

Ciencia, Física, Investigación y Economía

J. Adolfo de Azcárraga

La educación y el conocimiento científico son fundamentales para el bienestar de cualquier país, por lo que el apoyo a la Ciencia es esencial y especialmente en el Antropoceno en que vivimos. Sin embargo, los datos muestran que los gobiernos de España no parecen apreciarlo así.

La física, nuestra ciencia, es una extraordinaria fuente de conocimiento —de Cultura— y, a la vez, de un número ilimitado de aplicaciones tecnológicas. Pero no está de más sustanciar su extraordinaria importancia en la economía europea en términos cuantitativos analizando, de paso, algunos aspectos que conciernen más específicamente a la Ciencia e I+D+i en España. A los efectos del impacto de la Física en la economía, cabe definirla como la rama de la Ciencia que se ocupa de la naturaleza, estructura y propiedades de la materia, desde la escala más pequeña hasta el universo en su conjunto; como es natural, la Física incluye experimentación y teoría, por lo que abarca tanto la investigación básica movida por la pura curiosidad del científico, como la investigación aplicada ligada a la tecnología. Análogamente, para analizar su efecto en el sector productivo, se puede considerar que una industria está basada en la Física cuando ésta es esencial para su existencia. Por supuesto, la Física también interviene en otras actividades e influye en su desarrollo, lo que le confiere un considerable efecto multiplicador. En el análisis que sigue¹ y cuando no se diga otra cosa, Europa se referirá a la UE28 o a la UE28+3 incluyendo Islandia, Noruega y Suiza, tres de los cuatro miembros de la Asociación Europea de Libre Comercio (EFTA, por *European Free Trade Association*; el cuarto es Lichtenstein).

Como algunas de las cifras posteriores se referirán al Valor Añadido Bruto (VAB o GVA por *Gross Value Added*) conviene saber en qué se diferencia del más familiar Producto Interior Bruto (PIB o GDP por *Gross Domestic Product*). *Grosso modo*, el

PIB recoge el valor de los bienes y servicios finales producidos (generalmente en un trimestre o un año). Como el cálculo del PIB se realiza a precios de mercado, el PIB también incorpora los impuestos que gravan esos bienes. Por el contrario, el VAB se obtiene acumulando los costes de los factores requeridos para la producción del bien final, incluyendo las subvenciones otorgadas a (algunos de) los elementos utilizados en la producción —generalmente para incentivarla— y que por tanto forman parte del VAB pero no del PIB. Así pues, PIB y VAB pueden verse como dos formas de cuantificar lo mismo —la renta generada en la economía debida a la actividad productiva— con la salvedad menor de que el PIB, pero no el VAB, incluye los impuestos que suben el precio final de mercado, mientras que las subvenciones forman parte del VAB pero no del PIB. Éste se suele utilizar como medida del tamaño global de una economía, por ejemplo la de un país; el VAB se suele calcular de forma *desagregada*, para cada sector productivo² (e.g., agricultura y pesca, industria, construcción, etc.) y por ello es indicado para medir la importancia de los distintos sectores económicos. Aquí se usará el VAB asociado a la física para valorar lo que ésta aporta y, con frecuencia, nos referiremos al período 2011-16.

Pues bien, el VAB de las industrias basadas en la Física en la UE28+3 en 2016 fue de 1.65 *trillones* (USA) de euros³ i.e. de 1.65×10^{12} €. El sector basado en la Física constituye algo más del 12% del VAB total de la economía de la UE28, una fracción

¹ He utilizado cifras del Informe del CEBR (*Centre for Economics and Business Research*) publicado en 2019 (basado a su vez en el *Eurostat* o *EU Statistical Service*) y que cubre el período 2011-16, así como del Banco Mundial. También he tomado datos del *European Research Council* cedidos por el director de su Dpto. Científico y miembro de la RSEF José Labastida, del estudio —desciframiento— de José de Nó (COSCE y GRINEI-UCM) de la Política de Gasto 46 de los Presupuestos Generales Estado, del Informe DECIDES de Aurelia Modrego (COSCE y UC3M) así como dos gráficas de su artículo (IV-19) cedidas por Invest. y Ciencia. También me he beneficiado de aclaraciones de Alfonso Novales (UCM); agradezco a todos los citados su valiosa ayuda. Tomar cifras de fuentes no homogéneas no está exento de riesgos, pero bastarán para el análisis que sigue.

² El VAB global es la suma de todos los VAB sectoriales. Si ignoráramos impuestos y subvenciones, PIB y VAB total serían iguales. Sin embargo, el PIB será mayor que el VAB cuando los impuestos sean mayores que los subsidios, y el VAB será más alto que el PIB en la situación inversa: $VAB_{total} = PIB - (impuestos) + (subvenciones)$.

³ Como comparación, *en orden de magnitud* y según el Banco Mundial, los PIBs de España, China, UE y de USA en 2016 (2018) fueron de 1.23 (1.42), 11.14 (13.61), 16.58 (18.77) y de 18.71 (20.54) *trillones de dólares actuales*, respectivamente, tras redondear las centésimas. Incluyo los decimales porque así son los datos, pero tengo escasa fe en precisiones de uno por diez mil o incluso por mil en asuntos económicos [uso la 'escala corta' anglosajona más tradicional en economía, no la del DRAE, por lo que un 'billón' son mil millones (10^9 , un millardo) y un trillón son mil 'billones' (10^{12} i.e., un billón español o millón de millones)].

mayor que la de sectores como la construcción, el financiero o el minorista. Por otra parte, el empleo en las empresas de la UE28+3 relacionadas con la Física alcanzó los 17.8 millones de personas en 2016, lo que implica un incremento de algo más de un millón respecto a 2011. Se concluye, por tanto, que el VAB por persona en el sector de la Física fue de unos 92,700 € en 2016, mayor que para los otros sectores citados. Es interesante conocer el porcentaje del VAB asociado a la Física en los distintos sectores. En la UE28+3, el promedio del período 2011-16 se distribuyó así: 42.5% del sector manufacturero, 14.1% información y comunicación, 14.1% profesional, arquitectura e ingeniería e I+D. Estos porcentajes no son muy distintos a los del promedio de ocupación relacionada con la Física en ese mismo período: sector manufacturero, 48.9%; profesional, actividades científicas y técnicas, 20.6%; información y comunicaciones, 9.6%.

Otro aspecto a resaltar es el mencionado *factor multiplicador* de la actividad relacionada con la Física. Por cada euro del VAB asociado a la Física, la economía de la UE28 ganó 2.49 €. Ese factor multiplicador todavía es mayor en el caso del empleo: cada puesto de trabajo en las industrias relacionadas con la Física determinó 3.34 empleos en el conjunto de la economía de la UE28. Por otra parte, los bienes basados en la Física contribuyeron un 44% al total de todas las exportaciones de la UE28 en el sexenio 2011-16 estudiado por el CEBR; para Alemania la cifra fue aún mayor, del 53%. Por su parte, las empresas relacionadas con la Física tienen una tasa de desaparición (de fracaso) algo menor —un 9% en 2015— que la de las empresas en general. Su tasa de nacimiento también es algo menor, probablemente porque requieren una mayor inversión inicial.

Es ilustrativo conocer los porcentajes del volumen de negocio (*turnover*) asociado a la actividad económica europea relacionada con la Física para distintos países. En el último año del que se tienen datos, el 2016, estos porcentajes fueron:

1. Alemania	29.0%
2. Reino Unido	14.2%
3. Francia	12.9%
4. Italia	10.4%
5. España	5.4%
6. Noruega	4.7%
7. Suiza	4.7%
8. Holanda	4.4%
9. Suecia	3.2%
10. Bélgica	2.6%

España, con un 5.4%, ocupa el quinto lugar; Italia, la cuarta, casi duplica ese porcentaje. Los demás países están por debajo del 2.6% de Bélgica. De forma análoga y también en 2016, los primeros puestos correspondientes al VAB asociado a industrias relacionadas con la Física (1.^a columna,

en millones de euros o gigaeuros, 10⁹ €) y el número de personas empleadas por éstas (2.^a col., redondeado las centenas) dan una clasificación parecida:

1. Alemania	396.28 × 10 ⁹ €	4,251,000 personas
2. Reino Unido ..	252.46	2,212,800
3. Francia	182.65	1,876,600
4. Italia	138.96	1,707,100
5. Noruega	90.06	241,800
6. España	87.66	1,005,400
7. Suiza	84.07	559,900
8. Holanda	63.47	476,900
9. Suecia	48.74	443,400
10. Bélgica	36.20	263,500

Total UE28+3 .. 1,649.87 × 10⁹ € .. 17,759,100

España figura ahora en sexta posición; Italia sigue siendo la cuarta.

Las cifras anteriores muestran la importancia de la contribución de la Física a la economía europea. Más aún: no cabe esperar que los factores que llevan a esta conclusión vayan a disminuir en el futuro sino que, muy probablemente, adquirirán un mayor peso relativo contribuyendo todavía más al desarrollo de Europa en términos de empleo e innovación. Así pues, la Física no sólo satisface nuestra innata curiosidad por conocer (que, en definitiva, es lo que mueve al científico y hace avanzar la Ciencia), sino que directamente aporta grandes beneficios a los países que la cultivan e, indirectamente, a todos; pensemos, por ejemplo, en lo que los descubrimientos de Faraday y Maxwell supusieron para el electromagnetismo y, sin exageración ninguna, para la Humanidad. A mí me gusta recordar en este contexto el comentario de R. P. Feynman en sus famosas *Lectures on Physics* sobre la excepcional importancia de las ecuaciones de Maxwell: “incluso la guerra civil americana quedará reducida a una insignificancia provinciana frente a ese gran acontecimiento científico en la misma década” (la de 1860). Es una suerte, cabría añadir, que a Faraday y Maxwell les impulsara la curiosidad y no las aplicaciones inmediatas, pues la necesaria innovación no puede darse sin el previo progreso científico.

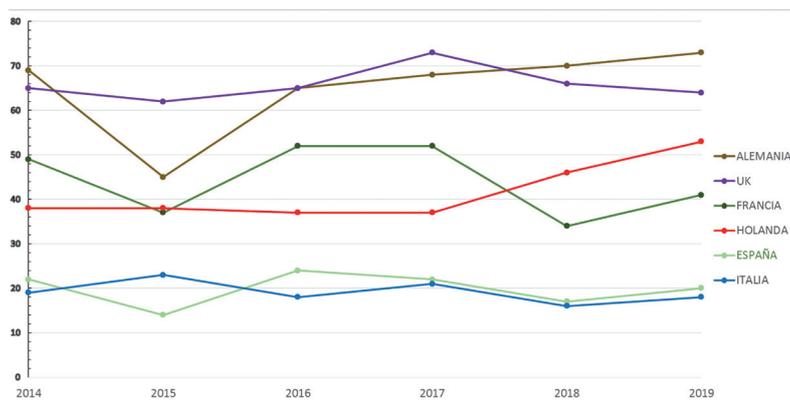
En España, sin embargo, la Ciencia no suele formar parte de las preocupaciones de la mayoría de nuestros conciudadanos; sus beneficios se dan por supuestos, como si surgieran por generación espontánea. Pocos aprecian, por ejemplo, que el TAC existe gracias a un físico y a un ingeniero que recibieron el Nobel de Fisiología o Medicina de 1979 por ese avance, o que la obtención de imágenes clínicas por resonancia magnética nuclear les valió ese mismo Nobel a otro físico y a un químico en 2003. Incluso el primer premio Nobel de Física (1901) se concedió a Röntgen por el descubrimiento de los rayos X, a los que tanto debe nuestra salud. Por eso es tan importante resaltar en España el valor de la investigación y de la pro-

pia Ciencia. Por supuesto, hay muchas necesidades urgentes, pero la *actitud* es importante: hasta las reacciones oficiales a los Informes trianuales PISA (*Programme for International Student Assessment*) de la OCDE (*Organisation for Economic Co-operation and Development*), en lugar de reconocer la urgente necesidad de mejorar la enseñanza, traslucen un deseo oculto de ‘matar al mensajero’. Sea como fuere (y controversias de procedimiento aparte), la puntuación en Ciencias de los alumnos españoles de 15 años en el último informe PISA de 2019 ha sido *la más baja* de todos los informes PISA hasta hoy, con las gravísimas implicaciones que ello tiene para STEM, la I+D, el crecimiento económico y el bienestar social y, por supuesto, la educación de los jóvenes.

Me gustaría ahora mencionar, por lo que indica, la capacidad relativa de España para captar las ayudas a la I+D+i que el *European Research Council* (ERC), creado en 2007, ofrece a los investigadores de la UE28+3 (incluyendo algún país más como Israel). Éstas son de varios tipos: *Starting Grants* (StG), *Consolidator Grants* (CoG), *Advanced Grants* (AdG), *Proof of Concept Grants* (PoC) y *Synergy Grants* (SyG). La tasa de éxito española para las StG y CoG en la última decena de años fue de un 8% (la global de las ERC *grants* es algo mayor, del 11.4%). Está pues fuera de duda el valor que los científicos y científicas que lideran esas *grants* aportan a sus instituciones, por lo que sería deseable que fueran siempre recibidos por éstas con los brazos abiertos. Vale la pena reseñar las 15 instituciones españolas que en diciembre de 2018 habían conseguido más StGs, CoGs y AdGs: CSIC, 71; UPF, 35; UB, 25; ICFO, 22; UAB, 20; Centro de Regulación Genómica, 15; UV 15; UAM, 12; Instituto de Investigación Biomédica, 12; UZ, 10; USC, 9; Instituto Catalán de Invest. Química, 9; UPV-EHU, 9; Centro de Investigación en Economía Internacional, 9; CNIO, 9. De las quince instituciones, ocho son catalanas; la UCM, la mayor universidad de España, no figura entre ellas. Del total de los aproximadamente 9000 proyectos concedidos hasta hoy por el ERC, la mitad están concentrados en 50 instituciones y el resto en unas 800; en España hay un total de 86 instituciones con al menos un proyecto.

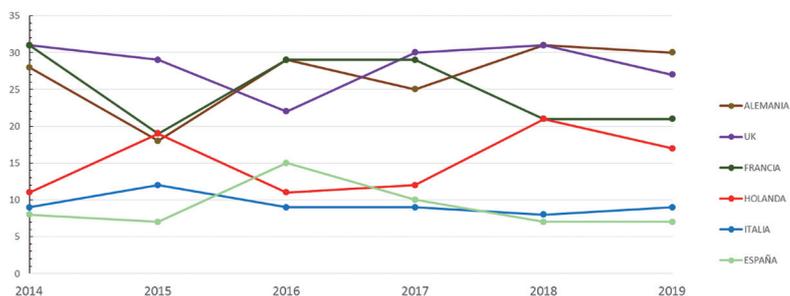
Las *Starting Grants* pueden alcanzar 2 millones de euros para cinco años y se conceden a investigadores jóvenes con hasta 7 años de experiencia postdoctoral. Refiriéndome sólo a éstas, el número de StGs concedidas en 2018 (*estimado* para 2019) fue de 70 (73) para Alemania, 66 (64) para el Reino Unido, 46 (53) para Holanda, 34 (41) para Francia, 17 (20) para España y 16 (18) para Italia⁴. Gráficamente, el número de StGs

concedidas por el ERC desde 2014 según la localización de las instituciones anfitrionas (*Host Institutions*) es:



Starting Grants desde 2014

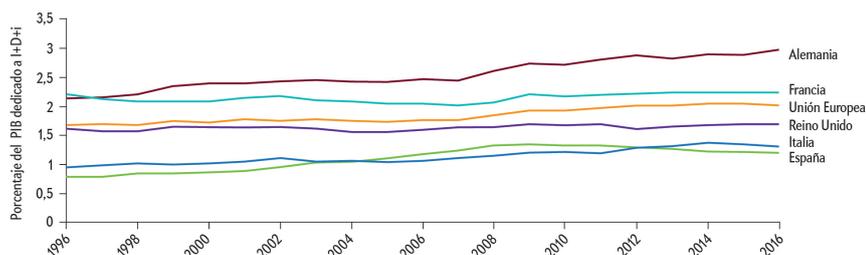
Estos datos, relativamente modestos para España e Italia, incluyen todos los campos; si se restringen al campo de ciencias físicas (que incluye las de la Tierra) e ingeniería, que van juntas, en 2018 (estimado en 2019) se reducen a 31 (30) *grants* en Alemania, 31 (27) en UK, 21 (21) en Francia, 21 (17) en Holanda, 8 (9) en Italia y sólo 7 (7) en España en 2018 (2019). Gráficamente, y desde 2014,



Starting Grants en Física, Ingeniería y Ciencias de la Tierra

El total de *Starting Grants* concedidas por el ERC en el campo de ciencias físicas e ingeniería alcanzaba en 2018 (estimado en 2019) 172 (178).

Consideremos ahora la inversión en I+D. Según el Banco Mundial, la evolución hasta 2016 del *porcentaje* de la inversión en I+D+i de los principales países de la UE respecto del PIB queda reflejado en la figura:



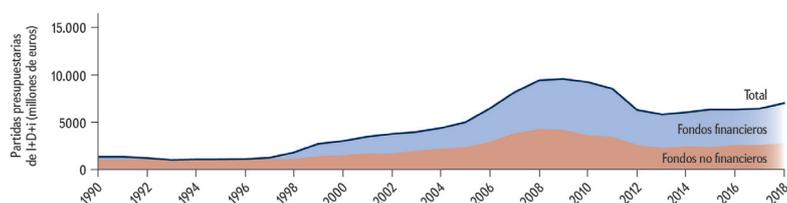
Porcentajes del PIB invertidos en I+D+i

Puede resultar extraño que Francia esté por encima de UK en el porcentaje del PIB dedicado a la I+D+i (que en 2017 fue del 2,2% para Francia

⁴ En el período 2013-2018, España recibió un total de 233 StGs y CoGs; en 2018, las StGs (CoGs) en instituciones españolas representaban el 4.2% (5.8) de las concedidas por el ERC.

y 1.67% para UK); sin embargo, como muestran los datos del ERC, UK supera considerablemente a Francia (e incluso a Alemania) como país receptor, en conjunto, de proyectos y fondos europeos. De hecho, al concluir 2018, UK había acogido en sus instituciones 1850 proyectos (StG, CoG y AdG) del ERC frente a 1351 en Alemania, 1001 en Francia, 750 en Holanda, 613 en Suiza y 483 en Italia, figurando Israel y España en séptimo y octavo lugar, con 483 y 479 proyectos respectivamente. UK ha sido la primera receptora de proyectos del ERC, algo que puede quedar comprometido cuando la UE28 quede lamentablemente reducida a la UE27 tras el inminente *Brexit*; hasta el magnífico programa Erasmus tiene un futuro incierto. Entretanto, las grandes universidades británicas no cesan de enviar mensajes tranquilizadores en favor de su carácter global y la excelencia, pero el marco *post-Brexit* comprometerá sus actuales relaciones con Europa.

Volvamos a España. Según datos del INE recién publicados, la I+D+i española supuso en 2018 el 1,24% del PIB, por debajo del máximo de 1.4% en 2010; Alemania invirtió el 3%, USA el 2.8% y Francia el 2.2%. España es además el segundo país de la OCDE que más ha reducido los recursos destinados a la I+D+i en sus *presupuestos* durante la crisis: desde el 2.7% de los PGE de 2008 al 1.5% en 2018. Por si esto fuera poco, la financiación de la I+D+i en España presenta también facetas ocultas, casi propias de la tradicional picaresca española. Me refiero a la mezcla de las partes *no* financiera y financiera en la ‘famosa’ Política de Gasto 46 (PG46), que agrupa los Programas Presupuestarios de I+D+i en los Presupuestos Generales del Estado (PGE) y que requiere dotes de egiptólogo para descifrarla. La parte *no* financiera de la PG46 es a fondo perdido y por tanto es la que constituye la inversión real en I+D, que incluye la financiación de los OPIs y las subvenciones directas a la I+D, entre otros. Por el contrario, la parte *financiera* de la PG46 corresponde a préstamos que se deben devolver. Pero, además, las partidas financieras no se incluyen en el techo de gasto que debe aprobar el Parlamento ni se contabilizan en el déficit público que debe supervisar la UE. Esto permite incrementarlas artificialmente en la PG46, creándose así una ‘ingeniería financiera’ de la I+D+i que contribuye a disimular el escaso apoyo que recibe y que resultaría exitosa si no fuera por los análisis de la PG46 que hace la COSCE.



Desglose de las partidas no financiera y financiera de la PG46

El desglose de la PG46 de los PGE en las partes no financiera y financiera durante los últimos dieciocho años se puede observar en la figura anterior, que distingue claramente las partes no financiera (marrón) y financiera (azul). La gráfica muestra la caída de los fondos no financieros en los años de la crisis 2012 (-22.34%) y 2013 (-13.91%) con el resultado conocido; otros países, y especialmente Alemania, siguieron políticas contracíclicas y continuaron aumentando los presupuestos de I+D. Las partidas financieras, en azul, se iniciaron en 1997 con J. M.^a Aznar (1996-2004), bajo el supuesto de que si las empresas explotaban los resultados de la investigación también convenía que pudieran financiarse con créditos para realizarla; los míseros presupuestos de esa época se ejecutaron en su totalidad. Después, bajo J. L. Rodríguez Zapatero (2004-2011), los fondos de investigación no financieros aumentaron considerablemente y más aún los financieros como se ve en las gráficas, enmascarando así el —pese a todo— reducido apoyo a la I+D+i en España. Pero, por si fuera poco, las notables diferencias entre las cantidades presupuestadas y realmente ejecutadas contradicen todavía más la realidad ‘oficial’ de la PG46 de los distintos años. En 2018⁵, *no* se ejecutó un 68% de la PG46, el 6% de la partida no financiera y el 80% de la financiera; ésta fue, pues, un brindis al sol. En 2017, el porcentaje de no ejecución fue aún mayor, globalmente del 70.3% concentrada, eso sí, en los fondos financieros, que no se ejecutaron en un 82%. Como se ve, las cifras de la PG46 y el apoyo real a la I+D+i tienen poco que ver.

De hecho, cabe legítimamente preguntarse si los fondos financieros deberían contabilizarse en la PG46 en pie de igualdad, por ejemplo, con el presupuesto de la Agencia Estatal de Investigación (la AEI, prevista en la Ley de la Ciencia de 2011 y creada en 2015), que forma parte de la partida no financiera. El presupuesto de 2018 de la AEI fue de 640.11×10^6 €, de los que 614.44 millones (un 4.02% más que en 2017) corresponderían al antiguo Fondo Nacional de Investigación que en 2017 fue subsumido en la AEI. No parece que la AEI, por mucho que se esfuercen sus gestores, pueda administrar eficazmente la I+D en España con sus limitados presupuestos anuales, como lo hace el ERC en la UE con su planificación plurianual. Y eso, claro está, al

⁵ La I+D+i en la PG46 de 2018 se distribuyó en 2844 millones de euros en la parte no financiera y 4218 en la financiera, correspondiendo a un total (teórico, claro está) de 7062 millones. En el *proyecto* de presupuestos de 2019, las partes no financiera/financiera de la PG46 eran de 3062/4363 millones de euros (un 7.64%/3.46% más que 2018), lo que arroja un total de 7425 millones (un 5.14% más respecto a 2018). El presupuesto previsto para la AEI en 2019 era de 731.84 millones.

margen de las diferencias de escala: el programa *Horizon Europe 2021-27* dispondrá salvo posibles recortes de cien millardos de euros, de los que 25.8 corresponden al programa *Open Science* que se desglosa en 16.6 para el ERC, 6.8 para las acciones Marie Skłodowska-Curie y 2.4 para infraestructuras de investigación.

¿Qué problemas adicionales tiene la Física española? Aunque sean variados —uno especialmente serio es el envejecimiento de las plantillas docente e investigadora durante la crisis— mencionaré aquí dos. El primero no sólo afecta a la Física y, aunque no se menciona y es casi imposible de cuantificar, incide muy negativamente en la I+D y en el desarrollo económico en general: me refiero a *la escasa calidad institucional de muchos órganos gubernamentales*. Estoy seguro que todos podemos poner ejemplos de organismos públicos cuyo proceder constituye un serio obstáculo para el progreso que, cuando tiene lugar, suele ser “a pesar de” más que “gracias a”. ¿Cabe imaginar —por ejemplo— a Darwin o Einstein enterrados bajo la asfixiante burocracia actual, que sólo sirve para justificar la existencia de los burócratas que tan alegremente la generan? Quizá por eso el científico y ecologista James Lovelock señaló la burocracia inútil —y la corrección política— como los modernos sucesores de la opresión teocrática que sufrió Galileo.

El segundo problema, que sí afecta directamente a la Física española, es tan representativo de las dificultades que pueden surgir como difícil de comprender: el impago *por España* de la cuota anual de 2019 a la *International Union of Pure and Applied Physics* (IUPAP), a la que debe 18776 € (8 participaciones a 2347 € cada una). La cuota española de los últimos tres años se pagó siempre con retraso y de formas varias: en 2016 gracias a la intervención directa de la Secretaría de Estado de Investigación; la de 2017 a través de la RSEF, gracias a las aportaciones de los 10 centros Severo Ochoa y María de Maeztu —los ‘SOMMA’ de física entonces existentes— en un *hiperburocrático* proceso de año y medio tutelado por la Secretaría de Estado (con participación —no económica— de la FECYT) y, la de 2018, gracias a la generosidad del IAC que dirige el miembro de la RSEF Rafael Rebolo. Pero de nuevo se plantea el problema en 2019, con la advertencia de expulsión de España por impago de la cuota de un organismo casi centenar del que nuestro país fue miembro *fundador*, uno de los *trece* que constituyeron la IUPAP en Bruselas en 1922 (Bélgica, Canadá, Dinamarca, Francia, Holanda, Japón, Noruega, Polonia, España, Suiza, UK, USA y la Unión Sudafricana) y a la que hoy pertenecen 56 países con derecho a voto. En estos momentos, hay *once* Comisiones de la IUPAP (de las veinte) con representantes españoles, todos miembros de la RSEF:

1. C03 Statistical Physics: Maxi SanMiguel
2. C05 Low Temperature Physics: Hermann Suderow
3. C06 Biological Physics: Juan Parrondo
4. C08 Semiconductors: Gloria Platero
5. C09 Magnetism: Luis M. García Vinuesa
6. C12 Nuclear Physics: M.^ª José García Borge
7. C14 Physics Education: Jenaro Guisasaola
8. C15 Atomic, Molecular and Optical Physics: M.^ª Rosario González Férez
9. C16 Plasma Physics: Elena de la Luna
10. C18 Mathematical Physics: Germán Sierra
11. C19 Astrophysics: Josep M.^ª Paredes

¿Merecen la física española y la IUPAP esta incertidumbre recidiva?

Pero la relevancia de la investigación también puede diluirse, en estos tiempos de agobiante corrección política, hasta en la mismísima Comisión Europea. Como los miembros de la RSEF ya saben, nuestra Sociedad ha participado muy activamente en una campaña iniciada por ocho científicos (incluyendo el miembro de la RSEF A. Pich) para que las palabras “Educación e Investigación” figurasen en el nombre del Comisariado de la búlgara Mariya Gabriel, que sólo era de *Innovation and Youth*. La petición, que recogió las adhesiones de muchas Sociedades (también la RSEF) y las firmas de unos 13000 científicos incluyendo una veintena de premios Nobel, solicitaba que el Comisariado fuera de *Education, Research, Innovation and Youth*. La ausencia de *educación e investigación* no era asunto menor: la omisión sugería —los nombres son muy importantes, especialmente cuando se pretende que no lo son— que lo práctico, la “innovación”, se puede conseguir sin que la investigación básica tenga mucho que ver con ella. Pero la Naturaleza es sutil y es imposible anticipar las aplicaciones de los grandes avances científicos. Ya mencioné a Faraday y Maxwell, pero los ejemplos son innumerables: ¿quién se atrevería cuantificar los efectos económicos del descubrimiento del electrón en 1897 en el viejo Cavendish *Lab.* de Cambridge? Bien recientemente, y aunque ahora pueda parecer natural, ¿quién pudo prever el nacimiento de la *world wide web* en el CERN, o la actual revolución cuántica, cuyo remoto origen fue una cuestión muy interesante pero esotérica —el realismo y la completitud de la mecánica cuántica— asociada a los nombres de Albert Einstein, Niels Bohr y John Bell? En román paladino: *sin I no hay D posible y mucho menos habrá i*. Volviendo al políticamente correcto nombre del Comisariado de Mariya Gabriel, la Presidenta de la Comisión Europea Ursula von der Leyen, tras oponerse el 13-XI-19 al cambio pedido, decidió el 27-XI-19 que se llamara de *Innovation, Research, Culture, Education and Youth*. Así pues, la investigación ha ganado esa

(pequeña) batalla; falta ver su traducción presu- puestaria. Mientras tanto y en España, la Ciencia y la investigación fueron clamorosamente silen- ciadas en los últimos debates electorales, salvo por una brevísima alusión al triste fallecimiento de la bióloga molecular Margarita Salas por la representante de Podemos.

Me gustaría señalar, no obstante, que las peticiones en favor de la I+D no son resultado —o muy poco— de un especial egoísmo de los científicos. No; son, sobre todo, fruto del convencimiento de que la Ciencia —y la Física en especial como hemos visto— determina en buena parte el desarrollo económico y social de un país. No en vano la declaración de principios de la UE considera “la I+D como catalizadora y motor fundamental de la productividad y de políticas y soluciones para el crecimiento sostenible”. Pero, además, hay otra muy importante razón que no se debe olvidar. La Ciencia constituye el único ejemplo de *sociedad abierta* que existe en el planeta, sin nacionalismos ni fronteras y sin diferencias de clase, raza, religión o creencias en general; *afortunadamente, el conocimiento científico no tiene patria*. Nuestro planeta debería, además, alimentar y dar digno cobijo al total de los actuales 7700 millones de personas que, en el cambio de siglo, pueden llegar a los 11150 millones (un 45% adicional) pese al continuado descenso de la *velocidad* de crecimiento. Semejante cifra no se puede ignorar como si el *número* de individuos de nuestra especie fuera ajeno a nuestros problemas. Semejante población tendrá que afrontar enormes dificultades de todo tipo, desde los efectos sobre el clima de los que tanto hemos oído hablar en la *Conference of the Parties* COP25 en Madrid a las desigualdades sociales, que seguirán estando presentes.

Un dato bastará para caracterizar la extraordinaria época en que vivimos, el *Antropoceno*⁶, y para hacer alguna consideración sobre nuestro futuro. Según un informe (2018) de Ernst von Weizsäcker para el Club de Roma, la masa corporal de los vertebrados *terrestres* se distribuye aproximadamente en un 67% para animales *de granja* y domésticos y un 30% para los seres humanos, quedando sólo un 3% para animales salvajes. Así pues, un 97% de esa biomasa está



hoy vinculada al *homo sapiens* —especie inva- sora donde las haya— que se ha apoderado, li- teralmente, del planeta. ¿Cuál será el panorama en el próximo cambio de siglo si se alcanzan los 11150 millones previstos? La acción perturba- dora de nuestra especie supera su capacidad para calibrar las consecuencias de sus actos. Hoy ya no cabe hablar de crecimiento “sosteni- ble” sino, más bien, de cómo alcanzar la difícil economía de estado estacionario que consideró John Stuart Mill en su famoso *Principles of Political Economy* (y que antes mencionaron Adam Smith y Ricardo). El libro apareció en 1848, sólo once años antes que *The Origin of Species* de Darwin, cuya teoría de la evolución permite comprender una componente esencial del pro- blema. En efecto, alcanzar esa economía esta- cionaria en un planeta finito, donde ya no cabe un crecimiento continuo, no será fácil sin que los países —y muy en especial los desarrolla- dos— establezcan políticas que inevitablemente implicarán un descenso del bienestar individual. Pero *le cœur a ses raisons que la raison ne connaît point*, aforismo pascaliano que expresaba *avant la lettre* las consecuencias de nuestro natural egoísmo evolutivo que, instintivamen- te, dificulta aceptar cualquier retroceso de esa prosperidad personal. Por tanto, si las graves dificultades que acechan a la Humanidad han de tener solución a largo plazo, lo que no es segu- ro dada esa resistencia instintiva —evolutiva— del *homo sapiens* a las medidas que resultarán necesarias, ésta sólo vendrá del conocimiento científico y de la razón bien informada. Por eso, sin Ciencia (y sin Física en particular) no habrá futuro.

23–XII–2019

⁶ El nombre lo acuñó el Nobel de química (1995) Paul. J. Crutzen para señalar la influencia humana en la geología y la ecología, cuyo inicio situó a principios del s. XIX, marcando así el final del Holoceno. Es muy posible que haya comenza- do ya una sexta extinción de especies, ésta antropogénica, tras las cinco grandes de la historia de la vida; así lo han señalado, por ejemplo, el antropólogo Richard E. Leakey y el propio Crutzen. Las extinciones, claro está, son muy rápidas medidas en tiempos geológicos, pero pasan inadvertidas a escala humana.

J. Adolfo de Azcárraga
 Presidente de la RSEF
 Dpto. de Física Teórica e IFIC
 (CSIC-UV)
 j.a.de.azcarraga@ific.uv.es
 http://www.j.a.de.azcarraga.es

