



STVDIVM
GENERALE
CAESARAV-
GVSTANAE
CIVITATIS

COLECCIÓN PARANINFO
SAN BRAULIO 2013



iSQCH
Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homógena



Universidad Zaragoza

LA INVESTIGACIÓN ESPAÑOLA
EN LA ENCRUCIJADA

Luis A. Oro



STVDIVM
GENERALE
CAESARAV-
GVSTANAE
CIVITATIS



Prensas de la Universidad
Universidad Zaragoza

LA INVESTIGACIÓN ESPAÑOLA
EN LA ENCRUCIJADA

LA INVESTIGACIÓN ESPAÑOLA EN LA ENCRUCIJADA

Luis A. Oro

PRENSAS DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

- © Luis A. Oro
© De la presente edición, Prensas de la Universidad de Zaragoza
1.ª edición, 2013

Esta publicación ha contado con el patrocinio
del Instituto de Síntesis Química y Catálisis Homogénea (ISQCH).

Prensas de la Universidad de Zaragoza
Edificio de Ciencias Geológicas
c/ Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza, España
Tel.: 976 761 330 · Fax: 976 761 063
puz@unizar.es · <http://puz.unizar.es>

Impreso en España

Imprime: Servicio de Publicaciones. Universidad de Zaragoza

ISBN: 978-84-15770-31-2

Depósito legal: Z-384-2013

Al carro de la cultura española
le falta la rueda de la ciencia.

Santiago RAMÓN Y CAJAL

PREÁMBULO

Deseo expresar mi agradecimiento al Rector Magnífico de la Universidad de Zaragoza, profesor Manuel J. López Pérez, por su amable invitación para pronunciar una alocución con motivo de la festividad de nuestro patrón san Braulio. Intentando responder lo más adecuadamente posible a este honroso encargo, he seleccionado un tema de relevancia social y académica y con gran incidencia en nuestro futuro, como es la investigación. Este tema está siendo objeto de un intenso debate, y deseo dar las gracias a mis compañeros del Círculo Cívico de Opinión, y muy especialmente a los profesores Cossío y López Facal, por sus importantes contribuciones en dicho debate.

INTRODUCCIÓN

Hace cuarenta años regresaba de una estancia posdoctoral en la Universidad de Cambridge, becado por la Fundación Juan March. Allí me inicié en un área emergente de la química, que me ha proporcionado importantes satisfacciones, y adquirí consciencia de la relación entre investigación y competitividad universitaria. Tras más de cuarenta años dedicados a la investigación y a la docencia en las Universidades de Zaragoza, Complutense de Madrid, y Cantabria, con algún paréntesis en la administración científica española, y en un ambiente de preocupación por el futuro de la investigación, dentro del contexto de la crisis económica, me permito en este acto hacer unas reflexiones sobre la investigación científica, en lugar de pronunciar una lección sobre un tema químico, que pudiera resultar un tanto árido para parte de la audiencia. No obstante, sí quisiera realizar algunos comentarios acerca de la química. En especial, deseo señalar que la química es una ciencia experimental y creativa; los químicos no solo tratamos de entender la naturaleza como hacen otras áreas de la ciencia, sino que los químicos además creamos nuevas moléculas y materiales con propiedades y aplicaciones insospechadas. Con más

de cien elementos conocidos y técnicas de síntesis química que evolucionan constantemente, las oportunidades para diseñar y crear nuevas moléculas son casi infinitas. Por ello, estamos convencidos de que la química quizá no sea un producto bello, aunque para muchos de nosotros lo es, pero es sin duda, como decía Gabriel Celaya de la poesía, un arma cargada de futuro, de un brillante futuro. Posiblemente fue este componente el que me atrajo al estudio de la química, junto con la reputación que tenía la especialidad en la Universidad de Zaragoza.

LA ESCUELA DE QUÍMICA DE ZARAGOZA

La química aragonesa, al inicio del siglo pasado, gozaba de un reconocido prestigio, hasta tal punto que se acuñó el término de «Escuela de Química de Zaragoza». Se puede considerar a don Bruno Solano como el fundador de dicha Escuela. Este calatorense, nacido en 1840, fue profesor y amigo de don Santiago Ramón y Cajal, y dedicó toda su vida a elevar el nivel cultural y material de Aragón. Fue catedrático de Química y primer decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza. Me gustaría recordar que la Facultad de Ciencias surgió desde la Facultad de Medicina; por aquel entonces había obtenido la Cátedra de Química don Bruno Solano, quien, junto con sus compañeros catedráticos de Física y de Historia Natural, consiguió que en 1882 se estableciera la Facultad de Ciencias. La Real Orden que dispone el establecimiento de dicha Facultad dice así: «En vista de la exposición dirigida al Ministerio por el Senador de la Universidad de Zaragoza, don Julián Calleja, en nombre de los Catedráticos de la Facultad de Ciencias de la misma, en solicitud de que se complete en ella la Sección de las Físico-Químicas, comprometiéndose los actuales Profesores y Auxiliares a desempeñar gratuitamente las enseñanzas que hayan

de establecerse; con objeto de fomentar esa clase de estudios, y teniendo en consideración la generosidad del profesorado, S. M. el Rey se ha servido disponer que se amplíen provisionalmente desde el próximo año académico los estudios de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza». Sin utilizar las mencionadas palabras de «desempeño gratuito», pero con un espíritu paralelo, nuestra Universidad ha creado en estas últimas décadas numerosas enseñanzas, no todas justificables, añadiendo la expresión irreal «sin incremento de gasto», que conducen inexorablemente a una cierta asfixia financiera.

En esa Facultad de Ciencias de inicios del siglo xx coinciden en el tiempo como profesores don Antonio de Gregorio Rocasolano, como catedrático de Química General, que fue distinguido con doctorados *honoris causa* por las Universidades de Toulouse y Montpellier; don Paulino Savirón, como catedrático de Química Inorgánica; y don Gonzalo Calamita, como catedrático de Química Orgánica. Los tres mencionados profesores —Rocasolano, Savirón y Calamita— fueron consecutivamente rectores de esta Universidad desde 1929 hasta 1941 (1). Me gustaría recordar que la sección de Químicas de la Facultad de Ciencias prestó importantes servicios para la creación de industrias variadas en Aragón y toda España, y una prueba de ello fue que la gran mayoría de los directivos de empresas químicas en España a mediados del siglo pasado eran egresados de nuestra Facultad de Ciencias. Pues bien, si la Escuela de Química de Zaragoza gozó de un merecido prestigio en las primeras décadas del siglo pasado, resulta grato señalar que, actualmente, la sección de Químicas de Zaragoza, según un conocido *ranking* internacional, es la más competitiva de España, y el área más destacada de nuestra Universidad.

EL INICIO DE LA POLÍTICA CIENTÍFICA

Don Santiago Ramón y Cajal escribía en 1899, aludiendo a la derrota española en la guerra de Cuba frente a Estados Unidos, en su opúsculo *Reglas y consejos sobre investigación científica* (2): «bien ajenos estábamos al publicar las páginas precedentes, donde nos lamentábamos de nuestro desdén por la ciencia, que habíamos de recoger muy pronto el fruto de nuestra incultura. Una nación rica y poderosa, gracias a su ciencia y laboriosidad, nos ha rendido casi sin combatir [...]. Por ignorar, ignorábamos hasta la fuerza incontrastable del adversario: la ciencia de sus ingenieros y de sus químicos (inventores de bombas incendiarias que barrían la cubierta de nuestros buques e imposibilitaban toda defensa), la superioridad de sus barcos y corazas [...]».

Estaba, pues, naciendo la política científica que unos años después, ya iniciado el siglo xx, el mismo Cajal formula por primera vez: «La posteridad duradera de las naciones es obra de la ciencia y de sus múltiples aplicaciones al fomento de la vida y de los intereses materiales. De esta indiscutible verdad síguese la obligación inexcusable del Estado de estimular y promover la cultura, desarrollando una *política científica*, encaminada a gene-

ralizar la instrucción y a beneficiar en provecho común todos los talentos útiles y fecundos brotados en el seno de la raza».

En el siglo xx, la gran mayoría de los Estados acometieron eso que Cajal calificaba como «deber inexcusable», cada uno a su manera y de acuerdo con su propia cultura administrativa. En España, en 1907, se creó la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, que impulsó el desarrollo y difusión de la ciencia y cultura españolas a través de un programa muy activo de intercambio de profesores y alumnos y del establecimiento de becas para estudiar en el extranjero. Se trataba, y fue un intento exitoso, de salir del pesimismo decimonónico y de abrirse al extranjero estableciendo un diálogo abierto con los países más modernos de Europa como medio de avance y progreso. La Junta, liderada por su presidente, Santiago Ramón y Cajal, realizó una labor excelente, y en su seno se formaron y trabajaron los mejores intelectuales y científicos de España entre 1907 y 1939. En unos años, la ciencia española se integró razonablemente en la ciencia europea, y a este período se le viene denominando la «Edad de Plata de la ciencia española». Sin embargo, el espíritu de modernización y reforma que representaba la Junta no contaba con la simpatía de los sectores que promovieron y apoyaron la sublevación de julio de 1936, y en mayo de 1938 el Gobierno de Burgos decretó su disolución.

En 1939 se fundó el Consejo Superior de Investigaciones Científicas como heredero formal de la desaparecida Junta, y fue en 1958 cuando se creó la Comisión Asesora de Investigación Científica y Técnica con la función de planificar la política científica y tecnológica. Su primer presidente fue el catedrático de Química Orgánica de

Madrid don Manuel Lora-Tamayo, que unos años más tarde fue ministro de Educación y presidente del Consejo Superior de Investigaciones Científicas. La referida Comisión Asesora se extinguió en 1987 y su lugar fue ocupado por la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología. Esta comisión era la consecuencia de la «Ley de la Ciencia», llamada oficialmente «Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica (ley 13/1986)», denominación que reproducía literalmente lo que la Constitución española atribuye al Estado como competencia exclusiva en la materia. Dicha ley, que coincide en el tiempo con la entrada de España en la Unión Europea, vino a poner orden en el llamado modelo «espontáneo» de organización del sistema nacional de investigación y desarrollo (que era el adjetivo entonces utilizado para no tener que reconocer la carencia de cualquier modelo explícito); puso en marcha mecanismos de programación de la actividad científica y tecnológica; estableció una cierta coordinación entre los ministerios con responsabilidades en Investigación científica y Desarrollo tecnológico (I+D), y creó el Plan Nacional de I+D, que se convirtió en el principal instrumento de fomento de la actividad investigadora en el sector público (3, 4). La mencionada Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología consiguió introducir en la agenda política, quizá por primera vez en la historia de España, el tema de la investigación científica, que, de resultados de ello, adquirió una notable resonancia social y alumbró, en general, una atmósfera de euforia entre los científicos. A título personal, fue, para mí, una etapa grata en la que tuve la fortuna de colaborar como secretario general del Plan Nacional de Investigación, y secretario de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología.

El resultado de estas acciones iniciadas en los años ochenta fue un incremento que casi podríamos calificar de espectacular, ya que la contribución de España a la producción científica internacional se multiplicó por siete entre 1981 y 2003, período durante el cual su aportación al total mundial pasó del 0,8 % al 3 %. En poco más de veinte años, los documentos científicos de autoría española en las bases de datos internacionales se incrementaron en un 600 %, un crecimiento muy superior al que experimentó el conjunto de la Unión Europea (118 %) o el total mundial (84 %) en el mismo período, aunque deben tenerse en cuenta también los diferentes puntos de partida, muy bajos para el caso de España (4).

La mencionada «Ley de la Ciencia» de 1986 fue sustituida en 2011 por la «Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación (ley 14/2011)». Esta nueva ley entró en vigor después de un período de alegre incremento presupuestario, entre 2004 y 2008, cuando el presupuesto dedicado a I+D experimentó un crecimiento insólito y con un ritmo nunca visto (desde 8,9 millones de euros de 2004, que suponían un 1,06 % del PIB, a 14,7 millones en 2008, 1,35 % del PIB), hasta el punto de que la habitualmente circunspecta revista *Nature* editorializaba la situación de España con el título «A new Silver Age?» (5). Se decía en este editorial que «the government fulfilled the first of these promises, more than doubling the research budget [...]» (*El Gobierno ha cumplido la primera de estas promesas, incrementando en más del doble el presupuesto destinado a investigación [...]*). Una mirada retrospectiva a este corto y alegre período permite constatar la creación de programas e instituciones que, como otras inversiones en algunas áreas e infraestructuras, son difíciles de mantener tras el estallido de la inflada burbuja inmobiliaria española y

la crisis económica internacional. Algunas de las infraestructuras construidas suponen una carga que es difícil de sostener en la actualidad (6).

Los últimos datos del Instituto Nacional de Estadística disponibles son los correspondientes a 2011 (7), y nos avisan ya de que nuestra inversión en I+D ha iniciado un acusado descenso, que se acentuará sin duda en 2012 y en 2013, años en los que el Gobierno ha reducido las subvenciones de I+D alrededor del 30 %. En este restrictivo marco, se ha aprobado recientemente la Estrategia Española de Ciencia y Tecnología y de Innovación 2013-2020, así como el Plan Estatal de Investigación Científica y Técnica y de Innovación 2013-2016 (8). Este Plan Estatal estima que el gasto en I+D en relación con el PIB evolucionará desde un hipotético 1,33 % en 2013 al 1,48 % en 2016. Las previsiones se han calculado partiendo de las premisas establecidas en el Plan de Estabilidad de la economía española, que contempla revisiones anuales y una congelación del gasto total de I+D en las Administraciones Públicas, que se tratará de mantener en el 0,61 % del PIB. Por ello, para alcanzar el objetivo mencionado del 1,48 % del PIB, el gasto total de I+D del sector privado debería pasar del 0,62 % en 2013 al 0,73 % en 2016, una hipótesis demasiado optimista, ya que la contribución del sector privado al gasto total en I+D está descendiendo en los últimos años (9).

INVESTIGACIÓN Y PROFESORADO UNIVERSITARIO

La llegada de la democracia, en las últimas décadas del siglo pasado, supuso un cambio importante en nuestro país por el acceso a cargos de responsabilidad de una generación de profesionales con la importante determinación de incorporarnos a las modernas tendencias en ciencia y tecnología. En el área de universidades e investigación, me permito señalar a dos personalidades relevantes en esta tarea, Javier Solana y Juan Rojo, ambos doctorados en prestigiosas universidades extranjeras, que fueron, como ministro de Educación y Ciencia, y secretario de Estado de Universidades e Investigación, respectivamente, personajes clave en el proceso de modernización de nuestra ciencia, convencidos de que las universidades deben compatibilizar una docencia de calidad con actividades de investigación. En el contexto internacional era y es evidente que las universidades más competitivas son aquellas en las que los criterios de excelencia investigadora son fundamentales. Afortunadamente, un cambio relevante en la universidad española ha sido el importante progreso de la investigación universitaria. En unas décadas, ha dejado de ser una actividad minoritaria para pasar a constituir parte esencial del quehacer cotidiano

de la mayoría del profesorado universitario, contribuyendo de modo sustancial al incremento de la producción científica española, tanto en cantidad como en calidad. Así pues, habida cuenta de nuestras limitadas inversiones en esta rúbrica, pudiera concluirse que nuestra productividad científica es bastante destacable por la inversión que nuestro país realiza en investigación y que está en línea con la posición económica que España ocupa en el concierto global.

El punto de partida para entender este destacado progreso de la ciencia española puede fijarse, como se ha comentado anteriormente, en la segunda parte de los años ochenta, en los que se produce la entrada de España en la Unión Europea, se promulga la mencionada Ley de la Ciencia, y se establece el primer plan nacional de I+D, un plan que diseñó las bases sobre las que se asentaría la concurrencia competitiva en la consecución de fondos públicos de investigación, y que introdujo esquemas claros de reparto de dichos fondos, basados en la evaluación por pares, no ya a las universidades, sino directamente a sus grupos y unidades de investigación. Además, el plan representó para las universidades españolas un eficiente mecanismo para dotarse de las necesarias infraestructuras, reforzado con la aplicación a ese tipo de infraestructuras de una parte no desdeñable de los fondos de cohesión de la Unión Europea. Por otro lado, fue destacable la puesta en marcha del complemento por rendimiento investigador, el sexenio, que supuso un salto cualitativo en el reconocimiento de la función investigadora como fuente de prestigio, promoción y, en menor medida, estímulo económico al esfuerzo individual (10).

Sin embargo, los datos positivos de productividad científica universitaria contrastan con las discretas po-

siciones de nuestras universidades en los diversos *rankings* internacionales. Así, el *ranking* de Shanghái, publicado el pasado año (11), pone de manifiesto que no hay ninguna universidad española entre las doscientas más destacadas, aunque once universidades españolas están entre las quinientas más destacadas, situándose la Universidad de Zaragoza en el rango 401-500 entre las 1200 universidades consideradas. El referido *ranking* selecciona también las cien universidades más prestigiosas en diversas áreas, apareciendo en posiciones destacadas algunas universidades españolas: Zaragoza, en química, y Complutense de Madrid, en matemáticas, se sitúan entre las setenta y cinco primeras; y en el rango setenta y cinco-cien aparecen, en química, la Politécnica de Valencia, en física, Valencia, y en medicina, Barcelona. En este *ranking* global, las primeras posiciones las ocupan Harvard, Stanford, MIT, California-Berkeley y Cambridge. Las diez primeras universidades son estadounidenses o inglesas, mientras que la primera universidad alemana, la Técnica de Múnich, aparece en la posición cincuenta y tres. En Alemania, conscientes de la superioridad del modelo anglosajón, que se caracteriza por su flexibilidad y escasa burocracia, han planteado recientemente un programa de excelencia universitario (12) que puede implicar un cambio profundo en aquellas universidades que consigan ser seleccionadas. El programa está ya vigente, con una dotación económica anual superior a quinientos millones de euros, y he tenido ocasión de verlo de cerca ya que he formado parte de uno de sus comités internacionales de evaluación. El comité ha valorado especialmente la excelencia en investigación y la contratación flexible de profesorado competitivo sin tener en cuenta su nacionalidad. En definitiva, un programa am-

bicioso con recursos y objetivos definidos, que contrasta con nuestro programa español de campus de excelencia, escaso en fondos y con objetivos generalistas, que ojalá pueda contribuir a sacar a flote las fortalezas, que las hay, de nuestras universidades.

En nuestro país, aunque la investigación es importante para cimentar el prestigio de un profesor universitario, no ha llegado todavía a constituirse en la actividad fundamental para la promoción académica. Lejos de ello, se han ido sorteando los mecanismos establecidos a favor de la investigación en todas las leyes universitarias de la democracia. Así, mientras la promoción, en las universidades más competitivas, se ha basado fundamentalmente en méritos investigadores, en nuestro país, en la práctica, se ha consolidado la integración previa de los candidatos locales en la docencia universitaria, dando lugar a la endogamia por todos conocida (10). La excelencia no parece ocupar un lugar destacado en el modelo actual de acreditación, donde los criterios de antigüedad en la docencia y en actividades de gestión son generosamente valorados, y la promoción interna parece un derecho adquirido. Este planteamiento, unido a la indeseable rigidez que plantea el régimen funcional, en un marco de gobernanza poco homologable con las universidades más competitivas, impide situarnos como universidades de primera línea y explica en parte la discreta posición de las universidades españolas en los *rankings* internacionales. Sin embargo, a escala de grupos de investigación, es posible encontrar en muchas universidades españolas, y también en la Universidad de Zaragoza, equipos muy competitivos, que gozan de prestigio internacional, así como individualidades que se encuentran en las listas de «highly-cited scientists»,

que recogen los doscientos cincuenta científicos más referenciados del mundo en diversas áreas (13).

Afortunadamente, la promoción por méritos de investigación recibió un impulso notable mediante la incorporación de investigadores al sistema universitario por medio del Programa Ramón y Cajal. En Aragón, la creación de institutos universitarios de investigación y de institutos mixtos con el Consejo Superior de Investigaciones Científicas ha sido también un paso importante para atraer y retener en nuestra Universidad a científicos de brillante trayectoria. Por otra parte, desde el punto de vista institucional, aunque los mejores investigadores constituyen un patrimonio capital para las universidades, ya que contribuyen sensiblemente a incrementar su visibilidad y prestigio, introducen cierta tensión, debido a que sus laboratorios y grupos tienden a dotarse de más personal, necesitan más espacio, más equipamiento, y suelen requerir atención. El Rector y su equipo de gobierno conocen bien este problema y es de justicia decir que ponen todo su empeño en la búsqueda de soluciones.

LA INVESTIGACIÓN ESPAÑOLA: UNA REALIDAD DE CLAROSCUROS

La situación de la investigación científica y técnica en nuestro país permite realizar una doble lectura, una primera de razonable optimismo por los logros alcanzados, y una segunda de preocupación por su futuro, precisamente ahora que es más necesaria para una mejora de nuestra competitividad. Así, frecuentemente se alude al bajo lugar ocupado por nuestras universidades en los *rankings* internacionales, a la ausencia en tiempos recientes de científicos españoles con premios Nobel, al escaso número de patentes solicitadas desde organismos y empresas españolas, etc. Por otra parte, es cierto también que, como fruto del considerable esfuerzo realizado por las Administraciones Públicas —y, en menor medida, por la empresa— en las tres últimas décadas, España ha alcanzado una presencia en el concierto científico internacional como nunca antes había tenido, tanto a través de grandes instalaciones científico-tecnológicas como mediante el considerable volumen de producción e impacto en revistas internacionales indexadas, o la visibilidad internacional de ciertos centros de investigación españoles. La respuesta a esta aparente contradicción entre ambas visiones es que la investigación, el desarrollo y la innova-

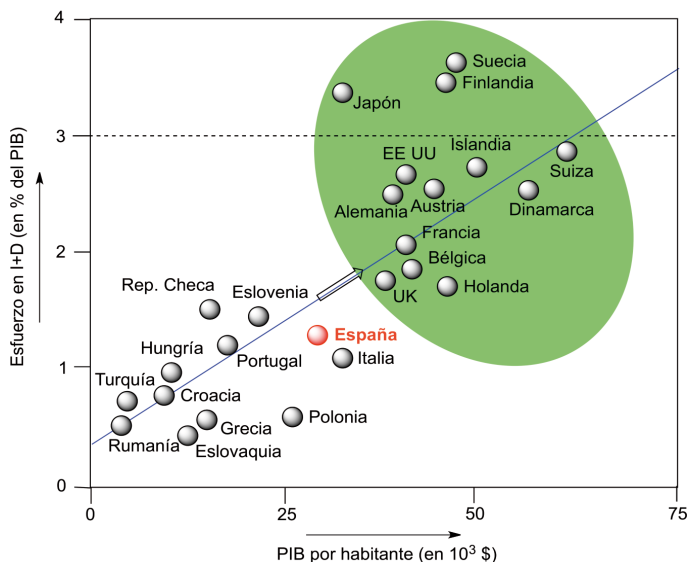
ción (I+D+i) es un fenómeno complejo y con múltiples facetas. Esta realidad poliédrica hace que sean compatibles áreas relativamente saludables con otras que, por decirlo suavemente, presentan un amplio margen de mejora. En la misma línea, mientras que algunos investigadores españoles se encuentran en la élite científica internacional, un porcentaje significativo de los investigadores universitarios españoles ni siquiera logra ser evaluado positivamente en las no siempre exigentes evaluaciones de productividad (sexenios) del Ministerio de Educación.

Numerosos estudios comparativos ponen de manifiesto que existe una correlación entre la riqueza de un país, medida por su renta per cápita, y sus inversiones en Investigación y Desarrollo e Innovación (I+D), hasta el punto de que se ha llegado a afirmar que los países más desarrollados no invierten en I+D porque sean ricos, sino que son ricos porque invierten o han invertido en I+D. La figura 1 muestra la relación entre esfuerzo en I+D y el PIB per cápita, tomado como una medida aproximada de riqueza.

Dicha figura pone de manifiesto un *cluster* de países más desarrollados que se caracterizan por realizar un esfuerzo en I+D mayor que España, que se encuentra en una posición próxima —pero exterior— al mencionado *cluster* de países más desarrollados. Nuestro esfuerzo en I+D está demasiado lejos del 3 %, que ha sido fijado como objetivo por la Administración de EE. UU. y por la Unión Europea para el próximo programa Horizonte 2020. Parece razonable pensar que, si España desea mejorar en sus indicadores de riqueza, debería moverse a lo largo de la línea de correlación mostrada en la figura 1, lo que implica a su vez un aumento en el esfuerzo de I+D+i. En cualquier caso, las comparaciones basadas en porcentaje

Figura 1

ESFUERZO EN I+D+I Y PIB PER CÁPITA PARA DIFERENTES PAÍSES



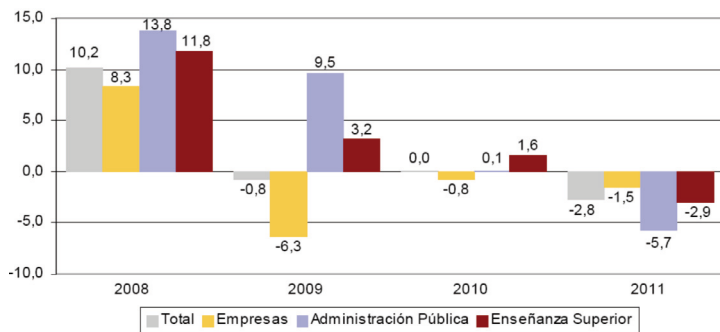
Fuente: OCDE

del PIB no reflejan adecuadamente la magnitud del problema, ya que, aunque España invirtiera el mismo porcentaje que, por ejemplo, Alemania, al ser su PIB mucho mayor, cada alemán estaría invirtiendo más euros que nosotros en mejorar su futuro.

Los datos de inversión de 2010 indican que España invierte en I+D como porcentaje del PIB aproximadamente un 1,39 %, frente al 2,0 % de la UE-27 y el 2,4 % de la OCDE. Dicho esfuerzo se encuentra todavía demasiado alejado de los países más desarrollados, que tienen una inversión en I+D superior al 2,8 %, cifra que sobrepasan notoriamente Japón, Finlandia, Suecia, EE. UU. y Alema-

Figura 2

TASAS DE VARIACIÓN DEL GASTO EN I+D EN EL PERÍODO 2008-2011



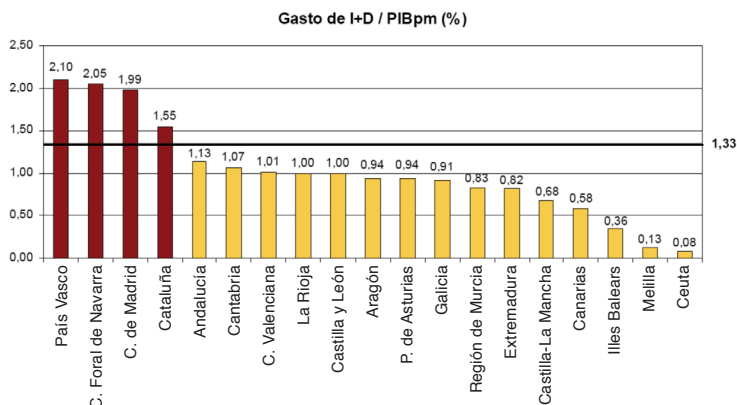
Fuente: INE, 2012

nia (14). Conviene recordar que el esfuerzo inversor en I+D+i, en definitiva inversión en conocimiento, ha sido el gran protagonista del crecimiento del PIB y de la productividad en la práctica totalidad de las economías desarrolladas a lo largo de las últimas décadas, y que el PIB basado en el conocimiento resiste mejor los períodos de crisis. Por ello, deberíamos contemplar con preocupación que la inversión española en I+D, según los últimos datos del Instituto Nacional de Estadística (INE), esté descendiendo desde el año 2008 (figura 2).

Los mencionados datos estadísticos del INE ponen de manifiesto que el gasto en I+D fue de 14 184 millones de euros en el año 2011, con un descenso del 2,8 % respecto a 2010. Este gasto supuso el 1,33 % del PIB, frente al 1,39 % de 2010, y, habida cuenta de la información disponible sobre 2012 y 2013, es previsible que el descenso continúe. En este contexto, Aragón en 2011 ha invertido un 0,94 %, que, como muestra la figura 3, se encuentra por

Figura 3

GASTO EN I+D POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS EN 2011



Fuente: INE, 2012

debajo de la media española, que es de 1,33 %, y ha sido la comunidad que ha experimentado un mayor descenso anual, un -13,9 %, mientras que el País Vasco ha crecido un 7 %, alcanzado ya un 2,10 % del PIB, según el análisis del Instituto Nacional de Estadística (7).

¿En qué resultados se ha traducido el esfuerzo en I+D+i español de los últimos decenios? En el caso de la investigación, un indicador útil es el número de publicaciones científicas indexadas en las bases de datos internacionales como Web of Knowledge (ISI Thomson-Reuters). Dado que las publicaciones recogidas en estas bases de datos deben cumplir unos mínimos de calidad entre los que se incluye la revisión por pares, el número de publicaciones en dichas bases refleja la cantidad de artículos de investigación que cumplen con los requisitos mínimos admitidos por la comunidad científica interna-

cional. Medir la calidad es más complejo. El índice H y el factor de impacto son indicadores útiles, así como el número de citas recogido por las publicaciones indexadas. Obviamente, una publicación internacional de gran impacto será citada por otros científicos en todo el mundo, por lo que el número de citas es un indicador aceptable del nivel, medido como impacto o influencia, de una comunidad científico-técnica. Si tomamos estos indicadores para España tal y como se recogen en la base de datos Web of Knowledge, vemos que nuestro país ocupa el puesto noveno en cuanto a producción, cifra que desciende al puesto undécimo cuando se mide el impacto medido como número de citas (tabla 1). Es interesante señalar que no todas las áreas científicas que se cultivan en España siguen este patrón. En la tabla 1 se recogen algunos indicadores para varias disciplinas científicas, que muestran que, si denominamos N el puesto de España en cuanto a producción, vemos que el patrón general empeora en cuanto a influencia, ya que es de tipo $N+2$. Sin embargo, las ciencias más competitivas e influyentes siguen el patrón $N-2$ y son Química, Matemáticas y Física. Las Ciencias de Materiales, Computación e Ingenierías están en el patrón $N-1$. Sin duda, esta mayor competitividad en áreas científicas y tecnológicas es una fortaleza de nuestro sistema, que debiéramos valorizar adecuadamente favoreciendo un transferencia eficiente de resultados de investigación al sector productivo.

Estos datos muestran un vigor razonablemente bueno de la ciencia española si nos atenemos a los valores medios. Sin embargo, el diagnóstico no es tan favorable si se establecen criterios fuertemente selectivos. Así, por ejemplo, si nos fijamos en las publicaciones españolas en el cuartil superior de publicaciones con más impacto,

Tabla 1

PUBLICACIONES ESPAÑOLAS RECOGIDAS EN LA BASE DE DATOS
WEB OF KNOWLEDGE EN LOS ÚLTIMOS DIEZ AÑOS: NÚMERO DE ARTÍCULOS,
DE CITAS Y POSICIONES EN EL RANKING INTERNACIONAL (14-16)

Disciplina	N.º artículos	Posición	N.º citas	Posición
<i>Total (Patrón N+2)</i>	390.758	9	4.251.086	11
<i>Disciplinas con patrón N-2</i>				
Química	52.206	9	693.457	7
Matemáticas	13.299	10	49.191	8
Física	35.643	11	400.824	9
<i>Disciplinas con patrón N-1</i>				
CC. Computación	12.643	10	44.759	9
CC. de Materiales	13.527	11	116.952	10
Ingeniería	31.631	12	177.104	11
<i>Disciplinas con patrón N</i>				
Neurociencias y Comportam.	10.678	10	167.176	10
Inmunología	4.046	12	71.308	12
CC. Geológicas	10.137	12	95.396	12
<i>Disciplinas con patrón N+1</i>				
Medicina Clínica	68.263	11	922.811	12
<i>Disciplinas con patrón N+2</i>				
Biología y Bioquímica	18.458	9	273.447	11
Biol. Molecular y Genética	10.045	9	208.783	11
<i>Disciplinas con patrón N+3</i>				
Economía y Negocios	7.780	6	35.024	9
<i>Disciplinas con patrón N+4</i>				
Ciencias Sociales	12.177	7	34.577	11

Fuente: <<http://esi.webofknowledge.com>> (febrero 2013)

España desciende del puesto noveno (el cuarto de Europa) al vigésimo quinto a nivel mundial. Sería deseable que, una vez se ha alcanzado un digno nivel internacional, los investigadores españoles se plantearan investigaciones

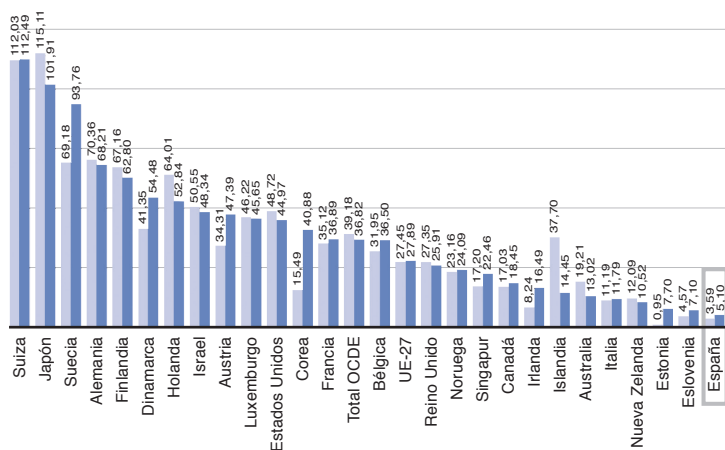
de mayor riesgo e impacto, y una mayor participación en programas competitivos de la Unión Europea. Todo parece indicar que este giro en los objetivos de la investigación es posible; el mencionado editorial de la prestigiosa revista *Nature* en 2008 terminaba con la siguiente sentencia: «Spain's pockets of scientific excellence – reflected in its success in winning many of the first highly competitive European Research Council grants – show that the country is capable of entering a new Silver Age. If only its government will let it» (*Las bolsas españolas de excelencia científica quedan reflejadas en su éxito al obtener muchos de los proyectos altamente competitivos del Consejo de Investigación Europeo, y nos muestran un país que podría entrar en una nueva Edad de Plata. [Apostillando:] Basta que su Gobierno se lo permita*) (5).

En lo que respecta a las patentes, el otro gran indicador de producción investigadora vinculado a la protección de la propiedad intelectual e industrial, los resultados de la I+D+i española son mucho menos favorables. En un marco de competitividad global, un indicador interesante es la producción de patentes triádicas (registradas en la UE, EE. UU. y Japón) de nuestro país, que está recogida en la figura 4, tomada del *Informe Cotec 2012* (17). Otro factor importante es que una parte no desdeñable de las patentes españolas, europeas y triádicas registradas por inventores españoles están vinculadas no a empresas sino (total o parcialmente) a universidades y OPI (Organismos Públicos de Investigación). Hay que tener en cuenta que de las aproximadamente 11 000 empresas innovadoras en España, menos de la cuarta parte solicita una patente al año.

Si se consideran diversos indicadores vinculados a la innovación en su sentido más amplio, la posición de España varía bastante según el indicador considerado, pero en general los puestos alcanzados son sensiblemente in-

Figura 4

FAMILIAS DE PATENTES TRIÁDICAS POR MILLÓN DE HABITANTES
PARA DIFERENTES PAÍSES EN 2000 (AZUL CLARO) Y 2009 (AZUL OSCURO)



Fuentes: OCDE e Informe Cotec 2012

feriores a los que serían esperables —y deseables— para un país de nuestro tamaño y nivel de desarrollo. A título indicativo, en la tabla 2 se recogen las posiciones de España con respecto a algunos de estos indicadores, tomados del *Informe Cotec 2012* (17).

En definitiva, cabe concluir que nuestro país ha alcanzado un desarrollo científico-tecnológico razonable en lo que se refiere a investigación científica académica, si bien algunos indicadores relacionados con la I+D+i en su sentido más amplio, y cercano al sector productivo, arrojan resultados sensiblemente inferiores. En este contexto, es pertinente recordar un conocido informe británico sobre política científica que decía: «one should not blame academic scientists for deficiencies in industry» (*no se debe*

Tabla 2

POSICIÓN MUNDIAL DE ESPAÑA CON RESPECTO A DIVERSOS INDICADORES
RELACIONADOS CON LA INNOVACIÓN DURANTE EL PERÍODO 2006-2011

Indicador	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Gasto total en I+D (% PIB)	26	26	27	29		
Gasto empresarial en I+D (% PIB)	27	27	26	28		
Solicitudes de patente	28	27	28	28		
Financiación para el desarrollo de alta tecnología	38	33	30	31	32	25
Transferencia de conocimiento universidad-empresa	43	42	37	53	44	34
Exportación de alta tecnología (% exportación en manufacturas)	46	49	50	47		
Atracción y retención de talento		47	46	53	56	50

Fuentes: Informe Cotec 2012 y referencias allí citadas

culpar a los científicos académicos de las deficiencias en la industria). Aunque algunos indicadores, tales como la financiación en alta tecnología o la transferencia de conocimiento entre las universidades y las empresas, evolucionan positivamente, otros están estancados, tales como las patentes y la exportación de alta tecnología, dos indicadores fuertemente correlacionados. Asimismo, es preocupante el bajo puesto, con un ligero empeoramiento además, que ocupa nuestro país en cuanto a la atracción y retención de talento. Lo que es peor, es muy probable que los recortes en I+D+i en 2012 y 2013, que siguen en la estela descendente de los últimos años, incidan negativamente en la evolución de la mayoría, si no todos, los indicadores relacionados con la pujanza —y riqueza— de nuestro país en este ámbito.

En conjunto, el sistema español de ciencia y tecnología ha recuperado en apenas treinta años un desfase casi secular en investigación científica (3), pero presenta todavía notables carencias. Algunas de las más relevantes son:

- 1) El sector público es excesivamente multipolar y está poco articulado. La coordinación que por mandato constitucional debería ejercer al respecto el Estado es notoriamente insuficiente. Los instrumentos de gobernanza creados para ejercer esa coordinación apenas han funcionado, y las políticas que siguen no pocas comunidades autónomas tienden en ocasiones al minifundio, a duplicidades de instrumentos y aun de infraestructuras, lo que se traduce en un uso poco racional de los recursos.
- 2) El régimen funcional como esquema prácticamente único de selección de personal en el sector público de I+D, además de un anacronismo, es un obstáculo obvio para mejorar el funcionamiento del sistema. Los modelos de relación contractual de ICREA (Institut Catalana de Recerca i Estudis Avançats), Ikerbasque (Fundación Vasca para la Ciencia), ARAID, o del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO) marcan un camino que se debe desarrollar con toda decisión.
- 3) La definición de prioridades y el diseño estratégico de la política científica española son claramente insuficientes y no están a la altura del desarrollo del país.
- 4) Las universidades e instituciones públicas de I+D son relativamente débiles y, en muchos casos, no ofrecen más que una razón social a los numerosos grupos autónomos y poco articulados que traba-

jan en ellas. En general, no tienen la capacidad de reordenar sus recursos humanos, una parte de ellos seriamente ineficientes.

- 5) El sector empresarial es relativamente débil en I+D comparado con otros países desarrollados, tiene una escasa tradición tanto investigadora como innovadora, y las medidas fiscales y de otro tipo adoptadas hasta ahora para remediar sus carencias no han dado el resultado esperable.
- 6) La participación e integración del sistema español de ciencia y tecnología en los programas de I+D+i más competitivos de la Unión Europea y otros programas internacionales es manifiestamente mejorable.

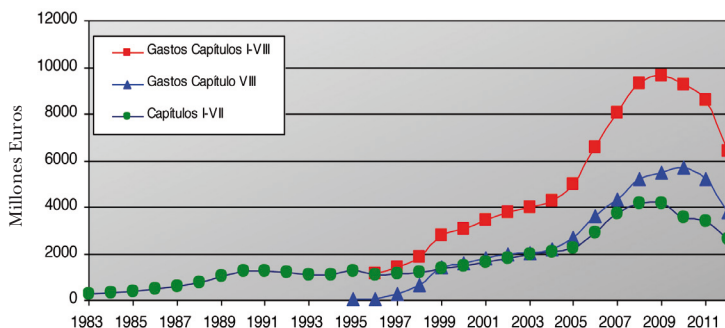
ANTE UN ESCENARIO ECONÓMICO COMPLEJO

El escenario económico actual no es posiblemente el más adecuado para acometer las reformas necesarias, pero el deseable cambio de modelo de desarrollo y la creciente competencia internacional en materia de talento, conocimiento científico, tecnología y liderazgo empresarial exige priorizar discriminadamente la financiación dedicada a actividades de I+D+i. La figura 5 muestra que, tras el insólito crecimiento de los Presupuestos Generales del Estado dedicados a I+D en el período 2004-2008, estamos asistiendo desde 2009 a un acelerado recorte tanto en los gastos totales (línea cuadrados) como en créditos (línea triángulos) y subvenciones (línea círculos). Los recortes en I+D en 2013 siguen en la estela descendente de los últimos años, incidirán negativamente en la evolución de la mayoría, si no de todos, los indicadores relacionados con la relativa pujanza —y fortaleza— de nuestro país en este ámbito, y supondrán la pérdida de una generación de jóvenes bien formados, en los que el país ha realizado una importante inversión.

Los Presupuestos Generales del Estado de 2013 relacionados con la I+D+i civil pudieran sugerir que se estima realizar un esfuerzo en I+D+i similar al realizado en el

Figura 5

EVOLUCIÓN DE LOS GASTOS EN I+D
EN LOS PRESUPUESTOS GENERALES DEL ESTADO (4)
(Euros corrientes)



año anterior, que, pese a todo, continúa estando lejos del promedio en esfuerzo en I+D de la Europa de los 15 con la que supuestamente queremos converger. Sin embargo, hay que temer que esto no vaya a ser así, ya que se reduce el apartado de subvenciones, transferencias y gastos, mientras que se aumenta considerablemente el de créditos, que usualmente no se suele ejecutar en su totalidad, dados los problemas que atraviesa nuestro tejido industrial y empresarial y su limitada cultura de I+D+i. Por tanto, las cantidades realmente ejecutadas serán probablemente menores (18). Por otra parte, en los Organismos Públicos de Investigación (OPI) continúa la trayectoria monótonamente descendente de los últimos años iniciada con un acusado recorte en el año 2010.

Como conclusión, y habida cuenta de que en los Presupuestos Generales del Estado para 2013 la reducción se concentra en fondos no financieros, el impacto sobre la investigación pública puede ser crítico, peligrando la

continuidad de numerosos proyectos, grupos y centros de investigación. Por ello, se debería tomar conciencia de que se está poniendo en un riesgo más que probable a una parte importante de nuestro sistema de I+D y, por ende, la posibilidad de que la economía y la sociedad española construyan unas bases más sólidas y sostenibles para mejorar el bienestar de sus ciudadanos en el próximo futuro. En este contexto, puede ser oportuno recordar las palabras extraídas del Preámbulo de la Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, aprobada hace poco más de un año por el 99 % de los miembros del Congreso y del Senado español: «El modelo productivo español [...] se ha agotado, con lo que es necesario impulsar un cambio a través de la apuesta por la investigación y la innovación como medios para conseguir una economía basada en el conocimiento que permita garantizar un crecimiento más equilibrado, diversificado y sostenible». En definitiva, un modelo económico basado en la generación de conocimiento solo tendrá éxito si se garantiza la estabilidad del sistema de investigación en términos de recursos económicos y humanos y si hay un sector privado que, más allá de las declaraciones de intenciones, apueste de verdad por la investigación y la innovación. Por ello, resulta contradictorio mantener la retórica del cambio a un modelo productivo basado en el conocimiento cuando muchas de las medidas que se adoptan no van en la dirección adecuada. La investigación en nuestro país es, actualmente, una prioridad a prueba (9).

La situación es bien conocida por quienes nos dedicamos a la investigación. Decía André Gide que todas las cosas habían sido ya dichas, pero que, como nadie escucha, siempre es necesario volver a empezar («il faut toujours recommencer», en sus propias palabras). En cual-

quier caso, no se trata solo de repetir el mismo alegato, sino que hay que actualizar el diagnóstico de la situación y presentar propuestas. En esta línea, el pasado mes de diciembre publicaba en *la cuarta página* de *El País* (19), con el título «Un gran pacto de Estado en I+D», algunas reflexiones y propuestas que desearía desarrollar, a continuación, con más detalle.

ALGUNAS CONSIDERACIONES Y POSIBLES PROPUESTAS

Estabilidad institucional y colaboración entre el Estado y las comunidades autónomas

Desde la aprobación de la «Ley de Fomento y Coordinación General de la Investigación Científica y Técnica», en 1986, comúnmente denominada «Ley de la Ciencia», que introdujo en la agenda política, quizá por primera vez en la historia de España, la investigación científica como política pública de interés general, se han producido numerosas modificaciones que han generado, a lo largo de las diferentes legislaturas, una notable inestabilidad del tejido institucional español en materia de I+D+i (4). Por todo ello, se debería:

- a) Dotar a nuestro sistema nacional de I+D+i de un marco institucional estable y previsible, que sea objeto de un gran pacto de Estado y que permita a los agentes del sistema de I+D+i diseñar estrategias a medio y largo plazo. Es preferible que se planteen crecimientos presupuestarios modestos, pero sostenidos en el tiempo, que asignaciones presupuestarias de carácter espasmódico, como las que se han aplicado a lo largo de los pocos años transcurridos en el siglo XXI.

El diseño presupuestario debería hacerse además convergiendo con los objetivos europeos.

- b) Esta política estatal de I+D+i debería incorporar en su diseño, financiación y gestión a las comunidades autónomas, de acuerdo con las mejores experiencias disponibles en otros países, con el fin de evitar la dispersión de esfuerzos y de aumentar la eficiencia del sistema.
- c) Los procesos de definición estratégica y de evaluación de resultados deberían ser bien conocidos por los agentes académicos e industriales y reflejar claramente las diferencias de valoración en materia de investigación, desarrollo e innovación.
- d) La Agencia Estatal de Investigación, propuesta en la reciente Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación de 2011, debería seguir el modelo del European Research Council, actuando en consecuencia con la mayor autonomía frente al Gobierno.

Cultura empresarial y políticas proactivas de I+D+i en el sector privado

La actividad de I+D+i vinculada al ámbito industrial y empresarial está por debajo de lo que corresponde a un país de nuestro desarrollo económico. Se pueden apuntar varias causas para justificar esta situación:

- 1) Un tejido empresarial formado muy mayoritariamente por pymes financieramente débiles y con poca capacidad para asumir las inversiones y los riesgos inherentes a la I+D+i de base tecnológica.
- 2) Un parque reducido de grandes empresas, así como un parque relativamente débil de empresas de base tecnológica.

- 3) Una sociedad con poca cultura del riesgo y del emprendimiento, con un acusado rechazo social al fracaso.
- 4) Una actitud pasiva hacia la I+D, en la creencia de que esta debe financiarse principalmente con fondos públicos. Es revelador el bajo porcentaje de la I+D+i española financiada con capital privado.
- 5) Una baja cultura del mecenazgo en materia de I+D+i, comparativamente débil incluso en el ámbito de la biomedicina.

Por todo ello, con las limitaciones propias de la actuación de los poderes públicos en este ámbito, parece deseable emprender varias acciones, como podrían ser las siguientes:

- a) Fomentar políticas que puedan conducir al aumento de tamaño de las empresas y a que cooperen entre sí.
- b) Financiar las empresas mediante instrumentos de préstamo, capital semilla y capital riesgo que puedan ser efectivamente utilizados por ellas.
- c) Incentivar la participación de las empresas españolas en programas nacionales e internacionales de I+D fomentando la colaboración con las universidades y OPI.
- d) Incentivar la contratación de jóvenes investigadores por parte de las empresas. Favorecer aún más la movilidad entre la industria y la investigación académica.
- e) Fomentar el mecenazgo y la financiación privada de la I+D mediante una política adecuada de incentivos fiscales.
- f) Fomentar la transferencia de resultados de investigación del sector público al sector productivo.

Gobernanza de la Universidad y de Organismos Públicos de Investigación

La gobernanza de nuestras universidades, y también en nuestros Organismos Públicos de Investigación (OPI), necesita cambios profundos. Esta situación no es exclusiva de nuestro país, de modo que en medios académicos internacionales se menciona, en ocasiones, la siguiente sentencia: «Trying to introduce change in universities is like trying to move a cemetery: you can expect no much help from the people inside» (*Intentar introducir cambios en las universidades es como intentar trasladar un cementerio: no puedes esperar demasiada ayuda de las personas que están dentro*). En particular, el impulso necesario para que nuestras universidades alcancen las cotas de calidad investigadora que las acerquen a los puestos de cabeza en la escena internacional solamente se podrá generar a partir de una transformación profunda, muy especialmente en lo que atañe a la gobernanza universitaria. Por ello, en relación con las actividades de investigación, sería deseable:

- a) Establecer de forma explícita y normativa la actividad investigadora como uno de los ejes fundamentales de la actividad académica. Los equipos de gobierno deberían rendir cuentas del desempeño de dicha actividad ante los poderes públicos, tanto nacionales como autonómicos.
- b) Los Organismos Públicos de Investigación y universidades deberían asumir su responsabilidad en la mejor gestión de sus instituciones y proponer las eventuales concentraciones de institutos y departamentos con criterios de racionalidad científica. Para ello debería concedérseles la suficiente au-

- tonomía normativa y de gestión vinculando esta a una rendición de cuentas más exigente.
- c) Valorar y dignificar la actividad de investigación de carácter tecnológico.
 - d) Gestionar fondos de I+D de origen público no a través de subvenciones fijas, sino sobre contratos programa con indicadores exigentes y contrastables.
 - e) Reservar expresamente una parte del presupuesto universitario para la promoción de la actividad investigadora, sin perjuicio de que la mayor parte de los fondos de I+D deban ser de origen competitivo.

Captación y retención de talento

Es deseable introducir en nuestro sistema acciones para la captación de talento, de modo ágil, y reducir la acentuada endogamia, así como evitar la pérdida de talento, que se está incrementando en la actualidad. El sistema español de I+D+i vinculado a universidades y Organismos Públicos de Investigación está basado en un esquema funcional que supone una barrera para los científicos y tecnólogos extranjeros que deseen desarrollar su carrera en nuestro país. A esa rigidez hay que añadir las restricciones de contratación establecidas por la Administración para estos organismos públicos, y la incapacidad de los mismos para reordenar sus recursos humanos, una parte de ellos seriamente ineficientes. Por otra parte, nuestro tejido empresarial adolece de una baja presencia del personal dedicado a actividades de I+D+i.

Resulta destacable la creación, en algunas comunidades, como Cataluña y País Vasco, de instituciones tales como ICREA e Ikerbasque, dotadas ambas de una autonomía real para la toma de decisiones, que están permi-

tiendo la contratación laboral de investigadores nacionales y extranjeros. Los resultados obtenidos están siendo excelentes, generando recursos externos muy por encima de la inversión realizada en ellos. Estas actuaciones han permitido una notable revitalización de sus respectivas comunidades científicas.

Por todo ello, parece deseable adoptar las siguientes iniciativas:

- a) Puesta en marcha de procesos de retención de talento, así como de atracción de talento de ámbito internacional y fuera del marco funcional, a través de mecanismos de selección llevados a cabo por paneles independientes que sean creíbles y estables.
- b) Evaluación continua de los resultados y del desempeño del personal investigador contratado, con consecuencias directas tanto en los aspectos salariales como en la promoción profesional.
- c) Reconversión del modelo funcional del personal investigador, tanto en universidades como en Organismos Públicos de Investigación. Impulso de esquemas de selección y contratación basados en el modelo *tenure track*, permitiendo construir una carrera investigadora atractiva y coherente en un marco estable.

COMENTARIO FINAL

En España, la crisis está provocando una reducción del esfuerzo total en Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+i). Desde 2009, estamos asistiendo a una disminución significativa que puede afectar, de modo difícilmente reversible, al deseable cambio hacia un modelo productivo basado en el conocimiento. Por ello, se considera conveniente una revisión de la estructura y gobernanza institucional que haga posible una mejora de su eficiencia, así como una optimización de los recursos humanos dedicados a estas actividades, y un sector privado que apueste verdaderamente por la investigación y la innovación. En cualquier caso, el apoyo sostenido a la investigación debiera ser una prioridad de interés general, porque es un hecho empíricamente comprobado que las economías basadas en el conocimiento resisten mejor los períodos de crisis. El esfuerzo hecho a lo largo de estos años no puede desaprovecharse. Por el contrario, debemos hacer un esfuerzo en I+D anticíclico y, al mismo tiempo, flexibilizar y actualizar nuestros modelos de gestión de la I+D pública y privada. En definitiva, ante la coyuntura económica actual no podemos permitirnos el lujo de la pasividad ni del desánimo.

REFERENCIAS

1. Oro, L. A., «La Escuela de Química de Zaragoza y Don Julián Bernal Nievas», en *Doctori Bernal Amicorum Liber*, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 2005, p. 31.
2. Ramón y Cajal, S., *Reglas y consejos sobre investigación científica. Los tónicos de la voluntad*, varias ediciones, CSIC, Madrid, 2005.
3. Lafuente, A., y L. A. Oro, *El sistema español de ciencia y tecnología en el marco internacional: Evolución y perspectivas*, Fundesco, Madrid, 1992.
4. López Facal, J., «La ciencia española entre dos leyes», en *La investigación: una prioridad a prueba*, Cuadernos del Círculo Cívico de Opinión, 8 (2012), 31-40.
5. *Nature* (editorial), 451 (2008), 1029.
6. Duarte, C., «El gobierno de la I+D+i», *El País*, 21 de enero de 2013, p. 4.
7. <www.ine.es/prensa/np747.pdf>.
8. <<http://www.idi.mineco.gob.es/portal/site/MICINN/menuitem.7eeac5cd345b4f34f09dfd1001432ea0/?vgnextoid=abf192b9036c2210VgnVCM1000001d04140aRCRD>>.
9. Cossío, F., y L. Oro, «I+D, una prioridad a prueba», *Cinco Días*, 12 de febrero de 2013.
10. Docampo, D., «La investigación en las Universidades», *Temas para el Debate*, 203 (2011), 32-35.
11. <<http://www.shanghairanking.com/ARWU2012.html>>.

12. <http://www.dfg.de/en/research_funding/programmes/excellence_initiative/index.html>.
13. <<http://researchanalytics.thomsonreuters.com/highlycited/browse/>>.
14. Cossío, F. P., «Investigación, desarrollo e innovación en una España en crisis: un breve informe de situación y algunas propuestas», en *La investigación: una prioridad a prueba, Cuadernos del Círculo Cívico de Opinión*, 8 (2012), 15-29.
15. <<http://esi.webofknowledge.com/allmenus.cgi?option=C>>.
16. Oro, L. A., «La química española en el año internacional de la química», *Arbor*, 187, extra 1 (2011), 169-172.
17. *Informe Cotec 2012: Tecnología e Innovación en España*, 2012.
18. <http://www.cosce.org/pdf/comunicado_lectura_61112.pdf>.
19. Oro, L., «Un gran pacto de Estado en I+D», *El País*, 21 de diciembre de 2012, p. 4.

ÍNDICE

PREÁMBULO	9
INTRODUCCIÓN	11
LA ESCUELA DE QUÍMICA DE ZARAGOZA.....	13
EL INICIO DE LA POLÍTICA CIENTÍFICA	15
INVESTIGACIÓN Y PROFESORADO UNIVERSITARIO	21
LA INVESTIGACIÓN ESPAÑOLA: UNA REALIDAD DE CLA- ROSCUROS	27
ANTE UN ESCENARIO ECONÓMICO COMPLEJO	39
ALGUNAS CONSIDERACIONES Y POSIBLES PROPUESTAS ...	43
Estabilidad institucional y colaboración entre el Estado y las comunidades autónomas.....	43
Cultura empresarial y políticas proactivas de I+D+i en el sector privado.....	44
Gobernanza de la Universidad y de Organismos Públicos de Investigación	46
Captación y retención de talento	47
COMENTARIO FINAL.....	49
REFERENCIAS.....	51

Este libro se terminó de imprimir
en los talleres del Servicio de Publicaciones
de la Universidad de Zaragoza
en marzo de 2013

