, no existe una fórmula simple según la cual se puedan tomar tales decisiones. Muchas universidades punteras cuentan con políticas de transferencia de tecnología que identifican específicamente el interés público como el criterio fundamental para adoptar decisiones sobre licencias tecnológicas. En general, una vez que una universidad ha solicitado el registro de la patente sobre un descubrimiento, debe decidir entonces si comercializa la tecnología en cuestión sobre una base *exclusiva* o *no exclusiva*.

Los avances en la investigación que pueden ser transferidos a distintos productos o servicios, como un nuevo componente terapéutico, un nuevo polímero, un nuevo instrumento electrónico, o un nuevo aparato médico, se consideran normalmente como candidatos apropiados para la licencia exclusiva. En estos casos, las protecciones tanto la derivada de la patente como la derivada de una licencia exclusiva son incentivos esenciales para que una empresa invierta tiempo, dinero y recursos en crear un nuevo producto. La sociedad se beneficia de la decisión de la industria de realizar este compromiso y poner en el mercado un nuevo producto útil. Por otra parte, el nuevo conocimiento que sirve como una herramienta de investigación que beneficiará potencialmente el desarrollo de una serie de nuevos productos en muchas empresas se comercializa normalmente por medio de una licencia no exclusiva ampliamente disponible en condiciones comercialmente razonables. El ejemplo más sobresaliente es el de las patentes Cohen-Boyer, concedidas a la Universidad de Stanford y a la Universidad de California, que cubren las técnicas fundamentales de la transferencia de genes. Desde que se concedieron estas

patentes, Stanford y la Universidad de California en San Francisco han hecho una licencia no exclusiva disponible para todas las empresas implicadas en la ingeniería genética por una tasa mínima anual de 10.000 dólares y un pequeño royalty sobre las ventas. Estos modestos requisitos no han supuesto cargas indebidas para la industria, y en 1997 generaron 38,5 millones de dólares para las dos universidades. Más aún, las instituciones de investigación básica han podido utilizar estos métodos sin cargo alguno.

Es necesaria la distinción entre productos y herramientas, puesto que una herramienta especialmente importante, basada en un descubrimiento básico, como la transferencia de genes puede ser esencial para la continuación sin trabas de descubrimientos adicionales básicos y aplicados. Si se ponen barreras excesivas a la entrada de los demás en un campo, se impedirá que se abran nuevas e importantes vías de investigación. Las políticas de Stanford y de la UCSF (Universidad de California en San Francisco), a favor de la comercialización de la invención de los Profesores Cohen y Boyer se han convertido en un modelo para otras universidades que poseen una herramienta o proceso extremadamente útil: licencia no exclusiva, condiciones razonables, y permitir a los investigadores básicos utilizar la tecnología sin coste. Este enfoque optimiza el beneficio tanto para la sociedad como para la universidad.

EL IMPACTO DE LA FINANCIACIÓN DE LA INDUSTRIA EN LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA

A simple vista, la creciente relación en investigación entre la universidad y la industria sugiere que puede haber motivos de preocupación. Según una serie de estudios recientes sobre el impacto del apoyo de la industria a la investigación académica, la financiación de la industria se asocia a una mayor restricción en la revelación de los resultados de la investigación y con una investigación que es menos básica por naturaleza. Esto no quiere decir que la industria cambie la dirección de la investigación universitaria hacia un trabajo aplicado y de desarrollo, sino que las empresas buscan tipos de proyectos universitarios de investigación que se adecuen a sus necesidades, y estos tipos de investigación normalmente pueden no ser tan claramente básicos por su naturaleza como aquéllos financiados por medio de subvenciones federales. En resumen, no hay una prueba contundente de que la investigación universitaria se haya alejado de la ciencia e ingeniería básicas, aun cuando la financiación de la industria haya aumentado considerablemente.

Dadas las características de la financiación de la industria que acabamos de describir (mayores restricciones y proyectos que son menos básicos por naturaleza), *es evidente que es erróneo considerar la financiación de la industria y la del gobierno, a la investigación básica, como intercambiables*. Un cambio significativo en el equilibrio existente entre la financiación del gobierno y la de la industria de la investigación universitaria en su conjunto es probable que afectara al carácter de la investigación universitaria y a su difusión.

Entre los conflictos de interés que reciben una crítica más intensa, se encuentran aquéllos que pueden producirse por parte de los investigadores universitarios que se benefician personalmente de la cooperación con las empresas. Los académicos se sienten capaces de mejorar su situación económica por medio de:

- Participación en los derechos de sus inventos (una directiva explícita de Bayh/Dole).
- Cobro por el asesoramiento a las empresas, especialmente a las que patrocinan investigación en el laboratorio del que es miembro el investigador académico; y
- Propiedad de acciones en las empresas recién constituidas.

En muchos casos, estas áreas potenciales de conflicto se han resuelto en beneficio de las universidades, profesores y de las empresas con las que colaboran. No obstante, estas relaciones están evolucionando rápidamente; se sientan nuevos precedentes cada año; y las universidades deben mantenerse alerta para defender sus objetivos fundamentales de educación y de investigación básica.

Como lo ilustra el caso de la Universidad de Columbia, las universidades punteras en investigación son muy conscientes de la compleja naturaleza de las relaciones de investigación

universidad-empresa. En este caso, los beneficios reales y potenciales están claros para todas las partes: Columbia recibe financiación de la empresa privada (VIMRx Pharmaceuticals), VIMRx tiene acceso al conocimiento potencial que puede aplicar a nuevos productos, y la sociedad, por último, puede beneficiarse de un proceso más rápido de innovación debido a la relación directa entre universidad y empresa. El efecto negativo también es reconocido por los funcionarios de Columbia: la posibilidad de que la tradicional apertura en la difusión de los resultados de la investigación básica se vea amenazada por el marco restringido de una relación con una sola empresa; y la influencia sobre el equilibrio global de la cartera de investigación de la Universidad de Columbia, potencialmente lejos de la investigación básica. Como estudio de un caso, la relación de Columbia con VIMRx ilustra los beneficios, costes, e incógnitas del nuevo papel de la universidad en el mercado.

LOS LABORATORIOS FEDERALES

Aunque una amplia mayoría de la I+D federal o no es investigación básica o se realiza fuera del sector público por medio de un contrato o sobre la base de una concesión de subvención, el gobierno realiza investigación básica por medio del sistema de laboratorios federales. En 1995, por ejemplo, los laboratorios federales recibieron 2,7 millardos de dólares o aproximadamente el 20% de los dólares federales para investigación básica (ver apéndice cuadro 6 en Apéndice 1). Históricamente, los laboratorios federales han sido un importante lugar de realización de investigación básica, generando muchos descubrimientos científicos importantes en campos tan diversos como las ciencias de la salud y la física nuclear.

La estructura de gestión de los laboratorios federales varía. Algunos son dirigidos directamente por el gobierno (por ejemplo, los National Institutes of Health, el National Institute for Standards and Technology, y el U.S. Geological Survey), mientras que otros son dirigidos, para el gobierno, por entidades privadas sin ánimo de lucro, entre las que se encuentran universidades y otras organizaciones no lucrativas (por ejemplo, Los Alamos, Oak Ridge, y el Jet Propulsion Laboratory). Entre los principales 700 laboratorios financiados por el gobierno federal, están los llamados “laboratorios nacionales”, administrados por el Ministerio de Energía e históricamente encargados de objetivos de energía y defensa. Estos laboratorios realizan una mezcla de investigación básica, aplicada y de desarrollo y controlan presupuestos en I+D importantes (ver cuadro 4).

Desde el fin de la Guerra Fría, los objetivos de los laboratorios nacionales del Ministerio de Energía han ido cambiando. Estos laboratorios han tenido que enfrentarse al problema de objetivos que han desaparecido, buscando nuevos “objetivos”, a menudo relacionados con necesidades tecnológicas civiles y la competitividad internacional de las industrias de Estados Unidos. Por ejemplo, Intel, Motorola, y Advanced Micro Devices anunciaron recientemente una asociación comercial de investigación con tres laboratorios nacionales para desarrollar chips de ordenador que utilizaban tecnología ultravioleta puntera.

CUADRO 4 **APORTACIONES FEDERALES A LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO EN LOS LABORATORIOS NACIONALES**

| | <i>Año Fiscal 1995 (en miles de dólares)</i> |
|--|--|
| Total National Labs | \$3.012.548 |
| Idaho National Engineering Lab | \$77,745 |
| Oak Ridge National Laboratory | \$288,332 |
| Sandia National Laboratories | \$654,472 |
| Argonne National Laboratory | \$252,879 |
| Brookhaven National Laboratory..... | \$216,094 |
| Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory | \$170,870 |
| Lawrence Livermore National Lab | \$500,622 |
| Los Alamos National Laboratory | \$102,278 |
| Pacific Northwest National Laboratory..... | \$208,529 |

Fuente: National Science Foundation, *Survey of Federal Funds for R&D: FY 1995, 1996, 1997*, (datos disponibles en www.nsf.gov).

Las críticas señalan que tales esfuerzos suponen derrochar los dólares federales provenientes de los impuestos, y que el número y tamaño de los laboratorios administrados por el Ministerio de Energía ya no está justificado por la misión de la agencia que los mantiene. En el caso de la asociación para chips de ordenador, ha habido todavía más críticas, debido a la posibilidad de participación de empresas extranjeras en el proyecto, lo que equivaldría a un subsidio federal de empresas extranjeras. Estas críticas resaltan los problemas políticos que pueden surgir si las agencias tratan de justificar iniciativas bajo la rúbrica de “competitividad nacional”.

Los problemas de muchos laboratorios federales no se limitan a sus objetivos. De todas las instituciones que realizan investigación básica, de los laboratorios del Ministerio de Energía se dice que son los que adolecen de menos flexibilidad y de peor relación coste-eficiencia a consecuencia de un sistema de asignación de recursos supercentralizado y microgestionado. La

reforma de su gestión fue un área clave de interés en la Galvin Task Force de 1995, encargada de asesorar al Ministro de Energía sobre alternativas futuras para los laboratorios nacionales. Al contrario que el modelo descentralizado y competitivo dirigido por el investigador que caracteriza la investigación universitaria, la administración de la investigación en los laboratorios nacionales ha sido centralizada, de arriba abajo (desde dentro del Ministerio de Energía y del Congreso) y faltándole en gran medida una evaluación por pares externa. La Galvin Task Force informó que, aunque los laboratorios del Ministerio de Energía mantienen una pequeña cantidad de proyectos de investigación, determinados competitivamente por un investigador individual, “la cultura de investigación en muchos de los laboratorios ha estado influenciada por su relativo aislamiento físico e intelectual y por un sentimiento de tener derecho a fondos para la investigación”.

A pesar de estos problemas, los laboratorios cuentan con considerables recursos en forma de capital físico y humano. A diferencia del trabajo del investigador individual, que caracteriza normalmente la investigación universitaria, la investigación básica de los laboratorios nacionales ha sido a menudo realizada a mucha mayor escala, con importantes inversiones en capital físico realizadas a lo largo de muchos años. Los que critican y los que defienden a estos laboratorios luchan ahora juntos contra el problema de cómo poner estos recursos de gran escala a trabajar. Este problema ha dado lugar a una serie de comisiones prioritarias en años recientes. Desgraciadamente, ninguna de estas iniciativas ha producido un consenso políticamente viable para una reestructuración apropiada.

INSTITUCIONES NO LUCRATIVAS

INVESTIGACIÓN BÁSICA EN INSTITUCIONES DE INVESTIGACIÓN NO LUCRATIVAS

Aunque sólo suponen el 7% de la investigación básica de los Estados Unidos, las instituciones no lucrativas (que no son universidades) realizan un volumen significativo de investigación básica. En algunos casos, son la única alternativa al modelo dominante de la investigación básica realizada en la universidad.

Muchas instituciones de investigación no lucrativas están afiliadas a las universidades, manteniendo lazos formales con la universidad pero permaneciendo independientes en sus funciones no investigadoras. El Whitehead Institute for Biomedical Research, un asociado del Massachusetts Institute of Technology es un ejemplo notable.

Las instituciones no lucrativas ofrecen a menudo al investigador individual alternativas atractivas con respecto al modelo predominante de la universidad de investigación básica. Dos ejemplos que merece la pena resaltar son The Howard Hughes Medical Institute (HHMI) y el Scripps Research Institute. El HHMI ofrece puestos muy codiciados por los científicos, que son atraídos por un apoyo financiero generoso y estable y un entorno de investigación que no requiere pasar tiempo fuera del laboratorio dedicándose a buscar financiación. Los laboratorios HHMI están situados en universidades de todo el país; estas universidades actúan como colaboradoras del Instituto. El HHMI mantiene su laboratorio en estas universidades y emplea al personal científico y a todo el personal de apoyo necesario (incluyendo los técnicos y asociados de investigación). Los científicos contratados por el HHMI lo son para períodos de cinco o siete años, con la posibilidad de renovación de contrato bajo rigurosas normas de revisión. Estas condiciones suponen un período más largo y estable de apoyo del que muchos científicos de la universidad pueden conseguir por medio de becas de investigación del gobierno federal u otras fuentes de financiación.

Scripps tiene su propio campus de investigación en La Jolla, California, atrayendo también a eminentes investigadores, por medio de un apoyo financiero estable y generoso, garantizando a los investigadores el máximo tiempo en los laboratorios y apartados de las tareas de búsqueda de financiación. Como las universidades de la nación, Scripps se apoya en subvenciones federales para la mayor parte de su financiación de investigación, aunque ha realizado una agresiva búsqueda de financiación por parte de la industria y de fuentes filantrópicas. A diferencia del modelo académico de investigación, Scripps no aísla a sus investigadores y laboratorios en disciplinas separadas, sino que estimula la cooperación y la colaboración entre las mismas. Instituciones como Scripps también presentan una alternativa interesante a un aspecto del modelo de formación universitario para los estudiantes licenciados. Scripps ofrece formación de nivel graduado en varias disciplinas de investigación, pero no a no licenciados. Mientras el debate "enseñanza versus investigación" continúa en los campus universitarios, este modelo alternativo –que empareja investigación básica con formación de licenciados, pero excluye enseñanza para estudiantes no graduados –puede hacerse más atractivo para los científicos que forman parte del profesorado y para los estudiantes licenciados.

FINANCIACIÓN DE INVESTIGACIÓN BÁSICA PROCEDENTE DEL SECTOR NO LUCRATIVO

Ciertamente, el HHMI es tremendamente importante para la investigación médica básica, no sólo debido a su especial estructura administrativa y operativa, sino por los importantes recursos financieros que proporciona a la investigación. De hecho, el sector filantrópico no lucrativo ha sido siempre una importante fuente de financiación para la investigación. El HHMI es prácticamente un recién llegado: la Fundación Rockefeller y la Carnegie Institution han sido importantes fuentes de este apoyo filantrópico a lo largo de este siglo.

Como fuente de financiación, las fundaciones son muy pequeñas con relación al gobierno federal; si bien pueden ofrecer distintas ventajas que les permiten que sus fondos tengan un mayor efecto. Por ejemplo, las fundaciones pueden moverse más rápidamente que el gobierno para financiar proyectos. En esta línea, pueden actuar como un puente de financiación, continuando la financiación de importantes proyectos cuyas subvenciones están a punto de terminar. Las fundaciones también pueden ser más avanzadas que el gobierno al evaluar y financiar la investigación interdisciplinaria.

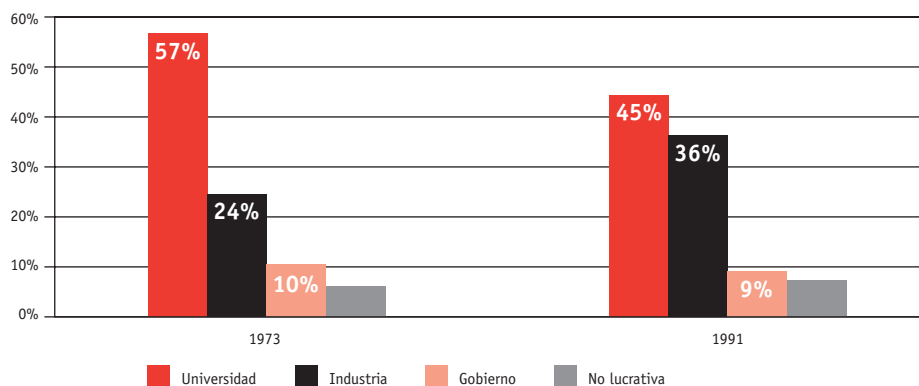
El valor decisivo del investigador individual

Como se señala en el Apéndice 1, la investigación básica de los Estados Unidos no se define adecuadamente como si fuera una cuestión de dólares invertidos. Ni puede caracterizarse sólo por las instituciones que la acogen. De hecho, su fortaleza clave reside en las personas que investigan. Así, la historia de la ciencia y de la ingeniería y de los grandes descubrimientos es una historia de científicos individuales, cuyos nombres –James Watson, Jonas Salk, Linus Pauling– se conocen más que sus descubrimientos. El éxito del sistema americano de investigación básica ha descansado en su capacidad para estimular esas mentes creativas y asegurar un flujo consistente de nuevos científicos por medio de la educación, la formación y el empleo.

Como describimos anteriormente, una gran fortaleza de nuestro sistema de investigación básica es la relación simbólica entre investigación y educación superior en la universidad. El científico universitario tiene, en los estudiantes licenciados de la institución, una reserva de fuerza de trabajo altamente cualificada y motivada. Al mismo tiempo, la experiencia y la formación que el estudiante recibe en un laboratorio universitario garantiza un flujo de futuros científicos de talento. La función educativa de la universidad –es decir, la formación de futuros científicos– es tan importante para el futuro de la investigación básica como la propia investigación. Los científicos jóvenes formados en la universidad prosiguen sus carreras en la universidad, gobierno o sectores industriales. Como indica el cuadro 5, una creciente proporción de científicos e ingenieros están empleados por la industria, aunque, en términos absolutos, está creciendo el empleo en todos los sectores (ver Cuadro 3 en Apéndice 1). Los científicos empleados en la industria son un importante enlace para la transferencia de investigación básica a la industria. A menudo es necesaria una investigación básica experta interna, aun cuando se realice algo de investigación básica dentro de la empresa. Los científicos de la industria desempeñan un importante papel identificando e interpretando la investigación básica realizada fuera de la empresa para usarla internamente.

Ocurre, no obstante, que gran parte del éxito de nuestro sistema de investigación básica depende de la capacidad de los investigadores académicos, y especialmente de los jóvenes investigadores académicos, para explotar la autonomía y libertad individual que sus instituciones les proporcionan. El entorno universitario fomenta un espíritu de independencia y creatividad entre los científicos que es difícil de hallar en otras organizaciones. Este entorno es especialmente importante para los científicos jóvenes, a los que se les dan oportunidades para un avance rápido en sus carreras académicas, que son raras en otras organizaciones más quizadas. En resumen, el entorno de la universidad es capaz de reconocer y explotar el talento, independientemente de la antigüedad. Por consiguiente, el flujo de nuevos científicos en la fuerza de trabajo de la universidad ha sido una importante fuerza dinámica en el conjunto de la investigación básica.

CUADRO 5 DISTRIBUCIÓN DE EMPLEO DE DOCTORES EN CIENCIAS Y EN INGENIERÍA POR SECTORES



Nota: Los porcentajes no llegan al 100% debido a que el sector de la educación no universitaria no ha respondido.

Fuente: *Reshaping Graduate Education of Scientists and Engineers*, Committee on Science, Engineering and Public Policy, (Washington, DC: National Academy Press, 1995).

Con todo, existen signos en este flujo de nuevos científicos e ingenieros que sugieren que la calidad futura de la infraestructura humana de investigación básica no está garantizada.

Con objeto de valorar nuestra capacidad para realizar investigación básica en el futuro, debemos considerar la condición y calidad del sistema educativo actual en todas sus etapas:

1. La pobre preparación de nuestros estudiantes del tramo K-12, en ciencias está bien documentada. Un reciente estudio señalaba que el 43% de los que han realizado la enseñanza superior tienen un grado de conocimiento de la ciencia muy bajo. Además, según se desprende de estudios internacionales, incluso nuestros mejores estudiantes tienen un nivel más bajo que los estudiantes de otros países en ciencias y en matemáticas. La mala preparación en estas materias (y en todas las disciplinas), durante estos primeros años, no sólo excluye a muchos estudiantes americanos de una formación y un empleo científicos posteriores sino que supone una carga cada vez mayor para las universidades y escuelas, que tienen que proporcionar educación suplementaria, a costa de un estudio más sofisticado de las ciencias.
2. Por lo que se refiere a los universitarios no licenciados, la cuota de diplomas en ciencia y en ingeniería ha bajado en las últimas tres décadas. Cada vez en mayor medida, muchos de nuestros estudiantes “mejores y más brillantes” están eligiendo carreras que no son de ciencias durante sus años de estudios. Un flujo importante de científicos e ingenieros con alta cualificación –estudiantes extranjeros– podría nivelar esta situación y eso está lejos de quedar garantizado para el futuro. A medida que otros países van desarrollando sus propias capacidades de investigación básica, no se debe esperar que el número de estudiantes extranjeros, que se forman en los Estados Unidos y permanecen aquí para realizar carreras en investigación básica, iguale al de décadas anteriores, cuando había escasez de investigación básica desarrollada en otros países (especialmente en Asia).
3. El sistema actual de formación de los titulados superiores ha contribuido a crear problemas en el empleo de los nuevos Ph.D y puede tener un efecto desalentador en el número y preparación de los estudiantes que se inscriben en programas de formación para titulados superiores en el futuro:
 - El tiempo para conseguir el título en ciencias para los Ph.D ha subido de 5,4 años en 1962 a 7,1 en 1993.
 - El número de nuevos doctores que disfrutan de una beca postdoctoral u otros empleos temporales o a tiempo parcial también está aumentando, creando un entorno laboral cada vez más inestable durante los decisivos primeros años en investigación básica. En algunos ámbitos, los recién licenciados han pasado de una primera a una segunda y, en algunos casos, a una tercera beca postdoctoral de investigación mientras continúan su búsqueda de un puesto académico.
 - Sin la adecuada flexibilidad en formación y en asesoramiento académico, los nuevos doctores salen de los programas de licenciatura en un mercado de trabajo académico muy reducido.
 - Aunque la formación para una carrera en investigación universitaria es decisiva para la calidad de los doctores de ciencia e ingeniería, también es importante una formación adicional para proporcionar a los estudiantes otras opciones tras la licenciatura.
4. Finalmente, el entorno laboral de las universidades para los científicos e ingenieros no es el más adecuado, debido a la cantidad de tiempo que es necesario dedicar a actividades de búsqueda de subvenciones y fuera del laboratorio de investigación.

Todos estos puntos sugieren problemas potenciales en los próximos años. Merece la pena reafirmar, sin embargo, que estos problemas surgen en un sistema de educación y formación en investigación básica que sigue desarrollándose muy bien, quizá mejor que cualquier otro en el mundo. No obstante, como afirmamos en el próximo capítulo, todos los motivos de preocupación que identificamos aquí deben y pueden ser solucionados hoy, mucho antes de que los pequeños problemas se conviertan en grandes.

El contexto internacional para la investigación básica americana

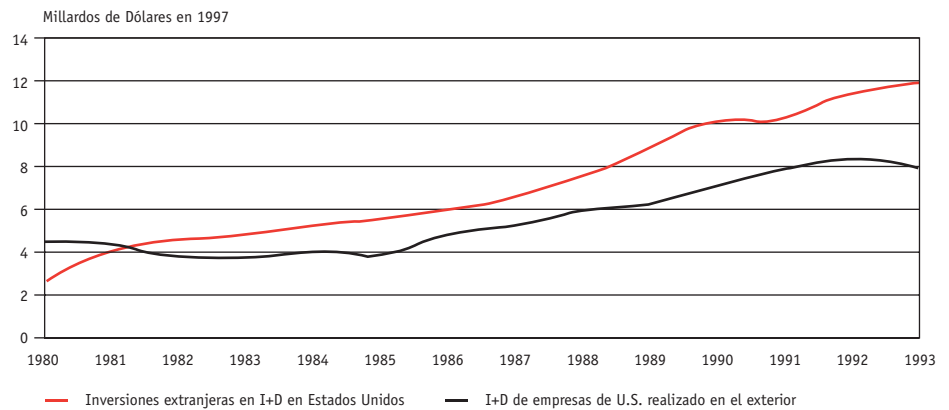
El siglo xx ha visto a los Estados Unidos situarse en una posición de preeminencia global en la generación de nuevos conocimientos. El liderazgo mundial en innovación ha sido considerado tanto una causa como una consecuencia del éxito económico de la nación en el ámbito mundial. Pero parece inevitable que a medida que otras naciones desarrollan sus capacidades innovadoras, los Estados Unidos se irán haciendo menos dominantes en varias disciplinas científicas y sectores económicos.

Las tendencias más recientes sugieren que aunque los Estados Unidos siguen siendo el líder mundial en la generación de nuevos conocimientos, otros países están contribuyendo más que en el pasado. La cuota de toda la bibliografía científica y técnica en el ámbito mundial sigue siendo mucho mayor que la de cualquier otro país, pero se ha reducido ligeramente en los últimos años pasando de un 36% en 1981 a un 34% en 1993. La mayor parte de esta reducción se puede atribuir a la cuota en aumento de Japón.

Sería un error considerar estas tendencias como una amenaza para los Estados Unidos. A medida que las actividades de investigación básica crecen en el ámbito mundial y el stock global de nuevos conocimientos aumenta, todos los países se benefician. Más aún, otros países son cada vez más nuestros colaboradores en investigación básica. La colaboración transnacional en investigación, facilitada por los rápidos avances en tecnología de la información, es un fenómeno en aumento y un mecanismo cada vez más importante para acumular recursos dirigidos a grandes proyectos de investigación básica. Los cuadros 6 a 8 ilustran tres medidas de esta tendencia.

- Como se observa en el cuadro 6, la inversión de otros países en I+D en los Estados Unidos ha crecido espectacularmente desde 1980; la I+D desarrollada en el extranjero por empresas de Estados Unidos también ha aumentado, aunque a una tasa menor.

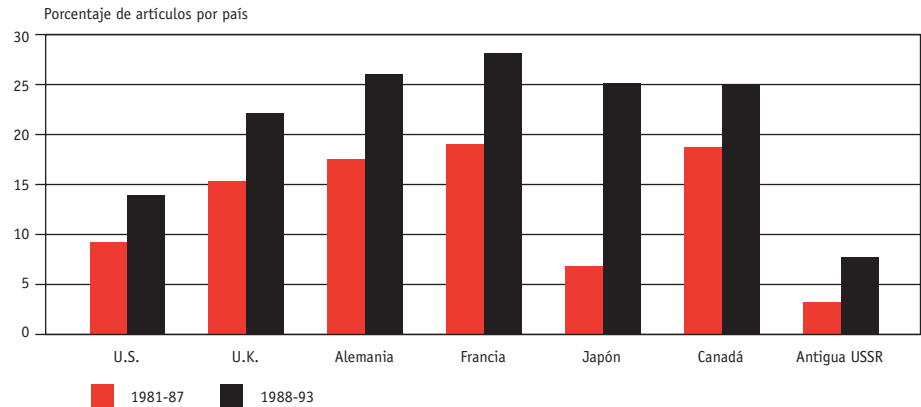
CUADRO 6 AUMENTO DE LAS INVERSIONES INTERNACIONALES EN I+D



Fuente: National Science Board, *Science & Engineering Indicators*, 1996. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996.

- En cuanto a la cuota del total de artículos científicos nacionales, los artículos con coautores internacionales han crecido por lo que se refiere a todos los países industriales en cabeza (ver cuadro 7).

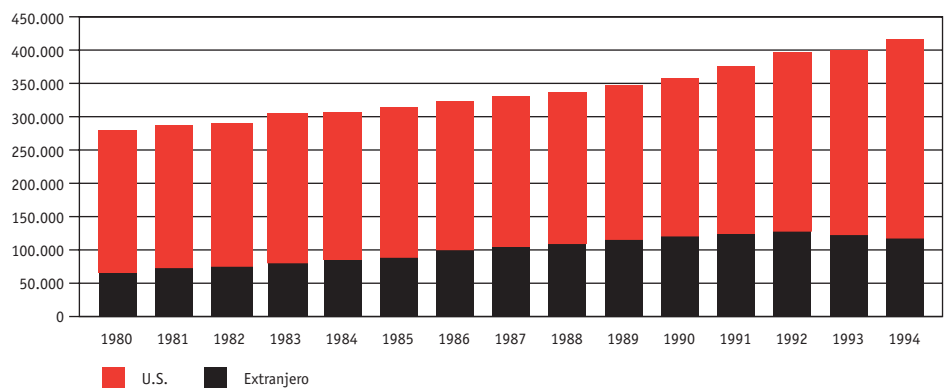
CUADRO 7 ARTÍCULOS DE COAUTORES INTERNACIONALES POR PAÍSES



Fuente: National Science Board, *Science & Engineering Indicators*, 1996. Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996. Appendix Table 5-34.

- Finalmente, el número de estudiantes extranjeros graduados en programas de investigación académica en los Estados Unidos ha crecido un 75% desde 1980, aunque en cuanto a la tasa de todos los estudiantes graduados, su número sólo ha crecido ligeramente durante este período y en la actualidad está bajando (véase cuadro 8).

CUADRO 8 ESTUDIANTES EXTRANJEROS Y DE U.S. LICENCIADOS EN CIENCIAS E INGENIERÍA A TIEMPO COMPLETO EN LAS UNIVERSIDADES DE U.S.



Fuente: National Science Foundation/SRS, Survey of Graduate Students and Postdoctorates in Science and Engineering (datos disponibles en www.nsf.gov), Table B-5.

Algunos observadores se han cuestionado la habilidad de los Estados Unidos para conseguir el retorno de sus inversiones en investigación en una economía y comunidad científica cada vez más globalizada. Por ejemplo, el creciente número de estudiantes extranjeros graduados, que abandonan Estados Unidos tras su graduación, ha provocado preocupación en algunas partes. Pero no está en absoluto claro que el extranjero formado en Estados Unidos, que vuelve a su propio país, represente una pérdida neta para la economía de Estados Unidos. Después de todo, gran parte del valor de la investigación universitaria de Estados Unidos se deriva del trabajo realizado por estudiantes graduados durante su estancia en la universidad. Más aún, la industria de Estados Unidos se beneficia de la investigación realizada en el extranjero, a menudo desarrollada por científicos e ingenieros educados en América.

Conclusión

La investigación básica de los Estados Unidos es incuestionablemente uno de los grandes éxitos de los pasados 50 años. Es evidente que el sistema descrito en este capítulo es fuerte y efectivo. Pero para mantener, e incluso construir sobre, este sistema durante los próximos 50 años, es necesario hacer frente a los problemas. Desde cómo los políticos federales asignan fondos para la investigación básica, hasta cómo los investigadores individuales equilibran sus responsabilidades de investigación y de enseñanza con las solicitudes de subvenciones y relaciones con el mundo empresarial –estos temas deben estar incluidos en la agenda de los políticos y líderes empresariales implicados en la investigación básica y guiarán la discusión sobre recomendaciones de la política a seguir en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO 4

**Mantener el liderazgo
de Estados Unidos
en la investigación básica:
la recomendación del CED**

El sobresaliente progreso científico que ha ayudado a definir el siglo xx de América se debe, en no pequeña parte, a las singulares características de nuestro sistema de investigación básica. Los capítulos 2 y 3 han descrito estos elementos de éxito de la investigación básica de América –financiación pública, asignación de recursos basada en el mérito, el papel central de la universidad, la primacía del investigador individual y una sólida trayectoria educativa para científicos e ingenieros futuros– y cómo han contribuido al logro de los beneficios sociales y económicos de que gozamos hoy. Pero en cada uno de estos elementos existen en la actualidad signos de tensión que deben ser adecuadamente tratados si la promesa de la investigación básica del mañana es alcanzar las expectativas creadas por los éxitos del pasado. En este capítulo, describiremos los retos que se le plantean a nuestro sistema de investigación básica, ofreciendo recomendaciones de la política a seguir que se dirigen a:

- Problemas en el modo en que se asignan recursos a la investigación básica
- Las amenazas existentes para garantizar recursos adecuados para el futuro de ésta
- Los retos de mantener un flujo de científicos e ingenieros de alta cualificación dentro del sistema de investigación básica
- Los conflictos y problemas potenciales que surgen de la creciente interacción entre las universidades y el mercado
- Los retos a que se enfrenta la investigación básica americana en una economía y sistema de investigación cada vez más global.

Mejorar la asignación de recursos para investigación básica

Además de garantizar un adecuado nivel de recursos para investigación básica, los políticos tienen la responsabilidad de optimizar el potencial de esos recursos por medio de mecanismos eficientes de asignación. Existe derroche e ineficacia en los actuales sistemas de asignación de fondos para la investigación básica. Las deficiencias en la asignación aparecen en dos niveles: 1) en la asignación, desde la agencia de financiación al investigador, bien se haga competitivamente, basada en la evaluación por pares; bien se conceda al investigador individual en lugar de a las instituciones; 2) en la asignación de fondos, procedentes del Congreso, a las agencias y a sus objetivos.

MECANISMOS PARA ASEGURAR LA CALIDAD EN LA FINANCIACIÓN

Si la investigación básica fuera como cualquier otro proceso de producción, la asignación eficaz de recursos sería un asunto relativamente sencillo. Los recursos se dedicarían a las iniciativas más productivas, como si se calculara por medio de una medida de producción. Pero, como se describió en el Capítulo 2, medir los resultados de la investigación y la productividad de la investigación básica en general, por no mencionar los proyectos individuales de investigación básica, es extremadamente problemático.

Durante años, las agencias gubernamentales, bajo distintos gobiernos, han tratado de desarrollar formas de medir los resultados e indicadores relativos a la productividad y a la calidad, para la investigación financiada federalmente. La iniciativa más reciente ha sido realizada por el Congreso, bajo los auspicios de la Government Performance and Results Act (GPRA). La GPRA exige a todas las agencias gubernamentales que presenten planes de actuación para medir y evaluar los impactos del programa como medio de incrementar la responsabilidad pública, un ejercicio que ha demostrado ser comprensiblemente problemático para los programas relacionados con la investigación y la ciencia. Las iniciativas para incrementar la responsabilidad del gobierno son loables y la investigación básica financiada por éste no debería estar exenta. Sin embargo, la GPRA no debería imponer criterios del mismo tipo para medir resultados. Tal método demostraría que no es, en el mejor de los casos, operativo para los programas de investigación; en el peor, una imposición rígida de estándares de actuación cuantificados socavaría la investigación básica, disminuyendo el tiempo de realización de los proyectos y limitando su ámbito a áreas en las que el resultado es predecible desde el principio.

Medir los resultados de la investigación básica no es menos problemático para las empresas, lo que han hecho con resultados diversos. El caso IBM resalta las iniciativas de la empresa para cuantificar sus resultados de investigación, midiendo por ejemplo el número de patentes solicitadas, el número de becas externas recibidas por los investigadores de IBM, y realizando auto-balances de los resultados clave del año.

A falta de medidas de productividad prácticas y con significado, debemos basarnos en otros medios para asignar recursos eficazmente. La mejor alternativa, en nuestra opinión, es el sistema competitivo de evaluación por pares para las subvenciones de investigación.

La concesión de ayudas, evaluada por pares, a los investigadores individuales –y cada vez en mayor medida a equipos de investigadores– para proyectos de investigación individual ayuda a garantizar la calidad, sobre una base proyecto por proyecto. Algunos críticos han señalado que la evaluación por pares fomenta una red de “enchufismo” porque favorece el status quo en la asignación de subvenciones. De todas formas, no conocemos un mecanismo mejor para primar al contenido por encima del prestigio o de los intereses políticos.

El peor abuso en la asignación de dólares para la investigación básica, que conduce al uso menos productivo de las subvenciones para investigación, es la asignación de fondos por parte del Congreso. La encuesta más reciente de estas actividades muestra un crecimiento espectacular del número de subvenciones políticas para investigación universitaria en los últimos años. El cuadro 9 ilustra el aumento en número de éstas durante el período 1981-1992; en el curso de una década, creció de decenas a cientos de millones de dólares. Estas asignaciones políticas situaron frecuentemente intereses electorales, o incluso objetivos loables, como el desarrollo económico regional, por encima del mérito científico. **Al eludir el proceso competitivo de evaluación por pares para determinar el mérito, la asignación política de fondos para la investigación básica es una forma de “clientelismo político” como cualquier otra; debería ser reconocida como tal y quedar claro que no debe tener cabida en nuestro sistema de investigación básica subvencionada por el sector público.**

Evidentemente, la asignación de fondos por medio de becas evaluadas por pares a los investigadores individuales no satisface todas las necesidades de nuestra investigación básica. Por ejemplo, ha habido durante mucho tiempo, y continúa habiendo, una necesidad de inversiones públicas en proyectos a gran escala, a los que a menudo se les denomina “gran ciencia”. Históricamente, proyectos como el reactor de fusión de la Universidad de Princeton, los objetivos del histórico satélite Voyager, y el proyecto de la NSF de perforaciones marinas han demostrado que son muy importantes para la investigación básica y no habrían podido

desarrollarse en el contexto de las relativamente pequeñas subvenciones individuales. **En casos como éstos, cuando la naturaleza y extensión del proyecto de investigación hacen inoperantes las subvenciones al investigador individual, la financiación directa a las instituciones más que a las personas es lo adecuado.**

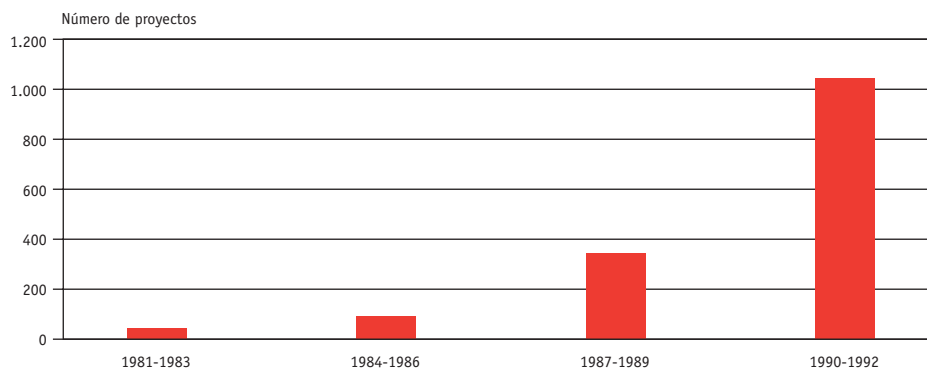
Desgraciadamente, a causa de los grandes intereses económicos regionales e institucionales, la financiación de la gran ciencia queda a menudo presa de los intereses políticos.

Frecuentemente, también está amenazada por recortes presupuestarios u otros intentos externos para influir en la naturaleza del proyecto. **Es responsabilidad de los políticos garantizar las necesarias inversiones en gran ciencia y conceder las subvenciones institucionales sobre la base del mérito científico (determinado por comités asesores de expertos) y en el contexto más amplio de las necesidades y prioridades nacionales.**

Además, es importante señalar que la asignación de fondos a la gran ciencia, por medio de subvenciones institucionales, significa, simplemente, invertir en la infraestructura necesaria para poder investigar en ciertos campos, proporcionando a los investigadores las herramientas para hacer su trabajo. **El trabajo científico que resulta de las inversiones en estas herramientas debería regirse por el mismo proceso competitivo de evaluación por pares que el de los proyectos de investigadores individuales.**

En suma, los mecanismos primarios para asignar fondos federales para investigación básica en todas las agencias e instituciones –sean universidades, laboratorios federales, u otros– deberían basarse en el mérito científico determinado por medio de una evaluación por pares y en el apoyo a los investigadores y proyectos individuales. Las asignaciones políticas de fondos para investigación básica suponen un uso improductivo de fondos escasos y deberían suprimirse. Las necesidades de la gran ciencia pueden satisfacerse sin sacrificar la calidad científica, pero ello depende decisivamente de las motivaciones de los políticos y de las opiniones de los científicos.

CUADRO 9 CRECIMIENTO DEL NÚMERO DE PROYECTOS ACADÉMICOS



Fuente: National Science Board, *Science & Engineering Indicators—1993*, (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1993), p.139.

GARANTIZAR SUBVENCIONES ADECUADAS PARA TODAS LAS DISCIPLINAS DE INVESTIGACIÓN BÁSICA

La evaluación por pares desempeña un importante papel en garantizar la calidad en la asignación de los fondos procedentes de las agencias federales a los proyectos individuales de investigación. Pero en el inicio del proceso de financiación –la asignación de dólares para investigación básica desde el Congreso a las agencias federales– no existe tal mecanismo que asegure la calidad en su conjunto. **El establecimiento de amplias prioridades en investigación básica entra en el campo de acción de los políticos del congreso y de la Administración, y debería ser el resultado de un debate político bien informado.** Los científicos tienen un importante papel que desempeñar para asegurar que este debate esté bien informado; pero, en definitiva, estas decisiones son tomadas convenientemente por nuestros líderes electos.

Como lo demuestra el crecimiento de las asignaciones políticas de fondos, queda espacio para mejorar el modo en que deben establecerse las prioridades en cuanto a la financiación pública de la investigación básica. El CED no cree que sea práctica o remotamente probable una revisión del proceso de asignaciones de fondos del Congreso, de modo que satisfaga las necesidades de la investigación básica. Pero el Congreso puede actuar de muchas formas para garantizar la calidad de la investigación básica en sus asignaciones de fondos. **Nos parece decisivo que el Congreso trabaje para conseguir un equilibrio entre los objetivos de investigación básica, que son muy diversos, y que la investigación interdisciplinaria, cada vez más importante, reciba mejor tratamiento por los responsables de asignar fondos en el Congreso y los administradores de las agencias.**

EQUILIBRIO EN LOS OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN BÁSICA

En la actualidad, los objetivos de salud reducen el resto de las categorías de financiación federal para investigación básica. (ver “Life Sciences, Apéndice cuadros 7 y 10) Aunque reconocemos que los objetivos deben ser priorizados para satisfacer, en última instancia, las necesidades de la sociedad en general, también creemos que la falta de atención a otras áreas de investigación menos populares es preocupante. La investigación en el área de la salud se ha beneficiado, en gran medida, de los avances en la ciencia informática, ciencias de comportamiento y sociales, matemáticas y física –aunque estas disciplinas reciben la mayor parte de su financiación federal de objetivos no relacionados con la salud. El ámbito de la defensa, en especial, ha sido una importante, y en algunos casos la única fuente de financiación para diversas disciplinas científicas (ver Apéndice cuadro 12). Pero la reducción de la financiación para esta área, con respecto a los niveles de la Guerra Fría, ha tenido consecuencias negativas para algunos campos de la investigación básica.

Aunque las ciencias de la salud se han beneficiado claramente de las aplicaciones de avances en otras disciplinas, diversos ámbitos científicos no referidos a la salud, a su vez, han sido promovidos por la investigación biomédica. Además, las necesidades de la ciencia biomédica han creado una demanda para realizar más investigación en otros campos como el químico, el físico, materiales e ingeniería, y tecnología de la información.

Estas observaciones subyacen a la idea de que la investigación básica y el subsiguiente desarrollo forman parte de un proceso de refuerzo mutuo que se produce entre una variedad de campos de ciencia y de ingeniería. Todos estos ámbitos requerirán la financiación adecuada en un entorno cada vez más multidisciplinario.

Los cometidos mismos de las agencias dependen de muchas disciplinas científicas. En definitiva, el progreso en un solo campo no puede sostenerse si otros campos se quedan en el camino. **Con objeto de conseguir un equilibrio adecuado en la financiación de disciplinas científicas, los responsables de la asignación de fondos deben prestar una gran atención al impacto de las decisiones de otorgar financiación a agencias y objetivos en disciplinas científicas específicas.** Puesto que algunos objetivos han dejado de tener prioridad en el presupuesto federal (el de defensa posterior a la Guerra Fría) o puesto que el Congreso quiere realizar reformas estructurales en importantes programas vinculados a la investigación básica, debería valorarse el impacto (directo o indirecto) de las disciplinas científicas y esas disciplinas

deberían adaptarse, de modo que estuvieran en consonancia con los fines del objetivo de la agencia y las necesidades de la investigación básica en general. A menudo, esto puede significar que la financiación de la investigación básica sea una prioridad en otros objetivos y agencias (como la NSF), mientras que se hace menos prioritaria en objetivos de menor importancia (como en defensa).

UNA DIVERSIDAD DE OBJETIVOS

La National Science Foundation ha sido durante largo tiempo un modelo de financiación de la investigación básica evaluada por pares, independiente de los objetivos de agencia de ámbito federal, aportando fondos, sobre la base del mérito, al espectro total de las disciplinas de ciencias y de ingeniería. No obstante, gran parte del progreso científico del medio siglo pasado se derivó de asignaciones mucho mayores a la investigación básica financiadas por el Ministerio de Defensa y los Institutos Nacionales de la Salud. Por consiguiente, cualquier intento de apartarse de la financiación proveniente de las agencias y basada en un objetivo, en favor de los intentos “seculares” de la NSF, reduciría, en última instancia, el volumen de ayuda pública a la investigación básica, en general, y socavaría el valor de un acceso diversificado a la financiación. **El apoyo federal a la investigación básica debería ser diversificado en cuanto a sus fuentes de financiación, resistiéndose a los intentos de un control central o concentración en una sola área. El modelo diverso es el más viable políticamente y se adecua mejor a la naturaleza imprevisible de los resultados de la investigación básica. Por ello, no apoyamos las peticiones de un “Ministerio de Ciencia” o de un NSF que englobaría las demás fuentes públicas de ayuda a la investigación básica.**

INVESTIGACIÓN INTERDISCIPLINARIA EN LOS OBJETIVOS

Todas las fuentes de financiación federal de la investigación básica deberían reconocer el imperativo interdisciplinario de gran parte de la investigación básica actual y tener en cuenta tales consideraciones en sus decisiones de financiación. Los casos de estudio (y especialmente los casos Pfizer, Merck y Harvard) proporcionan muestras evidentes de que un enfoque interdisciplinario de la investigación científica es necesario, hoy, en muchas áreas y que se emplea con éxito, tanto por las empresas como por las universidades. **No es suficiente garantizar el equilibrio entre los objetivos; es cada vez más importante tener en cuenta cómo la investigación debe desarrollarse entre diversos objetivos de financiación y entre varias disciplinas científicas.** Las solicitudes de financiación que no se ajustan a las categorías o disciplinas científicas tradicionales no deberían quedar relegadas por una estructura de financiación tradicionalmente orientada a la disciplina en sí y por un sesgo de evaluación por pares. Este es un imperativo que afecta a las universidades y a los paneles de evaluación por pares al igual que lo hace a los administradores de las agencias y congresistas. Evaluar el mérito, en estos casos, puede requerir más esfuerzo (necesitando, por ejemplo, un panel de evaluación por pares formado por científicos de más de una disciplina). Pero el esfuerzo debería hacerse. Las universidades pueden promover la colaboración, apoyando el valor de ésta en la toma de decisiones de financiación, contratación de profesores visitantes a largo plazo y por medio de iniciativas a escala universitaria, independientes de las directrices de las agencias federales. El programa Harvard’s Mind/Brain/Behaviour ilustra tal iniciativa.

MANTENER A LAS UNIVERSIDADES EN EL CENTRO DE LA INVESTIGACIÓN BÁSICA AMERICANA

EL PAPEL CENTRAL DE LA UNIVERSIDAD

El CED cree que la utilización más productiva de los fondos federales para investigación básica se realiza por medio de las universidades de la nación. La excepcional trayectoria de las universidades en la realización de investigación básica de alta calidad no es sorprendente, dado el papel central del investigador individual y el uso cada vez mayor de la competencia en la concesión de subvenciones.

La universidad merece ser la institución primordial de investigación básica, por otra razón más: la financiación federal de la investigación universitaria garantiza la salud futura de la ciencia e ingeniería, contribuyendo a la formación de los estudiantes universitarios. Los científicos e ingenieros del mañana reciben la mejor formación posible en los laboratorios de investigación universitarios, por medio de su participación directa en la investigación que se está llevando a cabo. No existe sustituto de este tipo de formación. Una reducción de las dotaciones a las universidades debilitaría terriblemente las bases del sistema de investigación básica del futuro.

PROBLEMAS Y SOLUCIONES EN LA ADMINISTRACIÓN DE SUBVENCIONES FEDERALES PARA LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA

Aunque la financiación federal de la investigación básica en las universidades ha sido muy fructífera, hay varios aspectos del proceso de concesión de las ayudas que son problemáticos –para el investigador individual y para las universidades– y que deberían reformarse. Existen quejas entre muchos investigadores universitarios de que la estructura competitiva del sistema de subvenciones se ha hecho demasiado gravosa para el investigador individual y ha desanimado a los científicos jóvenes a realizar una profesión de investigación académica. La carga administrativa para el investigador individual reside en: 1) corta duración de las ayudas, que lleva a tener que repetir la preparación y presentación de solicitudes para poder proseguir los proyectos de investigación; 2) la baja tasa de éxito de las solicitudes; 3) el largo período de tiempo transcurrido entre la presentación de las solicitudes y la comunicación de concesión; 4) la gran dependencia del investigador de la ayuda externa y la falta de capital-semilla. **Para paliar estos problemas instamos a los organismos que conceden las subvenciones (y a las universidades) a revisar sus requisitos y sistemas de ayuda con la vista puesta en la reducción de la carga administrativa.**

Los organismos de concesión de subvenciones deberían idear medios para ofrecer a los científicos sobresalientes subvenciones de mayor duración, para proporcionar a los científicos jóvenes recursos suficientes para emprender su carrera científica, y para garantizar que los investigadores ya establecidos, que provisionalmente no cuentan con una subvención, no se vean forzados a abandonar su productiva tarea de una investigación a largo plazo. Instituciones como el Howard Hughes Medical Institute y el Scripps Research Institute proporcionan pistas para la actuación de las instituciones que conceden las becas y las universidades a este respecto. En especial, exhortamos a los organismos a considerar la ampliación del período de financiación de sus subvenciones a la investigación básica. El proceso continuado de solicitar y volver a solicitar subvenciones tiene un efecto desalentador en los científicos e ingenieros jóvenes que pretenden que su profesión sea la investigación universitaria. Una duración más larga y estable de las subvenciones paliaría este problema. Muchos organismos patrocinadores han comenzado ya un proceso de reducción de las cargas administrativas en la concesión de subvenciones y han realizado algún progreso. Por ejemplo, algunos organismos permiten ahora el envío electrónico de solicitudes. Sin embargo, una causa persistente e importante de esta carga administrativa deriva del complejo sistema de reembolso de gastos generales o costes indirectos del proceso público de subvenciones. Las concesiones federales de subvenciones a la investigación y a los investigadores académicos incluyen la financiación que cubre los costes directos de la investigación y los gastos generales de investigación en los que incurre la universidad, cuyos reembolsos varían considerablemente de subvención a subvención. Desde la perspectiva de la universidad, hay grandes costos asociados

a las inversiones en instalaciones, equipos y recursos humanos necesarios para conseguir subvenciones para el investigador individual y desarrollar un proyecto de investigación en la universidad. Los ingresos propios para la enseñanza de la universidad y otros fondos recibidos para la educación están destinados exclusivamente a esa función. Sin un reembolso de los gastos generales, las universidades no tendrían el nivel necesario de recursos o incentivos para desarrollar una investigación básica dinámica.

Pero la situación actual, procedimientos basados en el coste para establecer el reembolso federal de los gastos generales han dado lugar a una relación distante entre universidades y gobierno. Los procedimientos actuales son muy costosos y consumen mucho tiempo y, según algunos expertos, distorsionan los incentivos para inversiones eficientes. Para evitar estas distorsiones, y gran parte de la carga administrativa, recomiendan un sistema en que el porcentaje de gastos generales asociado a todas las subvenciones a la investigación se establezcan por patrones de referencia, o porcentajes de promedio de gastos generales en universidades similares. Los patrones de referencia estarían determinados sobre una base periódica, examinando los costes en un pequeño grupo de universidades dentro de cada clase de institución. Este procedimiento reduciría, en gran parte, los costes de contabilidad y de auditoría para las universidades. También minimizaría el endeudamiento, que las universidades consideran excesivo, a causa del poder del gobierno para exigir niveles inferiores de reembolso. Las universidades han señalado que el desplazamiento de costes ha crecido insistentemente en los últimos años, con los organismos federales cada vez menos dispuestos a cubrir convenientemente los gastos generales. Finalmente, el patrón de referencia proporcionaría a las universidades un fuerte incentivo para recortar los gastos generales, porque se beneficiarían de mantener los costes por debajo del mismo.

El CED cree que el patrón de referencia del porcentaje de reembolso de los gastos generales tiene, en principio, su utilidad e insta a los organismos de financiación y a las universidades a explorarlo sobre una base experimental. La definición de “universidades similares” es una tarea difícil, que debería tener en cuenta las variaciones geográficas, entre otros factores. En general, la reforma del proceso de reembolso de los costes indirectos debería estar guiada por los principios de juego limpio (por ambas partes) y sencillez.

¿DEMASIADAS UNIVERSIDADES?

Algunos observadores están preocupados por el número de universidades que compiten por las subvenciones públicas en la actualidad. Como este número aumenta, los recursos para investigación básica se distribuyen en menor cantidad y pueden ser destinados a usos menos efectivos. Reconocemos esta posibilidad, aunque **no apoyamos los intentos de establecer un número fijo de universidades elegibles para recibir subvenciones, o todavía peor, una lista fija de universidades específicas elegibles para recibir financiación.** La experiencia histórica demuestra que es muy difícil prever quién realizará descubrimientos y dónde tendrán lugar esos descubrimientos. Más aún, tales determinaciones, a nuestro entender, violan los principios de flexibilidad y competencia que han marcado el éxito del sistema americano de investigación universitaria.

El CED cree que el número adecuado de universidades se determinará mejor reforzando los mecanismos existentes de evaluación por pares, así como distribuyendo los fondos por proyectos y por investigador individual, más que a escala institucional. La competitividad para obtener fondos, basada en el mérito científico, separará, en última instancia, el grano de la paja entre las universidades. Aquéllas que no cuenten con investigadores de alto nivel no podrán desarrollar un programa de investigación por medio de subvenciones públicas. Y la competencia abierta a los investigadores, independientemente de la institución en la que se encuentren, garantiza la accesibilidad al talento dondequiera que esté.

Desgraciadamente, la investigación universitaria que se financia sin un sistema de evaluación por pares no está sujeta a este importante proceso competitivo. De nuevo, las asignaciones

políticas de fondos no son un mecanismo de financiación apropiado para ayudar a las universidades o a cualquier otra institución de investigación. La investigación universitaria mantenida por asignaciones políticas de fondos no es probable que cumpliera con el estándar de evaluación por pares, y una proliferación de las universidades, debido a estas asignaciones, debilitaría la calidad de nuestro sistema de investigación básica.

Por último, aunque no apoyamos un enfoque “de arriba abajo” para limitar el número de universidades, tampoco creemos que las universidades y escuelas universitarias de los Estados Unidos deban considerar como un derecho o una obligación buscar dólares públicos para investigación. La competencia para la obtención de fondos para la investigación es saludable para la investigación básica; no resulta siempre de interés para las universidades y las escuelas universitarias entrar en esta competencia. **En especial, las escuelas no deberían desatender su labor educativa en este proceso. En el caso de muchas instituciones, el desarrollo de una función de investigación se realiza a expensas de la educación no universitaria, que es decisiva no sólo para la investigación básica sino para nuestra economía y sociedad en su conjunto.**

LAS ALTERNATIVAS EXISTENTES PARA LAS UNIVERSIDADES SON POCO IMPORTANTES

Aunque el CED apoya la financiación de la investigación básica por medio de una diversidad de programas y organismos, cuestionamos el grado de éxito que algunos de ellos han tenido en el apoyo de la investigación básica. Creemos que cuanto más alejados estén estos organismos de un sistema de subvenciones competitivo, basado en el mérito, más pobre será la ciencia que apoyen. La calidad de la investigación financiada por el Ministerio de Agricultura ha sufrido por esta razón. De hecho, sólo el 5,4% del presupuesto para investigación de este Ministerio va a parar a subvenciones de investigación competitivas nacionalmente. Si los retornos de nuestras inversiones públicas en investigación agrícola tienen que mejorar en el futuro, este porcentaje debe aumentar considerablemente.

Los laboratorios nacionales del Ministerio de Energía se enfrentan a un futuro incierto, debido, en parte, a los mecanismos inadecuados para evaluar el mérito, pero también debido a que sus objetivos están desplazándose. Sería un error considerar el fin de la Guerra Fría como el fin de la justificación de la existencia de los laboratorios nacionales. Quedan objetivos de investigación en defensa y en energía muy importantes que se inscriben en la esfera de actuación de muchos de estos laboratorios. Sin embargo, a instancias de la Administración y del Congreso, muchos de ellos desarrollan cada vez en mayor medida la investigación *du jour*, con más de la mitad de sus dólares de investigación dedicados al desarrollo del producto comercial, a menudo por medio de asociaciones con la industria. Aunque la colaboración de la industria con los laboratorios nacionales puede satisfacer los intereses competitivos de industrias específicas, en el desarrollo y comercialización de tecnologías, no siempre sirve a los intereses de la nación y de los contribuyentes. Como señalamos más adelante en este mismo capítulo, **subvencionar la tecnología civil por motivos de competitividad nacional no es una misión federal justificable y no debería permitirse que desplazara a las inversiones federales en investigación básica.** Más aún, el caso Intel, descrito en el capítulo 3, ilustra el laberinto político que tales colaboraciones puede crear, cuando la justificación del objetivo es débil, dando lugar a cuestiones de favoritismo entre las empresas, así como a quejas por las subvenciones públicas indirectas a empresas extranjeras.

Al mismo tiempo, los laboratorios nacionales siguen representando un enorme recurso potencial para el sistema de investigación básica de la nación, especialmente orientados a investigación científica a gran escala. **Hacemos un llamamiento al Congreso y a la Administración para que realice una definición clara de los objetivos de los laboratorios y establezca qué reordenaciones de objetivos y funciones son necesarias.** Las recomendaciones de la Comisión Galvin deberían servir de punto de partida para este cometido. Los laboratorios deberían ser libres para emprender acciones por sí mismos que garantizaran que se atrae y se contrata a los mejores investigadores para realizar los objetivos de los laboratorios. En especial, una mayor

parte de la investigación desarrollada en los laboratorios nacionales, incluyendo la ciencia a gran escala que tienen la capacidad de desarrollar, debería acogerse a un sistema de evaluación competitiva, basada en el mérito, que caracteriza a lo mejor de nuestro sistema de investigación básica.

Aparte del mérito científico y de la justificación de su misión, la relación coste-eficiencia en estos laboratorios debería mejorarse; la realización de investigación básica en los laboratorios nacionales no debería costar más que proyectos similares en otras instituciones de investigación básica. A este fin, los proyectos de investigación desarrollados en los laboratorios nacionales deberían liberarse de los múltiples estratos de microgestión provenientes del Ministerio de Energía y del Congreso que han dado lugar a graves ineficacias y rigideces en estos laboratorios.

En resumen, nos parece claro que si los laboratorios nacionales deben continuar desempeñando un papel productivo en la investigación básica, este papel debe estar justificado sobre la base de objetivos importantes, con definiciones externas del mérito científico evaluadas por pares y una gestión eficaz y estructuras de supervisión.

**Mantener nuestra capacidad
de hacer investigación básica
en el futuro**

La capacidad futura para hacer investigación básica requiere que hoy se plantee a largo plazo. Desgraciadamente, existen dos amenazas para la investigación básica del mañana que, por lo general, despiertan demasiada poca atención entre nuestros líderes políticos y gestores en general.

Una es la financiación de la investigación básica. El entorno presupuestario federal actual, con perspectivas prometedoras en cuanto a superávits presupuestarios, por lo que parece, ha creado una actitud decididamente optimista dentro de la comunidad científica y de la ingeniería (y entre sus defensores en Washington). Hablar de la existencia de una amenaza para la financiación de la investigación básica les puede parecer a muchos una rareza, si no directamente una locura. Sin embargo, la posibilidad de un apoyo adecuado y estable, no sólo para los siguientes años, sino para las próximas décadas, queda lejos de estar asegurada.

La segunda área sobre la que se debe pensar a largo plazo es conservar la capacidad humana para hacer investigación básica. Mantener el flujo educación-empleo para la investigación básica también significa estimular la aptitud técnica y científica de todos los estudiantes y de la sociedad en su conjunto. Este esfuerzo es importante para que nuestros ciudadanos puedan explotar mejor el flujo creciente de nuevo conocimiento en un entorno laboral cada vez más sofisticado y no se pierda así la importancia de la investigación básica porque la sociedad esté menos en contacto con el progreso científico.

GARANTIZAR RECURSOS ADECUADOS PARA LA INVESTIGACIÓN BÁSICA

A lo largo de este capítulo, recomendamos líneas de actuación para que los recursos de la investigación básica se utilicen más productivamente. Pero ninguna de estas recomendaciones de políticas a seguir deberían tomarse como argumento para continuar con menos financiación pública. Como señalamos en el capítulo 2, el retorno económico y social de las inversiones en investigación básica ha sido tremendo sólo en este siglo. **Dado este nivel de beneficios, la financiación adecuada y continuada de la investigación básica debe ser una prioridad nacional constante y de primer orden.**

Con esto en la mente, estamos profundamente preocupados por tendencias que conllevan el potencial para reducir el nivel de recursos para la investigación básica en el futuro. Tanto la Administración como el Congreso expresan ahora su deseo de aumentar sustancialmente la financiación de la investigación básica durante los próximos años. Queda por ver, sin embargo, cómo se materializarán estos incrementos y si se mantendrán. Los beneficios aleatorios derivados de una economía en auge serían ciertamente aportes adicionales muy bien recibidos para la financiación de la investigación básica. Sin embargo, no eliminan los desequilibrios políticos y presupuestarios que se ciernen como amenazas para la financiación futura.

RECONOCER EL PAPEL DEL APOYO DEL SECTOR PRIVADO A LA INVESTIGACIÓN BÁSICA

Los defensores de un papel menor del gobierno en la investigación básica, ponen los presupuestos cada vez mayores del sector privado con respecto a la I+D como prueba de que los esfuerzos del gobierno federal ya no son tan importantes en esta área. El argumento es: la industria está haciendo más, por consiguiente, el gobierno puede hacer menos. Sin embargo, la inversión privada en I+D, en conjunto, no debería confundirse con la inversión en investigación básica, ni la investigación básica industrial confundirse con la financiación de la investigación básica apoyada por el gobierno. Como se señaló en el capítulo 3 y como lo ilustra el caso Pfizer, aunque “el tejido I+D e innovación” es complejo, con interacciones complicadas entre la investigación básica y la aplicada, queda claro que el papel del sector privado en la investigación básica, y en I+D en general, es, y seguirá siendo, muy distinto al del gobierno.

En resumen, la industria seguirá apoyando y desarrollando importantes áreas de investigación básica; pero este trabajo no debería ser considerado como un sustituto del papel mucho más importante del gobierno en el apoyo de la investigación básica. Dadas estas tendencias y la interpretación errónea de ellas, que prevalece entre algunos líderes políticos y entre el público en general, instamos a las empresas a dialogar con los líderes políticos y el público americano para que puedan entender mejor la importancia decisiva del apoyo del gobierno a la investigación básica.

ELEGIR LA INVESTIGACIÓN BÁSICA FRENTE A OTRAS PARTIDAS EN COMPETENCIA

HACER FRENTE A LA AMENAZA DE LOS PROGRAMAS SOCIALES

A pesar del decidido apoyo político a incrementos de la financiación a corto plazo, la financiación de la investigación básica es probable que esté menos segura en los próximos años, debido a los costes presupuestarios del envejecimiento de la población. La investigación básica es una de las muchas partidas que entra en competencia dentro de una parte discrecional, que se va reduciendo, del presupuesto federal, en precario por la rápida expansión de los programas sociales, especialmente de la Seguridad Social, Medicare y Medicaid. El considerable flujo de ingresos que el presupuesto federal ha recibido del actual ciclo económico expansivo no borra las marcadas deficiencias estructurales del presupuesto. Este es un problema que será espectacularmente peor cuanto más esperemos para solucionarlo; en efecto, en última instancia, nos tendremos que enfrentar a devastadores recortes en el presupuesto para investigación básica si la inversión en programas sociales no se controla antes de que la generación baby-boom se jubile. **Como ha señalado frecuentemente el CED en años recientes, nuestro liderazgo político debe hacer frente a la creciente carga de los programas sociales federales.** De otra forma, el presupuesto federal no tendrá espacio para otras actividades del gobierno mucho más importantes, incluyendo la inversión en investigación básica.

FINANCIACIÓN FEDERAL PARA TECNOLOGÍA CIVIL

Una de las partidas en competencia a la que se enfrenta la investigación básica en el presupuesto federal es la inversión en investigación aplicada e investigación de desarrollo, gran parte de la cual es necesaria para alcanzar objetivos en diferentes cometidos, como el desarrollo de tecnología de sistemas de armamento para la defensa nacional. Sin embargo, una iniciativa importante de años recientes ha sido tratar de mejorar la competitividad nacional de la industria de Estados Unidos, aumentando las inversiones federales en ciertas áreas de investigación aplicada y de desarrollo de tecnología civil. El Programa de Tecnología Avanzada del Ministerio de Comercio es un producto de esta iniciativa.

El CED no cree que los programas de competitividad nacional tengan la misma necesidad fundamental de apoyo federal que la investigación básica. En el capítulo 2, describimos la necesidad acuciante de apoyo del gobierno a la investigación básica. Aunque los defensores de los programas de competitividad a menudo utilizan el mismo lenguaje para exponer sus razones –los subsidios públicos son necesarios para corregir los niveles insuficientes de financiación por parte del sector privado en áreas clave (es decir, “fallos del mercado”)–, opinamos que estas razones distan mucho de ser convincentes. Evidentemente, demasiado a menudo la inversión del gobierno en programas de este tipo supone poco más que exenciones fiscales a algunas empresas favorecidas, para apoyar investigación que el sector privado habría financiado por sí mismo o investigación que no es merecedora de financiación pública o privada.

Salvo en pocas excepciones, no creemos que el gobierno deba acometer la financiación directa de lo que consideramos que es una función del sector privado –desarrollo y comercialización de tecnologías. Existen excepciones cuando se trata de financiación que puede ser considerada estrictamente como una función de intendencia, como en el ejemplo de la defensa nacional, o para corregir un fallo del mercado claramente definido y bien justificado.

Finalmente, el CED cree que el gobierno debería conocer las actividades de investigación básica que tienen lugar en la industria y debería evitar que se duplicaran las iniciativas. La financiación federal es más vulnerable a la duplicación cuando las iniciativas de investigación tienen un destino excesivamente prefijado –como en la investigación dirigida a enfermedades específicas– y exentas de un proceso general de evaluación por pares.

PRESERVAR EL FLUJO DE EDUCACIÓN Y EMPLEO

Además de la financiación de la investigación básica, una segunda amenaza para la misma, a largo plazo, reside en nuestra capacidad para mantener un flujo de futuros científicos e ingenieros, una fuerza de trabajo adecuadamente formada en ciencias para explotar nuevos conocimientos, y una ciudadanía con suficiente comprensión de la ciencia básica que sepa reconocer su importancia y apoye su progreso.

Estados Unidos no corre el peligro de quedarse sin científicos e ingenieros que desarrollen investigación básica en un futuro cercano. Después de todo, sólo suponen una parte minúscula de la fuerza de trabajo: en una fuerza de trabajo de 132 millones de personas, sólo 542.000 son doctores científicos e ingenieros. Pero existe una creciente desconexión entre la necesidad de una fuerza de trabajo altamente preparada en investigación básica por una parte, y la calidad de nuestra educación K-12 en matemáticas y ciencia y el interés por la ciencia en el nivel no universitario (undergraduate) por otra. Más aún, el atractivo de tener un empleo en investigación básica en las universidades está distorsionado por la cantidad de tiempo destinado a solicitar y a cumplir los requisitos de las becas federales, así como las demandas de las oficinas universitarias de transferencia de tecnología. Si no se les hace frente, nos preocupa que estas tendencias vayan erosionando la base de estudiantes americanos que quieran o puedan desarrollar profesiones de investigación básica.

Estas tendencias también exacerban el reto creciente de atraer mujeres y minorías a la formación y al desempeño de profesiones de investigación básica. La importante baja representación de estos grupos en las disciplinas de ingeniería y de ciencias tiene efectos de largo alcance en nuestro sistema de investigación básica; en parte contribuye a la preocupación de que el proceso de evaluación por pares está favoreciendo a algunos investigadores y a algunos proyectos de investigación. **Algunas universidades, organismos y organizaciones científicas han identificado como una prioridad el contar con una investigación más diversificada.**

Apoyamos esta opinión e instamos a estas instituciones a acelerar su realización.

Por último, también nos preocupa una sociedad que está cada vez más aislada del mundo de la ciencia y sus descubrimientos. En gran medida, este aislamiento se debe a la ciencia en sí misma. Quedan lejos los días en que se podía esperar de un ciudadano instruido que tuviera una base, incluso superficial, de todas las áreas del conocimiento (científico u otro). Pero el aislamiento que nos preocupa especialmente es el referido a la falta de comprensión y aceptación de los métodos y principios científicos. Esta deficiencia va en detrimento de las necesidades de especialización del mercado laboral actual. También amenaza con debilitar la financiación pública de la investigación básica, que se basa primordialmente en el apoyo del sector público. Si la sociedad se va haciendo menos entusiasta y más suspicaz con respecto a la ciencia, o simplemente indiferente, la defensa de la necesidad de apoyo a la investigación se hará mucho más difícil en el Congreso.

Basándonos en todas estas inquietudes, ofrecemos las siguientes recomendaciones para consolidar el canal de la educación y el empleo científicos, y la educación científica en general, no sólo para los científicos del futuro, sino también para un público que, en última instancia, debe apoyarla.

MEJOR EDUCACIÓN EN CIENCIAS Y MATEMÁTICAS EN EL NIVEL K-12

En una serie de informes de medidas de mejora educativa, los miembros del CED han realizado un amplio análisis de las estrategias necesarias para elevar el nivel académico en general, y en ciencias y en matemáticas en particular. La complejidad de esta tarea requiere un cambio global y coordinado en varias áreas interdependientes:

- Establecer unos estándares nacionales en matemáticas y ciencias y medir el progreso conforme a esos estándares.
- Aumentar el conocimiento y la preparación del profesor por medio de una mejor formación y más incentivos.
- Actualizar los planes de estudio y los métodos de enseñanza, incluyendo, pero no limitándose, a una mayor utilización de la tecnología en el aula e inversiones necesarias en infraestructuras, como espacio para laboratorios.

Mantenemos nuestro apoyo decidido a favor de unos niveles altos de exigencia a escala nacional en todas las disciplinas académicas clave, poniendo el énfasis en especial en las matemáticas y en la ciencia. Sin embargo, dadas las dificultades inherentes al desarrollo y aceptación de niveles nacionales en estas materias, instamos a los profesores y administradores a que recopilen, de un modo activo y continuo, información e investigación sobre nuevo conocimiento y realicen prácticas efectivas e innovadoras en las aulas y redirijan las funciones y objetivos de sus escuelas hacia una elevación de los niveles académicos de los estudiantes. No puede darse un mejor aprendizaje sin una enseñanza mejor. **Por consiguiente, nuestras escuelas necesitan tanto atraer como apoyar sin cesar a profesores de matemáticas y de ciencias mejor preparados, especialmente en los niveles escolares medio y superior.** Las estrategias para cumplir estos fines incluirían:

- Mejorar el modo en que los profesores se forman en las escuelas superiores, lo que supone exigir a los futuros profesores que aprendan cómo integrar la utilización de la tecnología y el estudio basado en un proyecto dentro del plan de estudios y exigir una especialización en matemáticas y/o ciencias a los profesores que tengan intención de dar clases en los niveles escolares medios o superiores.
- Elevar los niveles de los títulos para exigir a los profesores de ciencias y matemáticas de enseñanza media y secundaria estar especializados en sus disciplinas y a los profesores de enseñanza elemental haber seguido cursos relativos a estas materias.
- Emplear incentivos mayores, como un salario diferente, para atraer a profesores en ciencias y matemáticas más cualificados.
- Desarrollar prácticas alternativas de titulación de modo que los científicos y matemáticos experimentados de la industria puedan entrar en la enseñanza sin tener que pasar un tiempo innecesario formándose para dar clases, siempre que puedan demostrar sus habilidades docentes.
- Estimular a las empresas y otras organizaciones que empleen científicos e ingenieros para que ofrezcan cursos de verano para los profesores, poniéndoles en contacto directo con las matemáticas, ciencia y tecnología en el centro de trabajo. Estas organizaciones deberían explorar también oportunidades para que sus científicos e ingenieros mantengan reuniones durante la jornada escolar y fuera de ella con los profesores y estudiantes y así ayudarles a estar al día de los cambios en el conocimiento y práctica tecnológica y campos relacionados con la ciencia.

Finalmente, es fundamental que los estudiantes estén activamente interesados en el estudio de la ciencia y las matemáticas. **Creemos que unos métodos docentes mejorados, junto con las tecnologías de aprendizaje interactivo existentes en la actualidad, incluyendo ordenadores y la conexión a Internet, pueden estimular eficazmente el rendimiento del estudiante y acelerar la mejora en el aprendizaje. También son decisivas a este respecto inversiones importantes en mejorar las infraestructuras –muchas escuelas tienen pequeños laboratorios (o ni siquiera los tienen) que contribuyan al aprendizaje de la ciencia.**

Con el fin de atraer aún más a los estudiantes al estudio y estimularles a seguir una posible carrera de ciencias, deberían tener la oportunidad de colaborar con miembros de la comunidad investigadora. **Empresas, universidades y escuelas deberían trabajar juntos para situar a más científicos e ingenieros profesionales en las aulas como voluntarios que ayudaran en las clases, en el trabajo en los laboratorios y realizando trabajos de campo.** Estos voluntarios elevan la calidad de la enseñanza, demuestran a los estudiantes los beneficios profesionales futuros de una educación científica y matemática, y dan a conocer el papel de la ciencia y las matemáticas en el mundo actual. Iniciativas parecidas dan a los estudiantes y profesores oportunidades de aventurarse fuera de las aulas y explorar la naturaleza de la investigación básica en un entorno profesional. Los vídeos y películas atrayentes y de alta calidad pueden contribuir a este objetivo, puesto que superan los límites geográficos, de tiempo y de recursos, que no permitirían una interacción persona a persona.

MEJORAR LA FORMACIÓN UNIVERSITARIA

La formación científica universitaria es quizá el segmento más importante del canal de educación en investigación básica. Una educación científica que lleva 16 años en construcción puede derivar en una carrera en investigación básica o puede desviarse hacia algún otro campo, dependiendo de si el titulado decide o no completar su formación universitaria en ciencias. Para aquellos que eligen un futuro en investigación básica, su impacto como científicos o ingenieros depende en gran medida de la calidad de su formación universitaria.

Una buena formación científica está basada en el contacto directo con la investigación básica y la investigación científica. Es esencial que los estudiantes universitarios tengan acceso a proyectos de investigación en los que puedan participar. **Así, la formación de los estudiantes universitarios debería ser un criterio primordial para las universidades y el profesorado, al pensar en sus programas de investigación, especialmente en lo referente a la naturaleza de la investigación.**

El gobierno federal puede contribuir a que la formación del estudiante universitario sea una prioridad más importante en la universidad, incrementando el número de becas y subvenciones para formación de los estudiantes. El apoyo con becas que recibe directamente el estudiante, en lugar del apoyo que proviene indirectamente de subvenciones a proyectos de investigación, pone claramente el acento en la formación del estudiante más que en las necesidades de cualquier proyecto de investigación.

El tiempo prolongado para obtener el título universitario es otra preocupación, que, no por conocida es bien entendida. Mientras se piense que cuanto más tiempo se necesite para obtener el título universitario, es señal de una mayor complejidad del ámbito de estudio y que este mayor período produce probablemente un universitario con más conocimientos y más productivo, queda muy poco por hacer. Pero no es recomendable que la causa de este largo período para obtener la licenciatura sean una mayor relación estudiante/profesor, por exceso de tiempo empleado en ayudar a la investigación de éste o por dificultades en garantizar una financiación estable. La carga directa y los costes de oportunidad de un mayor período para obtener el título los soporta el estudiante de hoy, y tendrán también probablemente un efecto desalentador en aquéllos que tienen intención de realizar una formación universitaria en el futuro. **Instamos a las universidades a que emprendan exámenes sinceros y autocríticos de sus programas de formación universitaria en un intento de reducir el tiempo de obtención del título y disminuir la carga financiera y de tiempo que pesa sobre sus estudiantes. De nuevo, pueden desempeñar un papel importante en la reducción de esta carga unas mayores inversiones en la educación universitaria procedentes de agencias federales relacionadas con la ciencia y la ingeniería.**

El empleo académico se encuentra en el núcleo de la investigación básica y así seguirá. Pero un número cada vez mayor de doctores en ciencias y en ingeniería está encontrando empleo, bien por elección propia o debido a la falta de alternativas académicas, en el sector privado y en otros sectores no académicos. El empleo de los doctores en ciencias y en ingeniería en el sector privado desempeña un importante papel en la difusión de conocimiento científico. **Con objeto de facilitar la transición desde la formación académica al empleo en el sector privado, las escuelas universitarias deberían ofrecer más programas de formación y tutorías en sus planes de estudio que preparen y orienten a los estudiantes para el empleo fuera de la universidad.**

Un trabajo en equipo e interdisciplinario –componente importante de esos esfuerzos– no tiene por qué desvirtuar la formación fundamental en las diversas disciplinas. De hecho, los ejemplos de Pfizer, Universidad de Harvard y BBN sugieren que los equipos que realizan proyectos interfuncionales y multidisciplinares son un elemento cada vez más importante de éxito en muchas áreas de la investigación básica, independientemente de si es investigación del sector privado o de la universidad. Al mismo tiempo, algunos gestores de la universidad han planteado si es conveniente la financiación de la investigación interdisciplinaria y en equipo, dada la naturaleza, orientada a una determinada disciplina, de los sistemas actuales de financiación. **El CED exhorta a las agencias que conceden financiación a que apoyen más iniciativas en equipo e interdisciplinarias en los proyectos de investigación.**

El CED señala que varios informes recientes estudian los aspectos sobre la formación universitaria que se han planteado aquí, y que están en camino las reformas en la educación universitaria en ciencias y en ingeniería. Organismos como la National Science Foundation están respondiendo a las recomendaciones realizadas por las National Academies y otras. Las universidades también están participando en la renovación de la educación universitaria en ciencias y en ingeniería.

EMPLEO ACADÉMICO DE LOS INVESTIGADORES JÓVENES

Aunque el papel del empleo del sector privado en el mantenimiento del “flujo” de investigación básica es importante, el empleo académico de los científicos e ingenieros sigue siendo fundamental para la salud de la investigación básica. La tendencia a que no exista ya el empleo a tiempo completo del profesorado y la creciente dependencia del empleo postdoctoral, a tiempo parcial y de carácter temporal, no son signos positivos. Envían señales equivocadas a los estudiantes de la enseñanza superior y a los universitarios cuando se embarcan en la larga y rigurosa formación necesaria para una profesión de investigación básica. Es probable que algunos ingenieros y científicos potenciales elijan otra profesión asustados por el hecho de que las dificultades de la formación postdoctoral se extiende también a la profesión de los investigadores jóvenes. **Proporcionar un empleo estable a los investigadores jóvenes, y no empleos temporales, debería ser una prioridad de todas las universidades.**

Como señalamos en este capítulo (véanse “Problemas en la Administración de las Subvenciones Públicas para la investigación básica”), el empleo académico también soporta una gran carga administrativa y de financiación. **Las universidades y las agencias federales que patrocinan a las universidades deberían estar explorando caminos para que el entorno académico sea más estable y más productivo, con menos tiempo destinado a la búsqueda de financiación.**

Principios para la investigación universitaria en el mercado

Las universidades americanas han estado siempre orientadas hacia asuntos prácticos, a la vez que mantenían su excelencia en los campos más teóricos y exploratorios de la ciencia. La transferencia de tecnología y de conocimiento desde la universidad a la industria –incorporada en los universitarios que ingresan en la fuerza de trabajo, por medio de la diseminación abierta de los resultados de investigación, o por medio de colaboraciones privadas, patentes y licencias– supone un gran beneficio económico para los Estados Unidos. Pero las universidades deben mantener un difícil equilibrio al tratar de incrementar el valor económico de su investigación básica, a la vez que mantienen una función pública caracterizada por su apertura y amplia diseminación de los resultados de la investigación. El mantener este equilibrio se hace más difícil por los problemas a que tienen que enfrentarse los investigadores para obtener financiación pública, como se indicaba antes en este capítulo. El CED cree que las universidades, la industria y el gobierno federal deberían adherirse a los siguientes principios cuando establecen relaciones con respecto a la investigación básica:

1. El canal primario del beneficio de la investigación universitaria para la innovación industrial, y para la sociedad en su conjunto, se establece por medio de una amplia y abierta difusión del conocimiento en revistas de investigación, conferencias y por la educación de estudiantes universitarios. **Los nuevos conocimientos generados por la investigación universitaria deberían seguir difundándose abiertamente. La publicación de resultados de investigación, de la que depende frecuentemente la investigación futura, debería demorarse sólo lo mínimo, como consecuencia de la preparación de la patente y otros requisitos contenidos en los acuerdos de investigación patrocinada.**
2. La solicitud de protección de patente sobre los inventos en la universidad, el inicio de colaboraciones universidad-industria, y la licencia de uso de la propiedad intelectual para el desarrollo comercial pueden estimular una importante y nueva investigación y acelerar la transferencia de nuevas tecnologías a la industria, beneficiando, en última instancia, a la sociedad. **Por consiguiente, tales colaboraciones y actividades de licencias, si están estructuradas correctamente, deberían fomentarse.**
3. Estas relaciones pueden crear conflictos entre los intereses de las universidades y su profesorado y los intereses de colaboración de la industria. **Las universidades deberían estar estimuladas para desarrollar, y mejorar continuamente, políticas y procedimientos de transferencia tecnológica y relaciones industriales, de tal modo que la función básica de educación y de investigación de la universidad no se diluya ni se vea comprometida.**
4. Además de la necesidad de las universidades de difundir los resultados de la investigación, estas instituciones también tienen la obligación de idear acuerdos de licencias para la tecnología desarrollada con fondos públicos, de modo que se genere el mayor beneficio para la sociedad. El principio guía debería ser impedir que el sistema de transferencia tecnológica universitario obstaculice nuevos avances en la investigación, dondequiera que puedan darse. **Como principio general, los avances de investigación que puedan convertirse en productos claramente patentables son candidatos apropiados para una licencia y un desarrollo exclusivos. Por otra parte, la tecnología que puede servir como herramienta para que muchos investigadores creen nuevos conocimientos debería ponerse a disposición de todos de un modo amplio y no exclusivo bajo condiciones comercialmente razonables. La industria debería reconocer y respetar estas distinciones.**
5. El éxito de la investigación básica americana continuará dependiendo del uso de inventos patentados de investigación básica. En general, la investigación básica se beneficiará si los derechos de un poseedor de patente (ya sea su propietario una empresa o la universidad) no se hacen valer de modo que restrinjan una posterior investigación básica. El acceso de todas las partes a las herramientas para realizar investigación básica es especialmente importante en los casos en los que la financiación federal apoyó los descubrimientos iniciales. **Cuando una herramienta de investigación es también un producto de investigación (como puede ser el caso en áreas de investigación biomédica), las partes interesadas deberían establecer condiciones que, ante todo, no impidan un amplio uso futuro de la**

herramienta de investigación y, en segundo lugar, permitan el uso del producto en el mercado. La industria y las universidades deberían seguir buscando vías que impongan las menores restricciones posibles al uso de inventos patentados para nueva investigación básica.

6. Las principales universidades han desarrollado políticas que respetan las responsabilidades públicas de su trabajo de investigación. Estas políticas son especialmente importantes para mantener el fin central, el valor y la moral del profesorado que es la savia de la universidad. Es especialmente importante que los intereses de la industria no influyan en las decisiones críticas de la universidad con respecto a la contratación, remuneración y promoción. **La fortaleza continua de la investigación básica de América depende de las aptitudes de sus profesores para destinar energías a, y ser evaluados por, su cualificación y contribuciones como investigadores básicos y sus logros en educar a nuevos científicos. Los éxitos comerciales son secundarios con respecto a estas funciones.**
7. **Finalmente, la investigación universitaria financiada por el sector privado o la investigación patrocinada por medio de tasas por uso de licencia no deberían ser consideradas por las universidades o el gobierno federal como sustitutivo de la financiación pública.** Los objetivos y metas de las empresas privadas son diferentes de los objetivos públicos y no se debería permitir que definieran el carácter de la investigación universitaria en general. En última instancia, el único modo de conservar la investigación básica de la universidad tal y como se ha caracterizado durante el último medio siglo es por medio de la financiación predominantemente pública.

**Retos y oportunidades
internacionales para
la investigación básica
americana**

MANTENER UN COMPROMISO CON LA INVESTIGACIÓN BÁSICA EN UNA ECONOMÍA GLOBAL

Las actividades de investigación básica en el mundo están creciendo a medida que otros países aceleran el ritmo de sus inversiones en investigación. Al mismo tiempo, los nuevos conocimientos derivados de la investigación básica se mueven con más facilidad a través de las fronteras nacionales que nunca antes, gracias a los espectaculares avances en tecnología de la información. La transferencia de la información también se ve facilitada por el continuo aumento de la globalización económica.

Estas tendencias han llevado a algunos a plantearse la viabilidad de nuestra investigación básica nacional, en una economía cada vez más internacional. De hecho, algunos argumentan que como los productos de nuestra investigación básica se mueven ahora libre y rápidamente a otros países, o a filiales extranjeras de empresas de Estados Unidos, los contribuyentes no deberían pagar por ella. Señalan que los Estados Unidos deberían sacar más beneficio de la investigación básica de otros países, o deberían tratar de limitar el acceso extranjero a los nuevos conocimientos americanos. **El CED cree rotundamente que los argumentos a favor de restringir el acceso a los resultados de las iniciativas de Estados Unidos en investigación básica, basados en el temor de una apropiación extranjera de los descubrimientos americanos, son erróneos y podrían dañar el papel fundamental que el gobierno federal desempeña en la financiación de la investigación básica.**

Reconocemos que otros países se benefician de nuestra investigación básica. En algunos casos, las empresas de Estados Unidos han sido lentas en sacar partido de los descubrimientos tecnológicos. Eso tiene poca repercusión en el desarrollo tecnológico de Estados Unidos y no es un punto débil de nuestra investigación básica.

El beneficio extranjero derivado de nuestra investigación básica no tiene por qué ir en detrimento nuestro. Desarrollar la investigación básica inicial nos sitúa en una buena posición para explotar los beneficios más rápidamente de lo que pueden hacerlo nuestros seguidores. Si reducimos nuestros esfuerzos en investigación básica, perderemos la ventaja de ser “los primeros en mover”. Además, promoviendo un entorno abierto de ida y vuelta para los nuevos conocimientos, podemos participar en los resultados de la investigación básica realizada en otros países, incluso hasta el punto de explotar esos resultados más rápidamente que las empresas de esos países.

Finalmente, una investigación básica sólida en las universidades americanas mantiene a nuestras empresas de alta tecnología dentro de nuestro país, a la vez que atrae a las empresas extranjeras a invertir dentro de nuestras fronteras. Los científicos e ingenieros de nuestras universidades representan una gran ventaja estratégica internacional.

En resumen, más actividad de investigación básica en todo el mundo supondrá grandes oportunidades para el progreso científico, con grandes retornos para todos los países. Las actitudes y políticas nacionalistas son contraproducentes para este progreso y no tienen cabida en un sistema productivo global de investigación básica. **Es decisivo, por tanto, que los Estados Unidos tengan una posición de liderazgo en la garantía del flujo libre de conocimiento básico y de los resultados de investigación básica a escala mundial.**

PROPIEDAD INTELECTUAL MUNDIAL

Aunque el CED no considera que la difusión del conocimiento no patentado, derivado de la investigación básica, sea negativa, está preocupado por el impacto de las leyes poco rigurosas sobre propiedad intelectual de otros países, sobre la innovación en los Estados Unidos y en todo el mundo. Las leyes de patentes de Estados Unidos desempeñan un papel muy importante en el fomento de las actividades innovadoras en este país, protegiendo los derechos de una empresa sobre descubrimientos e innovaciones que son patentables por naturaleza; de este modo, la empresa puede conseguir los retornos sobre su inversión. En un entorno cada vez más global y en el cual un creciente número de países está invirtiendo en investigación, es del interés de todos los países jugar con las mismas reglas con respecto a la propiedad intelectual. El pirateo de la propiedad intelectual que ocurre en otros países daña, en última instancia, a todos los niveles de la actividad innovadora, desde la investigación básica al desarrollo comercial.

DESARROLLAR LA COLABORACIÓN INTERNACIONAL

Algunas áreas de la ciencia han llegado a ser demasiado caras y demasiado arriesgadas para ser financiadas exclusivamente por un único país. Debido a su beneficio final potencial, tales proyectos requieren la cooperación internacional –en financiación, colaboración institucional y en compartir científicos y resultados. La desconfianza entre los países en tales proyectos ignora la realidad de la ciencia global actual. Una gran parte de la información científica ya fluye libremente más allá de las fronteras nacionales por medio de publicaciones, conferencias de investigación, y a través de Internet y otras formas de tecnología de la información. Cooperando en proyectos a gran escala, los Estados Unidos y otros países extienden la globalización a proyectos que no se pueden mantener a escala nacional. **El CED cree que los Estados Unidos deben buscar cooperación internacional en “la gran ciencia”, con objeto de maximizar los avances en ciencia y tecnología.**

APOYAR A LOS CIENTÍFICOS E INGENIEROS EXTRANJEROS EN LOS ESTADOS UNIDOS

En una comunidad científica cada vez más global, la formación de científicos extranjeros en América es otra forma beneficiosa de cooperación internacional en investigación. La participación de extranjeros en las universidades de América y en los programas americanos de ciencia e ingeniería beneficia a la investigación de los Estados Unidos y a la economía en general. Los estudiantes extranjeros contribuyen a nuestra investigación básica por medio de su participación en la investigación universitaria. Dada la capacidad del sistema americano de investigación universitaria, no es probable que estos estudiantes estén “dejando fuera” a estudiantes americanos con un “alto potencial”. Muchos titulados extranjeros elegirán quedarse en Estados Unidos como científicos e ingenieros profesionales (aproximadamente un 40% en los últimos años).

La participación directa de los estudiantes y de los profesionales extranjeros en la investigación básica americana probablemente se reducirá en el futuro, a medida que las economías extranjeras se van haciendo más sofisticadas. El modo en que los Estados Unidos reaccionen ante estas tendencias es decisivo para el futuro de nuestra investigación básica. El CED cree que Estados Unidos debería continuar haciendo esfuerzos razonables para atraer a científicos extranjeros. **Nuestras políticas de inmigración deberían estar más liberalizadas de modo que permitieran a los científicos e ingenieros extranjeros vivir y trabajar en Estados Unidos con visados permanentes. Además, las políticas de inmigración deberían fomentar que científicos e ingenieros extranjeros visitaran Estados Unidos con carácter temporal como asesores o participantes en colaboraciones en investigación.**

Conclusión

Nos encontramos en medio de un extraordinario período de descubrimiento e innovación. Si se pregunta a los que están inmersos en un proceso de descubrimiento qué piensan acerca del futuro de su disciplina particular, es probable que la contestación sea muy positiva, con postulados sobre los avances que son inimaginables para nosotros. Hay que añadir a este optimismo el impacto del actual boom económico, que está extrayendo lo mejor de las innovaciones en productos y poniendo nuevas tecnologías en el mercado a un ritmo vertiginoso. Juntas, estas tendencias crean una atmósfera de un entusiasmo casi sin límites sobre el futuro.

Poner una nota de cautela sobre el futuro de la investigación básica en este entorno no es, por consiguiente, una tarea sencilla. Ciertamente, no prevemos calamidades en el horizonte. Los Estados Unidos continuarán viendo retornos derivados de sus inversiones en su investigación básica, como lo ha venido haciendo a lo largo de todo este siglo.

Con todo, los problemas que están surgiendo hoy, si no se les hace frente, se convertirán en una amenaza importante para la investigación del mañana. En este sentido, las reformas que hemos recomendado en este informe –reforzar el sistema de evaluación competitiva por pares, mantener los recursos adecuados y corregir las deficiencias en el canal educativo y de empleo, por citar algunas– están más que justificadas. Los problemas de cada una de estas áreas tienen el potencial para erosionar la calidad y cantidad de beneficios que esperamos obtener de la investigación básica americana.

El tratar estos retos requiere su solución. Si reformar los laboratorios nacionales es políticamente difícil, la reforma de la educación K-12 lo es más todavía. La clave para los políticos y para los ciudadanos a los que representan es concentrarse en el potencial para el futuro. Los retornos de una investigación básica que está trabajando a plena capacidad son enormes, y demasiado importantes como para renunciar a ellos por falta de voluntad política.

CASILLA 4

CREAR LAZOS ENTRE LA CIENCIA PROFESIONAL Y LAS ESCUELAS

La Institución Carnegie de Washington y la Academia de Ciencias de Nueva York son ambas muy activas en hacer frente a las carencias de la educación en ciencias y matemáticas del tramo K-12 en los Estados Unidos. Sus estrategias reflejan las áreas clave de interés: que la enseñanza de matemáticas y ciencia sea lo suficientemente importante e interesante como para atraer la atención de los estudiantes hacia estas disciplinas.

Bajo la dirección del Dr. Maxine Xinger, la Institución Carnegie puso en marcha la Academia Carnegie para la Educación Científica (CASE). Ahora en su cuarto año de funcionamiento, proporciona profesores en el distrito de Columbia (350 hasta la fecha) con una formación intensiva en conceptos fundamentales matemáticos y científicos. La CASE trata de formar a profesores cuyo nivel de formación no incluye una base suficiente en ciencias y en matemáticas.

La CASE reconoce que aumentar el conocimiento fundamental de los profesores es ganar la mitad de la batalla. El modo en que los profesores imparten este conocimiento a los estudiantes es también importante. El Instituto de Verano de CASE pone el énfasis en una pedagogía basada en la experimentación y las preguntas, más que en las contestaciones maquinales y en la memorización. Los profesores que participan en el Instituto de Verano realizarán los mismos experimentos y ejercicios que más tarde realizarán con sus alumnos –por ejemplo, construir el recipiente perfecto para la tiza, examinar el agua potable de la ciudad. La Academia de Ciencias de Nueva York coordina un programa de verano en régimen de internado en ciencias para los estudiantes de la Ciudad de Nueva York. El programa coloca a los estudiantes en laboratorios de investigación (universidad, gobierno, e industria) junto con científicos profesionales. El elemento clave del internado es la relación estudiante-tutor, que proporciona a los estudiantes el acceso al mundo de la investigación científica a través de los ojos de un científico. Los estudiantes también participan en conferencias, talleres de trabajo y grupos de discusión, todos ellos ideados para ayudarles a asimilar el conocimiento derivado de la experiencia en el laboratorio. El internado culmina con un diploma de investigación que contiene todos los elementos de un documento profesional.

Ambas iniciativas suponen muy buenas contribuciones a la educación científica. Ambas demuestran también la importancia de una organización que desarrolle lazos entre la comunidad investigadora y el sistema escolar local.

Los esfuerzos realizados por los científicos para ayudar a los profesores o asesorar a los estudiantes son loables, pero sólo tendrán un impacto a gran escala en el contexto de las iniciativas coordinadas por las organizaciones intermediarias. Creemos que las mejores candidatas para estas iniciativas son organizaciones –como Carnegie y la Academia de Nueva York– con objetivos sociales y una considerable flexibilidad y autonomía. No todas las ciudades tienen una fundación centrada en la ciencia o una sociedad profesional, por lo que exhortamos a las universidades a que den pasos en este sentido.

APÉNDICE 1

Recursos para la investigación básica

Una importante constante en el éxito de la investigación básica de América ha sido el sustancial apoyo financiero que ha recibido a lo largo de la mayor parte del período posterior a la II Guerra Mundial. En términos de dólares invertidos y de número de científicos empleados en la investigación, tanto la investigación básica como la I+D han crecido durante los últimos cincuenta años.

Sin embargo, en años recientes, a medida que las prioridades y objetivos del período posterior a la Guerra Fría se van seleccionando, el crecimiento de la inversión en investigación básica en relación el Producto Interior Bruto ha sido menor. Como indica el gráfico 1, la investigación básica federal es casi la misma hoy en relación con el Producto Interior Bruto que en 1970. Aunque el apoyo industrial a la investigación básica ha crecido ligeramente en la última década, sigue bastante por debajo del apoyo federal. Además, la tasa de aumento del apoyo industrial a la investigación básica se ha ralentizado considerablemente durante los años 90. La investigación básica no supone una gran cuota del total de I+D del gobierno y la industria (Véase “¿Por qué apoya el gobierno la investigación básica?). La industria invierte bastante más en I+D en conjunto pero mucho menos que el gobierno federal en investigación básica. De hecho, la gran cantidad de inversión en desarrollo industrial eclipsa a las demás categorías de inversión en investigación tanto por parte de la industria como del gobierno. De los casi 63 millardos de dólares que el gobierno invierte en I+D anualmente, 17,7 millardos se destinan a investigación básica. Y de los 133 millardos de dólares que la industria invierte en I+D, una proporción mucho menor, sólo 8 millardos se destinan a la investigación básica.

EL PAPEL CENTRAL DEL GOBIERNO FEDERAL EN LA FINANCIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN BÁSICA

La fuente más importante de fondos para la investigación básica desde la II Guerra Mundial ha sido el gobierno federal. Durante la mayor parte del período postbélico, el crecimiento del apoyo federal a la investigación básica fue importante y bastante estable. Sin embargo, con relación al crecimiento de la economía, el apoyo federal a la investigación básica ha permanecido virtualmente constante en años recientes y las tendencias presupuestarias federales y demográficas a largo plazo sugieren una perspectiva incluso menos favorable para el futuro.

Como prioridad relativa del presupuesto federal, las inversiones en investigación básica están muy por debajo del pico alcanzado durante el auge del programa espacial de mediados de los 60. Sin embargo, la inversión en investigación básica ha mantenido un nivel de sólo un 1% por encima de las inversiones federales de la década pasada, un período en que el conjunto de la I+D federal dejó de ser una prioridad presupuestaria. La importancia relativa de la investigación básica, y de la I+D en general, ha sido eclipsada en gran medida por programas sociales y de interés sobre la deuda, que han desbancado a la inversión discrecional en general, incluida la inversión en investigación (véase Apéndice cuadro 5).

Es sin embargo la perspectiva a largo plazo de la inversión lo que llama más la atención. La jubilación de la generación baby-boom planteará unas exigencias sin precedentes al presupuesto federal, sobre todo de Seguridad Social y salud pública. Según las políticas actuales, se prevé que las inversiones en programas sociales e interés sobre la deuda asciendan al 70% del presupuesto federal en el año 2002, comparado con el justamente un tercio del presupuesto durante los años de auge de la inversión en investigación (a mediados de los años 60). Bajo esas circunstancias, la investigación básica verá casi con toda seguridad una reducción importante de su financiación.

De nuevo, gran parte de los fondos federales para I+D se destinará al trabajo de desarrollo, que lo realizan principalmente las empresas privadas (véase Apéndice cuadro 6). Por contraste, la pequeña parte de la I+D federal destinada a la investigación básica se dirige principalmente a las universidades, con una pequeña cantidad destinada a la industria y a las instituciones sin ánimo de lucro. Como lo ilustra el cuadro 6, la cantidad de investigación básica federal realizada directamente por las agencias federales (en laboratorios como los Institutos Nacionales de Salud o los laboratorios "nacionales" del Ministerio de Energía) es pequeña en relación con el presupuesto federal total de I+D.

La mayor parte de la investigación básica financiada federalmente apoya los objetivos de las agencias. En este sentido, la investigación básica no se adapta por lo general a su estereotipo, de que no tiene objetivos fijos y está desprovista de una meta definible aparte del progreso en el conocimiento. De hecho, la investigación básica financiada por los Ministerios de Defensa y Energía, y por medio de los Institutos Nacionales de Salud, tiene objetivos muy importantes en áreas específicas. Sólo el 15% se financia a través de la National Science Foundation, que financia la investigación básica que no persigue los objetivos de las agencias y basada principalmente en disciplinas científicas y de ingeniería.

La financiación federal de la investigación básica no es en ningún modo uniforme en todas las disciplinas científicas. Como lo ilustra el Apéndice cuadro 7 la inversión federal de la investigación básica en ciencias de la vida sobrepasa la de otras disciplinas. De hecho la financiación de las ciencias de la vida está a la par con todas las otras disciplinas juntas. La disparidad en los niveles de financiación parece reflejar una fuerte prioridad pública situada en la investigación básica relacionada con la salud, especialmente en áreas tan importantes como la investigación del cáncer y del SIDA. Sin embargo, como han señalado muchos importantes científicos dedicados o no a la investigación en salud, los avances en la ciencia médica se basan a menudo en la investigación realizada en disciplinas muy alejadas de las ciencias de la vida, incluyendo matemáticas, físicas, informática y ciencias sociales.

La importancia de la investigación multidisciplinar queda demostrada por la experiencia del sector privado. Varios de los casos presentados en la próxima sección demuestran que la investigación básica de éxito a menudo no significa investigación básica de miras estrechas. Los esfuerzos de Merck en la investigación sobre el SIDA han sido multidimensionales por necesidad, dadas las incertidumbres que comporta la investigación básica. El caso Procter &

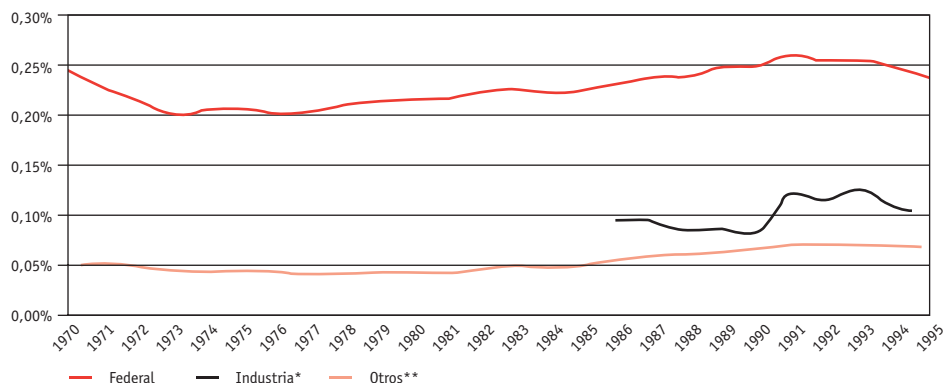
Gamble ilustra también la necesidad de tender una red amplia e interdisciplinaria para conseguir un progreso en áreas especiales de innovación; para Procter & Gamble esto significa financiar investigación biológica, que queda muy lejos de las actividades núcleo de investigación básica de la empresa en química.

RECURSOS DE LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA

La financiación pública y privada de la investigación universitaria ha aumentado espectacularmente durante las últimas cuatro décadas, desde 3 millardos de dólares en 1959 hasta más de 22 millardos en 1996 (expresado en dólares constantes de 1996); Como lo ilustra el cuadro 8 del Apéndice, este crecimiento se ha debido en su mayor parte a la creciente financiación federal, aunque la financiación de la industria e institucional también han aumentado considerablemente en años recientes. La cuota de la industria en la financiación ha crecido desde un 3% en 1965 a un 7% en 1996 (véase Apéndice cuadro 9). Reflejando las prioridades del gobierno federal, y de la sociedad en su conjunto, la investigación universitaria en salud ("ciencias de la vida") ha sido con mucho la mayor receptora de recursos federales y no federales (véase Apéndice cuadro 10). Todos los campos han experimentado algún crecimiento en su financiación entre 1989 y 1996. En el extremo más bajo, las ciencias matemáticas recibieron incrementos medios anuales de un 1,5% (tras la inflación) durante este período. En el extremo superior, las ciencias sociales recibieron incrementos anuales medios de un 7%. La tasa de crecimiento de la investigación en ciencias de la vida fue del 3%; este incremento de recursos excede ampliamente el de otras disciplinas porque se inició desde un nivel de base mucho más alto.

Aunque la financiación de los Institutos Nacionales de Salud domina la investigación universitaria, otras agencias son más importantes para disciplinas ajenas a las ciencias de la vida. Por ejemplo, la investigación en ciencias informáticas descansa en los dólares del Ministerio de Defensa para el 58% de su financiación federal. La National Science Foundation es la mayor agencia de financiación de las ciencias físicas, matemáticas y medioambientales. Otra fuente importante, aunque indirecta, de la financiación federal de la investigación básica, proviene de los ingresos por servicios médicos. Los hospitales universitarios se han convertido en importantes proveedores de asistencia médica, especialmente para los beneficiarios de Medicare y Medicaid. Como resultado, estos dos programas han financiado indirectamente tanto la investigación en salud en el hospital universitario como la investigación en otros lugares de la universidad por medio de la inter-financiación. Con la probabilidad de controles de coste más rigurosos en Medicaid y Medicare, se prevé que esta fuente indirecta de financiación de la investigación universitaria se reduzca.

APENDICE CUADRO 1 FONDOS FEDERALES, DE LA INDUSTRIA Y DE OTRAS FUENTES PARA LA INVESTIGACIÓN BÁSICA EN PORCENTAJE DEL PIB

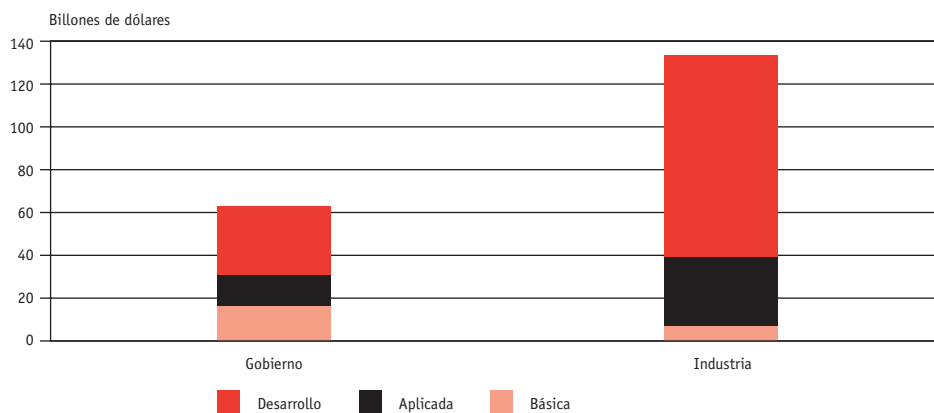


*Los datos de la industria previos a 1986 no son comparables a los datos posteriores a 1989.

**Incluye los fondos propios de las Universidades y escuelas universitarias, los del gobierno estatal y local a éstas y los de instituciones no lucrativas.

Fuente: National Science Board, *Science & Engineering Indicators—1996*, (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996), Appendix Tables 4-1 and 4-5.

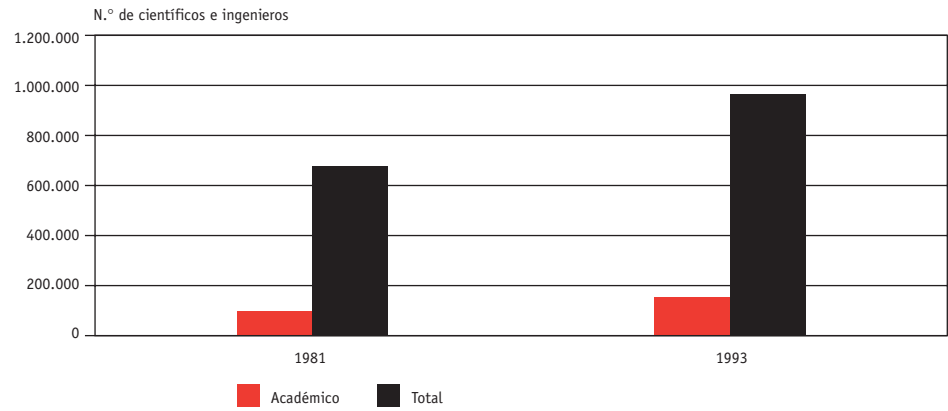
APENDICE CUADRO 2 INVERSIÓN DEL GOBIERNO Y DE LA INDUSTRIA EN INVESTIGACIÓN BÁSICA, DE DESARROLLO Y APLICADA, EN 1997



Nota: Los datos son los previstos para este año.

Fuente: NSF, Science Resources Studies Division (data available at www.nsf.gov).

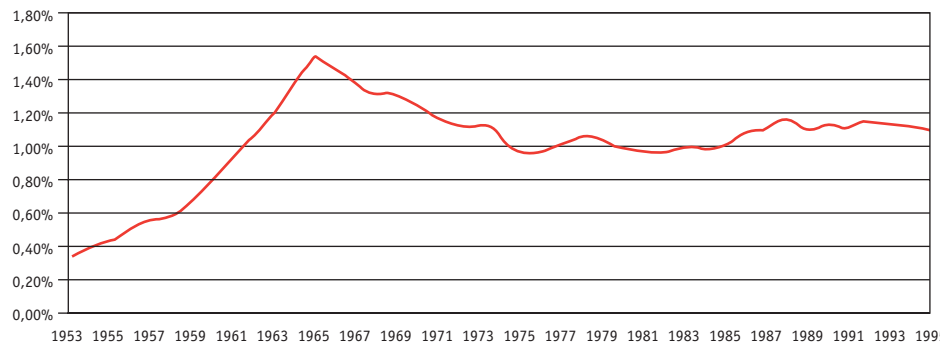
APENDICE CUADRO 3 EMPLEO ACADÉMICO Y EMPLEO TOTAL DE CIENTÍFICOS E INGENIEROS OCUPADOS EN I+D EN ESTADOS UNIDOS



Nota: los datos del empleo académico representan a los científicos e ingenieros doctores. Los demás datos a todos los científicos e ingenieros.

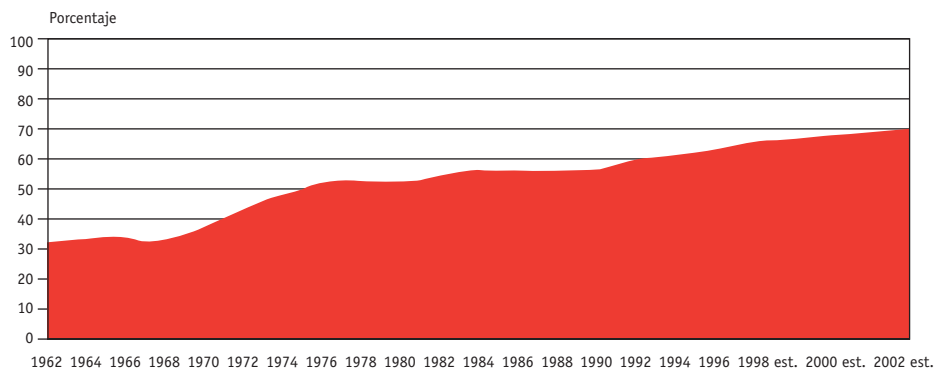
Fuente: National Science Board, *Science & Engineering Indicators—1996* (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996), Appendix Tables 3-19 and 5-19.

APENDICE CUADRO 4 PORCENTAJE DE LA INVERSIÓN FEDERAL EN INVESTIGACIÓN BÁSICA CON RELACIÓN AL TOTAL DE LOS PRESUPUESTOS



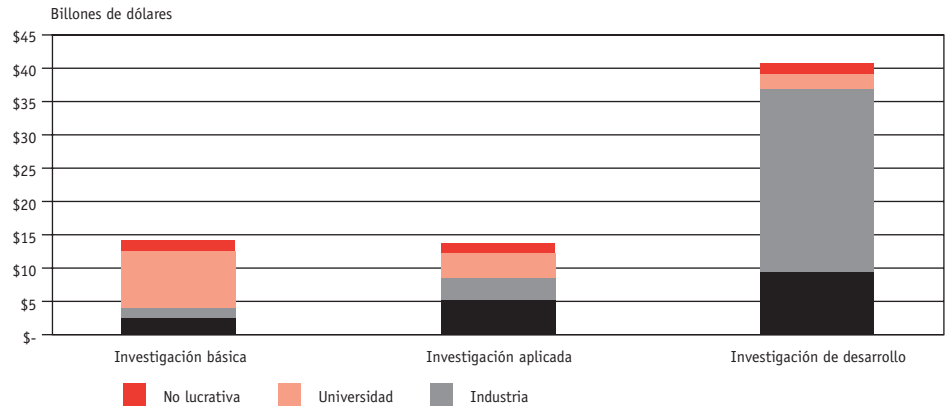
Fuente: Science Resource Studies Division, NSF (data available at www.nsf.gov); Budget of the United States Government, FY 1998.

APENDICE CUADRO 5 PROGRAMAS SOCIALES E INTERÉS NETO SOBRE LA DEUDA EN PORCENTAJE DEL PRESUPUESTO TOTAL FEDERAL



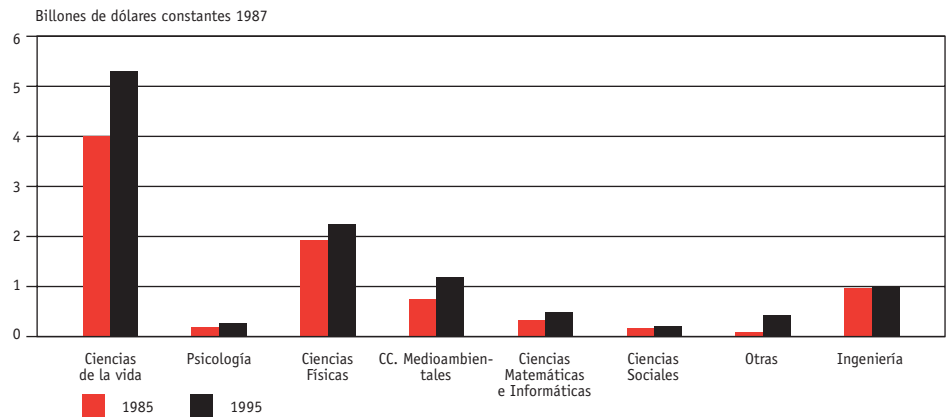
Fuente: *Budget of the U.S. Government, FY 1999*, historical tables, (Washington, D.C.: U.S. Government Printing Office).

APENDICE CUADRO 6 I+D FEDERAL POR TIPO DE TRABAJO Y EJECUTANTE. 1995



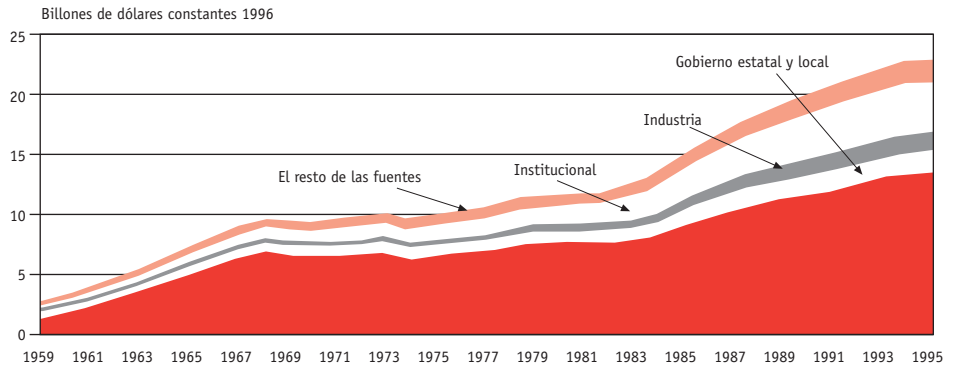
Source: National Science Board, *Science & Engineering Indicators—1996*, (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996), Appendix Table 4-18.

APENDICE CUADRO 7 ASIGNACIONES FEDERALES A INVESTIGACIÓN BÁSICA POR SECTOR



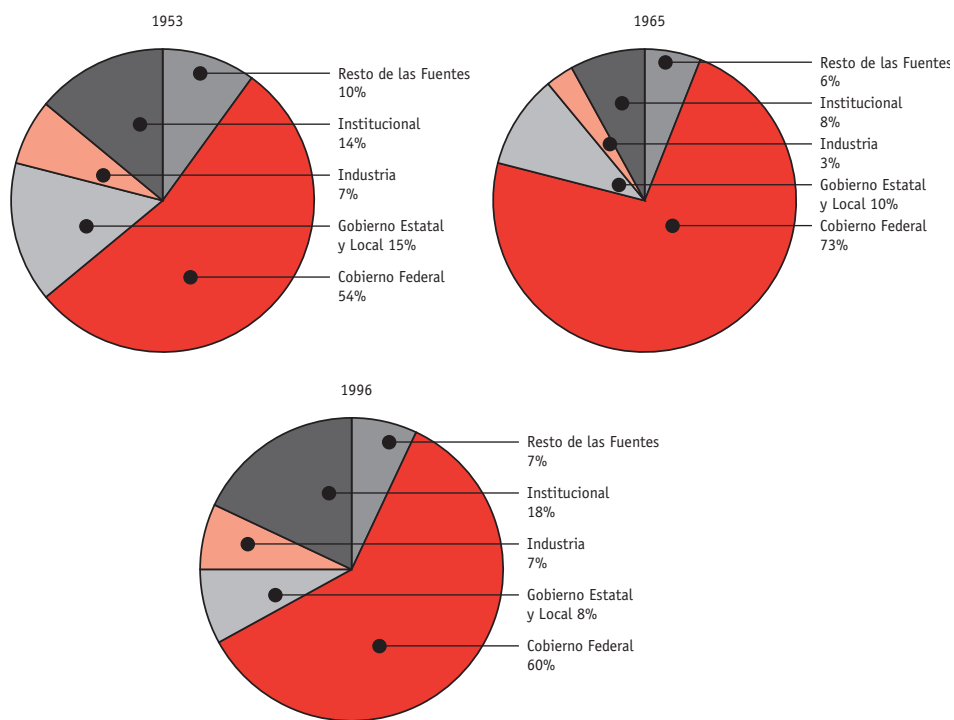
Fuentes: Science Resources Division, National Science Foundation, *Federal Funds for Research and Development, Detailed Historical Tables: Fiscal Years 1956-95*, NSF 95-319 (Bethesda, Md.: Quantum Research Corp., 1995), and SRS, *Federal Funds for Research and Development: Fiscal Years 1993, 1994, and 1995* (Arlington, Va.: NSF, forthcoming).

APENDICE CUADRO 8 INVERSIÓN EN INVESTIGACIÓN EN UNIVERSIDADES Y ESCUELAS SOBRE PROCEDENCIA DE FONDOS



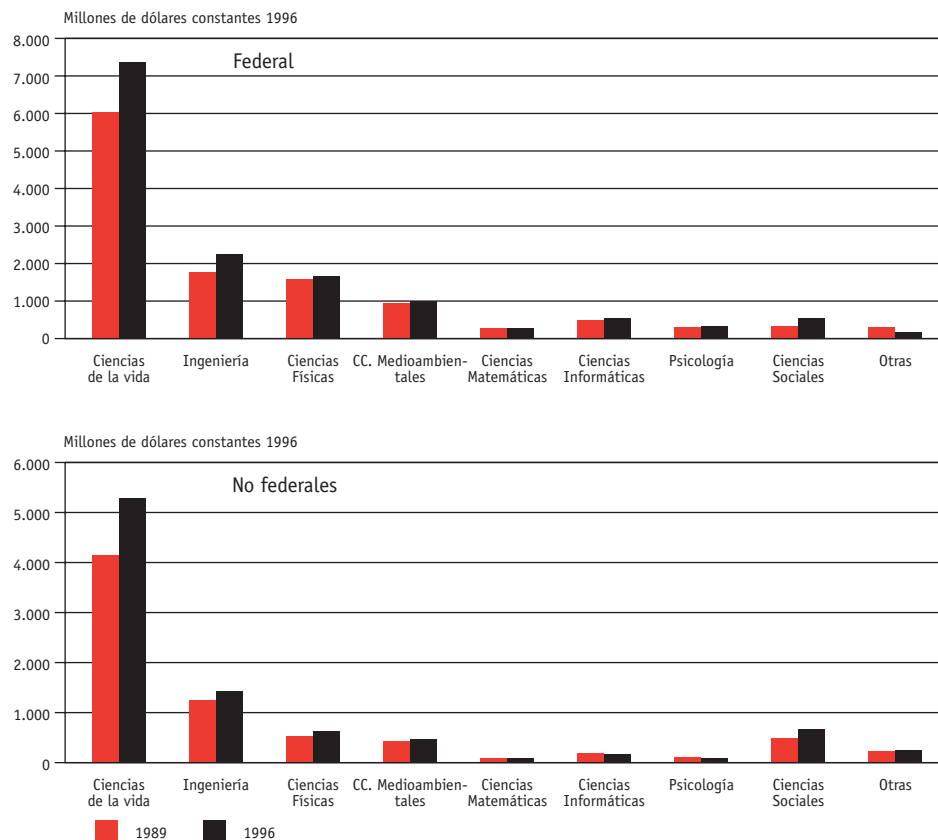
Fuente: National Science Foundation, Science Resources Studies Division, *Survey of Research and Development Expenditures at Universities and Colleges*, Fiscal Year 1996.

APENDICE CUADRO 9 FUENTES DE FINANCIACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN UNIVERSITARIA



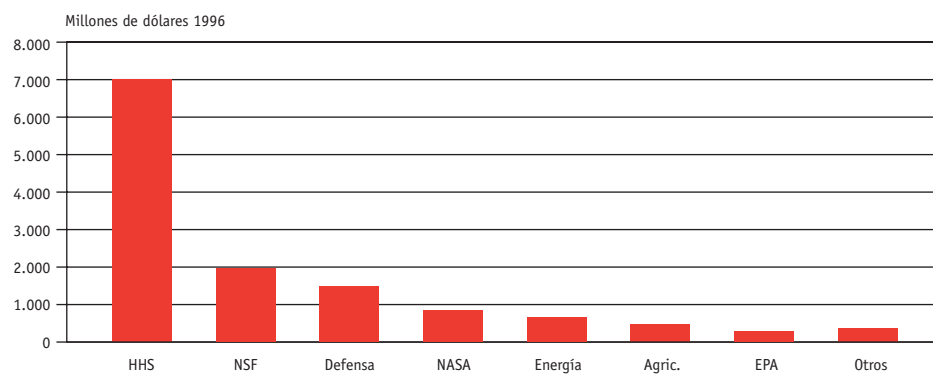
Fuente: National Science Foundation, Science Resources Studies Division, Estudio de los gastos en I+D de las universidades y escuelas. Año fiscal 1966.

APENDICE CUADRO 10 FINANCIACIÓN FEDERAL Y NO FEDERAL POR ÁREA DE INVESTIGACIÓN EN UNIVERSIDADES Y ESCUELAS UNIVERSITARIAS



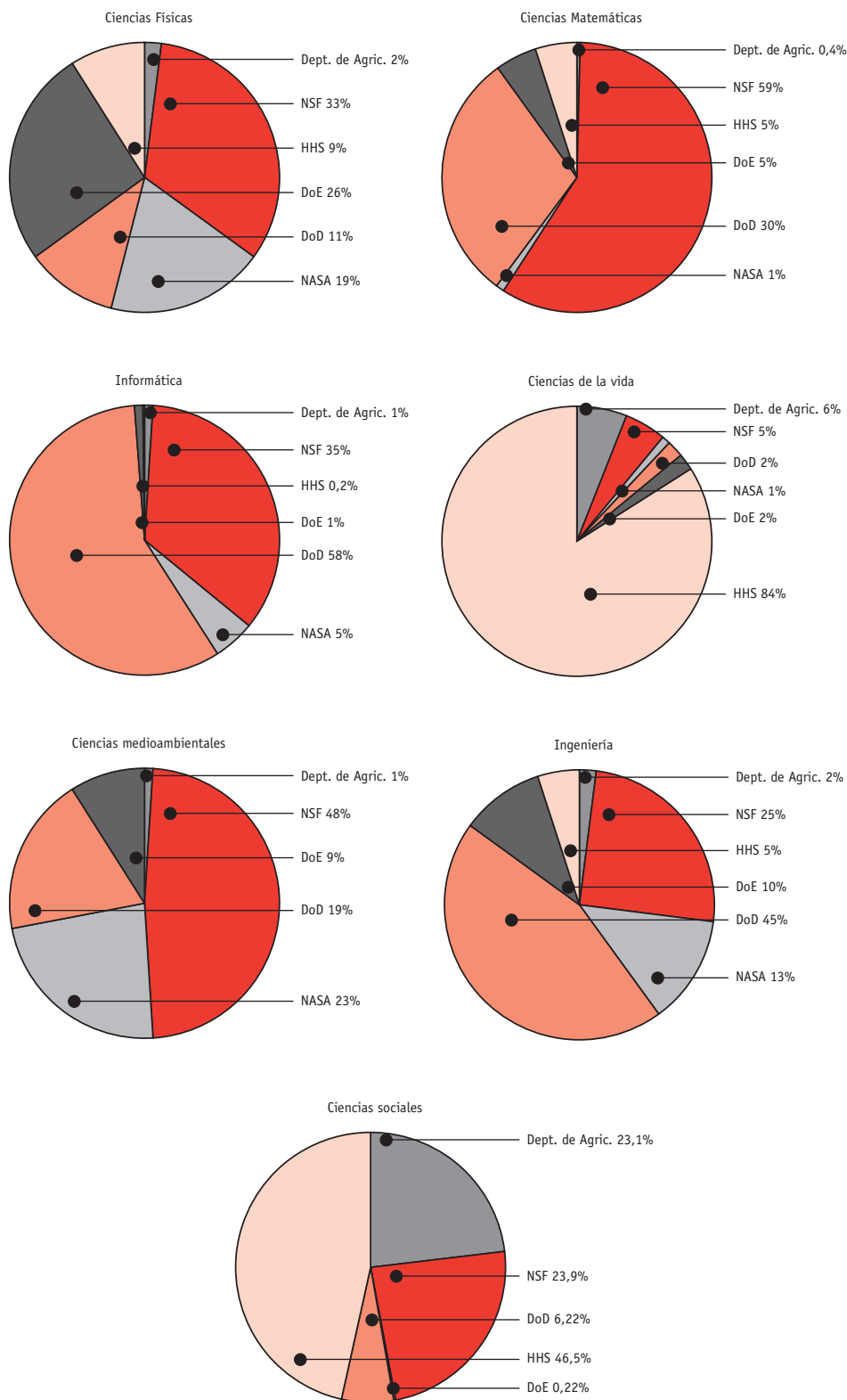
Fuente: National Science Foundation, Science Resources Studies Division, Gastos en I+D de las universidades y escuelas. Año fiscal 1966.

APENDICE CUADRO 11 FINANCIACIÓN DE LAS AGENCIAS PARA REALIZAR INVESTIGACIÓN BÁSICA EN UNIVERSIDADES Y ESCUELAS



Fuente: AAAS Report XXII: Research and Development FY 1998, Intersociety Working Group, (AAAS: Washington, DC).

APENDICE CUADRO 12 INVERSIONES FEDERALES EN INVESTIGACIÓN ACADÉMICA POR AGENCIAS FEDERALES Y DIVERSAS CIENCIAS. PROMEDIO 1993-1995



SOURCE: National Science Board, *Science & Engineering Indicators—1996*, (Washington, DC: U.S. Government Printing Office, 1996), Table 5-11.