

EDITORIAL

La ciudad de la ciencia

Hace algunas semanas pudimos ver en el canal 2 de TV un debate interesante sobre la tecnología española. Entre los intervinientes figuraban el ministro Piqué, de Ciencia y Tecnología, y el ex-ministro de Industria de un gobierno socialista Joan Majó. Este último tuvo una intervención que merece recordarse. Admitió que la tecnología española tenía en la actualidad una importancia nada desdeñable, pero explicó que en tecnología se puede triunfar por tres conceptos diferentes: 1º por el precio de venta del producto tecnológico, 2º por el perfeccionamiento de productos tecnológicos ya existentes, y 3º por la invención de productos tecnológicos nuevos. Pues bien, el ex-ministro atribuyó la relativa pujanza de nuestra actual tecnología a las dos primeras razones, pero añadió que esta situación sólo podría perdurar si, no tardando, la tecnología española pasaba a fundamentarse en productos de nueva invención. Majó curiosamente no mencionó la palabra Ciencia, pero era evidente que su requerimiento implicaba una apelación a la investigación científico-tecnológica. Tal omisión de la palabra Ciencia pudo ser una delicada atención al ministro Piqué, quien en unas declaraciones también recientes explicó que el impulso y desarrollo de la Ciencia española tiene la grave dificultad de que “la Ciencia básica no vende”. En otras palabras, la Ciencia es un concepto que resulta irrelevante como tema de conversación o su fomento carece de la debida legitimación presupuestaria ante la opinión pública española.

Lo grave del asunto no es que Piqué tenga razón en esta observación –que, por desgracia, la tiene– sino en que tales palabras puedan usarse y se usen como coartada para explicar la insufi-

ciente atención a la Ciencia por parte de nuestros gobernantes. Claro que un Gobierno democrático debe ser un Gobierno de opinión que tiene en cuenta el pensar y sentir de sus gobernados, pero un Gobierno democrático, responsable y movilizador debe saber cuándo es preciso afrontar envites carentes de popularidad. Bien recientemente hemos visto que el Presidente Aznar y su Gobierno son capaces de adoptar resoluciones duras como era la de respaldar la guerra de Irak, porque creyeron ver con claridad cuál debía ser el papel de España ante esta circunstancia histórica, por más que fuera también evidente que “la guerra no vende”. Hay cosas que se hacen no porque “venden”, sino porque es ineludible hacerlas.

Si en el tema de la Ciencia no adopta el Gobierno una actitud decidida –siendo como es, y acaba de demostrar, capaz de fajarse ante la opinión pública– sólo podemos pensar que el Gobierno no acaba de comprender la gravedad suma que habrá de tener en la historia de España la prolongación del estado de raquitismo en que malvive el sistema Ciencia-Tecnología español.

Claro que el Gobierno tiene una cierta idea de la importancia de la Ciencia y especialmente de la Tecnología y de la innovación. Faltaría más. Hasta las encuestas de opinión pública manifiestan el gran prestigio entre la ciudadanía de la profesión de científico. Pero parece evidente que el Gobierno no acaba de comprender la gravedad histórica del momento en que nos encontramos en lo que a la Ciencia se refiere.

Esta falta de comprensión se manifiesta principalmente en la defectuosa intelección de los tér-



Hay veces en que sólo puedes confiar en los mejores gases

“Los gases, mezclas, equipos y materiales de Carbueros Metálicos ofrecen los mejores resultados en soldadura a la llama, eléctrica, bajo gas de protección (MIG-MAG, TIG, plasma), nuevas tecnologías, oxicorte, corte por plasma...”

Y no sólo al soldar un tren de alta velocidad. Tanto si tiene que soldar un tren como un cochecito de paseo de un bebé, Vd. necesita el mismo gas: el mejor.

Por eso tantas empresas líderes eligen a Carbueros Metálicos.

Nuestra nueva línea de gases proporciona mayor productividad, minimiza las proyecciones y mejora las condiciones de trabajo.

Si la soldadura es crucial para Vd. y sus clientes, confíe plenamente en Carbueros Metálicos.

minos del problema. Se piensa que el tema de la Ciencia es una cuestión cualitativa, organizativa, de planificación y acierto en su regulación práctica. Craso error. Paralizante error. Es obvio que nuestras actuales disponibilidades científicas se pueden orientar con mayor o menor acierto o con claro desacierto. Pero no radica ahí la clave del problema.

El gran problema de nuestra Ciencia, por encima de todo, es un problema cuantitativo. Nuestro sistema Ciencia-Tecnología es escandalosamente raquítico en relación con nuestra renta y nuestra demografía. Piénsese, por ejemplo, que el Centre National de la Recherche Scientifique, equivalente francés de nuestro Consejo Superior de Investigaciones Científicas cuenta con 17.200 investigadores científicos, frente a los 2.000 del organismo español. Y aun así, hace ya tres años que UNESCO requirió del Centre National de la Recherche Scientifique un aumento sustancial de su personal científico. Es decir, si quisiéramos empezar a hablar en serio del Consejo Superior de Investigaciones Científicas tendríamos que pensar en cuadruplicar su personal y subirlo a 8.000 investigadores. Esto sin hablar de la investigación universitaria y de otros organismos públicos de investigación.

Tal sugerencia produce una cierta alerta, porque parece un Plan de Desarrollo de la plantilla científica y surge el temor de que se admitan precipitadamente científicos no del todo solventes. Afortunadamente no existe ese riesgo. Pueden cifrarse en mucho más de 6.000 los científicos post-doctorales sin situación laboral definida que andan lampando con pequeños contratos y becas con Cajas de Ahorro, Fundaciones, etc. Son los jóvenes científicos que firman y publican manifiestos autotitulándose "los precarios". Se sabe que un elevado porcentaje de ellos son interesantes talentos y excelentes investigadores. Basta asistir a cualquier ejercicio de oposición a una plaza de investigador para ver la preparación que han adquirido en centros de España y del extranjero, así como su ejecutoria científica de libros y publicaciones en revistas de impacto. A los tribunales les resulta penoso y conmovedor optar por el elegido y desechar candidatos cuyo curriculum es a veces superior al de algunos de los juzgadores. Hay que desechar la idea de que un Plan de Desarrollo de la masa crítica de investigadores corre grave peligro de incorporar mediocridades.

Por otra parte, las diversas disciplinas y hasta subdisciplinas de nuestro sistema Ciencia-Tecnología cuentan con investigadores competentes, y no raras veces excelentes, que podrían recibir, orientar e incorporar para una tarea orgánica a un grueso contingente de nuevos científicos públicos.

De todo esto se desprende una consecuencia que debe ser un tremendo aldabonazo para la conciencia de nuestros gobernantes y para su responsabilidad histórica: por primera vez en la historia de España tenemos un sistema Ciencia-Tecnología completo (aunque exiguo) y tenemos ya preparados y formados los científicos cuya incorporación empezaría a situar en niveles decorosos nuestra investigación científica. Sólo falta la decisión política de financiar estos desarrollos.

Tal decisión implica un difícil asiento presupuestario, porque el aumento de la plantilla científica lleva aparejado además un importante gasto en nuevos edificios. Curiosamente, este último extremo que agrava el problema presupuestario, ofrece una inflexión política sobre la que quisiéramos llamar la atención. En un tiempo más próximo al corto que al medio plazo, podría construirse una Ciudad de la Ciencia donde encontrara acomodo tan crecido número de nuevos investigadores públicos. Todo esto, naturalmente, sin perjuicio de que en diversas autonomías se crearan también otros centros de investigación al servicio de instancias y conveniencias más localizadas. Sería una realización visible, tangible, espectacular que daría al partido del Gobierno que la llevara a cabo un indudable prestigio a efectos electorales. Antes de su inauguración, habrían tenido lugar los inevitables debates de arquitectos y urbanistas nacionales e internacionales que producirían una benéfica publicidad de la Ciencia ante la sociedad española y un interesante prestigio del Gobierno realizador. Esta observación es tan maliciosa como comprensiva de la, al parecer, inevitable propensión de cualquier Gobierno a no hacer esfuerzos sacrificados y duros en aquellas tareas importantes cuyo lucimiento se retrasará hasta después de las elecciones más próximas. Todo esto podría hacerse en menos de cuatro años, porque los científicos que habrían de hacer rentables las nuevas construcciones están ya preparados. ■

Director: Jesús Martín Tejedor**Subdirector:** Juan León**Editor:** Enrique Ruiz-Ayúcar**Consejo Editorial:** Antonio Bello Pérez, Luis Guasch, María Arias Delgado, Ismael Buño Borde.**Junta de Gobierno de la Asociación Española de Científicos (AEC).****Presidente:** Jesús Martín Tejedor**Vicepresidente:** Armando González-Posada**Secretario de Organización:** Enrique Ruiz-Ayúcar**Secretario de Actas:** Fernando García Carcedo**Tesorero:** Ismael Buño Borde**Vocales:** María Arias Delgado, Francisco Ayala Carcedo, Antonio Bello, José Luis Díez, José Luis Enríquez, Sebastián Medina, Felipe Orgaz, Jesús Rincón, Jaime Sánchez-Montero, Alfredo Tiemblo.**Vocales suplentes:** Jesús Martínez Frías, Rosario Lunar, Luis Guasch Pereira, José María Gómez de Salazar, Marcial García Rojo.**Edita:** Asociación Española de Científicos. Apartado de correos 36500. 28080 Madrid.

ISSN: 1575-7951. Depósito legal: M-42493-1999. Imprime: Gráficas Mafra

Esta revista no se hace responsable de las opiniones emitidas por nuestros colaboradores.

Sitio en la Red: www.aecientificos.es**Correo electrónico:** aecientificos@aecientificos.es**INDICE**

Atapuerca y los primeros europeos JOSÉ MARÍA BERMÚDEZ DE CASTRO	5	Carta del presidente de la Real Sociedad Española de Química LUIS ORO	30
España sin Premios Nobel. (Segunda parte) Factores explicativos, perspectivas y criterios racionales para una política científica FRANCISCO J. AYALA-CARCEDO	9	Crisa y su participación en Mars Express. Dieciocho años desarrollando tecnología para el espacio VÍCTOR RODRIGO	32
El Grupo Antolín: un líder mundial en Burgos JESÚS MARTÍN TEJEDOR	14	La legionelosis es hoy una enfermedad conocida CARMEN PELAZ ANTOLÍN Y BEATRIZ BALADRÓN JIMÉNEZ	35
Información estratégica para la política: información científico-tecnológica para la política ALEXANDER TÜBKE, KEN DUCATEL, JAMES P. GAVIGAN Y PIETRO MONCADA PATERNÒ-CASTELLO	16	I Congreso Iberoamericano de Centros Tecnológicos JOSÉ MARÍA GUIJARRO Y JORGE	41
En el Centenario de las Reales Sociedades de Física y de Química ANTONIO MORENO	22	Placas de Honor	43
Carta del presidente de la Real Sociedad Española de Física GERARDO DELGADO BARRIO	29	Notas	46

Atapuerca y los primeros europeos

AUTOR: JOSÉ MARÍA BERMÚDEZ DE CASTRO
 Codirector del proyecto Atapuerca
 Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC
 José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid
 jmbc@mncn.csic.es

EL PRIMER POBLAMIENTO DE EURASIA

El origen de las primeras poblaciones de homínidos europeos y la fecha de la colonización de nuestro continente han suscitado un enorme interés en la comunidad científica y en la sociedad en general desde que los primeros fósiles de neandertales hallados en el siglo XIX (Engis, Bélgica; Cueva Forbes de Gibraltar; Cueva Feldhofer del valle de Neander, Alemania...) fueron correctamente interpretados como restos de "seres primitivos" de poblaciones muy remotas. Decenas de años más tarde, sabemos que la historia evolutiva de las poblaciones humanas de Europa ha sido extraordinariamente compleja y se remonta tal vez más allá de la barrera del millón de años. ¿Quiénes fueron aquellos ancestros que por primera vez habitaron el continente europeo?, ¿En que momento se produjo la entrada de homínidos en los territorios que hoy denominamos Europa?, ¿Qué relación de parentesco existe entre aquellos pioneros y las poblaciones europeas actuales?, ¿Qué razones impulsaron a los homínidos a expandir sus hábitats fuera de África y ocupar nuevos ecosistemas?

Desde hace algo más de diez años sabemos que los homínidos más antiguos de Eurasia proceden del yacimiento de Dmanisi, situado en la República de Georgia, entre el mar Caspio y el mar Negro, al pie de las montañas del Cáucaso y a las puertas de Europa. En 1991 ocurrió un hallazgo sorprendente en este yacimiento. Los arqueólogos localizaron una mandíbula de homínido de rasgos muy primitivos, asociada un rico conjunto de utensilios líticos del Modo 1 (tecnología primitiva de utensilios poco elaborados, cantos, lascas simples "chopping tools", etc., sin preconfiguración ni predefinición) y de restos de macro y microvertebrados. La antigüedad de esta mandíbula, fue determinada a partir de los análisis de paleomagnetismo y de bioestratigrafía en al menos 1,7 millones de años [1]. La morfología y dimensiones de la mandíbula de Dmanisi indicaban afinidades con las especies africanas *Homo ergaster* y *Homo habilis* [2]. Si bien las primeras publicaciones del yacimiento vinieron marcadas por el debate que produjo un hallazgo tan inesperado, las últimas campañas de excavación han ofrecido resultados espectaculares. Se han recuperado tres cráneos muy completos y dos nuevas mandíbulas, así como ciertos elementos del esqueleto postcranial. El estudio de estos fósiles humanos ha confirmado las afinidades de los homínidos de Dmanisi con *H. ergaster*, pero también ha revelado algunos rasgos propios de una población separada por miles de kilómetros de los ho-



Vista de la excavación de los niveles TD6 y TD7, durante la realización del sondeo de Gran Dolina. Campaña de 1994. Los fósiles de *H. antecessor* se localizaron en el nivel TD6.

mínidos africanos [3, 4]. Además, las capacidades craneales de los tres cráneos son muy pequeñas y similares a las que se han obtenido en *H. habilis*. El neurocráneo más pequeño (D2700) tiene una capacidad no superior a 600 cm³, mientras que los ejemplares D2282 y D2280 tienen una capacidad de 650 y 770 cm³, respectivamente. Los homínidos de Dmanisi han sido incluidos por sus descubridores en una nueva especie, *Homo georgicus*, probable descendiente de *H. habilis* [5]. La última datación, realizada por el método del ⁴⁰Ar/³⁹Ar indica una edad de algo más de 1,8 millones de años [6]. Todo ello lleva a considerar que una forma de homínido, de rasgos intermedios entre *H. habilis* y *H. ergaster* traspasó finalmente los límites de África e inició una primera expansión por Eurasia a finales del Plioceno, mucho antes de lo que hace tan sólo una década podíamos imaginar.

Hace entre 2,5 y 2,0 millones de años se produjo en África una radiación adaptativa de los homínidos y de otras familias de mamíferos. Esta explosión de nuevas formas parece relacionada con un cambio climático, que modificó los ecosiste-

mas africanos. Aparecen entonces homínidos de una capacidad craneal en torno a los 600 cm³, que se han asignado al género *Homo* (*H. habilis*). Es probable que esta radiación adaptativa impulsara la primera salida de homínidos fuera del continente africano, debido a una simple expansión hacia el norte de sus hábitats naturales. Tal vez esa expansión estuvo relacionada con la ampliación del hábitat de ciertas especies de bóvidos adaptados a las sabanas, que constituían parte de la dieta de los homínidos [7]. Sea como fuere, nos preguntamos si esta primera dispersión fue definitiva y los homínidos de Dmanisi se extendieron por el sur de Asia hasta alcanzar el actual archipiélago de Indonesia, dando lugar a la especie *Homo erectus*. También es importante averiguar si esa primera dispersión produjo la colonización de Europa, que habría sucedido, en consecuencia, mucho antes de la fecha propuesta hasta ese momento [9-11]. Los hallazgos realizados entre 1994 y 1996 en la Sierra de Atapuerca nos ofrecen algunas respuestas.

LOS HALLAZGOS DE ATAPUERCA

A principios de los años noventa del siglo XX una gran mayoría de prehistoriadores defendían que la primera ocupación de Europa habría sucedido hace en torno al medio millón de años [9, 10]. La conocida mandíbula de Mauer (1907, Heidelberg, Alemania), que dio origen a la denominación de la especie *H. heidelbergensis*, fue considerada durante cerca de noventa años, como el resto fósil más antiguo de Europa. A esta mandíbula se unieron en años sucesivos otros hallazgos en yacimientos de Alemania (Steinheim, Bilzingsleben), Francia (Montmaurin, Tautavel), Grecia (Petralona), Reino Unido (Boxgrove, Swascombe, Pontnewydd) y España (Sima de los Huesos de Atapuerca), entre otros. El estudio de los restos fósiles de este último yacimiento ha tenido una enorme relevancia en la interpretación del poblamiento europeo durante el Pleistoceno medio (780.000-120.000 años).

Este conjunto de yacimientos europeos y otros muchos que no han proporcionado restos fósiles humanos, pero si evidencias muy claras de diferentes actividades de la vida cotidiana (fabricación de útiles de piedra y madera, descarnando de animales para el consumo, curtido del cuero...) ofrecen la visión de una Europa habitada de sur a norte hasta una determinada latitud por una población relativamente homogénea de cazadores-recolectores, que se clasifican dentro de las especie *H. heidelbergensis*. Los miembros de esta especie dominaban la tecnología del Modo 2 (Achelense), llegaron a controlar el uso del fuego y ocuparon Europa hace en torno a 600.000 años, según se desprende de las dataciones realizadas en los yacimientos de Notarchirico, en Italia y Carrière Carpentier en Francia, en los que han obtenido conjuntos líticos del Modo 2. Pero, ¿fueron los pobladores de *H. heidelbergensis* quienes ocuparon por vez primera las tierras de Europa?



Conjunto de restos fósiles de *H. antecessor* recuperados en el Estrato Aurora del nivel TD6 de Gran Dolina.

Desde los años ochenta se ha venido reclamando cada vez con mayor insistencia por una parte de la comunidad científica en que el primer poblamiento de Europa pudo haber ocurrido hace en torno a un millón de años. Las supuestas evidencias procedían de yacimientos como los de Isernia la Pineta, Monte Poggiolo y los niveles E, G y H de Notarchirico en Italia, los niveles A y Bb de Kärlich en Alemania, los niveles VII y VIII de Korolevo en Ucrania o el nivel TD4 de Gran Dolina en la Sierra de Atapuerca, entre otros, que proporcionaron conjuntos (casi siempre muy discutidos) de una industria del Modo 1 [11]. Los resultados de las dataciones por métodos directos (K/Ar, termoluminiscencia) o indirectos (paleomagnetismo, bioestratigrafía) indicaban fechas razonables entre 600.000 y un millón de años para estos yacimientos.

Finalmente, en 1994, el hallazgo de casi un centenar de restos fósiles humanos asociados a 268 utensilios líticos del Modo 1 y más de 4.000 restos fósiles de micro- y macrovertebrados en el yacimiento de Gran Dolina en Trinchera del Ferrocarril de la Sierra de Atapuerca zanjó el debate de manera definitiva [12]. Todo este conjunto apareció en el nivel TD6, en una capa de unos 25 centímetros de espesor, que desde entonces se conoce como Estrato o Capa Aurora. Los análisis de paleomagnetismo [13] y Electro Spin Resonancia (ESR) y series de uranio [14], así como el estudio de los micro y macrovertebrados de los diferentes niveles de Gran Dolina [15] permite situar la cronología de los fósiles humanos de la Capa Aurora en un rango temporal de entre 780.000 y 850.000 años.

LOS FÓSILES HUMANOS DE TD6

Los restos fósiles humanos de la Capa Aurora de TD6 corresponden a diferentes partes esqueléticas de un mínimo de seis individuos. En el conjunto se identifican fragmentos de temporal, frontal, occipital, zigomático, esfenoideos, maxilar, mandíbula, clavícula, radio, fémur, costillas, vértebras lumbares, sacras, lumbares y cervicales, así como un atlas y un axis, además de dos rótulas completas y distintos elementos de pie y mano (metacarpo, metatarso, hueso grande, ganchudo y 16 fa-

langes). Los restos de maxilar y mandíbula, así como los 30 dientes deciduos y permanentes que forman parte de la muestra nos permiten averiguar que los fósiles corresponden al menos a dos niños que murieron a una edad de entre 3 y 4 años (Homínidos 2 y 6), dos adolescentes, uno de ellos de 10-12 años (Homínido 3) y el otro de 13-14 años (Homínido 1) y dos adultos que murieron alrededor de los 20 años (Homínidos 4 y 5).

El estudio de los restos humanos de TD6 reveló la existencia de una combinación única de rasgos primitivos y modernos y diferente, por tanto, a la observada en otras especies del género *Homo* descritas hasta entonces. Los dientes humanos de TD6 presentan un patrón "primitivo", compartido con otras especies de *Homo*: *H. habilis*, *H. ergaster* y *H. erectus*. En contraste, la cara del Homínido 3 de TD6, representada por el resto ATD6-69, muestra una morfología idéntica a la que presentamos las poblaciones modernas. Esta combinación, junto a una serie de rasgos generalizados y comunes a todos los homínidos del Pleistoceno inferior y medio de África y Europa observado en la mandíbula ATD6-5, nos llevó a nombrar y definir una nueva especie del género *Homo*: *Homo antecessor* [16]. En latín, el nombre "antecessor" significa explorador, pionero. De este modo, quisimos sugerir que los homínidos de TD6 pertenecen a la especie que colonizó Europa durante el Pleistoceno inferior, sin duda mucho antes de que las poblaciones representadas por fósiles como los de Mauer, Boxgrove o de la Sima de los Huesos de Atapuerca desarrollaran su existencia en este continente. Pero, ¿cuál fue el origen y el destino de *H. antecessor*? En otras palabras, ¿qué papel ha jugado esta especie en la evolución humana?

El patrón primitivo de los dientes y la morfología generalizada de la mandíbula de *H. antecessor* no facilita la labor de situar esta especie en la filogenia humana. Algunos rasgos dentales y mandibulares invitan a pensar que *H. antecessor* está relacionado con *H. ergaster*, una especie africana del Pleistoceno inferior, cuyos representantes más completos tienen una antigüedad de entre 1,7 y 1,5 millones de años. Los homínidos de Dmanisi parecen tener una cierta relación con esta especie. Sin embargo, no hay todavía datos para afirmar que la población representada por los homínidos de este yacimiento georgiano se expandieran por Europa. Tal vez nunca lo hicieron. Aún en el caso de que *H. georgicus* ocupara Europa durante el Pleistoceno inferior no habría de tener necesariamente una relación antecesor-descendiente con *H. antecessor*. Las comparaciones realizadas hasta la fecha, si bien son muy preliminares, indican diferencias muy netas entre las dos especies.

Otra cuestión es conocer el destino de *H. antecessor*. Algunas especies de homínidos han desaparecido sin dejar descendientes. Es el caso de los neandertales, que fueron sustituidos en toda su área de distribución por las poblaciones de *H. sapiens*. La morfología totalmente moderna de ATD6-69 sugiere una relación filogenética de *H. antecessor* con nuestra especie. Aunque ATD6-69 pertenezca a un individuo inmaduro y la morfología de la cara de los adultos de *H. antecessor* no fuera to-

talmente similar a la de los adultos de nuestra especie, ahora sabemos que la morfología moderna de la cara apareció mediante un proceso de pedomórfico de neotenia. Este proceso de evolución por heterocronía (cambio en los tiempos y tasas de desarrollo de las especies antecesoras con respecto a sus especies descendientes) posibilitó a los adultos de *H. sapiens* retener el aspecto juvenil de la cara de nuestra especie antecesora.

Por el momento, las evidencias del registro fósil indican que la especie representada por los homínidos de la Capa Aurora de TD6 es la mejor candidata para representar al antecesor de nuestra especie en el Pleistoceno inferior. *H. erectus* fue durante algún tiempo considerada como nuestro ancestro directo, tanto en África como en Eurasia. Sin embargo, los análisis cladísticos del registro fósil realizados durante los años setenta y ochenta sugirieron, entre otras cosas, que *H. erectus* podía ser una especie exclusivamente asiática con una trayectoria evolutiva muy larga, que desapareció a finales del Pleistoceno medio y fue sustituida por *H. sapiens* en toda su área de distribución.



Homínido 3 de Gran Dolina. Se trata de un adolescente, que murió en torno a los 11 años. Se conservan parte del hueso frontal y del maxilar.

El estudio de la calvaria de Ceprano, un fósil italiano hallado en 1994 en la región de Campogrande, no lejos de Roma, ha arrojado algo de luz al problema de las primeras ocupaciones humanas de Europa. Por métodos indirectos de correlación de la estratigrafía regional se ha determinado que la calvaria de Ceprano tiene una antigüedad de hace entre 800.000 y 900.000 años, similar, por tanto, a la de los homínidos de TD6. La calvaria de Ceprano perteneció a un individuo adulto, muy robusto y con una capacidad craneal elevada, superior a 1.100 cm³ [17]. Este fósil presenta una morfología única, en la que se combinan rasgos propios de las especies *H. ergaster*



y *H. erectus* y propios de los fósiles europeos (Arago, Petralona, Steinheim y Sima de los Huesos de Atapuerca) y africanos (Kabwe, Bodo y Saldanha) del Pleistoceno medio.

La calvaria de Ceprano ha sido incluida en *H. antecessor* y, junto a los homínidos de TD6, representaría a una población de homínidos africanos originada a partir de una población de *H. ergaster*, que se extendieron por el hemisferio norte pro-

Cráneo de Ceprano (Italia) asignado a *H. antecessor*. La antigüedad de este fósil se estima en 800.000 - 900.000 años, en el Pleistoceno inferior. Su cronología es similar a la de los fósiles de TD6 de Gran Dolina.

bablemente hace algo más de un millón de años [18]. Esta población de *H. antecessor* evolucionó en Europa y desapareció o se mezcló con nuevos emigrantes procedentes de África, que traían consigo la tecnología del Modo 2. La evolución de esta población europea culminó, como acabamos de señalar, con la aparición de los neandertales. Mientras, en África, la especie *H. antecessor* evolucionó hacia una población representada por los restos de Bodo, Kabwe y Saldanha, que algunos han optado por incluir en *H. rhodesiensis*, una especie del Pleistoceno medio, antecesora directa de *H. sapiens*.

AGRADECIMIENTOS

Las investigaciones e investigaciones en Atapuerca reciben apoyo económico del Ministerio de Ciencia y Tecnología (proyecto BXX2000-1258-C03-01), de la Junta de Castilla y León, de la Fundación Atapuerca y de la Fundación Duques de Soria. ■

REFERENCIAS

- [1] L. Gabunia & A. Vekua (1995). A Plio-Pleistocene hominid from Dmanisi East Georgia, Caucasus. *Nature* **373**: 509-512.
- [2] A. Rosas & J.M. Bermúdez de Castro (1998). On the taxonomic affinities of the Dmanisi mandible (Georgia). *Am. J. Phys. Anthropol.* **107**, 145-162.
- [3] L. Gabunia, A. Vekua, D. Lorkidpanidze, C.C. Swisher, R. Ferring, A. Justus, M. Nioradze, M. Tvalchrelidze, S.C. Antón, G. Bosinski, O. Jöris, M.A. de Lumley, G. Majsuradze & A. Mouskhelishvili (2000). Earliest Pleistocene hominid cranial remains from Dmanisi, Republic of Georgia: taxonomy, geological setting, and age. *Science* **288**, 1019-1025.
- [4] A. Vekua, D. Lordkipanidze, G.P. Rightmire, J. Agustí, R. Ferring, G. Majsuradze, A. Mouskhelishvili, M. Nioradze, M. Ponce de León, M. Tappen, M. Tvalchrelidze & C. Zollikofer (2002). A new skull of early *Homo* from Dmanisi, Georgia. *Science* **297**, 85-89.
- [5] L. Gabunia, M.A. de Lumley, A. Vekua, D. Lordkipanidze & H. de Lumley (2002). Découverte d'un nouvel hominidé à Dmanissi (Transcaucasie, Géorgie). *C. R. Palevol* **1**, 243-253.
- [6] H. de Lumley, D. Lordkipanidze, G. Féraud, T. García, C. Perrenoud, C. Falguères, J. Gagnepain, T. Saos & P. Voinchet (2002). Datation par la méthode $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de la couche de cendres volcaniques (couche VI) de Dmanissi (Géorgie) qui a livré des restes d'hominidés fossiles de 1,81 Ma. *C. R. Palevol* **1**, 181-189.
- [8] R. Larick & R.L. Ciochon (1996). The African emergence and early Asian dispersals of the genus *Homo*. *American Scientist* **84**, 538-551.
- [9] W. Roebroeks & T. van Kolfschoten (1994). The earliest occupation of Europe: A short chronology. *Antiquity* **68**: 489-503.
- [10] R.W. Dennell & W. Roebroeks (1996). The earliest colonisation of Europe: the short chronology revisited. *Antiquity* **70**, 535-542.
- [11] E. Carbonell, M. Mosquera, X.P. Rodríguez & R. Sala (1995). The first human settlement of Europe. *J. Anthropol. Res.* **51**, 107-114.
- [12] E. Carbonell, J.M. Bermúdez de Castro, J.L. Arsuaga, J.C. Díez, A. Rosas, G. Cuenca-Bescós, R. Sala, M. Mosquera & X.P. Rodríguez (1995). Lower Pleistocene hominids and artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain). *Science* **269**, 826-830.
- [13] J.M. Parés & A. Pérez-González (1995). Paleomagnetic age for hominid fossils at Atapuerca archaeological site, Spain. *Science* **269**, 830-832.
- [14] C. Falguères, J.-J. Bahain, Y. Yokoyama, J.L. Arsuaga, J.M. Bermúdez de Castro, E. Carbonell, J.L. Bischoff & J.-M. Dolo (1999). Earliest humans in Europe: the age of TD6 Gran Dolina, Atapuerca, Spain. *J. Hum. Evol.* **37**, 343-352.
- [15] G. Cuenca-Bescós, C. Laplana & J.I. Canudo (1999). Biochronological implications of the Arvicolidae (Rodentia, Mammalia) from the Lower Pleistocene hominid-bearing level of Trinchera Dolina 6 (TD6, Atapuerca, Spain). *J. Hum. Evol.* **37**, 353-373.
- [16] J.M. Bermúdez de Castro, J.L. Arsuaga, E. Carbonell, A. Rosas, I. Martínez & M. Mosquera (1997). A hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: possible ancestor to Neandertals and modern humans. *Science* **276**, 1392-1395.
- [17] A. Ascenzi, I. Biddittu, P.F. Cassoli, A.G. Segre & E. Segre-Naldini (1996). A calvarium of late *Homo erectus* from Ceprano, Italy". *J. Hum. Evol.* **31**: 409-423.
- [18] G. Manzi, F. Mallegni & A. Ascenzi (2001). A cranium for the earliest Europeans: phylogenetic position of the hominid from Ceprano, Italy. *Proc. Natl. Acad. Sci., USA* **98**, 10011-10016.

SEGUNDA PARTE

España sin Premios Nobel.

Factores explicativos, perspectivas y criterios racionales para una política científica

AUTOR: FRANCISCO J. AYALA-CARCEDO
Profesor de Historia de la Ciencia, la Tecnología y el Desarrollo - Universidad Politécnica de Madrid / Investigador Titular- Ministerio de Ciencia y Tecnología / f.ayala@igme.es
De la Academia de Ciencias de Nueva York

PERSPECTIVAS Y CRITERIOS

PARA UNA POLÍTICA CIENTÍFICA

RACIONAL Y VIABLE

En los últimos quince años, España ha mejorado sustancialmente sus indicadores bibliográficos internacionales de producción científica hasta situarse en cuotas similares al de su peso en el PIB mundial, un 2,44% de las publicaciones en el SCI en 2002 (MCYT, 2002). Este hecho ha sido el resultado, esperable de acuerdo con las correlaciones mostradas, tanto del aumento del ratio del PIB invertido en I+D como del crecimiento económico del país, mayor que el del resto de la UE gracias a un ingreso neto procedente de la misma, de casi el 1,5% del PIB y a diversas reformas estructurales acometidas a lo largo de los últimos veinticinco años por los sucesivos gobiernos democráticos.

Aunque esto no se ha traducido en ningún laureado Nobel, la evolución apunta en la dirección correcta. Por tanto, debería proseguirse en esta línea. Con el actual volumen de inversión anual en I+D, España está por delante de países como Dinamarca (4 laureados en los últimos treinta años), Austria (1), Finlandia (1), Bélgica (3) y Noruega (1).

Debe señalarse, no obstante, que tal y como puede verse en la figura 7, la productividad en publicaciones en el SCI por investigador y año del sistema público (Gobierno + Universidades), mayor que la media de la UE, ha caído desde 1997 (0,53) hasta 2000 (0,43) en casi un 20%. Esto sugiere probables problemas de falta de estímulo económico y/o a la hora de la promoción, así como posibles problemas de organización y/o asignación de fondos. La introducción de los sexenios de investigación en la universidad y el CSIC, un estímulo económico a la productividad científica, positiva, quizá debería ser objeto de revisión en el sentido de aumentar sustancialmente su cuantía. Probablemente, un mayor estímulo económico individual a las publicaciones junto a una potenciación de los grupos de investigación-célula orgánica fundamental en el sector I+D- junto a una asignación de fondos y nuevos investigadores a los mismos que garantice a la vez una cantidad mínima, una fi-

nanciación y cuota base de nuevos investigadores en función del número de miembros, más una financiación y cuota de nuevos investigadores, variable función del número de publicaciones, ayudaría a potenciar los resultados en términos de publicaciones y a una mayor eficiencia en el empleo de recursos públicos.

Un problema existente es el de la *falta de condiciones homólogas en términos de estímulo económico entre los investigadores de OPIs y el profesorado universitario*. Si alguien planteara que un investigador o grupo de investigación del CSIC pudiera incorporar a su sueldo una parte sustancial, pongamos el 50%, de los contratos externos que consiguiera realizando el trabajo correspondiente en su horario en el centro, trabajo por el que los contribuyentes le pagan ya su sueldo, su propuesta sería probablemente rechazada por in-moral. Esto es, sin embargo, lo que sucede en la universidad en contratos para empresas u órganos de la administración –entre ellos algunos OPIs con presupuesto de inversiones– en los que el trabajo de los profesores-investigadores es valorado a precios de mercado de consultora, tras quedarse la universidad –generalmente a través de alguna fundación– con un porcentaje minoritario del contrato para gastos generales. Un investigador de un OPI que consigue un contrato a costos íntegros de la UE, ingresa en su totalidad el importe en su organismo; en una universidad, una parte sustancial ingresa en el bolsillo de los profesores. Una situación que todos los investigadores y funcionarios de OPIs rechazan y es fuente de desmotivación. Sucede además que una parte sustancial de estos contratos son meras actividades de consultoría en las que se practica a menudo competencia desleal con las empresas consultoras que pagan sus impuestos y además crean empleo. Para atajar esta situación, creo que las Administraciones Públicas sólo deberían contratar servicios expertos universitarios en condiciones de costes marginales como se hace en proyectos del Plan Nacional de I+D; es decir, financiar únicamente gastos directos originados por el proyecto: viajes, congresos, publicaciones, instrumentación, material inventariable y fungible y contratación de becarios para el proyecto, pero nunca remuneración de profesores que cuentan ya con su propio sueldo.

Este tema plantea también cual debe ser la función pública en el campo de la I+D, que en mi opinión debería regirse por el *Principio de Subsidiariedad: el Estado sólo debe hacer aquello que la iniciativa privada no pueda hacer o no haga. En este caso, la investigación básica, científica, y el apoyo con grandes laboratorios o equipos, así como tareas de difusión y transferencia científico-técnica, regulación y, con las empresas, proyectos-piloto*. La investigación e innovación tecnológicas deberían ser dominio empresarial salvo temas de alta seguridad o especial en-

vergadura, porque el Estado nunca puede sustituir en esto a la empresa. Por tanto, existiendo como existe un nutrido sector de consultoría, ni Universidades ni OPIs deberían entrar en el campo de las aplicaciones o la asistencia técnica más allá de los proyectos-piloto.



Figura 7. El número de publicaciones españolas al año en revistas científicas del Science Citation Index es función del número de investigadores del sistema público de I+D, habiendo decrecido desde 1998 la productividad científica de nuestros investigadores, probablemente en respuesta a la falta de incentivos económicos adecuados a la publicación.

En este sentido, universidades y OPIs deberían contar con un órgano tipo Comité Científico que examinara el carácter investigador de los posibles contratos antes de su admisión. En esta línea, el planteamiento sin estos contrapesos de la tasa de autofinanciación como indicador de excelencia de los OPIs o universidades, constituye una desnaturalización de la función pública en este campo, que no es de carácter administrativo-financiero, sino de producción de nuevo conocimiento.

Por otra parte, España, como Italia o Noruega, está por debajo de la tasa inversora en función del PIB que le correspondería por PIB/hb. Un esfuerzo más acorde con lo esperable de acuerdo con las tendencias mundiales, sería razonable y positivo.

El establecimiento de un horizonte racional y viable de crecimiento acorde con la dimensión económica del país más allá de arbitristos bienintencionados que suelen acabar en el nutrido cementerio de las buenas intenciones, puede calcularse de acuerdo con la correlación expuesta en la figura 6.

Si España se situara en la línea media de regresión mundial, en lo esperable de acuerdo con nuestra realidad económica, debería haber tenido en 1999, último año con datos globales a escala mundial, un sector I+D del 1,31% del PIB; en realidad, tuvo el 0,89% (MCYT, 2002). Suponiendo una tasa media anual de crecimiento del PIB del 3% y un período de 10 años para alcanzar la cuota de esfuerzo inversor esperable correspondiente al PIB dentro de 10 años, un 1,69% del PIB, –similar al actual de Noruega o Canadá–, se ve que sería necesario que la cuota inversora en euros deflactados con la inflación debería crecer durante 10 años seguidos al 6,6% real anual por encima del crecimiento anual medio estimado del

PIB, el 3%, unos 350 millones de euros anuales suplementarios, unos 60.000 millones de pesetas hoy.

El problema económico es cómo sacar ese dinero, ya que las perspectivas de crecimiento económico en la primera década del siglo XXI no son buenas como se verá.

Ante todo, hay que decir que junto a la consecución del volumen de inversión necesario, debería alcanzarse también en ese período de diez años la estructura adecuada de reparto de la misma entre el sector público y el empresarial, protagonista central de la investigación e innovación tecnológica frente al protagonismo público en la investigación científica. La media de la UE en 1999 fue de 1,85% del PIB, 1,20% a cargo de las empresas (65%) y 0,65% a cargo del sector público (35%). En España, fue del 0,89%, 0,46% a cargo de las empresas (52%) y 0,43% a cargo del sector público (48%). Por tanto, las empresas deberían comprometerse a elevar anualmente su participación en la financiación en un 9,1% para conseguir la convergencia en cuanto a cuota más el 6,6% citado, algo que a la vista de lo conocido resulta poco probable, a pesar de la reciente queja de la CEOE en octubre a través de un informe sobre el papel del “desfase tecnológico” en la “pérdida de competitividad de las empresas españolas en el exterior” que se habría empezado a producir en 1998, ya que desde entonces la cuota española en el mercado mundial se habría reducido del 2% al 1,8%. Esta queja se acompaña, como es habitual, de una petición al Gobierno de ayudas fiscales.

Por lo que sabemos, el peso de la I+D en la inversión empresarial está directamente ligado al carácter exportador y a la apertura de los sectores a la competencia internacional. No son las grandes empresas, especialmente las que viven del cobro de recibos, a menudo en régimen de cuasimonopolio u oligopolio debido a la insuficiente liberalización real en sectores antes monopolísticos como las telecomunicaciones u oligopolísticos como la energía, las que más esfuerzo investigador e innovador hacen, sino las PYMES exportadoras. Por tanto, una mayor profundización en la liberalización y apertura a la competencia externa se traduciría en un mayor esfuerzo inversor medio en I+D. No es de recibo en este sentido que las empresas cuenten tan solo con el 24,6% de los investigadores (MCYT, 2002). Una parte del dinero podría ir, sin duda, vía estímulos fiscales, a promover una mayor cultura investigadora en las empresas, a cambio de compromisos de inversión en I+D con garantía jurídica, pero no pocas deberían hacer autocrítica, ya que en alguna medida, por su excesiva avidez de beneficios y su inmediatez, son corresponsables de la pérdida de competitividad debida a la mayor inflación española frente a la media de la UE, que ya no puede enjugarse con devaluaciones tras la introducción del euro. En el mismo sentido va la caída de inversión en el sector industrial de los últimos años, de bonanza económica, inversión dirigida a la especulación inmobiliaria e Iberoamérica, clave en la caída de productividad y competitividad. Personalmente, a la vista de la experiencia histórica, dudo que el sector empresarial español en su conjunto sea capaz de asumir sus obligaciones en un proceso de convergencia científica y tecnológica a diez años.

Dadas las perspectivas económicas existentes, el rechazo ciudadano a las subidas de impuestos y con la necesidad de colocar el déficit público en el entorno del 0%, no hay otra vía de consecución del dinero necesario que la *mejor administración del dinero público* –algo tan importante al menos como la consecución de cuentas equilibradas–, a través de la *supresión de bolsas de gastos por encima de las previsiones, de desviaciones presupuestarias*. Creo que en España la principal fuente de desviaciones presupuestarias, hoy como ayer, es la obra pública, un sector anclado estructuralmente en la “cultura del reformado”, acostumbrado a reajustes al alza sustanciosos de los presupuestos originales que en algunos casos se multiplican por tres. Esto es revelador de una incompetencia inadmisibles a comienzos del siglo XXI o de hábitos inconfesables que demasiado frecuentemente saltan a la prensa, y a menudo fuente de suculentos negocios para los listos, esa fauna tan española que pulula alrededor de los presupuestos públicos y a costa del bolsillo de los contribuyentes. La introducción de una reforma en la legislación existente que impida a los autores y directores de proyectos de obras públicas e infraestructuras –so pena de las sanciones correspondientes por su incompetencia– sobrepasar un margen máximo de reformado razonable, similar al tolerado en el sector privado, creo basta y sobra para obtener éste y otros dineros necesarios para la modernización del país. Igualmente, la introducción de auditorías técnicas previas a la aprobación de proyectos y tras su finalización, ayudaría a contener las desviaciones presupuestarias.

Otra vía de ahorro, tal y como se propuso más arriba, es la asimilación del régimen de estímulos en las universidades ante contratos externos y proyectos con financiación pública al de los OPIs y el Plan Nacional de I+D: costos marginales.

Un esfuerzo sostenido de este calibre durante diez años, difícilmente se alcanzará sin un *Pacto por la Ciencia* en el que se comprometieran al menos Gobierno Español y Autonomías, Partidos Políticos, Organizaciones Sindicales y Patronales, Media, Cajas de Ahorros-que deberían jugar un papel importante en la financiación- y una representación de la investigación española a través de las Sociedades Científicas-principales instituciones que representan a la investigación activa- adecuadamente vertebradas a través de la Confederación Española de Sociedades Científicas, en proceso constituyente en la actualidad. Los empresarios, por el enorme retraso en su cuota de participación global, tienen en buena medida la pelota en su tejado. Un Pacto tal, probablemente debería ser impulsado desde el Parlamento y trasladado a la opinión pública para que se debatiera democráticamente con el correspondiente apoyo mediático permanente, e ir acompañado de un *Libro Blanco de la Investigación en España* que radiografiara, diagnosticara y propusiera la terapia correspondiente.

Obviamente, ese esfuerzo inversor debería ir acompañado por las correspondientes medidas consensuadas de *reforma de la I+D pública –OPIs y Universidades– en el ámbito central y autonómico*, especialmente en la coordinación e incluso integración, de los grupos de investigación e instituciones y el establecimiento de estímulos a la productividad científica en la vía antes señalada, así como de la articulación, también en base a la productividad, de la promoción y

carrera investigadora, quizá a través de un Estatuto del Investigador. El conjunto de reformas estructurales a nivel institucional, debería guiarse por el objetivo de conseguir *introducir una cuota adicional de eficiencia investigadora* de acuerdo con lo comentado más arriba, eficiencia que ayude a rentabilizar al máximo la inversión en términos de citas, publicaciones, patentes y premios.

Un aspecto relevante es el de la interrelación entre el *sistema educativo* en sus diversos niveles y el tema que nos ocupa, tema analizado por Pico Marín (2002) que ha denunciado, entre otras cosas, la falta de preparación experimental, de laboratorio, de la enseñanza que se imparte en España, cosa en la que estoy completamente de acuerdo en lo relativo a no pocas Escuelas Técnicas Superiores, con dotaciones similares a las de hace más de treinta años cuando yo era estudiante de Ingeniería. En España, en 1999, las universidades ejecutaban el 0,27% del PIB dedicado a I+D frente al 0,15% del sector gubernamental, y tenían el 55% de los investigadores en EDP (Equivalentes de Dedicación Completa) frente al 19,4% del sector gubernamental y el 24,6% las empresas (MCYT, 2002). Es obvio a partir de estas cifras que *la actual distribución de investigadores en dos ministerios, Ciencia y Tecnología y Educación y Cultura, no beneficia la sinergia ni la eficiencia investigadora, y cualquier racionalización del sector pensando en el futuro debería contemplar esto*. Por otra parte, resulta razonable pensar que alguna relación debe existir entre la inversión en educación universitaria de un país –ya que la investigación la hacen universitarios– y sus logros en cuanto a laureados Nobel. Analizado el tema cuantitativamente en la UE de acuerdo con los datos de 1999 contemplados en el informe de 2002 de la OCDE, puede verse en la figura 8 que, efectivamente, el número de laureados Nobel está directamente relacionado con el esfuerzo del país en educación universitaria y, que en esto, se halla uno de los problemas estructurales de España, ya que invertimos el 0,9% del PIB frente a una media en la UE del 1,4%. Por otra parte, la educación universitaria, desde el punto de vista del logro de una alta eficiencia investigadora –y por supuesto desde el del progreso social y los derechos constitucionales-, debe dar igualdad de oportunidades, a través de becas, para que todos los talentos puedan estu-

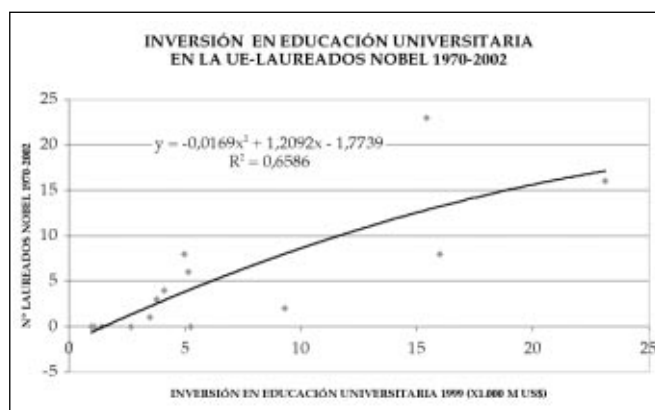


Figura 8.– La consecución de Premios Nobel está estrechamente relacionada con el volumen de inversión de un país en educación universitaria, un tema en el que España se encuentra muy alejada de la media de los países de UE-15, ya que sólo invierte por alumno el 64 % de la media y el 31 % en becas.

diar, para que la base selectiva cara al logro de descubrimientos e invenciones sea lo más amplia posible. No es éste el caso de España, ya que según la OCDE sólo se dedica el 0,08% del PIB a becas universitarias –el puesto 14 en la UE– frente a una media del 0,26% del PIB en la UE. Aquí, la falta de igualdad de oportunidades para los más desfavorecidos se traduce en falta de eficiencia del sistema de I+D. *España, pues, tiene un problema muy real de desfase de inversiones en educación universitaria respecto a la OCDE que influye negativamente sobre la I+D.*

En cuanto a la educación primaria y secundaria, el esfuerzo realizado por el país ha sido mayor, especialmente a partir de la LOGSE, y se invirtió en 1999 por alumno un 86% de la media de la OCDE en primaria y un 94% en secundaria, frente a un 62% en educación universitaria. Aquí, por tanto, garantizada razonablemente la igualdad de oportunidades a escala macroeconómica, lo que debe hacerse es un esfuerzo para garantizar la igualdad en términos reales, en la calidad entre escuela pública –la obligación intransferible de los poderes públicos–, y escuela privada, y un esfuerzo de racionalización, a más de impedir cualquier intento de exclusión clasista por parte de la escuela privada –contrario a la ampliación de base selectiva y por tanto a los logros del país en I+D– como los muchos que se vienen denunciando en la prensa, escuela que por estar mayoritariamente en manos de la Iglesia católica, predicadora de igualdad y financiada por todos, resulta más imperdonable. Cabe preguntarse en este sentido desde el punto de vista de la eficiencia investigadora y la Historia de la Ciencia si el establecimiento de los itinerarios en secundaria que prevé la Ley Orgánica de Calidad en la Educación (LOCE), que clasifican en edades relativamente tempranas las trayectorias que han de seguir los estudiantes, es un buen procedimiento. Sin entrar en mayores profundidades, el mero examen de las biografías de eminentes científicos como Cajal, Newton o Einstein, revela que con gran probabilidad ninguno de los tres, si hubieran estado sometidos a itinerarios tempranamente, habrían recibido educación universitaria y nos habríamos visto privados de sus aportaciones (Christianson, 1984; Hoffman, 1987; López Piñero, 1987; Calvo Roy, 1999). El ya citado catedrático Pico Marín, aboga por “Retrasar la especialización en lo posible (...) Se trata de que todos reciban una formación básica en conocimientos y capacidades, y de suficiente nivel para afrontar estudios superiores o para desenvolverse en el cambiante mundo laboral”. Un tema para reflexionar acerca de si vamos en la dirección correcta. Los caminos del genio y el descubrimiento, no se sujetan a criterios administrativos. Esta misma ley, que va a nacer rodeada de intensa polémica y amplio rechazo, sin embargo, tiene un elemento positivo en la introducción en edades más tempranas del idioma extranjero.

Un elemento clave de racionalización, tanto en el sector educativo universitario como en el de I+D, debe ser la *Evaluación externa de resultados de investigadores, grupos de investigación y centros con objeto de realizar una asignación eficiente de recursos presupuestarios y humanos*. Debe tenerse en mente que en muchas universidades y OPIs, la mitad de los profesores e investigadores no publica nada. En esto (basta examinar algunos de los OPIs del MCYT, carentes de grupos de investigación y donde la distribución de comple-

mentos de productividad prima el trabajo administrativo sin tener en cuenta para nada la productividad científica, para comprobarlo) hay mucho que hacer y sería deseable que se procediera a estructurar el sistema de evaluación –que en mi opinión debería pasar por una Agencia Nacional de Evaluación y Prospectiva reforzada– y a evaluar cuanto antes.

Una de las reformas institucionales pendientes es la de *arbitrar procedimientos para valorar el doctorado*, máximo nivel de titulación académica y entrenamiento clave para la investigación, en todo el cuerpo social. Aunque pueda resultar increíble, en un OPI del propio MCYT, en 2002, se han convocado concursos para provisión de puestos de trabajo de investigadores, previamente a la constitución de la escala de investigadores titulares, sin que se valorara tan siquiera la posesión del doctorado. Con este ejemplo, difícilmente puede pedirse a las empresas que incorporen a doctores. Una de las diferencias entre las empresas españolas y las de los países más desarrollados, es el valor que las extranjeras dan a la presencia de doctores en todos sus niveles. Así que primero el MCYT y después todas las Administraciones españolas en lo tocante a sus cuerpos, plantillas y escalas técnicas o facultativas, sería muy conveniente valoraran el doctorado en los baremos de los concursos y concursos-oposiciones e incorporaran becarios fundamentalmente para hacer tesis doctorales. La elevación del número de doctores en las administraciones, por reflejo, obligaría a las empresas a valorarlo también, en primer lugar para estar a la altura de sus interlocutores públicos. Esto, que económicamente cuesta poco, al elevar la demanda de doctores, contribuiría de paso a paliar la crisis de alumnos que las universidades están viviendo por la crisis demográfica.

Otra de las reformas pendientes en el ámbito del Gobierno español es el de la arquitectura definitiva en lo que se refiere a los OPIs, ya que hay organismos como el CEDEX, el Instituto Geográfico Nacional, el INTA o el Instituto Carlos III de Investigaciones Médicas o el Instituto Nacional de Meteorología, con dimensión investigadora innegable, que no han sido incorporados en el MCYT, mermando la sinergia y posibilidades de racionalización del sistema completo además de su potencialidad en temas como el Cambio Climático, la Biología Molecular o el agua, p.e. La incorporación de estos organismos al MCYT es necesaria.

De acuerdo con lo que los análisis realizados revelan, la estrecha correlación entre resultados y esfuerzo inversor, la viabilidad de cualquier política que busque una mejora sustancial sostenida de indicadores estará condicionada por la evolución económica. La lección que aporta la década perdida 1991-2000, con esfuerzo inversor estancado, debería servir de aviso a navegantes para evitar el naufragio de las buenas intenciones. En este sentido, la propuesta de un Pacto por la Ciencia –que dado lo expuesto debería incluir la reforma del sistema universitario–, al sustraer este esfuerzo de los vaivenes políticos y económicos, es probablemente la única alternativa viable.

Cabe preguntarse por las *perspectivas de evolución económica* del país la próxima década como horizonte necesario a este esfuerzo de convergencia. Dados los fracasos de los estrategas económicos

supuestamente más cualificados para pronosticar en 1999 la crisis que ha sobrevenido en la economía mundial desde 2000 y que por el momento no parece llevar camino de recuperación, sería pretencioso por mi parte, y menos en el marco de este artículo, intentar dar una predicción. Por ello, me limito a presentar algunos elementos que la prensa especializada está dando.

Alguno de los riesgos que la ampliación de la UE-15 a 25 miembros en 2004 podría representar para España, son el posible desequilibrio de la balanza comercial (por sustitución de nuestras exportaciones a la UE) y la desviación de inversión de las multinacionales a los nuevos miembros, con salarios más bajos (de lo que la instalación de la planta de SEAT en Eslovaquia no parece ser más que el principio). Otros elementos que se han señalado al respecto han sido el previsible declive de subvenciones netas de la UE a España tanto por la congelación del gasto en la Política Agraria Común y su reforma, como por la progresiva desaparición de los ingresos procedentes de fondos de cohesión al superar la renta media de la UE muchas regiones. Dado que el ingreso neto procedente de la UE equivale a un 1,4% del PIB, no parece que se trate de una perspectiva favorable. La posible crisis estructural en que el sector turístico –el 13% del PIB– parece estar entrando por sus altos precios y la emergencia de nuevos destinos en el Mediterráneo, a más del probable pinchazo de la burbuja inmobiliaria, son otros elementos de preocupación. Mientras, la banca alemana comienza a dar síntomas de crisis, el Nobel Stiglitz indica que la economía norteamericana puede empeorar significativamente y el 29 de octubre de 2002, el Fondo Monetario Internacional, constataba el hundimiento de la confianza de los consumidores (dos tercios de la economía) en EE.UU. y auguraba un nuevo retraso a 2004 de la recuperación económica internacional que según algunos supuestos expertos debía haberse producido a comienzos de 2002.

En definitiva, un panorama poco alentador que vuelve aún más imperativa la superación de nuestro atraso relativo en I+D en un escenario más difícil que si se hubiera planteado antes, superación que no puede lograrse sino administrando mejor los recursos públicos, suprimiendo bolsas de desviaciones presupuestarias y corruptelas varias. La competitividad a base de bajos salarios se está acabando.

Además, tanto la disminución de la productividad científica de los investigadores del sistema público, como la creciente fuga de cerebros de grupos de investigación, que Santiago Grisolia ha cifrado el 29 de octubre de 2002 en un 16% de crecimiento en la Comunidad Valenciana –Bernat Soria entre ellos por la prohibición de investigar con células madre–, indican que es necesario actuar sin mucha dilación. Consciente de ello, el Rey de España, en el mismo acto en que Grisolia dio a conocer el dato anterior, dijo que “La ciencia moderna necesita medios y ayudas cada vez mayores, incentivos a quienes la cultivan y una conciencia social que respalde sus esfuerzos”.

Dado el escenario dibujado y la entidad de los retos, especialmente el de la asunción por las empresas de su cuota para la convergencia científica y tecnológica, el riesgo de que España, ante el claro declive en Nobel de la UE en los últimos treinta años y el avan-

ce de Japón, China e India, acabe sin conseguir otro Nobel en las próximas décadas, es desgraciadamente muy real. Sólo una política que incida en los nudos gordianos, sea de suficiente calado reformista y a la vez eficiente en la inversión pública y privada, y cuente con el necesario consenso, será capaz de resolver a medio plazo el problema. El tiempo de poner remedio es ahora; mañana puede ser ya tarde. ■

AGRADECIMIENTOS

El autor desea agradecer al investigador del MCYT Francisco López Santiago sus atinados comentarios críticos y sugerencias.

BIBLIOGRAFÍA

- Ayala-Carcedo, F.J. (1997). Medio Físico y desarrollo en España. Una perspectiva histórica, *Boletín Geológico y Minero*, ITGE, Vol. 108- 2, 189-216.
- Ayala-Carcedo, F.J. (2001). Historia y presente de la Ciencia y la Tecnología en España, in Ayala-Carcedo edit., *Hª de la Tecnología en España*, Valatenea, Barcelona, 2 Vols., tomo II, 729-758.
- Bacon, F. (1620). *Novum Organum*. Trad. en Sarpe, Madrid, 1984.
- Calvo Roy, A. (1999). *Cajal. Triunfar a toda costa*. Alianza, Madrid.
- Carreras, A. (1984). La producción industrial española, 1842-1981: construcción de un índice anual. *Revista de Historia Económica*, año II, 1, Madrid.
- CEOE (Confederación Española de Organizaciones Empresariales). (2002). *Competitividad en España. Problemas y propuestas de mejora*. Madrid.
- Christianson, G.E. (1984). *In the Presence of Creator. Isaac Newton and His Times*. The Free Press, Macmillan Inc., U.S.A. Trad. en Salvat, 1986.
- De Solla Price, D. (1970). Measuring the size of science. *PIASH*, 4, 6, 98-111.
- Eysenck, H. (1995). *Genius. The natural history of creativity*. Cambridge University Press, U.K.
- Hoffmann, B. *Albert Einstein, Creator and Rebel*. Viking Press, U.K. Trad. en Salvat, 1987
- López Piñero, J.M., Glick, T.F., Navarro Brotóns, V. y Portela, E. (1983). *Diccionario histórico de la ciencia moderna en España*. Península, Barcelona, 2 Vols.
- López Piñero, J.M. (1985). *Cajal*. Salvat, Barcelona.
- May, R. M. (1997). The Scientific Wealth of Nations. *Science*, 275, 793
- Ministerio de Ciencia y Tecnología (2002). *Spanish Science and Technology Indicators. 2001*.
- Nadal, J. (1975). *El fracaso de la Revolución Industrial en España, 1814-1913*. Ariel, Barcelona.
- OCDE (2002). *Education at Glance 2002*.
- Pico Marín, C. (2002). La enseñanza de la ciencia en España y en Europa. *Acta Científica y Tecnológica*, Asociación Española de Científicos, Madrid, 4, 22-26.
- Simonton, D.K. (1988). *Scientific genius. A psychology of science*. Cambridge University Press, U.S.A.
- Stiglitz, J. (2002). ¿Puede empeorar la economía norteamericana?. *El País*, 13 de octubre.
- Vernet, J. (1975). *Historia de la ciencia española*. Instituto de España, Madrid.

El Grupo Antolín: un líder mundial en Burgos

AUTOR: JESÚS MARTÍN TEJEDOR

Es posible que el atento lector no haya oído hablar del Grupo Antolín. Pero es más difícil que el atento lector no tenga nada que ver con el Grupo Antolín. Cada vez que pone sus honorables posaderas en el asiento de un auto BMW, Daimler-Chrysler, Ford, General Motors, Renault, Volkswagen, Peugeot, Hyundai y alguna otra marca del Extremo Oriente es más que probable que esté sentándose en un producto del Grupo Antolín. Y eso aún en el caso de que el tal automóvil sea de importación. Porque el Grupo Antolín, que investiga, diseña y produce el habitáculo interior del automóvil, opera a través de 63 establecimientos de producción o de asistencia técnica, con 7.100 empleados, repartidos por el universo mundo: Francia, Alemania, Reino Unido, Estados Unidos, Méjico, Argentina, Brasil, Japón, China, Corea, India, Suráfrica, hasta 18 países. Toda una multinacional con sede central en Burgos. Este es uno de los casos que a la dirección de esta revista le confirma en su empeño de dar a conocer lo que en esta sorprendente España está sucediendo en el terreno empresarial y tecnológico.

¿De dónde ha surgido este emporio empresarial? ¿Ha sido fruto de una acción de Gobierno para favorecer la industrialización de una región agrícola? ¿Ha intervenido decisivamente el sistema bancario y financiero, como en el caso de otras empresas punteras del sistema tecnológico español? Nada de eso. El accionariado del Grupo Antolín es estrictamente familiar. Y la empresa se ha formado a partir de un modesto taller de mecánica automovilística que ha ido creciendo sin pausa merced al tesón, la sana ambición, la intuición creadora, la visión del momento, la apertura al exterior y la fe en la investigación de dos hermanos: Avelino y José Antolín. El primero nació en 1934 y falleció en 1995. El segundo nació en 1936 y permanece al frente de la empresa.

Ambos hermanos comenzaron sus actividades, en Burgos, en un simple taller mecánico propiedad de su padre y dedicado a reparar automóviles. Idearon un modelo de rótula y comenzaron con éxito su producción en una España que se defendía como podía para hacer posible el tráfico rodado. Las rótulas tuvieron éxito y con la implantación en España de la industria del Automóvil a partir de 1953, dieron su pri-

mer gran salto pasando a tener como primeros clientes de sus rótulas de caucho a Barreiros y Pegaso y posteriormente a Simca, Seat y Fasa-Renault. Comenzaban otros tiempos en España.

Las rótulas les granjearon el prestigio suficiente para entrar en tratos con la empresa alemana Lemförder e instalar con ella, en Burgos, una fábrica de rótulas que llegó a ser la de mayor calidad de Europa. La empresa burgalesa se llamaba Ansa-Lemförder y en ella los hermanos Antolín eran mayoritarios. Fue su primer trato con el exterior y una feliz experiencia que les confirmaría en su actitud de apertura y colaboración con empresas extranjeras.

Una vez aprendido el camino de Alemania, obtuvieron en este país permisos para utilizar patentes de charnelas de puerta, cerraduras y elevallunas de ventanilla. Se introdujeron así en una nueva perspectiva: el habitáculo del usuario automovilístico. Eran los años sesenta. En la nueva década de los setenta los hermanos Antolín levantaron la vista hacia arriba y vieron que los techos de los vehículos eran susceptibles de importantes perfeccionamientos. Encontraron a los hermanos Fulcheri, creadores de la empresa piamontesa Pianfei, que daban los primeros pasos en la fabricación de techos autoportantes. Este nuevo foco de atención les llevó a simplificar y compactar los guarnecidos del techo mediante un revestimiento de fibras de algodón y resinas fenólicas que posteriormente sería sustituido por la tecnología Glasutec, basada en un sandwich de poliuretano que les situó con el tiempo en posición de líderes mundiales. Y ahí siguen, a la cabeza. A ellos se debe esa mórbida y placentera impresión de los guarnecidos del techo y sin aquellos tejidos convencionales que podían rasgarse al tratar de introducir algún objeto en el hábitat interno, o agujerearse al manipular un cigarrillo.

Su atención al habitáculo interno se fue completando con la creación de asientos para furgonetas, camionetas y coches. Y también los paneles interiores de las puertas. Actualmente su producción se reparte en tres funciones: techos, asientos y puertas.

A comienzos de los años noventa se planteó una situación nueva que iba a poner a prueba la capacidad de adaptación de los hermanos Antolín y su visión del futuro. Los constructores de coches en Es-

pañía deciden centralizar sus oficinas de desarrollo en sus países de origen. Los hermanos Antolín habían estado presentes y en estrechísima interacción, en los gabinetes donde éstos investigaban y desarrollaban su particular modulación española de los productos fabricados en nuestro país. Al marcharse de España esta actividad creadora, los hermanos Antolín iban a quedar alejados de los centros de estudio y diseño de las firmas automovilísticas. Y de nuevo actuó el temple singular, abierto y audaz de esta familia. Era necesario cruzar la frontera y establecerse junto a las casas matrices para continuar la felicísima interacción que había tenido lugar en España. A los centros técnicos y comerciales siguieron las plantas de producción. El pequeño taller mecánico de Burgos se había transformado en una multinacional Y todo ello con el esfuerzo propio y con una singular clarividencia para articular los medios y los fines, porque, para hacer frente financieramente a esta expansión, no dudaron en vender, en 1994, la fábrica de rótulas que llevaba una vida próspera y todavía existe en la actualidad. Cambiaron una realidad sustanciosa por un riesgo, pero con el paso firme del peregrino que sabe por dónde va su camino. Los hermanos Antolín eran ya el Grupo Antolín, y, con una nueva organización, comenzaba su expansión mundial.

Desde 1992 su palmarés empresarial ha sido fulgurante. Desde ese año hasta el 2003 han multiplicado por nueve su facturación, bien advertido que no fue un fruto al azar. Sus previsiones se han ido cumpliendo. Y de los 1.006 millones de euros facturados en 2002 se espera llegar en cinco años a los 2.230.

Nuestra revista ACTA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA se ha propuesto dar a conocer a los españoles (incluidos catedráticos y científicos) el actual mundo empresarial y tecnológico español que ya poco tiene que ver con aquella época en que cierto ilustre pensador español pronunciara la célebre frase “que inventen ellos”, refiriéndose a los extranjeros. Tan negativa resignación podía referirse al estado de nuestra ciencia y de nuestra enseñanza, a la falta de cultura científica de nuestra sociedad, a nuestro tardío y mediocre proceso de industrialización - problemas reales cuya plena solución todavía está pendiente - pero incluía también la creencia en un cierto determinismo genético, todavía operante en nuestra patria, que consideraba al talante o al genio español como no dotado para la ciencia y la invención. En este último sentido es particularmente ilustrativo el ejemplo de los hermanos Antolín, y es patriótico y constructivo darlo a conocer también en su vertiente humana. En dos generaciones pasaron de

una carrera en un pueblo palentino (el abuelo de los hermanos Antolín) a un taller de reparación de automóviles (el padre de los hermanos Antolín) y luego a una multinacional (Avelino y José). Estos últimos se hicieron en el taller, sin estudios de ingeniería y aprendiendo del día a día. Ni siquiera estaban inmersos en un ambiente industrial y emprendedor, como habría sido el caso de haber vivido en Cataluña o en las Vascongadas. Sólo tenían valía personal innata, es decir, raza. Y todos sus apellidos son castellanos. Un buen golpe para los creyentes en el determinismo genético.

Porque lo notable de los hermanos Antolín no es que hayan amasado un importante patrimonio - no son raros los enriquecimientos que se han producido en la segunda mitad del siglo XX, aprovechando algunas veces las penurias y dificultades del despegue industrial o recibiendo favores del sistema - lo notable de los hermanos Antolín es que han creado un grupo de empresas que fundamentan su presente y su futuro en la investigación científica y tecnológica, y en la innovación. En este momento pasan de los 70 millones de euros que invierten en investigación y desarrollo de nuevos productos, nuevas tecnologías de diseño y nuevas funciones del automóvil. Su plantilla de investigadores cuenta con un número importante de doctores, ingenieros, licenciados y técnicos. Invierten en investigación, porque creen en la investigación; y porque creen en la investigación, se asoman a cualquier nuevo desafío persuadidos de que la realidad se rinde siempre al que se acerca a ella con método y hábito de conocimiento. Causa cierto pasmo observar esta furiosa actitud científico-tecnológica en unos hombres que se han criado lejos de la Universidad y de las Politécnicas, sin más estímulo que el trabajo de cada día. Pero si se reflexiona sobre su historial, todo se explica: han sido unos avidos escrutadores de lo que pasaba no sólo en su derredor, sino en mundos más lejanos, con una apertura y un cosmopolitismo impropio tanto de la supuesta adustez castellana, como de todo provincianismo. Y en esa ejemplar actitud de pesquisa se toparon con la investigación y la tecnología como claves del futuro.

Estas personas, Avelino y José, o sea, estos personajes, enriquecen a España con su creación de renta, pero la enriquecen también con un estimulante ejemplo que debe acrecentar nuestra fe en nosotros mismos. En España, podemos. Y ahora que nos falta Avelino, el certero soñador, resultará gratificante para su hermano José, el gran realizador, que recordemos con gratitud al primero. Sin olvidar algo que hemos querido señalar en el título: todo esto está sucediendo en Burgos. ■

Información estratégica para la política: información científico-tecnológica para la política¹

AUTORES: ALEXANDER TÜBKE, KEN DUCATEL,
JAMES P. GAVIGAN
Y PIETRO MONCADA PATERNÒ-CASTELLO
Joint Research Centre (JRC)
Instituto de Prospectiva Tecnológica (IPTS). Sevilla

ABSTRACT

The growing knowledge intensity of our economy, the networked character of innovation, the demand for anticipatory decision-making and the involvement of various stakeholders, have all led to multiple patterns of interaction between S&T and policy, and give rise to new challenges for policy formulation. In addition, the importance accorded to S&T within the European Union's Lisbon strategy, changes the S&T policy framework and accentuates the criteria against which their impacts are measured.

Strategic Policy Intelligence can provide special support to policy-making. In its current state of development, the concept of Strategic Intelligence offers not only methodological strength to address the "hot" issues, but also enough degrees of flexibility to link to other forms of interaction, to adapt to new governance models and be open to the rapid and unforeseen technological changes and societal developments. This article provides a synthetic overview of current trends in Strategic Policy Intelligence and its future potential in contributing to the policy-making process.

Three methods of Strategic Policy Intelligence are referred to: **Technology Forecasting, Assessment and Foresight.**

INTRODUCCIÓN

Hay muchas razones por las que se necesita mejor información estratégica en apoyo de las decisiones políticas. En principio, se deben a la interacción de las importantes aplicaciones de la ciencia y tecnología con sus amplias implicaciones especialmente en economía, sociedad y medio-ambiente. La interacción de la ciencia y la tecnología con la economía y la sociedad se presenta formas muy complejas. A menudo, los efectos no son inmediatos ni directos, apareciendo tan sólo en segundo o tercer orden, o bien, tras un lapso de tiempo considerable. Por el contrario, ciencia y tecnología avanzan a gran velocidad. El político no se puede permitir el lujo de esperar hasta que las situaciones se aclaren o hasta que los efectos resulten evidentes antes de tomar decisiones. Los desarrollos científicos y tecnoló-

gicos del mañana se originan en las condiciones que operan en la actualidad. No puede sorprender por lo tanto que haya una demanda de "Información Estratégica" que asista al político en la comprensión de los aspectos relevantes y alcance de los impactos de la ciencia y tecnología y sus posibles desarrollos futuros.

La historia de las actividades de información estratégica preventiva se extiende a lo largo de varias décadas, durante las cuales crecieron por separado sus diversas ramas en forma heterogénea. Siendo un motivo de fortaleza, la diversificación puede también considerarse como un obstáculo. No hay una imagen integrada de las diversas ramas ni de sus interconexiones. Ya al nivel de los métodos, la relación entre los profesionales se podría reforzar, particularmente entre los diversos escenarios nacionales y cruzando la división entre lo público y lo privado. Las cuestiones que se plantean en las actividades de previsión, evaluación y prospectiva no sólo se solapan, también hay semejanza en las técnicas usadas y en lo que se percibe como su contenido informativo. El resultado es la pérdida de sinergia entre los politólogos al afrontar cuestiones bastante similares.

Este artículo muestra el conocimiento que encierran y el valor educativo de tres enfoques diferentes –previsión tecnológica, evaluación tecnológica y prospectiva tecnológica– sus contribuciones al proceso de toma de decisiones, y como se pueden combinar. Intenta así ilustrar como los operadores pueden beneficiarse de la combinación de una diversidad de técnicas en vez de considerar cada una por separado. En este sentido, la presente discusión quiere estimular el desarrollo de un conjunto integrado de instrumentos de información estratégica para la política.

¿QUÉ ES LA INFORMACIÓN ESTRATÉGICA

PARA LA POLÍTICA?

La información estratégica puede definirse como 'el conjunto de actuaciones para encontrar, procesar, difundir y proteger información con objeto de hacerla accesible a la persona adecuada en el instante adecuado, para que pueda tomar una decisión adecuada². Nuestra atención se concentra en la previsión tecnológica, la evaluación tecnológica y la prospectiva tecnológica, que son formas de información estratégica preventiva.

Cada una de ellas se entiende de la siguiente manera:

- La *previsión tecnológica* consiste en la vigilancia continua de los desarrollos tecnológicos y de sus condiciones, conducente a la identificación temprana de aplicaciones futuras prometedoras junto a una evaluación de su potencial. Se la considera como un proceso en tres pasos (identificación –validación– transferencia de información e implementación) que ayuda a la toma de decisiones en un marco tecnológico concreto.

- Los resultados de la *evaluación tecnológica* apoyan la toma de decisiones en tecnología a través del análisis del potencial social, económico y medio-ambiental de los nuevos desarrollos científicos y tecnológicos. Esto incluye su impacto y condiciones referenciales. A menudo se basa en un ejercicio de vigilancia y control tecnológico anterior. Mediante la ayuda de la evaluación tecnológica se desarrollan opciones para la mejor explotación de las oportunidades que surgen de las nuevas tecnologías. La evaluación tecnológica se enfoca hacia una tecnología específica (controlada por la tecnología) o bien, hacia los problemas sociales surgidos en la aplicación de una tecnología (controlada por el problema).

- La *prospectiva tecnológica* se basa en un concepto mucho más amplio que los anteriores. Implica un abanico de temas y agentes con objeto de examinar los aspectos sociales, económicos y medio-ambientales de las tecnologías nuevas y emergentes. Se trata de un proceso muy interactivo, abierto y con un enfoque de abajo a arriba con objeto de anticipar avances y explorar hipótesis en apoyo de la formulación de estrategias. La prospectiva tecnológica se emplea con frecuencia en soporte de la toma de decisiones de carácter político a escala regional, nacional o supranacional.

EL CONTEXTO POLÍTICO: INNOVACIÓN,

COMPLEJIDAD E INCERTIDUMBRE

Dado el siempre creciente peso específico del conocimiento en la economía, la innovación inducida por la ciencia y la tecnología serán decisivas para alcanzar el objetivo del proceso de Lisboa de convertir la Unión Europea en “la economía basada en el conocimiento más competitiva y dinámica del mundo hacia 2010”³. El proceso de Lisboa apunta a la necesidad directa de contar con información sólida sobre los patrones de innovación. Las nuevas formas de conocimiento, su aplicación a productos y servicios, junto a potentes tecnologías del conocimiento, aumentan la importancia de la gestión del conocimiento. Están emergiendo herramientas previamente desconocidas y nuevos datos se acumulan a la información existente. Además, la demanda creciente de mayor transparencia y participación en las decisiones públicas sobre ciencia y tecnología crean nuevas pautas en la toma de decisiones en el sector.

En primer lugar, ya no hay un lugar central en la innovación. Ésta se da en redes y alianzas más que en una firma individual o en un laboratorio de I+D. Esta naturaleza distribuida de la innovación crea una imagen mucho más volátil e intrincada que la visión tradicional de una invención que ha tenido éxito. En segundo lugar, la mayoría de las aplicaciones de la ciencia y la tecnología con relevancia política afectan a la sociedad en su conjunto. Esto a su vez propicia la búsqueda de estilos de análisis anticipatorio capaces de tener en cuenta la naturaleza compartida de la innovación y en los cuales los riesgos y decisiones se negocian entre los diversos agentes sociales. Todo ello se aprecia con claridad en el perfil, cada vez más alto, que han adquirido las cuestiones de ciencia y gobernación en los últimos años, así como la demanda de mayores niveles de transparencia y participación en la adopción de agendas de ciencia y tecnología⁴. También se expresa en el refuerzo de la actitud pública que pide a los políticos capacidad para explicar y justificar sus decisiones en cualquier momento. En conjunto, estas tendencias aumentan aún más la complejidad e incertidumbre del impacto de la ciencia y la tecnología en la sociedad y aumentan los riesgos de la toma de decisiones. Hacen así más difícil la tarea de los políticos de establecer políticas sistemáticas.

HERRAMIENTAS FLEXIBLES

PARA TEMAS EXIGENTES

Como fondo de la economía del conocimiento basada en la innovación, la velocidad del desarrollo tecnológico y su papel en la sociedad y la economía dejan menos tiempo para la adopción de decisiones políticas. Esto es particularmente cierto en aquellos campos que avanzan rápidamente y respecto a avances tecnológicos importantes y desarrollos “impredecibles”. La información estratégica para la política incluye herramientas que soportan la anticipación de estos avances, asignándole una función de tipo “alerta temprana”.

La información estratégica para la política ofrece una variedad de metodologías para satisfacer las demandas de creación de políticas. Esta diversidad es una fuerza de la información estratégica, y crea flexibilidad y promueve independencia. La previsión tecnológica, por ejemplo, tiende a ser específica respecto de un marco tecnológico concreto y tiende, por tanto a llevarse a cabo en unidades especializadas, independientes y pequeñas, dentro organizaciones mayores. Se emplea frecuentemente en el sector privado, quizá más que en el público. La evaluación tecnológica se relaciona habitualmente con una cierta tecnología o con un problema que dimana de la aplicación de tecnología. Tiene una larga tradición en el apoyo a los políticos, especialmente a nivel parlamentario. Además, las actividades de evaluación tecnológica se llevan a cabo frecuentemente en ámbitos institucionales

formales a escala nacional y regional, en campos tecnológicos específicos (p. e. salud) y en las universidades. Hay casos en que la administración solicita evaluación tecnológica antes de adoptar decisiones políticas. A su vez, las actividades de prospectiva tecnológica se inician en entes regionales o nacionales o se llevan a cabo a nivel europeo⁵. En general se organizan como iniciativas específicas que, más que enfocar las pautas decisorias existentes, reúnen un conjunto *ad hoc* de agentes sociales. La diversidad de modalidades de actuación evita la institucionalización paralizante del *input* que la información estratégica para la política suministra al sistema. Esto se debe a su independencia de los agentes sociales individuales y de los intereses políticos.

TENDENCIAS CLAVE

EN LAS DIVERSAS ÁREAS

Más allá de la necesidad de variedad en el encuadre institucional, hay otras tendencias comunes en la implementación de la información estratégica para la política en cada una de las tres áreas.

Primero, todas las técnicas se han apartado de la pretensión de que el futuro se pueda “predecir” con confianza a medio o largo plazo. Esto se ve más claramente en el caso de la previsión tecnológica que en absoluto genera predicciones cuantitativas de las características clave de una cierta tecnología a través de la extrapolación de tendencias tecnológicas, sino que identifica los factores que regulan cómo se desarrollan las tecnologías dentro de un cierto campo y propone recomendaciones y medidas.

Segundo, cada área encara explícitamente el hecho de que el desarrollo de las tecnologías se articula no sólo a través de las leyes inmutables de la ciencia y la ingeniería, sino por el contexto de su aplicación, es decir, que aborda cómo los diferentes grupos forjan los conceptos y entienden los riesgos y oportunidades asociados a una nueva tecnología.

Tercero, quizás el cambio más significativo es que cada área de información estratégica para la política se ha hecho más anticipatoria con respecto a la ruta de desarrollo de nuevas tecnologías. Por ejemplo, la previsión tecnológica se dirige más bien hacia el apoyo a los procesos de transferencia tecnológica, facilitando el diálogo entre suministradores y usuarios potenciales de la tecnología en cuestión. La evaluación tecnológica se dirige más hacia la identificación de las alternativas sociales y políticas relacionadas con desarrollos tecnológicos, yendo más allá de su papel inicial de evaluar los impactos negativos potenciales de tecnologías específicas. Se ha convertido en una combinación de vigilancia tecnológica clásica con una metodología de evaluación prospectiva. La prospectiva tecnológica se ha situado mientras tanto como un proceso que acompaña a los agentes políticos sobre todo en las escalas nacional y supranacional.

Estas tres tendencias originan una situación en que las contribuciones de las tres áreas al quehacer político son más efectivas cuanto menos se las considere aisladamente una de otra. Por el contrario, ganan con la perspectiva integradora de la información estratégica para la política. Las tareas, campos de aplicación, tipo de asunto político en cuestión y los resultados de los métodos de información estratégica se recogen en la tabla.

Tabla: Perspectiva general de la información estratégica para la política y su posible contribución a la toma de decisiones políticas.

Método	Tarea	Campos de aplicación	Tipo de cuestiones políticas abordadas	Resultados
Previsión Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> Se basa en seguir los avances y tener en cuenta los aspectos más amplios, el análisis de las circunstancias y las posibilidades de las nuevas aplicaciones tecnológicas. 	<ul style="list-style-type: none"> Marco tecnológico concreto. Se utiliza frecuentemente en el sector privado. 	<ul style="list-style-type: none"> Circunstancias y consecuencias del avance tecnológico en general. Identificación de los grandes descubrimientos y función de alerta precoz en un marco tecnológico determinado. 	<ul style="list-style-type: none"> Apoyo al proceso de toma de decisiones políticas adecuado a la economía basada en el conocimiento, incluyendo la identificación de grandes descubrimientos y la función de alerta precoz. Preparación de políticas integradas de CyT, basadas en un conocimiento más sólido. Acceso a la información sobre un amplio abanico de temas, reduciendo el tiempo de preparación de la política. Evitar errores derivados de no tener en cuenta la complejidad del desarrollo
Evaluación Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> Apoyo a la toma de decisiones generando opciones derivadas de las nuevas tecnologías. 	<ul style="list-style-type: none"> Tecnología o problema específico. Larga tradición en asesoría a los parlamentos nacionales. 	<ul style="list-style-type: none"> Posibilidades de tecnologías concretas o cuestiones tecnológicas relativas a ciertos problemas, a veces ligados a una exigencia pública determinada. 	
Prospectiva Tecnológica	<ul style="list-style-type: none"> Estudia un amplio abanico de temas con el fin de examinar los aspectos sociales, económicos y medioambientales de las nuevas tecnologías. 	<ul style="list-style-type: none"> Apoyo a la política a escala nacional o supranacional. 	<ul style="list-style-type: none"> Impacto más amplio del desarrollo tecnológico, identificación de temas cruzados, identificación de grandes descubrimientos y función de alerta precoz en un contexto más amplio. 	

Nota: Las líneas de puntos muestran que las tareas, los campos de aplicación y el tipo de cuestiones políticas abordadas, a veces se solapan. Las flechas verticales de la columna de resultados representan las sinergias que nacen de la perspectiva completa de los resultados de la previsión, la evaluación y la prospectiva. Fuente: compilación de los autores

CONCLUSIONES – SINERGIA

E INTEGRACIÓN

Capturar todo el potencial que encierra la información estratégica para la política requiere abordar cierto número de aspectos metodológicos y científicos. Así, mientras que la diversidad es importante, las discusiones aisladas sobre las definiciones de la evaluación tecnológica, previsión y prospectiva, parecen ser bastante contraproducentes. Primero, deberían explotarse las sinergias entre las tres metodologías explorando el “ajuste metodológico”. Hay una necesidad real de someter las metodologías de evaluación tecnológica, previsión y prospectiva a una comprobación y evaluación más rigurosas para alcanzar mejor los objetivos de quien ha de tomar las decisiones, evitando imponer restricciones metodológicas innecesarias. Mejorar la información estratégica para la política significa que sus mismas metodologías se sometan a vigilancia y comparación. También hay que considerar en este sentido el control de calidad y una interfaz con el usuario mejorada. Segundo, hay que incrementar los trabajos empíricos, especialmente los tendentes a i) conocer mejor el proceso de toma de decisiones en una economía basada en el conocimiento, ii) analizar la interacción entre los procesos de innovación y las estructuras institucionales y iii) relacionar entre sí los resultados de la información estratégica para la política. Esto es importante dado que mucho del trabajo realizado en la información estratégica para la política tiene como objetivo áreas políticas, mientras que su relación con la toma de decisiones políticas no está clara.

Teniendo en cuenta esas características, un importante paso hacia el futuro sería una mejor conexión de la información estratégica para la política, conducente al establecimiento de una red distribuida a través de Europa. Esto permitiría la generación a tiempo de información proveniente de fuentes heterogéneas e independientes, permitiendo abarcar un abanico amplio de temas y demandas. También podría constituir el eslabón adecuado para alcanzar los requisitos de la toma de decisiones en una economía basada en el conocimiento. En el nuevo papel de la información estratégica para la política, una función importante de la red distribuida sería el control de calidad, la evaluación de sus miembros y la vigilancia y mejora de la metodología. Otro desafío a afrontar por la red distribuida es la implicación del sector privado en la generación de información estratégica para la política, algo que es de aplicación especialmente en el caso de la previsión tecnológica. Una red distribuida estimularía el progreso científico y metodológico en esta área, pero además conduciría a un perfil más nítido y riguroso de la información estratégica para la política.

Conceptos nuevos, como es el de la información estratégica, requieren de aprendizaje por parte de sus usuarios. Se necesita una directriz clara, combinada con cierto grado de independencia respecto de los agentes sociales in-

dividuales, para conseguir que funcione. Los resultados de la información estratégica para la política no se han de tomar como predicciones, debiendo estar prevenidos los usuarios para no crear profecías autocomplacientes. La información estratégica para la política necesita por tanto embutirse dentro de un proceso de toma de decisiones y construcción de escenarios más amplio. No se puede evaluar por el grado en que sus resultados sean verdaderos o no, sino por su contribución a un legítimo debate político, informado y cualificado.

En conclusión, la información estratégica para la política es un instrumento que ayuda a afrontar los desafíos que se presentan en la toma de decisiones en el contexto de una economía basada en el conocimiento. Puede suministrar apoyo especial a la política, pero sólo con el prerrequisito de un grado adecuado de vigilancia y alerta políticas. Actualmente, la Unión Europea afronta una serie de desafíos como la integración de los nuevos Estados Miembro, la implementación del Área de Investigación Europea, la búsqueda de nuevas formas de gobierno y el mejor aprovechamiento del impacto económico de la ciencia y la tecnología. En este artículo se arguyó que, en su estado actual de desarrollo, el concepto de información estratégica ofrece no sólo fuerza metodológica para abordar esas cuestiones, sino también un grado de flexibilidad suficiente para enlazar con otras formas de interacción, para adaptarse a nuevos modelos de gobierno mientras queda abierta a cambios tecnológicos y desarrollos sociales rápidos y posiblemente imprevistos.

DESCRIPCIÓN DE CASOS

I. El proyecto STRING

En la parte sur-occidental del mar Báltico, un grupo de autoridades regionales diversas han concluido un proceso estratégico de dos años y medio sobre cómo crear conjuntamente una base sostenible de crecimiento y desarrollo en un mundo crecientemente globalizado. El proyecto STRING – siglas del Inglés “*South-western Baltic Sea Trans Regional Area Inventing New Geography*”, que en español se titularía como “Inventando una nueva geografía en el área trans-regional del Báltico sur-occidental” – incorporó muchos elementos del proceso de información estratégica para la política.

Las autoridades regionales involucradas en el proyecto STRING son las siguientes: El Comité Öresund, un comité de cooperación trans-fronterizo con autoridades locales y regionales de Dinamarca y Suecia; los condados daneses de Zealand del Oeste y de Storstroem; la ciudad de Hamburgo; y el estado alemán de Schleswig-Holstein. El objetivo principal del proyecto ha sido desarrollar una plataforma estratégica común y abordar conjuntamente condiciones, opciones y desafíos comunes. El trabajo en red entre especialistas, planificadores y ejecutivos ha sido otro objetivo explícito del proyecto. Implícitamente se

pretendía influir en la agenda política de un posible enlace futuro a través del Belt de Fermer entre Dinamarca y Alemania.

El proyecto tuvo una duración de 30 meses (enero 1999 – julio 2001). El horizonte temporal del ejercicio fue de diez años, hasta 2010. Una característica importante del proceso de creación de la estrategia de STRING fue la construcción cautelosa de legitimidad democrática. Los representantes políticos participaron activamente y se involucraron en la formulación e implementación de la estrategia y plan de acción. El público en conjunto fue informado a través de resoluciones políticas, junto con boletines de noticias, informes y la página web del proyecto (www.balticstring.net). El proceso fue gestionado en su conjunto por un grupo directivo consistente en líderes administrativos regionales y una pequeña secretaría de proyecto cuyos funcionarios fueron seleccionados por cada socio de STRING de su propia plantilla. Se reunían regularmente comunicándose por correo electrónico entre reuniones.

La formulación de los intereses y acciones conjuntas se realizó en un proceso abierto que involucró a más de cien expertos de universidades, centros de investigación, cámaras de comercio, autoridades locales y regionales, asociaciones y organizaciones (STRING, 2000). Los expertos se juntaron en grupos de trabajo temáticos, cada presidente fue seleccionado en base a sus méritos personales, y no, como suele ser el caso, en función de la organización que representaban. Esto significó que se crearon redes nuevas y se dio un significado nuevo a algunas de las antiguas.

Dentro de los grupos de trabajo temáticos – con un horizonte a diez años – los expertos identificaron los factores determinantes del desarrollo futuro de los negocios y de la industria (orientación espacial local frente a global; capacidades de aprendizaje orientadas hacia la tradición; historia y estabilidad frente a cambio rápido e innovación) y después elaboraron cuatro escenarios igualmente admisibles (la “elipse de los cambios”; la “provincia global”; la “fiebre del oro local”; y “hogar dulce hogar”).

Los socios de STRING alcanzaron un compromiso para implementar el plan de acción estratégico, tanto durante todo el proceso como en la conferencia de clausura en junio de 2001. El plan de acción estratégico abarcaba siete áreas de prioridades estratégicas en las acciones futuras:

1. Desarrollo de los negocios – basado en la innovación y creatividad.
2. Sociedad del aprendizaje – capital social como prerrequisito de la innovación tecnológica.
3. Intercambio del conocimiento – para propiciar sinergias potenciales entre corporaciones privadas, organismos públicos de investigación y universidades, así como entre las diferentes disciplinas académicas.

4. Movilidad de personas – con el significado tanto de movilidad física como profesional, educativa, mental y cultural.

5. Infraestructuras y transporte – con el objeto de mejorar los servicios técnicos.

6. Medio ambiente, naturaleza y paisaje – como desafío general para el desarrollo regional.

7. Cultura – como resultado del transvase de valores nacionales tradicionales a favor de valores “*glocales*” (es decir globales y locales simultáneamente).

El resultado del proceso estratégico ha sido el desarrollo de una perspectiva y de un plan de acción estratégico comunes, abarcando cierto número de campos de acción estratégica, tales como desarrollo de los negocios, educación, infraestructuras y cultura. Además, se planificó un cierto número de proyectos concretos – los denominados “proyectos faro” – alguno de los cuales se ha implementado resultando útiles como comprobación e ilustración de las ambiciones del proyecto. Así, los socios de STRING continúan cooperando y construyendo en la estructura y proceso establecidos para llevar a cabo proyectos clave dentro del plan de acción estratégico. Como el proyecto se consolidó sobre colaboraciones y redes ya existentes, éstas han adquirido un significado nuevo. Involucrando un amplio rango de expertos en todo el proceso, se han establecido nuevas redes, creándose nuevas oportunidades.

Reflexionando sobre el proceso, se concluye que la estructura de gestión necesita ser reducida, transparente y eficaz, consistiendo en la vigilancia de las actividades, con un nivel ejecutivo para asegurar la coherencia continua entre objetivos y actividades, así como un secretariado de proyecto virtual constituido por funcionarios de los socios de STRING.

Fuente: Compilado a partir de Gavigan y Scapolo (eds): “A Practical Guide to Regional Prospectiva”, IPTS Technical Report Series EUR-20128-EN, Institute for Prospective Technological Studies, Sevilla, 2001, <http://www.fore.jrc.es>, pp.98-103

II. Prospectiva tecnológica orientada a la industria en España - OPTI

Motivación y necesidades

La Fundación “Observatorio de Prospectiva Tecnológica Industrial” (OPTI) se creó en diciembre de 1997 por el entonces Ministerio de Industria (hoy de Ciencia y Tecnología) para realizar estudios de prospectiva, vigilancia tecnológica y análisis de tendencias tecnológicas en relación con la industria española. En 2000, el OPTI se consolidó como una fundación, presidida por el secretario de estado de política científica y tecnológica.

Protagonistas

La OPTI está organizada a través de una pequeña oficina central como una red de prospectiva constituida por centros de CyT orientados industrialmente, financiada por el Ministerio. Seis de las organizaciones-miembros son centros pri-

vados sectoriales, otra una universidad privada y otra un instituto de investigación público. Todos son miembros del consejo de la fundación OPTI y son responsables de los estudios temáticos de prospectiva en su sector de actividad.

Procesos y métodos

Cada centro tiene la capacidad tecnológica que le es propia, así como relaciones directas con la industria. El OPTI llevó a cabo un programa de prospectiva de tres años (1998-2001) abarcando 26 estudios tendentes a obtener una perspectiva de los aspectos tecnológicos más relevantes del desarrollo industrial futuro. Los estudios alcanzaban un horizonte temporal de quince años empleando una mezcla de diferentes tecnologías: paneles de expertos, método de Delphi y construcción de escenarios.

Los sectores industriales cubiertos fueron agro-alimentario, energía, medio ambiente, químico, tecnologías de la información y las comunicaciones, transporte, manufacturas básicas y de transformación e industrias tradicionales (calzado, textil, juguete, madera y mueble, cerámica y vidrio y joyería). Se seleccionaron en base a su contribución al PNB, el número de empleados, su dinámica dentro de la economía española, etc. Los centros fueron seleccionados por su excelencia tecnológica, sus relaciones con la industria y su conocimiento de las necesidades y oportunidades de las empresas.

Cada centro tecnológico se responsabilizó de la ejecución de los estudios en su sector de acuerdo con una metodología definida conjuntamente. Todos los centros celebraron reuniones mensuales con la oficina central de la OPTI. Se recibieron *inputs* de 2000 expertos seleccionados por cooptación a partir de los miembros de los paneles de expertos.

Los 26 estudios que constituyen el programa de prospectiva se realizaron en tres rondas. Esta estructura basada en el análisis múltiple permitió llegar a un conocimiento más profundo y detallado de cada sector. Además, generó información sobre las tendencias tecnológicas muy relevante para la toma de decisiones tanto públicas como en el sector privado.

Tipo y diseminación de los resultados

Los resultados de los estudios Delphi son técnicos, pero enmarcados en un contexto socio-económico (posición de España, limitaciones principales, medidas principales recomendadas, impacto sobre el desarrollo industrial, o en la calidad de vida y el medio ambiente, etc). Con ellos, los paneles de expertos gestionados por cada centro tecnológico construyeron escenarios de futuro e identificaron tecnologías clave, dependiendo del tipo de estudio y del sector.

Se hizo un énfasis importante en la diseminación de los resultados, principalmente a la industria. La OPTI publica un boletín de noticias trimestral para difundir las no-

ticias sobre sus actividades y sobre los estudios de prospectiva. Se han publicado tres informes de prospectiva basados en los estudios Delphi y se han organizado varias conferencias y diversos eventos.

Implementación y relaciones con la política

Equipos mixtos con funcionarios del ministerio y analistas de las organizaciones técnicas han estudiado el resultado del Programa Español de Prospectiva. El objetivo de esta revisión fue analizar los resultados e identificar megatendencias, con objeto de auxiliar en el diseño de prioridades en los programas de I+D nacionales e internacionales.

Fuente: adaptado de Jordi Molas-Gallart, Rémi Barré, Mario Zapacosta y James Gavigan, A Trans-national Analysis of the Results and Implications of Industrially-oriented Technology Prospectiva Studies (France, Spain, Italy & Portugal) IPTS Technical Report Series, EUR 20138 EN (2001) (informe ESTO/JRC-IPTS) Contribución de: Cécile Seelinger y Mildred Lacomme (CMI, Francia), Claudio Roveda (Fondazione Rosselli, Italia), Luís Valadares Tavares (OPET, Portugal) y Ana Morato (OPTI, España).

Para más detalles y contribuciones recientes, consultar <http://www.opti.org>

REFERENCIAS

1. Basado en *Strategic Policy Intelligence: Current Trends, the State of Play and Perspectives* IPTS Technical Report Series, EUR 20137 EN Editores: Alexander Tübke, Ken Ducatel, James P. Gavigan y Pietro Moncada-Paternò-Castello (JRC-IPTS); ver también los documentos producidos por la red ESTO en: <http://www.jrc.es/pages/projects/stratpolint.htm>. ESTO: "European Science and Technology Observatory" del JRC-IPTS, grupo de centros de investigación nacionales y organizaciones de C y T en Europa (consultar <http://esto.jrc.es/>).
2. Como se deduce de Rouach (1996), p. 7 y *Commissariat Général du Plan* (1994)
4. Respecto a las actividades de la UE en ciencia y gobierno consultar: <http://www.jrc.es/sci-gov>
5. A través de la combinación de paneles de expertos con del análisis de los estudios nacionales de prospectiva, el proyecto IPTS Futures examinó los efectos individuales y combinados de los elementos que darán forma a la Europa del 2010 (ver: <http://futures.jrc.es/>).

Notas de los autores

The difficulty with the translation comes from the difficult distinction in Spanish between 'policy' and 'politics'. My instinct would be to take the "para la política" option, but I do not have the same instincts as a native speaker and I leave the final word to you. I just add that I would try to avoid giving the impression to the less informed readers that SPI is a tool of 'politics' rather than of 'public policy'.

El artículo de base sobre previsión tecnológica (Technology Forecasting) se debe a Dirk Holtmannspötter y Axel Zwick (VDI-TZ), el artículo sobre evaluación tecnológica (Technology Assessment) se debe a Michael Rader (ITAS) siendo Rémi Barré (Futuribles) el autor del artículo sobre prospectiva tecnológica (Technology Foresight).

En el Centenario de las Reales Sociedades de Física y de Química

AUTOR: ANTONIO MORENO
Facultad de Ciencias de la Educación
Universidad Complutense

El 23 de enero de 1903 tuvo lugar, en el decanato de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central, el viejo caserón de la calle Ancha de San Bernardo de Madrid, la reunión fundacional de la Sociedad Española de Física y Química (SEFQ) y allí tuvo su primera sede hasta el traslado, después de la guerra del 36, a la Ciudad Universitaria. En el acta de constitución, rubricada por José Echegaray, se dice: "...el Sr. Carracido expuso el objeto de la reunión que no era sino ponerse de acuerdo para constituir la Sociedad Española de Física y Química destinada a fomentar el estudio de estas ciencias y publicar los trabajos a ellas referentes por los que se adhirieran a la idea". El propio Carracido en 1909 recordaba en la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales: "En el año 1903 se funda la SEFQ y poco después se reanuda la publicación de la Revista de nuestra Academia. En la vida de una y otra está interesado el honor de España". Palabras que muestran el entusiasmo con que fue ideada la Sociedad y del que da testimonio también Rodríguez Mourelo, en la nota necrológica (1931) de González Martí, que recuerda cómo aquel día se abrazaron ambos en el Decanato con un efusivo "ya ha nacido, ahora a trabajar por ella". Y en términos similares puede decirse de cuantos apostaron por aquella empresa cuya primera Junta Directiva estaba formada por:

Presidente:

José Echegaray, Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Vicepresidentes:

Francisco de Paula Rojas, Catedrático (Ciencias)
 Gabriel de la Puerta, Catedrático (Farmacia)

Tesorero: Juan Fages Virgili, Catedrático (Ciencias)

Vocales: José Rodríguez Carracido, Catedrático (Farmacia)

Eugenio Piñerúa, Catedrático (Ciencias)

Federico de la Fuente, Catedrático

(Escuela de Artes e Industrias)

Eduardo Mier Miura, Ingeniero Geógrafo

Secretarios: José Rodríguez Mourelo, Catedrático

(Esc. de Artes e Industrias)

Ignacio González Martí, Catedrático (Ciencias)

Nómina compuesta por gentes de la generación del 68, de avanzada edad, y del 98 que inmediatamente fueron mayoría en la Sociedad. Todos ellos eran, o llegaron a ser, miembros de la Academia de Ciencias de Madrid, menos de la Fuente y Piñerúa que lo fue de Medicina. Todos ejercían su profesión, docente en su mayor parte, en Madrid. Criterio que se mantuvo hasta que en 1923 acuerdan la incorporación de vocales no residentes en la capital.

En 1928 el rey Alfonso XIII otorgó el título de Real a la Sociedad, que lo fue de Física y Química hasta 1980 en que se hace efectiva la decisión de escindirse en dos, según venía planteándose desde 1965. Aquel reconocimiento supuso el espaldarazo definitivo a la Sociedad, que sobreponiéndose a los momentos críticos que atravesó en varias ocasiones ha sido capaz de llegar a centenaria gracias, sin duda, al esfuerzo de quienes han creído en ella como una manera de contribuir a consolidar el ambiente científico necesario en cualquier país próspero. Veamos, siquiera sea someramente, cómo fue posible llegar hasta hoy desde los comienzos en 1903 con un capital social de 3520 pesetas y 263 socios.

El siglo XIX acabó para España con el síndrome de la pérdida de las colonias ultramarinas, que si bien no fue un hecho diferencial – como gusta decir ahora – respecto a otros países europeos, sí originó cierta desazón nacional que etiquetada como "desastre del 98" ha llegado a nuestros días como muestra de la desorientación política finisecular, consecuencia, según algunos intelectuales, profesores y políticos de entonces, del secular atraso en que estaba sumido el sistema educativo, especialmente en lo tocante a la formación científica. José Rodríguez Carracido, uno de los fundadores de la Sociedad, químico y farmacéutico sobresaliente, destacado paladín de la causa científica desde los múltiples ámbitos donde tuvo influencia (catedrático, decano de Farmacia, Rector de la Universidad Central, Senador, ateneísta...), achacaba la pérdida de Cuba, Filipinas y Puerto Rico a ser "los Estados Unidos el pueblo de la Física y la Química" en tanto que nosotros lo éramos "de la Retórica y la Poética". Quizá sea exagerado el juicio de Carracido, porque hay otras causas a tener en cuenta en el concierto internacional, como por ejemplo el despertar de los nacionalismos y el pulso entre los imperialismos existentes. No obstante, tuviera o no que ver con las pérdidas coloniales, España era un país muy atrasado en cuanto a pro-

Acta de la sesión de constitución, celebrada el 23 de Enero de 1903, en el Decanato de la Facultad de Ciencias de la Universidad Central.

Reunidas las personas que respondieron á las invitaciones que se habian repartido, firmadas por los Sres D. Francisco de Paula Rojas, D. José Rodríguez Carracido y D. Ignacio González Martí, el Sr. Carracido expuso el objeto de la reunion que no era sino ponerse de acuerdo para constituir la Sociedad Española de Física y Química destinada á fomentar el estudio de estas ciencias y publicar los trabajos á ellas referentes efectuados por los que se adhiriesen á la idea.

Conformes todos los presentes, se acordó declarar constituida la Sociedad y á continuación el Sr. González Martí leyó un proyecto de Reglamento, el cual fue aprobado despues de admitirse dos enmiendas de los Sres. D. Baldomero Bonet y D. Antonio Vela.

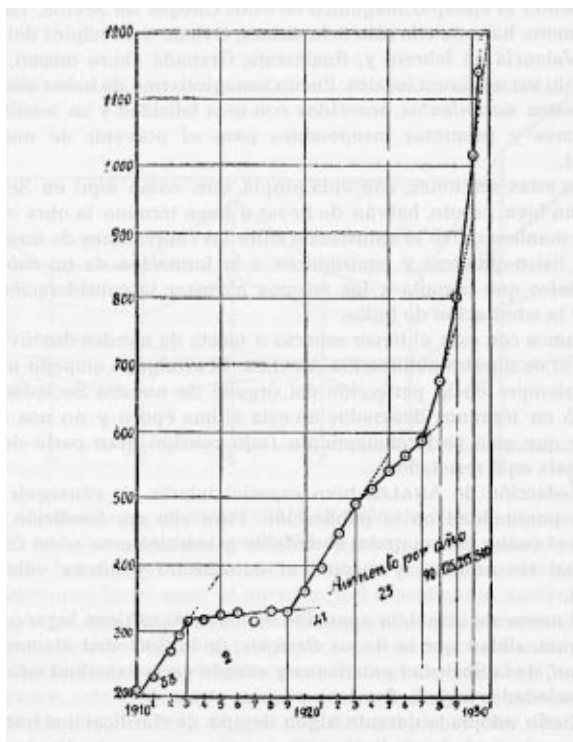
Nombrada una comision, compuesta de los Sres. D. José María Madariaga, D. Rafael Luna, D. Baldomero Bonet y D. Blas Cabrera, para que designasen las personas que habian de constituir la Junta Directiva, y puestos de acuerdo los Sres que la formaban, formularon la siguiente propuesta que fué aceptada por unanimidad.

Presidente - Excmo Sr. D. José Echegaray, Vice-presidentes: Excmos Sres. D. Gabriel de la Puerta y D. Francisco de Paula Rojas, Tesorero: Sr. D. Eduardo Lozano - Vocales: - Sres. D. José Rodríguez Carracido, D. Eugenio Piñerna, D. Eduardo Mier y D. Federico de la Fuente. Secretarios: Sres. D. Ignacio González Martí y D. José Rodríguez Mourel.

Se acordó encargar á la Junta Directiva de lo referente á trabajos de propaganda y de preparacion para la primera sesion científica y se levantó la sesion.

José Echegaray





Crecimiento numérico de la Real Sociedad según una tabla de la época.

ducción científica; también lo era en el ámbito docente, donde las enseñanzas se mantenían en la mayoría de las escuelas en la añeja lectura del catecismo y la práctica de las cuatro reglas (sumar, restar, multiplicar y dividir).

Para combatir aquellas deficiencias hubo propuestas regeneracionistas de diversa índole, entre las que cabe destacar la famosa "escuela y despensa" de Joaquín Costa, las nuevas formas de organización escolar y orientaciones metodológicas propuestas desde la Institución Libre de Enseñanza y la convicción en que la creación de nuevas sociedades científicas podría contribuir a la mejora del panorama científico. En ésta última ha de encuadrarse la creación de la Sociedad de Física y Química. Desde la creación, en Madrid, de la Real Academia de Ciencias Exactas, Física y Naturales en 1847 fueron estableciéndose otras como: Real Sociedad Española de Historia Natural, 1871; Real Sociedad Geográfica, 1876; Escuela de Estudios Superiores del Ateneo de Madrid, 1896, que si bien no era una sociedad se convirtió en un foro de discusión clave para la actualización científica. Promotor de esta última fue Segismundo Mo-

ret, ministro de varias carteras, presidente del Congreso y del Consejo de ministros en sucesivos momentos, y presidente del Ateneo cuando se fundó la citada Escuela. Moret es un político de la generación del 98 que, desde la perspectiva del panorama científico español, merece especial atención. Su discurso de 1884 con motivo de la inauguración de las cátedras del Ateneo es una buena muestra de la valoración que hacía de la ciencia como motor del progreso y de su conocimiento de la ciencia internacional. En él comenta aportaciones científicas de William Thomson (lord Kelvin), Maxwell, Herbert Spencer, Huxley, Tait, Balfour Stewart y otros poco frecuentes o ignorados en los textos españoles. En la lección inaugural de la Escuela expone así los fines de su creación:

"donde se expongan constantemente los adelantos y progresos que tanto en el terreno experimental como en el teórico, va logrando el progreso intelectual humano; donde exista cátedra dignificada, permanente, en la cual puedan los cultivadores de la Ciencia dedicarse a exponer los resultados de sus investigaciones y a dar a conocer los productos de la cultura nacional, y desde la cual puedan suplirse las inevitables deficiencias de la enseñanza oficial".

Deficiencias que él mismo lamentaba en su discurso: "La Química fue para nosotros tan solo una serie de combinaciones fundada sobre la naturaleza irreductible de 61(2) cuerpos simples y limitada a estudiar los fenómenos del contacto y la composición".

En el sistema educativo a finales del XIX la presencia de las ciencias experimentales en la primera enseñanza era nula, no así en el bachillerato donde se implantaron obligatoriamente textos de física y química escritos por profesores de Universidades e Institutos

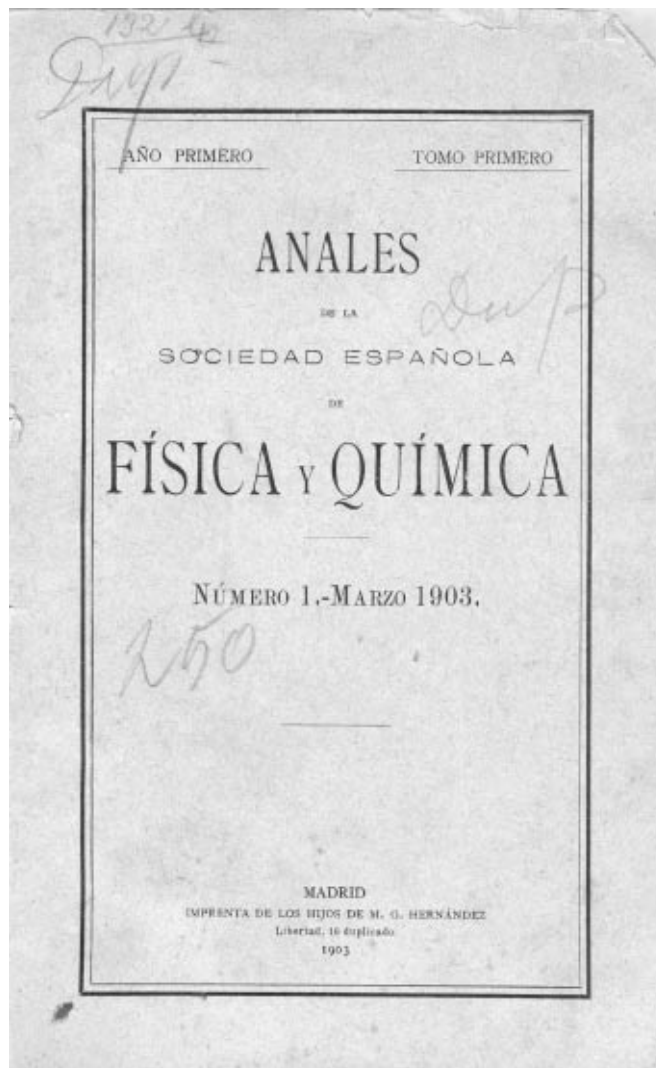


Primer edificio ocupado por el Ministerio de Instrucción Pública y Bellas Artes creado en 1900.

españoles siguiendo las pautas de los libros franceses. Las quejas estaban dirigidas sobre todo a la ausencia de actividades experimentales incluso en las facultades de Ciencias, a la precariedad presupuestaria para reponer o reparar el material científico y al abandono en que solían estar los laboratorios. Respecto al material científico fue produciéndose un decaimiento a lo largo del siglo que justifica los lamentos del profesorado, pues a mediados del XIX cuando se crearon los Institutos de Segunda Enseñanza y las facultades de Ciencias se hizo con una generosa dotación de material e instalaciones que fue yendo a menos. En cualquier caso, con material suficiente o no, el problema se iba acrecentando en la metodología practicada por gran parte del profesorado: aprendizaje en los libros de texto, preguntas y respuestas literales, y exámenes. De este proceso llamado, a veces peyorativamente, *tradicional*, basado en la capacidad memorística del estudiante considero que pueden destacarse: el hábito de trabajo y la disciplina para el aprendizaje, rayana muchas veces en la tozudez. Con el tiempo y en la medida que la sociedad va demandando respuestas ciudadanas diferentes fueron haciéndose necesarios otros métodos que al día de hoy siguen siendo motivo de debate.

En cuanto a la investigación científica el panorama finisecular era más desolador. El profesorado universitario se centró más en la docencia que en la investigación, hubo distinguidos profesores concedores de los adelantos de las ciencias, lectores de las revistas internacionales prestigiosas, incluso hubo buenos experimentadores que contagiaron a los más jóvenes, pero carecieron de estímulos para publicar. Los programas de doctorado, las tesis doctorales, solían ser “socorrida fórmula para salir del paso”, como se dice en el preámbulo al proyecto de reforma de las facultades de Ciencias elaborado en 1917. En la elaboración del proyecto intervinieron entre otros los socios fundadores de la Sociedad, Cabrera y del Campo, todos ellos agrupados bajo una aspiración fundamental: “convencidos de la necesidad nacional en que nos encontramos de elevar el nivel científico y el valor, hasta hoy discutible, de los Doctores españoles”.

La mejora de las enseñanzas científicas, tanto en los niveles medios como en los universitarios, chocaba con obstáculos difíciles de remover, que dirían los ilustrados dieciochescos, de quienes intelectuales y políticos de finales del XIX y comienzos del XX se sentían herederos. Dificultades centradas, además del ya expuesto deficiente nivel de los doctorados, en la incorporación a las aulas de una “organización pedagógica a la moderna” y en la creación de secciones técnicas en las facultades de Ciencias para propiciar “su contacto con la industria y la realidad”. Quienes defendían este paso adelante



Portada del primer número de *Anales*.

achacaban el atraso a las desatenciones gubernamentales, al estado de permisividad que habían llevado a las universidades a “ser invadidas por las malas hierbas...que permiten desarrollarse entre nosotros esa terrible calamidad que conocemos con el nombre de *espíritu de cuerpo*”, dice Ángel del Campo en su discurso *El momento actual de la enseñanza de la Química en España*, inaugural del congreso celebrado en Salamanca (1923) por la Asociación Española para el Progreso de las Ciencias. Denuncia “endogámica” que también airearon, con desigual éxito, Cajal, Carracido y otros científicos y profesores de la época.

Desde la Sociedad, constituida en la mayoría de sus socios por profesores universitarios y de enseñanza media, trataron de contribuir a la erradicación de algunos males y a la incorporación de ciertas mejoras docentes e investigadoras desde su órgano de difusión más poderoso: *Anales de la Sociedad Española de Física y Química*. Los fines perseguidos con la revista reiteradamente expuestos en las Memorias anuales eran: difundir entre especialistas los trabajos de científicos españoles y en la

medida que fuera posible los extranjeros, y divulgar cuanta información científica estuviera al alcance de la Sociedad para llegar a quienes no estando dedicados a la investigación se interesaran por la actualidad científica; en definitiva, contribuir al fomento de la ciencia básica, dar a conocer sus aplicaciones y crear un ambiente favorable para que la cultura científica arraigara entre la ciudadanía. No obstante aquellas declaraciones de principios, lo que pretendían era crear una revista especializada que pudiera competir con las extranjeras más prestigiosas, en las que ni la enseñanza ni la divulgación científica eran objetivos prioritarios. La dificultad a superar aquí era la falta de tradición investigadora, y en consecuencia la carencia de contribuciones científicas competitivas que dieran contenido y crédito a la publicación.

Para superar esta notable deficiencia se emprendió una campaña desde la Sociedad, a través de *Anales*, animando a publicar trabajos sin grandes pretensiones para aumentar la nómina de los pocos que se decidían a hacerlo:

“Es de lamentar que las firmas no sean más variadas, pero este hecho debe atribuirse a la modestia de los in-

vestigadores españoles, los cuales no creen digno de la publicidad el resultado de sus trabajos, efecto, tal vez, de la falta de comunicación que entre nosotros existe. A vencer esta aparente inercia debe dirigir sus esfuerzos la sociedad, excitando a todos los que de tales asuntos se ocupan y recordándoles que el edificio de la Ciencia no se compone de grandes sillares, sino también de pequeños ladrillos y aun de modestos granos de arena que sirven de enlace y aumentan la trabazón y resistencia del conjunto: si en España no se dispone de los grandes medios de investigación que admiramos en otras naciones, tenemos dos factores con los que se puede conseguir mucho, la voluntad y la inteligencia, y, merced a ellos, lograremos que el nombre de nuestra Patria figure en el lugar que merece, siempre que sus frutos sean conocidos donde se rinde verdadero culto a la verdad científica” (Memoria de 1904).

El problema era realmente que había pocas novedades por dar a conocer y las que había procedían de los mismos, salvo alguna tesis doctoral, pocas, a tenor de lo antedicho respecto al estado de los doctorados. La investigación científica empieza a normalizarse en España de manera regular y con aportaciones valora- bles, sobresalientes a veces, a partir de la creación de la Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas en 1907, lo que a su vez supuso un re- vulsivo para la investigación en las universidades, su- midas durante tantos años en su “secular letargo” que decía Cajal.

Para dar vida a la revista y proyección a la Sociedad a través de ella, incorporan sucesivamente secciones con desigual resultado. Secciones que gozaron de muy buena acogida mientras se mantuvieron, entre 1905 y 1912, fueron “Notas Alemanas de Física” y “Notas Alemanas de Química”. Se encargaba de enviarlas desde Alemania el químico Werner Mecklenburg que sabía español y además traducía artículos de algunos miembros de la Sociedad para publicarlos en revistas alemanas. A través de aquellas notas llegaron primicias científicas como la relatividad de Einstein y la teoría cuántica de Planck. Cuando Mecklenburg dejó de enviar las notas, la Junta Directiva acordó, en un gesto quijotesco o porque no tenían otra alternativa que “como testimonio de consideración al Sr. Mecklenburg a nadie será confiada esa sección”. Gracias a colaboraciones como ésta y al conocimiento de científicos internacionales durante las estancias de los nuestros en otros países, *Anales* pronto fue intercambiado con las revistas más acreditadas de aquel tiempo.

Con el propósito de informar a los socios, en especial a los de provincias, de los fondos bibliográficos que iba adquiriendo la Sociedad se incluyeron en *Anales* las secciones: “Revistas recibidas”, “Revista de re-

INDICE GENERAL			
de las Notas alemanas de Química publicadas en estos Anales por Werner Mecklenburg.			
Núm.	TITULO	ANALISIS	
		Tomo.	Páginas
1	Un método de dosificación gravimétrica del ácido nítrico.....	III	88-91
2	El color violeta del vidrio, provocado por los rayos ultravioleta de la luz.....	III	91
3	La descomposición supuesta del torio.....	III	91-93
4	Algunas observaciones acerca de la preparación de los sulfuros de bario y de estroncio fosforescentes.....	III	93-94
5	El ácido platínico hexaoxhidrónico. <i>Pr</i> (OH) ₆ H ₂	III	94-96
6	La determinación cuantitativa de las pentosanas en presencia de las metilo-pentosanas.....	III	143
7	La determinación cuantitativa del plomo en presencia de la plata.....	III	144
8	La dosificación volumétrica del $Vd_2 O_5$ y del $Mo O_3$	III	144-145
9	Sobre las propiedades de los cuerpos bajo presión mínima.....	III	145-148
11	Estudios sobre el paladio coloidal.....	III	148-150
11	Las valencias principales y suplementarias y la estructura estereoquímica de algunos compuestos del cobalto, del platino y del cromo.....	III	191-199
15	III	283-288
14	Observaciones acerca de la fosforescencia de los sulfuros alcalino-térreos.....	III	221-225
13	La segregación electrolítica del radio.....	III	225-227
14	El «radiotelurio» de Markwald.....	III	227-229
16	Sobre la «Hemas».....	III	289-293
17	La oxidación del caucho de Para por medio del ozono.....	III	293-295
16	Observaciones acerca de la naturaleza de los coloides irreversibles.....	III	327-333
11	El «radiotorio» de O. Hahn.....	III	398-400
20	Sobre la síntesis de albuminoides, partiendo de las peptonas.....	III	401-403

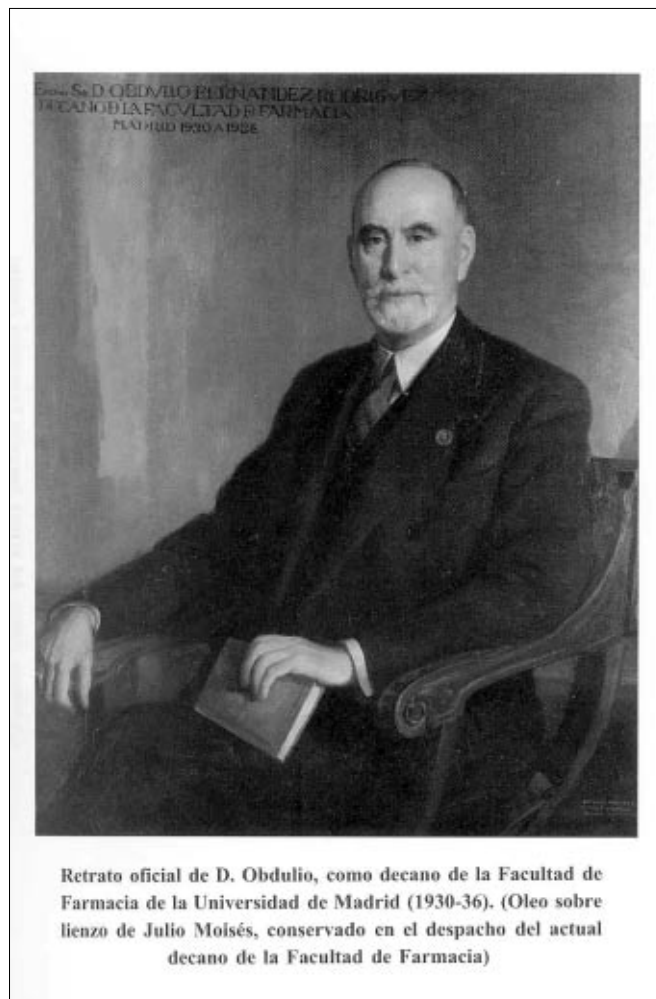
Detalle de “Notas alemanas de química”.

vistas”, “Sumarios y Extractos de revistas”, “Resúmenes de trabajos de física y química” “Libros y folletos recibidos” y “Notas Bibliográficas”. Fueron secciones muy cuidadas, actuales y documentadas, al frente de las cuales estuvieron los más prestigiosos científicos españoles del momento. A juzgar por la cantidad de revistas y libros reseñados, las actuales Reales Sociedades deberían contar con una rica biblioteca; lamentablemente no es así, por los traslados y por la falta de la debida atención oficial hacia estas instituciones, y también por cierta desidia en que cayó la Real Sociedad después de la guerra.

Los comentarios sobre libros tenían una finalidad preferentemente didáctica, muchos de los libros reseñados son de texto o complementarios que podían ser útiles para las enseñanzas de la física y de la química en los niveles secundario y universitario. Entre otras iniciativas encaminadas a contribuir a la mejora de las enseñanzas científicas, se mantuvo entre 1924 y 1930, la sección “Notas de Enseñanza” abierta a cuantos desearan enviar experiencias o sugerencias didácticas. El encargado de la sección fue el catedrático de Física y Química del Instituto de Tarragona, José Estalella, director del Instituto-Escuela de Madrid (1918-1921) y posteriormente (1932) del de Barcelona. En la nota introductoria a la sección, que expresamente le encargó la Sociedad, Estalella expone sus propósitos animando a los profesores de física y Química de bachillerato:

“Creo dar un buen consejo a los Profesores de provincias que deseen colaborar en esta sección, recomendándoles que no se preocupen demasiado por el temor de que sus comunicaciones no sean estrictamente originales: basta que el asunto haya sido ideado por ellos. Si alguna vez se presenta la cuestión de prioridad, podrá ser sobriamente debatida en estas mismas páginas, sin menoscabo de quien haya procedido con recta intención”.

Anuncia también que en la misma sección irían apareciendo reseñas sobre publicaciones de interés didáctico. De éstas no llegó a publicarse ninguna; “Notas de Enseñanza” se publicaron 20 enviadas por Estalella y sólo una a cargo de otro profesor, Severiano Goig del Instituto de Almería. El resultado, por tanto, no fue lo exitoso que deseaban sus promotores en cuanto a la implicación del profesorado. El mismo destino, cuando no peor, tuvieron secciones análogas: “Experimentos de cátedra”, “Sección de consultas”, “Notas de Laboratorio”, “Aparatos de cátedra y laboratorio”, “Sección técnica”. Las dificultades para embarcar al profesorado en iniciativas de esta naturaleza han sido, y continúan siendo, laboriosas, siempre dependientes del entusiasmo de unos pocos que



Retrato oficial de D. Obdulio, como decano de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Madrid (1930-36). (Oleo sobre lienzo de Julio Moisés, conservado en el despacho del actual decano de la Facultad de Farmacia)

Obdulio Fernández Rodríguez (1883 - 1982).

dejan buena parte de su tiempo y esfuerzo en sacarlas adelante.

Otro asunto que interesó a los socios fue la relación entre ciencia e industria. No hubo secciones específicas al respecto, pero sí abundan los comentarios en las Memorias anuales sobre la conveniencia de fomentar esa vinculación. De la misma manera que consideraron la mejora de la docencia y el fomento de la investigación vías para salir de la inferioridad científica nacional, trataron de impulsar la relación con la industria. El propio Carracido insiste sobre la necesidad de modernizar la industria farmacéutica convencido de que no sólo repercutiría en la producción misma, también en el desarrollo industrial. En términos más generales se manifiesta el ingeniero de minas y socio fundador de la Sociedad, Enrique Hauser, en su recepción en la Academia de Ciencias con un discurso sobre *El saber positivo y el progreso humano* (Madrid, 1910). Hauser aboga por una vinculación más estrecha entre ciencia e industria para beneficio mutuo y mejora del *confort social*, haciéndose eco de la obra de Henri le Chatelier, químico y metalúrgico francés que hizo planteamiento similares para Francia, defensor del taylorismo de las fábricas, y con-

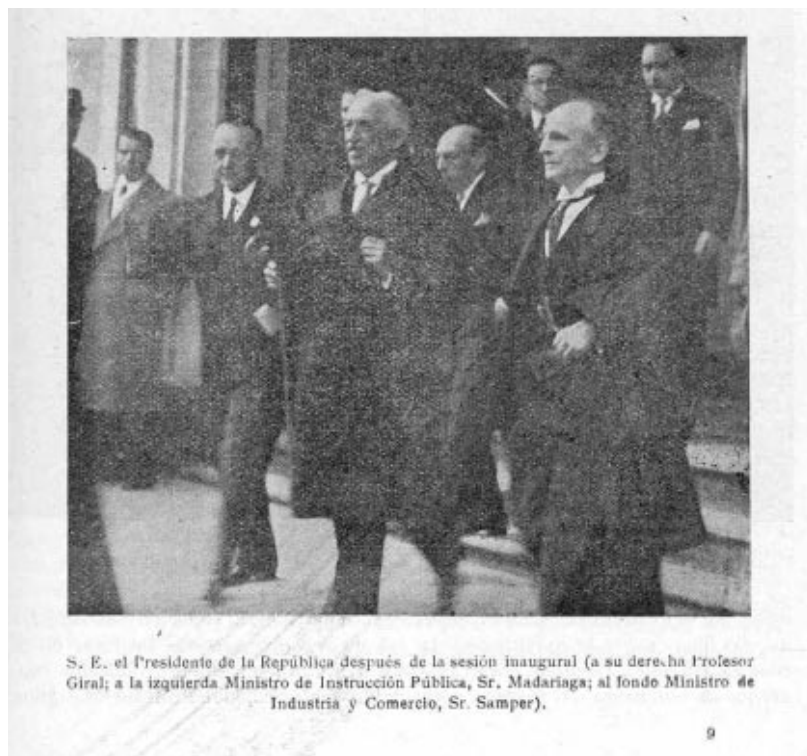


Foto con pie de las autoridades políticas saliendo de la Sesión inaugural del Congreso de 1934.

vencido de que la superioridad manifiesta de Alemania en la primera guerra mundial era debida a un mayor intercambio entre ciencia e industria.

Superando dificultades la Sociedad iba saliendo adelante, fue integrándose en sociedades científicas internacionales (Comité de la Unión Solar, Unión internacional de Química Pura y Aplicada...); invitada a formar parte en congresos y conmemoraciones (Químicos azucareros de Francia, Radiología y Electricidad en Bruselas, Química Aplicada en Washington y Nueva York, Homenaje a Volta en Como, Homenaje a Ramsay en Londres...); desempeñó un importante papel en la Comisión Internacional de Pesos Atómicos gracias a los trabajos realizados por Muñoz del Castillo, del Campo, Mourelo, Cabrera, Moles y Catalán, entre otros; y contó con socios reconocidos por la comunidad internacional.

El momento culminante de la internacionalidad de la Sociedad, tan deseado por sus fundadores, fue la organización del IX Congreso Internacional de Química Pura y Aplicada en Madrid el año 1934. Era el primero de la posguerra (el VIII se celebró en 1912), era por tanto la primera ocasión en que se daban cita vencedores y vencidos. "No era faena sencilla – cuenta Obdulio Fernández, presidente del Congreso – en aquellas fechas, consecutivas a la primera guerra mundial, aunar voluntades para no dejar a un lado países adelantados en la química, particularmente en el terreno de la industria". Don Ob-

dulio, como así se le conocía en sus últimos años (llegó casi a centenario), discípulo de Carracido y presidente de la Sociedad en varias ocasiones, fue otro de los impulsores de la necesaria relación ciencia-industria para el progreso de ambas, como muestra su extenso y documentado discurso de apertura en la Universidad de Madrid (1917-18) – *Relaciones entre la Universidad y la Industria* – donde compara la organización científica e industrial de otros países con la "deca-dente industria española".

El Congreso de 1934, además de las dificultades de índole internacional, tuvo que superar el ambiente prebélico que ya se vivía en España, se celebró en pleno "bienio negro". Pero fue un éxito del que la prensa nacional e internacional habló elogiosamente como una contribución pacifista entre quienes años antes "figuraban en las filas de los países enemigos". Además se hizo coincidir su apertura con la XI Conferencia de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada por lo que se concentraron en Madrid más de

1.500 químicos de 30 países, incluido Japón que no se decidió hasta última hora. Presidió la sesión inaugural en el cine Capitol el presidente de la República, Niceto Alcalá-Zamora, acompañado de los ministros de Instrucción Pública, Salvador de Madariaga, y de Industria y Comercio, señor Samper. El discurso de apertura a cargo de don Obdulio versó sobre "La evolución de la Química desde el VIII Congreso internacional", una sobresaliente contribución a la historia de la ciencia. Las sesiones y conferencias se celebraron en la Residencia de Estudiantes, en la Escuela de Ingenieros Industriales y en el Instituto Nacional de Física y Química. Lástima que éxito tan señalado, en el que España figuró no sólo como anfitriona sino con contribuciones científicas impensables en los comienzos de la Sociedad, se viera pronto trágicamente abortado por la sublevación militar contra la República.

Finalizada la guerra, comenzó el calvario para algunos miembros sobresalientes de la Sociedad que poco a poco fue regenerándose con una orientación diferente a la que tuvo en sus primeros cuarenta años. En 1980 se produce la separación en las Reales Sociedades de Física y de Química y se inician las publicaciones de *Revista Española de Física* y de *Anales de la Real Sociedad Española de Química* que, a la vista de cómo van resultando, justifican fundadas esperanzas en que contribuyan a la difusión de la ciencia en un panorama científico notablemente distinto al que se encontraron los fundadores de la Sociedad en 1903. ■

CENTENARIO DE LAS REALES SOCIEDADES DE FÍSICA Y QUÍMICA

Carta del presidente de la Real Sociedad Española de Física

¡Cien años! Un siglo de trabajo, esfuerzos, dificultades y sueños de toda una comunidad científica. El 23 de enero se celebra el centenario de nuestra Sociedad en el paraninfo de la Universidad Complutense, el mismo lugar y el mismo día en el que unos pocos científicos, en 1903 y liderados por D. José de Echegaray, se ponían de acuerdo para constituir la Sociedad Española de Física y Química, que más tarde sería distinguida en 1928 con el título de Real por El Rey Alfonso XIII. Muchos son los logros que los físicos han conseguido en estos cien años. En este periodo sin duda la Física ha cambiado al Mundo, no en vano se ha llamado el siglo XX el siglo de la Física y se ha elegido en muchos medios de comunicación internacionales como representante del siglo a Albert Einstein.

Los comienzos de la Sociedad Española de Física y Química fueron difíciles ya que sólo habían pasado cinco años después del gran desastre de 1898, que sirvió de revulsivo a tantos hombres y mujeres de bien que se lanzaron a aportar lo mejor de sí mismos para salir de la decadencia o del atraso. Cajal escribió "España es un país atrasado, no decadente". El espíritu Regeneracionista, la herencia de la Institución Libre de Enseñanza y la labor fundamental de la Junta de Ampliación de Estudios hace que pocos años después del nacimiento de nuestra Sociedad, se viva una auténtica edad de plata, no sólo en el campo de las letras sino también en la ciencia. Los grandes cataclismos políticos de España y Europa hacen, sin embargo, que sólo en el último cuarto de siglo, con una democracia consolidada, un nivel económico importante e integrada en la Unión Europea, de nuevo la ciencia hecha en nuestro país haya regresado a un puesto internacional importante. Es también en estos últimos veinticinco años cuando surgen de la sociedad matriz las dos Reales Sociedades Españolas de Física y de Química como un fenómeno natural de crecimiento.

Estamos ante una oportunidad única para mostrar y convencer a nuestra sociedad que la vida que disfrutamos es en gran medida fruto de los descubrimientos en Física y de las tecnologías a las que han dado lugar. Si no queremos ser un país periférico, como era la situación en el inicio de esta Sociedad, hay que apoyar la investigación científica, objetivo prioritario en los padres fundadores de la Sociedad, también la enseñanza de la ciencia a todos los niveles, así como las relaciones entre la Física y la innovación tecnológica. Esta sociedad quiere acoger a todos los que hacen, enseñan o emplean la Física. En la misma línea que sociedades similares de otros países desarrollados, la nues-

tra tiene vocación de servir a la comunidad en general, preocupándose de la educación, del medio ambiente, del desarrollo industrial. Quiere aportar su visión y contribuir con su esfuerzo a la construcción de una sociedad mejor.

La RSEF cuenta hoy con unos de dos mil miembros, lo que la sitúa todavía como una de las sociedades menores de Europa, inferior a la francesa, danesa, italiana y en el orden del 5% de la inglesa o alemana; motivo éste de honda preocupación en la Sociedad por su evidente significado. Sus actividades se extienden al campo de la docencia y la investigación en las que participa a través de diecinueve grupos especializados. Sus socios realizan una parte modesta por su volumen, pero importante por su calidad, de la Física que se hace en Europa.

La RSEF ha participado activamente en la comisión parlamentaria en el Senado para debatir las enseñanzas de las ciencias en educación secundaria. Una actividad reciente de la sociedad es el certamen "Física en Acción" en sus fases nacional y europea. Las Olimpiadas de Física siguen movilizando cada año a miles de estudiantes, que van siendo seleccionados en un proceso que culmina en la participación en las olimpiadas Ibero-Americana e Internacional, cuyos niveles de exigencia fijan un marco utópico pero posible para nuestra enseñanza secundaria.

La labor editorial es muy amplia: con independencia de las publicaciones científicas producto de la investigación de los socios, se participa en el European Physical Journal, donde se integró la revista Anales de Física, cuya publicación en solitario ya no procedía en el contexto global actual; en el Europhysics Letters y el New Journal of Physics. Publica la Revista Española de Física, dedicada a los aspectos académicos, pedagógicos y sociales de la Física, de amplio eco en el mundo de habla hispana, donde juega un papel semejante al de Physics Today de la Sociedad Americana de Física. Está integrada con el resto de las sociedades europeas en la Sociedad Europea de Física y, al tiempo, con la Federación de Sociedades Latinoamericanas de Física. Inicia con su centenario un nuevo siglo, que sin duda, estará lleno de éxitos y en el que quiere contribuir a que las dos Españas –no las de Machado, sino la de este lado y la del otro lado del Atlántico– jueguen un papel no periférico en el Mundo.

Gerardo Delgado Barrio

Presidente de la Real Sociedad Española de Física

CENTENARIO DE LAS REALES SOCIEDADES DE FÍSICA Y QUÍMICA

Carta del presidente de la Real Sociedad Española de Química

La celebración del primer centenario de una sociedad como la Real Sociedad Española de Química es motivo de profunda satisfacción que, afortunadamente, no es debido solamente a la importancia de esta efemérides sino a que –como muchas sociedades de química internacionales nos han manifestado con ocasión de esta celebración– la química española goza, hoy día, de un gran prestigio internacional, como lo demuestran también las bases de datos existentes.

A lo largo de sus últimos años, la Sociedad ha tratado de adecuarse a los retos futuros, modificando sus estatutos, simplificando los tipos de socios, fomentando la creación de nuevos grupos especializados de carácter interdisciplinar y nuevas secciones territoriales. Se ha incrementado la presencia tanto en los foros nacionales como en los internacionales. Con motivo de su centenario, la RSEQ quiere transmitir un mensaje sencillo: que la química es una ciencia que merece el apoyo de la sociedad por su capacidad permanente de responder a sus expectativas.

Nuestro nacimiento fue como Sociedad Española de Física y Química, y surge dentro del denominado regeneracionismo español, movimiento ideológico que, principalmente como consecuencia del desastre de 1898, proponía una serie de reformas políticas, económicas y sociales para la regeneración del país. En esos momentos, se mira a la ciencia como solución y es así como surge esta sociedad científica, como una de las instituciones más destacables de ese periodo.

Dos celebraciones que suponen un cambio en la Sociedad son la celebración de las bodas de plata, en 1928, año en que la Sociedad fue distinguida con el título de Real por el rey Alfonso XIII, y en 1978, que con ocasión del 75 aniversario, siendo Presidente un ilustre químico, José Miguel Gamboa, se estimó conveniente la separación en las Reales Sociedades Españolas de Química y de Física, que se produce en el año 1980.

Conviene recordar que desde la fundación de la Sociedad, se depositaron en los *Anales de Física y Química* grandes esperanzas, confiando que por la vía del intercambio con otras publicaciones extranjeras y nacionales, se daría a conocer la ciencia española. En 1974 se transforma en *Ana-*

les de Química, que desde 1994 aparece en inglés, como *Anales de Química, Internacional Edition*, y sobre esa base se procedió en 1998 a la fusión de las revistas científicas de las Sociedades Químicas del continente europeo para dar lugar a revistas europeas de gran prestigio en las que nuestros químicos representan alrededor del 10% de las publicaciones. Estas revistas, *Chemistry European Journal*, o los *European Journals of Inorganic and Organic Chemistry*, publicadas por el consorcio de sociedades europeas, que actualmente me honro en presidir, compiten muy destacadamente, con el logotipo de nuestra Sociedad de Química en portada, en el mundo científico internacional. Junto a ellas, nuestra Sociedad forma también parte del grupo de sociedades que publican *Physical Chemistry Chemical Physics*, y *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. Estas actividades editoriales no sólo prestigian nuestra química sino que, adicionalmente, proporcionan anualmente unos ingresos que permiten asegurar nuevas actividades de la Sociedad.

En el contexto internacional las publicaciones españolas en química superan el 4%, alrededor de 31.000 artículos en los últimos diez años, pero creo relevante comentar que su impacto, en lo referente a número de citas, es superior a su número. Se puede afirmar que la Real Sociedad Española de Química –y la química española en general– puede estar orgullosa de su pasado y confiada en su futuro. No obstante, los científicos en general y los químicos en particular, también perciben lo delicado del momento actual. La ciencia, como desgraciadamente ha sucedido en momentos pasados en nuestro país, no tiene el apoyo social que sería deseable para el desarrollo de empresas y retos científicos más avanzados. Es por tanto necesario hacer llegar la ciencia a la sociedad y presentarla, tal y como se hizo en 1903, como una solución a los problemas que actualmente presenta nuestra sociedad. No quiero dejar de recordar que la química, por su propia naturaleza, ocupa un lugar destacado entre todas las disciplinas científicas con las que, además, está estrechamente relacionada. Esperemos que esta celebración del Centenario sea un punto de inflexión en la buena dirección. Sólo me resta agradecer la labor realizada durante un siglo por muchos químicos españoles y señalar que el futuro, que espero será aún más brillante, está en nuestras manos, las de todos.

Luis Oro

Presidente de la Real Sociedad Española de Química

INGENIERÍA INNOVADORA
INGENIERÍA INNOVADORA
INGENIERÍA INNOVADORA
INGENIERÍA INNOVADORA
INGENIERÍA INNOVADORA



aeroespacial y vehículos sistemas de actuación y control
comunicaciones naval civil energía y procesos

www.sener.es



SENER

Barcelona - Bilbao - Canarias - Madrid - Valencia

Crisa y su participación en Mars Express. Dieciocho años desarrollando tecnología para el espacio

AUTOR: VÍCTOR RODRIGO
Director General de Crisa

Crisa (Computadoras, Redes e Ingeniería, S.A.), es una de esas pocas empresas españolas que trabaja en actividades espaciales, desde electrónica de vuelo o software para satélites y lanzadores, hasta equipos electrónicos de soporte en Tierra o centros de control.

En la actualidad, Crisa, con alrededor de 240 empleados en sus instalaciones en el Parque Tecnológico de Madrid en Tres Cantos, está integrada dentro de Astrium, la primera empresa de espacio en Europa, que a su vez pertenece al consorcio europeo EADS (European Aeronautic Defence and Space Company).

Desde el primer satélite Sputnik, lanzado por la Unión Soviética en 1957, el hombre ha puesto en órbita más de 4.000 satélites, lo que demuestra la importancia que tienen estas joyas del espacio. Los hay de diferentes formas y tamaños, con múltiples y diversas tareas. Las misiones de los satélites comprenden cinco categorías: telecomunicaciones, observación de la Tierra, científico, navegación y militar.

La industria espacial es una industria bastante peculiar, con un alto componente tecnológico, donde esencialmente prima la calidad y fiabilidad de los equipos. Concretamente los satélites de telecomunicaciones se mantienen en servicio en su órbita geostacionaria por un periodo de 15 años. Dentro de la industria espacial, los programas científicos representan una de las principales fuentes de ingresos de Crisa. Con la Agencia Espacial Europea (ESA), Crisa ha participado en los últimos años en los programas científicos y de observación de la Tierra europeos de mayor envergadura: XMM, Meteosat Segunda Generación, Rosetta, Integral, Herschel/Planck.

La Agencia está financiada por los 15 países miembros, que contribuyen al presupuesto de los programas obligatorios (Presupuesto General y Programa Científico), en base a su PIB de los últimos tres años. Aparte del programa obligatorio, gran parte de los restantes programas son opcionales y los países miembros participan en función de su interés. Estos programas se ratifican y votan en los diferentes Consejos que la Agencia fija para ello. Una vez aprobado el programa se selecciona un contratista principal, que se encargará, mediante la implicación de toda una organización

industrial, de diseñar y fabricar el satélite, y la infraestructura en tierra necesaria para llevar a cabo la misión.

Crisa está especializada en diseñar y fabricar equipos electrónicos de vuelo, es decir, la electrónica que procesa, controla y suministra alimentación a diferentes dispositivos críticos del satélite: despliegue de antena, baterías, sensores, accionamiento de instrumentos. Estos proyectos tienen una duración aproximada de dos años, desde su diseño, hasta la calificación y producción. El diseño es sin lugar a dudas la fase más delicada ya que se trata de requisitos técnicos muy específicos de cada misión. Ello requiere la implicación de siete a diez ingenieros del departamento de diseño, con una sólida experiencia, y un conocimiento exhaustivo de las condiciones que rodean a los programas espaciales.

Las instalaciones de Fabricación y Pruebas están sujetas a normas muy estrictas de condiciones ambientales y limpieza. Crisa dispone de un Área Limpia de 800 m² clase 100.000, que le permite producir más de 70 equipos de vuelo al año. Una vez fabricado el equipo, éste tiene que pasar una dura campaña de pruebas medioambientales, para simular las condiciones extremas que el satélite va a encontrar en su vida útil, tanto durante el lanzamiento (fuertes vibraciones y choque) como en la órbita donde se sitúan (vacío, temperatura y radiación). Los laboratorios de ensayos de Crisa están dotados de una máquina vibradora, cámaras de ciclos térmicos, una cámara de ciclos térmicos en vacío y compatibilidad electromagnética.

PARTICIPACIÓN DE CRISA

EN EL MARS EXPRESS

Mars Express es la última misión puesta en marcha por la ESA, y la primera vez que Europa realiza una misión a otro planeta. Mars Express es la primera pieza del programa internacional de exploración de Marte que se llevará a cabo durante las próximas dos décadas.

Puesto en órbita satisfactoriamente el 2 de junio de este año mediante un lanzador Soyuz/Fregat desde el cosmódromo de Baikonour, Mars Express se compone de un módulo orbital que lleva adjunto una sonda de descenso.

A una velocidad de 3 km por segundo, Mars Express llegará a la órbita marciana el 26 de diciembre de este año. Seis



Satélite Mars Express y caja.

días antes de esa fecha, la sonda de descenso Beagle 2 se habrá desprendido del satélite para aterrizar sobre la superficie de Marte. Beagle 2, llamado así en honor al barco en el que navegaba Charles Darwin mientras formulaba sus ideas sobre la evolución, determinará la composición geológica, mineral y química de la superficie donde aterrice, buscará evidencias de vida y estudiará el clima y condiciones ambientales. Beagle 2 estará en funcionamiento sobre la superficie de Marte durante 180 días marcianos, unos 6 meses de la Tierra.

El módulo orbital permanecerá durante un año marciano, 687 días de la Tierra, orbitando alrededor del Planeta Rojo en una órbita elíptica de unos 11.000 km de apogeo y unos 260 km de perigeo. Durante este tiempo, Mars Express capturará imágenes de alta resolución de toda la superficie, producirá un mapa de la composición mineral de la superficie y un mapa de la composición de la atmósfera. Además determinará el efecto de la atmósfera sobre la superficie y su interacción con el viento solar.

Aparte del Beagle 2, el satélite lleva estos siete instrumentos:

■ **El radar-alfómetro Marsis:** cuenta con una antena de 40 metros que mandará señales de radio de baja frecuencia para hacer un mapa del subsuelo de Marte, llegando a una profundidad de hasta varios kilómetros.



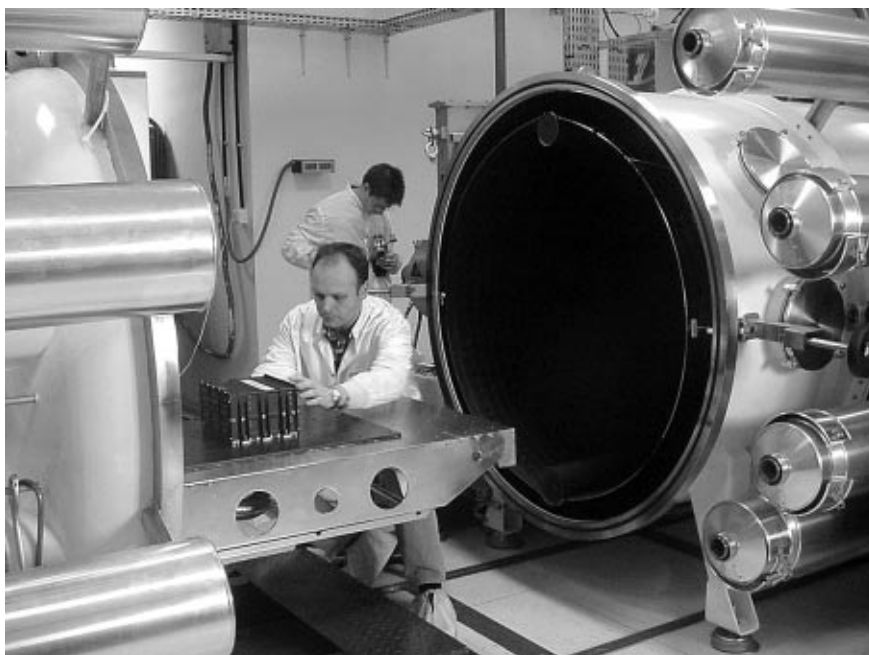
■ **La cámara de alta resolución HRSC:** capturará imágenes de todo el planeta, en color, en tres dimensiones, y con una resolución de 10 metros y de 2 metros en áreas seleccionadas. Las imágenes en tres dimensiones revelarán la topografía de Marte.

■ **El espectrómetro en el rango visible e infrarrojo Omega:** determinará la composición mineral gracias a la luz visible e infrarroja reflejada desde la superficie.

■ **El espectrómetro atmosférico en el infrarrojo/ultravioleta Spicam:** determinará la composición de la atmósfera mediante las longitudes de onda de la luz absorbida por los elementos gaseosos.

■ **El espectrómetro en el infrarrojo PFS:** medirá la presión vertical y el rango de temperaturas del dióxido de carbono, que constituye el 95% de la atmósfera marciana, en busca de elementos de agua, monóxido de carbono, metano y formaldehído.

■ **El analizador de átomos Aspera:** medirá iones, electrones y átomos cargados de energía neutros en la atmósfera exterior para desvelar el número de átomos de oxígeno e hidrógeno que interactúan con el viento solar.



Cámara de vacío (izquierda) e inspección visula (derecha).

■ **El experimento de radiopropagación MaRS:** usará las señales de radio que mandan datos e instrucciones entre la Tierra y el satélite para estudiar la ionosfera, atmósfera, superficie e incluso el subsuelo de Marte.

Además de estos instrumentos, Mars Express utiliza dos unidades de navegación "Sensor de Estrellas (Star Tracker)" que forman parte de la plataforma de soporte para la carga experimental antes descrita. Consisten en cámaras ópticas que captan imágenes del campo estelar a lo largo del viaje espacial y, por comparación a un mapa estelar almacenado en memorias, permiten obtener una referencia de la orientación de la plataforma que es precisa para la maniobra y para el apuntamiento de su antena de comunicación con la Estación de Seguimiento en Tierra del Mars Express.

Crisa ha contribuido en Mars Express aportando dos unidades electrónicas "Sensor de Estrellas". Cada unidad consiste de dos módulos; un módulo Convertidor de Potencia que se encarga de proporcionar la alimentación eléctrica necesaria y de controlar y transmitir el estado operativo de las unidades de navegación, y un módulo de "Procesado Digital (DSP)" que participa en el tratamiento digital de la información proveniente de las cámaras.

En el desarrollo del módulo DSP se ha incorporado un componente microelectrónico novedoso. Este ha sido el componente MCMDSP21020, un componente híbrido

que incorpora todo lo necesario para efectuar el tratamiento digital, así como para implementar el protocolo de comunicación y acceso a memorias e interfaces. Este híbrido tiene una configuración rectangular con 334 terminales para montaje mediante tecnología de montaje superficial SMT, específicamente calificada para esta aplicación.

Además del desafío de esta misión, Mars Express ha sido un éxito en lo referente a la organización de la misión y fabricación del satélite. Liderado por Astrium, en el programa han participado 24 empresas de 15 países europeos y Estados Unidos. Gracias a la utilización de hardware e instrumentos ya empleados anteriormente, toda la misión se ha completado en un tiempo récord de 4 años, en vez de los 6 años de otras misiones similares, y con un coste de 300 millones de Euros, una cifra muy inferior a cualquier otra misión planetaria. ■



Sala Blanca.

La legionelosis es hoy una enfermedad conocida

AUTORAS: CARMEN PELAZ ANTOLÍN
Y BEATRIZ BALADRÓN JIMÉNEZ
*Laboratorio de Legionella. Servicio de Bacteriología.
Centro Nacional Microbiología.
Instituto de Salud Carlos III. Majadahonda. Madrid.*

INTRODUCCIÓN

El descubrimiento en el año 1976 de una nueva bacteria capaz de producir enfermedad respiratoria en el hombre representó un importante acontecimiento en el mundo de la microbiología. El estudio de un brote que afectó a 182 participantes de una convención de la Legión Americana en un hotel de Filadelfia llevó al aislamiento de una bacteria no conocida hasta entonces, a la que se denominó *Legionella pneumophila* (Brenner y cols 1979) y a la enfermedad que causó se la llamó "Enfermedad del Legionario". Aunque éste fue el primer brote descrito, no fue el primero producido por este microorganismo, demostrándose el papel etiológico de esta bacteria en brotes anteriores, ocurridos en varios países del mundo y en España.

Desde entonces ha habido grandes avances en el conocimiento de esta enfermedad y de la bacteria que la causa, de manera que hemos pasado de considerar que la legionelosis era una enfermedad rara y poco frecuente, a considerarla una forma común de neumonía severa, propia de países industrializados, y de utilizar cobayas para su cultivo en el laboratorio a disponer de pruebas comerciales de diagnóstico rápido o de las técnicas moleculares más avanzadas para su caracterización microbiológica.

Hoy es sabido que *Legionella* es un huésped natural de protozoos de agua dulce, que es capaz de producir infección humana como consecuencia de la intervención que el hombre ha hecho en los ambientes acuáticos, lo que probablemente ha provocado una alteración de la relación entre la bacteria y su medio natural.

LA ENFERMEDAD

1. Presentación clínica y epidemiología

La legionelosis tiene dos presentaciones clínicas diferentes: "enfermedad del Legionario", forma multisistémica severa incluyendo neumonía y "fiebre de Pontiac" enfermedad similar a la gripe y autolimitada.

La enfermedad del legionario tiene un espectro de presentación clínica variable, que va desde infección asintomática a neumonía severa con fallo multisistémico. La neumonía

causada por *Legionella* es clínicamente indistinguible de otras neumonías y se caracteriza por un periodo de incubación que oscila de 2 a 10 días, aunque este periodo podría ser algo mayor (Den-Boer y cols 2002). El comienzo de la enfermedad suele ser abrupto, con fiebre alta, malestar general, debilidad, mialgias, dolor de cabeza y tos inicialmente no productiva. Las manifestaciones extrapulmonares generalmente son confusión, diarrea y dolor pleural, a veces los primeros síntomas son diarrea, dolor muscular y ligera cefalea. La enfermedad puede llegar a cursar con confusión mental y fracaso respiratorio y renal.

La fiebre de Pontiac, se caracteriza por ser una infección no neumónica con un periodo de incubación muy breve (de 4 a 60 horas), siendo frecuente de 36 a 48 horas, con una alta tasa de ataque (>95%), que se presenta como un síndrome febril agudo y autolimitado, sin evidencia radiológica de cambios en el pulmón. Los síntomas incluyen fiebre, mialgias, tos y un síndrome similar a una gripe inespecífica. Su diagnóstico normalmente es retrospectivo y su tratamiento es sintomático. Su incidencia está poco documentada y su letalidad es nula (Memorando de la OMS, 1990).

La incidencia de la forma neumónica varía, suponiendo del 2 al 15% de las neumonías comunitarias que requieren hospitalización. Estas diferencias parecen depender del lugar geográfico y del grupo de pacientes investigados, habiéndose observado también fluctuaciones temporales. Es más frecuente en personas de edad comprendida entre 40 y 70 años, aunque cada vez se detectan más casos en personas más jóvenes. Se presenta de dos a tres veces más entre varones que entre mujeres y es rara en niños. El riesgo para contraer la enfermedad depende del tipo e intensidad de la exposición y del estado de salud de las personas afectadas, aumentando el riesgo en inmunocomprometidos, en diabéticos, en pacientes con enfermedad pulmonar crónica, en personas de edad avanzada, así como en fumadores o alcohólicos (MMWR 1997).

La tasa de ataque en la enfermedad pulmonar es de 0,5 a 5%. La tasa de letalidad en infección comunitaria supone de media menos del 5%, pero puede llegar a ser del 15 al 20% si no se instaura un tratamiento adecuado. Algunos autores opinan que el retraso en la instauración de una terapia adecuada hace que se incremente la letalidad en neumonías severas debidas a *Legionella* (Heath y cols 1996). En infección hospitalaria la mortalidad puede ser del 40% (MMWR 1997) incluso llegar al 80% en enfermos inmunocomprometidos sin un tratamiento adecuado (Edelstein 1995).

La legionelosis puede ser adquirida fundamentalmente en dos grandes ámbitos, el hospitalario y el comunitario. Dentro de la legionelosis hospitalaria los casos pueden ser definidos según el grado de información epidemiológica y microbiológica en tres niveles: Se considera brote cuando dos o más casos ocurren en el mismo hospital en un periodo menor a seis meses. Se consideran casos agrupados aquellos casos que ocurren en un hospital, aparecidos en un periodo de más de seis meses después del primer caso. Se consideran casos esporádicos aquellos casos aislados que ocurren en hospitales no asociados previamente a casos (Joseph y cols 1994). En la comunidad, también la enfermedad se puede presentar en forma de brotes, casos agrupados (asociados a la misma instalación o edificio sin coincidir en el tiempo) y casos esporádicos y la adquisición de la enfermedad puede estar asociada a instalaciones de varios tipos de edificios, incluyendo los hoteles, en cuyo caso se habla de legionelosis asociada a viajes (Galmés y Martínez Navarro 1997, Prieto y cols, 2002).

Históricamente, el antibiótico de elección en el tratamiento de una infección por *Legionella* ha sido la eritromicina, pero la intolerancia gastrointestinal, la necesidad de la administración de grandes cantidades y la ototoxicidad de la eritromicina han hecho que se busquen sustitutos a este antibiótico. En la actualidad se están estudiando los nuevos macrólidos, especialmente azitromicina y claritromicina, que tienen una mayor actividad y una mayor capacidad de penetración intracelular, aunque su experiencia clínica es aún limitada. Las quinolonas, en especial ciprofloxacina y levofloxacina, tienen una mayor actividad *in vitro* y una mayor penetración intracelular que los macrólidos (Edelstein 1995). Los nuevos macrólidos parecen ser los antibióticos de elección para pacientes inmunocomprometidos ante una neumonía comunitaria, ya que cubrirían también infecciones debidas a otras bacterias típicas responsables de neumonía.

2. Diagnóstico microbiológico

El diagnóstico de las infecciones humanas causadas por *Legionella* puede realizarse por cualquiera de los métodos microbiológicos convencionales, incluyendo visualización del microorganismo en líquidos o tejidos patológicos, cultivo e identificación del microorganismo, serología para detectar una respuesta inmune y detección de antígeno en fluidos o exudados. Un resumen de los valores de sensibilidad y especificidad de los métodos empleados para el diagnóstico de las infecciones causadas por *Legionella* se recogen en la Tabla.

La visualización del microorganismo en líquidos o tejidos patológicos se realiza mediante inmunofluorescencia directa y representa un diagnóstico presuntivo de gran rapidez, que puede ayudar a la instauración de una terapia adecuada. En la actualidad existen varios reactivos comercializados preparados con anticuerpos monoclonales que reco-

Tabla. Sensibilidad y especificidad de los métodos empleados para el diagnóstico de las infecciones causadas por *Legionella* (Datos recogidos de Fields y col 2002)

Método	Sensibilidad	Especificidad
Cultivo	20-80%	100
FDA	25-75%	95
Serología:		
Microaglutinación	80	97-99
IFI	78-91	99
Ag en orina:		
ELISA:		
Concentrada	80	97-100
Sin concentrar	50-60	97-100
ICT (NOW)	80	97
PCR	Moderada	Alta

nocen todos los serogrupos de *L pneumophila*. La dificultad en la aplicación de esta técnica reside en la interpretación de los resultados, siendo importante descartar resultados falsamente positivos debidos a reacciones cruzadas con otros microorganismos, así como considerar que un resultado negativo no excluye la presencia de enfermedad.

El cultivo de la bacteria es el método de referencia para realizar el diagnóstico de la infección, siendo el único método disponible que permite identificar cualquiera de las especies y serogrupos de *Legionella*. Aproximadamente 15-20% de las infecciones se deben a especies o serogrupos diferentes de *L pneumophila* serogrupo 1 (SG 1) (Pelaz y Martín Bourgon 2000, Helbig y cols 2002), pero se asume que habría que hacer un esfuerzo en adaptar los medios de cultivo actuales para mejorar la recuperación de otras especies. Además, es imprescindible para realizar otro tipo de estudios, tales como el análisis epidemiológico molecular de los brotes en los que la caracterización subespecífica de los aislados de los pacientes y ambientales puede identificar cual ha sido el origen de la infección.

Las muestras clínicas a partir de las que se puede recuperar la bacteria incluyen: secreciones respiratorias (esputo, lavado broncoalveolar y aspirado bronquial), sangre, fluidos pleurales, biopsias pulmonares y tejidos pulmonares. Existen varios factores que dificultan el cultivo de la bacteria, como son el hecho de que la bacteria sobrevive pobremente en las secreciones respiratorias, la aplicación de una terapia antibiótica previa a la toma de muestras y la poca experiencia de los laboratorios en el cultivo de la bacteria (Edelstein y cols 1993). Además, pocos pacientes tienen una tos productiva, especialmente en los primeros estados de la enfermedad. Todo ello explica que únicamente el 13% de los casos que se informan al sistema de vigilancia epidemiológico sean confirmados por cultivo (Marston y cols 1994).

El diagnóstico serológico se basa en la detección de anticuerpos específicos en suero del paciente y se han desarrollado una variedad de pruebas para detectarlos, incluyendo

microaglutinación, inmunofluorescencia indirecta y enzima-inmunoensayo (ELISA), siendo la inmunofluorescencia indirecta el método diagnóstico más utilizado durante años y por ello, el más evaluado para *L pneumophila* SG 1. Para *L pneumophila* SG 1, se considera indicativo de infección reciente, una seroconversión superior o igual a 128 en una pareja de sueros recogidos en las dos fases de la enfermedad, aguda y convaleciente, o bien un título de 256 o más en suero único, y para el resto de las especies y serogrupos, seroconversión superior o igual a 256, tras estudiar dos sueros en fase aguda y convaleciente. Aunque ha sido una herramienta diagnóstica de gran utilidad, en la actualidad presenta dos limitaciones importantes, únicamente en un 70-80% de los casos confirmados con cultivo se demuestra seroconversión y la seroconversión puede tardar hasta dos meses tras el inicio de los síntomas (Monforte y cols 1988).

La detección de antígeno en orina puede hacerse en pocas horas, permitiendo un diagnóstico temprano y la iniciación de una terapia antibiótica apropiada tras la admisión en el hospital mejorando la recuperación del paciente. La detección temprana de casos facilita la detección de brotes permitiendo una rápida respuesta por parte de salud pública, en la aplicación de medidas de control para evitar la aparición de más casos.

El antígeno detectado es un componente del lipopolisacárido de la pared celular de *Legionella* y es termoestable, se detecta en los primeros días de aparición de los síntomas y puede excretarse hasta varias semanas después de la iniciación de la terapia. Hay estudios que muestran que el antígeno es excretado desde el tercer día tras la aparición de los síntomas y puede persistir en la orina hasta un año. La duración de la excreción de antígeno podría tener implicaciones en el diagnóstico de neumonías recurrentes en los meses siguientes a una legionelosis.

En el mercado hay varios ensayos de antígeno en orina mediante ELISA, con una sensibilidad similar, la cual se ve muy aumentada cuando la orina es previamente concentrada (Domínguez y cols 1996), no variando los valores de especificidad, como se recoge en la Tabla. Recientemente se ha desarrollado un método inmunocromatográfico (ITC) (NOW *Legionella* urinary antigen test: Binax inc) que es tan fácil de realizar como una prueba de embarazo, por lo que no requiere especial equipamiento de laboratorio y los resultados se obtienen en 15 minutos. Como la mayoría de estas pruebas detectan *L pneumophila* SG 1, y la mayoría de las infecciones son causadas por este serogrupo, la utilización de esta prueba diagnóstica en solitario podría dejar de diagnosticar hasta el 40% de los casos de legionelosis (Fields y cols 2002).

La progresiva utilización de este nuevo método diagnóstico puede estar provocando cambios importantes en el conocimiento de algunos aspectos de la legionelosis, como el in-

cremento de los casos declarados por año, la disminución de los casos diagnosticados por cultivo, lo que podría alterar la distribución de especies y serogrupos causantes de infección, o la disminución de la mortalidad de la enfermedad, probablemente debido a la aplicación temprana de una terapia antibiótica adecuada.

El desarrollo de **métodos moleculares para la detección de *Legionella*** se debe a la necesidad de métodos rápidos y específicos, capaces de detectar infecciones causadas por todas las especies y serogrupos conocidos de *Legionella*. Existe una amplia variedad de pruebas basadas en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR), y varios han sido los métodos desarrollados a lo largo de los últimos años, sin embargo ninguno de ellos se utiliza en la actualidad de forma rutinaria y se requieren aún más estudios. Los ensayos de PCR se han focalizado principalmente en tres dianas genéticas: el gen *mip* (*macrophage infectivity potentiator*) y los genes 5S y 16S ARN ribosomales. En la actualidad, algunos investigadores han empezado a utilizar la PCR a tiempo real en el diagnóstico rápido de *Legionella* (Hayden y cols 2001) en muestras clínicas, combinado con el uso de una prueba de hibridación para confirmar la identidad del producto. Este método reduce el riesgo de contaminaciones, el tiempo requerido en el procesamiento de las muestras y elimina la necesidad de un análisis de la muestra después de la PCR.

3. Evolución de la legionelosis en España en los últimos años

En España la legionelosis es considerada una enfermedad de declaración obligatoria desde 1996, tras la publicación del Real Decreto 2210/1995 por el que se crea la Red Nacional de Vigilancia Epidemiológica (RNVE). Desde entonces el número de casos notificados cada año ha aumentando progresivamente: 191 casos notificados en el año 1997, 342 casos en 1998, 451 casos en 1999, 752 casos en 2000, 1.404 en el año 2001 (incluye los 650 casos confirmados del brote comunitario ocurrido en Murcia) y 1.355 casos en el año 2002 (Datos del Centro Nacional de Epidemiología). Algunas de las razones que podrían explicar este incremento son las siguientes: 1) Mayor conciencia entre los médicos de asistencia primaria o especialistas. 2) Mejores métodos diagnósticos. 3) Enfermedad de declaración obligatoria, tanto los casos individualizados como los brotes. 4) Gran cantidad de edificios antiguos entre los que se incluyen hospitales y hoteles con instalaciones viejas y con nulo o deficiente mantenimiento. 5) Gran cantidad de torres de refrigeración y equipos análogos con nulo o deficiente mantenimiento capaces de diseminar la bacteria si se contaminan.

En Europa, las cifras de incidencia notificada de legionelosis, aunque varían mucho de un país a otro dependiendo de las características de sus sistemas de vigilancia, también muestran esta tendencia ascendente, como se observa comparando los datos suministrados en los últimos años por el

Grupo Europeo de Trabajo en Legionelosis (EWGLINET), donde la tasa media de notificación en el conjunto de los países notificantes pasa de 3,9 casos por millón de habitantes en el año 1997 a 7,6 casos en el año 2001. De un total de 1.324 casos de legionelosis asociados a viajes por países europeos y notificados al EWGLINET, 319 (24%) fueron asociados a estancias en nuestro país.

Durante el periodo de tiempo que va de 1997 al 2001, en España se notificaron a la RNVE (Centro Nacional de Epidemiología) un total de 85 brotes de legionelosis, con 1.246 casos implicados, 37 de los cuales ocurrieron en el ámbito comunitario (1.048 casos), 18 en el hospitalario (109 casos) y 30 estuvieron asociados a viajeros (89 casos), observándose una tendencia ascendente en el número de brotes declarados anualmente, pasando de 10 brotes declarados en 1997 a 21 declarados en el año 2001.

Algunos de estos brotes han sido de una gran magnitud, como el ocurrido en Alcalá de Henares, Madrid en 1996 que afectó a 224 personas (Boletín CAM 1997), el ocurrido en la localidad de Alcoy, Alicante, durante los años 1999 y 2000 que afectó a 150 personas (Fernández y col., 2002), o el ocurrido en la ciudad de Murcia en 2001 que afectó a 650 personas y es el mayor brote de legionelosis comunitaria conocido hasta la fecha (García-Fulgueiras y cols 2003). Brotes de gran magnitud también han ocurrido en otras partes del mundo, como en Toronto, Italia en 1997 afectando a 90 personas (Castellani-Pastoris y cols 1997), en Melbourne, Australia, provocando 119 casos (Formica y cols 2000), en Bélgica causando 93 casos (De Schrijver y cols 2000) o en Holanda en 2000 afectando a 188 casos (Yzerman y cols 2002).

La legionelosis es una enfermedad con una incidencia media o baja, sin embargo, en los últimos años ha despertado un interés creciente en nuestro país debido, entre otros factores, a su presentación en forma de brotes comunitarios en ocasiones con un elevado número de afectados, a la producción de infección nosocomial afectando a pacientes inmunocomprometidos en los que la letalidad puede ser alta, y a la notificación de legionelosis asociada a viajes, frecuentemente relacionados con estancias en España.

EL MICROORGANISMO

1. Biología y ecología

Legionella es una bacteria con estructura de bacilo Gram negativo, de un tamaño que oscila desde las 0,3 a 0,9 micras de ancho y de 1 a 5 micras de largo, que se puede presentar en forma de cocoide, bacilar, incluso formas filamentosas después de un cultivo prolongado. Es móvil ya que posee flagelos polares o laterales. Crece mejor en condiciones aerobias, pero tolera pequeñas concentraciones de CO₂. Algunas especies muestran autofluorescencia de color azul o rojo al ser expuestas sus colonias a la luz ultravioleta. Se han descrito va-

rias pruebas bioquímicas que ayudan a su reconocimiento, entre las cuales se puede destacar el requerimiento de L-cisteína para su crecimiento. *Legionella* presenta antígenos específicos de especie, de serogrupo y de subgrupo de composición lipopolisacaroidea que se utilizan para su identificación y caracterización (Helbig y cols 2002).

Como resultado del aislamiento del agente causal del brote ocurrido en Filadelfia, se estableció un nuevo grupo taxonómico que comprendía una nueva familia *Legionellaceae*, con un único género *Legionella* y una única especie *Legionella pneumophila* (Brenner y col. 1979). Desde entonces, basándose en estudios genéticos y serológicos, se han ido describiendo especies y serogrupos, de manera que en la actualidad existen 48 especies y 70 serogrupos. Aunque el número de especies continúa aumentando y todas podrían ser consideradas potencialmente patógenas para el hombre, el patógeno principal de la familia es *L pneumophila*, la mayor parte de los casos de legionelosis se deben a *L pneumophila* SG 1, siendo también el serogrupo más frecuentemente encontrado en el ambiente.

Una característica biológica importante de *Legionella* es su capacidad de crecer intracelularmente. En 1980 se describió la capacidad de *Legionella* de infectar algunas especies de amebas como *Acanthamoeba* y *Naegleria* (Rowbotham 1980), en la actualidad se sabe que *Legionella* sobrevive y se multiplica intracelularmente en muchas especies de protozoos y que esta relación podría jugar un papel importante tanto en la supervivencia como en la epidemiología del microorganismo. Algunos estudios indican que *Legionella* no puede multiplicarse en ausencia de protozoos, de manera que estos actuarían como hospedadores naturales de la bacteria. Por otra parte, también se produce una multiplicación intracelular en los macrófagos humanos (Horwitz and Silverstein 1980), pero mientras que los protozoos son los hospedadores naturales de *Legionella*, la infección de los fagocitos humanos parece ser oportunista. En la actualidad, los estudios de patogénesis de la bacteria se centran en el papel que juegan los factores de virulencia en estas dos poblaciones, siendo posible que el proceso de interacción entre la bacteria y la ameba sea similar al que se produce entre la bacteria y el macrófago humano y que los mecanismos moleculares implicados en el reconocimiento entre la bacteria y los macrófagos y entre la bacteria y las amebas sean los mismos (Harb y cols 2000).

2. Transmisión de la bacteria

Legionella es una bacteria que se encuentra ampliamente distribuida en los ecosistemas acuáticos de todo el mundo, habiendo sido aislada de una gran variedad de sistemas naturales, como ríos, lagos, fuentes termales, tierra húmeda y lodos, agua de lluvia, así como erupciones montañosas o ambientes terrestres profundos. Es probable que la reciente utilización de técnicas basadas en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) para la detección de *Legio-*

nella en el ambiente ponga de manifiesto una mayor distribución ambiental.

En los ambientes naturales *Legionella* es capaz de sobrevivir en un amplio rango de condiciones físico-químicas, de pH, de conductividad y de temperatura. Existen estudios que muestran que *Legionella* es capaz de sobrevivir en un rango de temperaturas que oscilan de 5,7°C a 63°C, multiplicándose entre 25°C y 45°C y destruyéndose a 70°C, situándose la temperatura óptima de crecimiento entre 35 y 37°C.

Legionella se transmite en forma de aerosol (dispersión de gotas de agua en el aire) a partir de sistemas de agua contaminados. Desde los reservorios naturales la bacteria pasa a colonizar los sistemas de abastecimiento de las ciudades y a través de la red de distribución de agua, se incorpora a instalaciones que requieren agua para su funcionamiento. La presencia de la bacteria, la existencia de agua a una temperatura adecuada (entre 25°C y 45°C) y la presencia de nutrientes son factores que favorecen la multiplicación de *Legionella*. Determinadas instalaciones con inadecuada construcción o mantenimiento deficiente favorecen el estancamiento del agua y la acumulación de lodos y materia orgánica, donde *Legionella* puede sobrevivir en asociación con otros microorganismos (protozoos, otras bacterias y algas) formando una superficie sólida/acuosa que se denomina biocapa (Abu-Kwaik y cols 1998). Parece que la presencia de esta biocapa juega un papel importante en la protección de la bacteria, proporcionando además una fuente de nutrientes, así como un soporte para su multiplicación y supervivencia. Este hecho podría tener gran importancia en la estrategia de prevención de la legionelosis.

La transmisión de *Legionella* es aérea y la vía de entrada al organismo humano es a través del sistema respiratorio, fundamentalmente mediante la inhalación de aerosoles conteniendo la bacteria (Hoge y Breiman 1991), aunque en ocasiones se ha considerado la microaspiración de agua contaminada para justificar algunos casos de legionelosis nosocomial (Blatt y cols 1993), y se han descrito algunos casos de infección tras el lavado de heridas con agua contaminada (Lowry y col. 1991). Cuando estas gotas que contienen la bacteria son de un tamaño de 1 a 5 micras se produce una situación de riesgo de infección, ya que son las gotas que pueden penetrar en las vías respiratorias alcanzando los pulmones, y además pueden permanecer suspendidas en el aire y ser transportadas a varios kilómetros de distancia. No se ha demostrado la transmisión de la bacteria de persona a persona, ni se ha documentado la existencia de reservorios animales. El hombre es un huésped ocasional de la bacteria, ya que no es necesario para la replicación ni la supervivencia del microorganismo.

La mayor parte de los casos de legionelosis pueden ser asociados a ambientes acuáticos creados o manipulados por el hombre en los que la temperatura del agua se encuentra

por encima de la temperatura ambiente. En la literatura científica aparecen recogidas una variedad de instalaciones que han ocasionado brotes de legionelosis, como son: la red de distribución de agua sanitaria (caliente o fría) de edificios (Tobin y cols 1980) y torres de refrigeración (Fiore y cols 1998) o condensadores evaporativos de sistemas de aire acondicionado (Breiman y cols 1990), además de equipos de terapia respiratoria (Mastro y cols 1991) y piscinas climatizadas (Den-Boer y cols 2002). Otras instalaciones también implicadas en brotes han sido aguas termales en centros de rehabilitación y recreo (Ito y cols 2002), cruceros (Castellani-Pastoris y cols 1999), barcos (Cayla y cols 2001), fuentes ornamentales (Hlady y cols 1993, Portugal), viviendas particulares (Skogberg y cols 2002) y otros aparatos que acumulan agua y generan aerosoles como son las unidades dentales (Walker y cols 2000), humidificadores (Mahoney y cols 1992) y unidades de transplantes (Oren y cols 2002).

PREVENCIÓN Y CONTROL

DE LEGIONELOSIS

El conocimiento del nicho ecológico de *Legionella* proporciona una información de gran utilidad para entender la transmisión de la bacteria, siendo éste el primer paso para abordar el control de su diseminación. Aunque *Legionella* es una bacteria ampliamente distribuida en el ambiente acuático natural, su presencia en un sistema de agua no es suficiente para que se produzca enfermedad. Que esto ocurra depende fundamentalmente de dos factores importantes: En primer lugar la intensidad de la exposición a aerosoles, medida por el tiempo de exposición y por la cantidad de bacteria en el aerosol y, en segundo lugar, la susceptibilidad de las personas expuestas. Por ello, las medidas de prevención y control de la enfermedad que se proponen van en dos direcciones, de un lado evitar las condiciones que favorecen la supervivencia y multiplicación de la bacteria, mediante la limpieza de las instalaciones y el control de la temperatura del agua, y de otro lado, controlar el vertido de los aerosoles, evitando que su eliminación se realice en zonas muy transitadas o en lugares donde las personas expuestas sean susceptibles.

En España, a lo largo de los últimos años se han publicado documentos técnicos sobre legionelosis y su prevención (Pelaz y Martín Bourgon 1993, Ed. Vargas y cols 1999), así como una Norma UNE 100-030-94, que incluye una serie de recomendaciones para el diseño y mantenimiento de instalaciones, recientemente actualizada en Informe UNE 100030 IN 2001, además de guías específicas para la prevención de *Legionella* en instalaciones de hoteles u hospitales en algunas Comunidades Autónomas.

Los últimos brotes de legionelosis ocurridos en nuestro país (Alcalá de Henares en 1996, La Barceloneta en 2000, Vigo en 2000, Alcoy en 1999 y 2000, Murcia en 2001, Mataró

en 2002, entre otros), han provocado una gran preocupación en las autoridades sanitarias responsables de la prevención y control de la enfermedad, que han sentido la necesidad de publicar Decretos u Órdenes para la prevención y control de la legionelosis en varias comunidades autónomas y a escala nacional. Los decretos publicados en ocho Comunidades Autónomas son los siguientes: Orden 1187/1998 de la Comunidad Autónoma de Madrid; Decreto 173/2000 de la Generalitat Valenciana, que establece posteriormente medidas especiales ante brotes de legionelosis con el Decreto 201/2002 del Consell de la Generalitat; Decreto 417/2000 de la Generalitat de Catalunya y su posterior modificación Decreto 152/2002 de la Generalitat de Catalunya; Decreto 9/2001 de la Xunta de Galicia; Orden 11 de junio de 2001 de Comunidad Autónoma de Extremadura; Decreto Foral 298/2001 de Navarra; Decreto 287/2002 de la Junta de Andalucía; y Decreto 122/2002 de Cantabria. A escala nacional se publicó en el mes de Julio de 2001 el Real Decreto 909/2001, por el que se establecen los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis, que actualmente está en revisión para la publicación de un nuevo Real Decreto.

En general, en instalaciones que acumulan agua y pueden generar aerosoles, los criterios técnicos para minimizar la multiplicación de la bacteria se podrían resumir en 5 puntos: 1) Evitar temperaturas de almacenamiento o distribución de agua comprendidas entre 20°C y 45°C. 2) Evitar la presencia de suciedad. 3) Evitar el estancamiento del agua, especialmente importante en lugares donde hay escasez de agua, en instalaciones que paran su funcionamiento (por temporada baja, periodos vacacionales, reparaciones, etc.), así como en sistemas de agua complejos. 4) Evitar la utilización de materiales que favorecen el crecimiento de microorganismos o son de difícil limpieza. 5) Asegurar que el sistema opera correctamente y está bien mantenido, e introducir programas de limpieza y desinfección periódicas. Para aplicar estas medidas se recomienda organizar un plan de mantenimiento de las instalaciones en el que sería importante considerar tres aspectos: 1) En cada instalación se debería realizar una identificación y valoración del riesgo de exposición a aerosoles, para lo que deberían de existir planos actualizados de la instalación completa, con la finalidad de diseñar un mapa de puntos críticos (o puntos de riesgo), teniendo en cuenta además a las personas (número y estado de salud) expuestas. Todo ello para adoptar un plan de medidas encaminadas a disminuir este riesgo. 2) La distribución de las competencias de mantenimiento debería hacerse entre personal suficientemente entrenado para las tareas que se le encomienda, y establecer un ágil sistema de comunicación entre todos los responsables. 3) Existencia de un libro de mantenimiento actualizado en el que se registren todas las actividades realizadas y los resultados obtenidos. Todos estos aspectos mencionados anteriormente se encuentran recogidos en el Real Decreto 909/2001. ■

BIBLIOGRAFÍA

- Abu-Kwaik, Y y cols. *Appl Environ Microbiol.* 64: 3127-33. 1998.
- AENOR, INFORME UNE 100-030-94. 1994.
- AENOR, INFORME UNE 100030 IN. 2001.
- Barker J, y Brown MR. y cols. *J Antimicrob Chemother.* 36: 7-21. 1995.
- Birtles RJ y cols. *J Clin Pathol.* 43:685-690. 1990.
- Blatt S y cols. *Am J Med.* 95:16-22. 1993.
- Brote de neumonía por *Legionella* de Alcalá de Henares. *Boletín Epidemiológico de la Comunidad de Madrid.* Número monográfico. 1997.
- Breiman RF y cols. *J Infect Dis.* 161:1257-1261. 1990.
- Brenner DJ y cols. *Ann Intern Med.* 90:656-658. 1979.
- Castellani-Pastoris M y cols. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 16: 883-92. 1997.
- Castellani-Pastoris M y cols. *CID.* 28: 33-8. 1999.
- Cayla JA y cols. *Eur Respir J.* 17: 1322-7. 2001.
- Den-Boer JW y cols. *Emerg Infect Dis.* 8: 37-43. 2002.
- De Schrijver K y cols. *Eurosurv.* 5: 115-9. 2000.
- Dominguez J y cols. *J Clin Microbiol.* 34: 2334-2336. 1996.
- Edelstein PH. *CID.* 16: 741-749. 1993.
- Edelstein PH. *CID* 21 (suppl 3): S 265-276. 1995.
- Fernandez JA y cols. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 21: 729-35. 2002.
- Fields BS y cols. *Clin Microbiol Rev.* 15: 506-26. 2002.
- Fiore AE y cols. *Clin Infect Dis.* 26: 426-33. 1998.
- Formica N y cols. *Commun Dis Intell.* 24: 199-202. 2000.
- Galmés A y Martínez-Navarro J. *Euroserv.* 2:43-46. 1997.
- García-Fulgueiras A y cols. *Emerg Infect Dis.* 9: Agosto 2003.
- Harb OS y cols. *Environ Microbiol.* 2: 251-65. 2000.
- Hayden RT y cols. *J Clin Microbiol.* 39: 2618-26. 2001.
- Heath CH y cols. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 15:286-290. 1996.
- Helbig JH y cols. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis.* 21: 710-6. 2002.
- Hlady WG y cols. *Am J Epidemiol.* 138: 555-62. 1993.
- Hoge CW y Breiman RF. *Epidemiol Rev.* 13: 329-340. 1991
- Horwitz MA y Silverstein SC. *J Clin Invest.* 66: 441-450. 1980.
- Ito L y cols. *Intern Med.* 41: 859-63. 2002.
- Joseph CA y cols. *Epidemiol Infect.* 112: 329-345. 1994.
- Joseph C y cols. *Eur J Epidemiol.* 12:215-219. 1996.
- Kuzman I y cols. *Scand J Infect Dis.* 27: 503-5. 1995.
- Lowry PW y cols. *N Engl J Med.* 324:109-13.1991.
- Mahoney FJ y cols. *J Infect Dis.* 165: 736-739. 1992.
- Marston BJ y cols. *Arch Intern Med.* 154: 2417-2422. 1994
- Mastro TD y cols. *J Infect Dis.* 163:667-71. 1991.
- WHO Bull. 68: 155-164. 1990.
- MMWR. Guidelines for prevention of nosocomial pneumonia. *CDC Morbidity and mortality weekly report.* 46. 1997.
- Monforte R y cols. *Lancet.* 2: 1190. 1988.
- Oren I y cols. *Bone Marrow Transplant.* 30: 175-9. 2002.
- Pelaz C y Martín-Bourgon, C. ISBN 84-7670-362-7. 1993.
- Pelaz C y Martín-Bourgon C. *Enfermedades emergentes.* 2: 214-219. 2000.
- Plouffe JF y cols. *Clin Infect Dis.* 20: 1286-1291. 1995.
- Prieto N y cols. *Boletín Epidemiológico Semanal.* 10: 209-212. 2002
- Rowbotham TJ. *J Clinical Pathol.* 33:1179-83. 1980.
- Tobin JO y cols. *Lancet.* 2: 118-121. 1980.
- Vargas F y cols. ISBN 84-7670-507-7. 1999.
- Walker JT y cols. *Appl Environl Microbiol.* 66: 3363-7. 2000.
- Yzerman EP y cols. *J Clin Microbiol.* 40: 232-6. 2002.

I Congreso Iberoamericano de Centros Tecnológicos

AUTOR: JOSÉ MARÍA GUIJARRO Y JORGE
Subdirector del Instituto Tecnológico de Óptica,
Color e Imagen (A.I.D.O.)

Del 31 de marzo al 3 de abril de 2003, Valencia acogió, en su Palacio de Congresos, el I Congreso Iberoamericano de Centros Tecnológicos organizado por la Federación Española de Centros de Innovación y Tecnología (FEDIT).

El Congreso reunió a representantes de empresas; Administraciones Públicas nacionales, regionales y locales; y a los Centros Tecnológicos más destacados de Iberoamérica, España y Portugal.

El I Congreso Iberoamericano de Centros Tecnológicos se conformó como un nuevo punto de unión entre los Centros Tecnológicos y las Empresas de Iberoamérica y la Unión Europea (especialmente Portugal y España), a través de la cooperación horizontal y el afianzamiento de las relaciones existentes. Se compartieron experiencias y mejores prácticas sobre cómo trabajan los Centros Tecnológicos y como contribuyen a aumentar la competitividad de las empresas, mejorando la calidad de vida y generando riqueza y empleo.

La celebración de este encuentro supuso un reforzamiento de las relaciones de nuestro país con Iberoamérica y fomentó una política de cooperación transnacional más estrecha entre los países participantes.

En este primer congreso no sólo se trató el tema de la oferta tecnológica disponible, sino que se prestó especial atención al enriquecimiento mutuo como consecuencia de la cooperación en Red entre Centros Nacionales, Europeos e Iberoamericanos.

El Congreso se concibió como un punto de unión de todos los Centros Tecnológicos ya que son una pieza clave en el sistema de innovación que se asienta sobre los pilares de Ciencia-Tecnología-Empresa-Sociedad-Persona.

Los Centros Tecnológicos son un modelo con futuro por su contribución al aumento de la competitividad de las empresas. Este Congreso, según el Presidente de FEDIT, Roberto Gracia "no sólo trata de acercar los Centros Tecnológicos iberoamericanos, portugueses y es-



pañoles principalmente, sino además, que el resto de representantes del Sistema de Innovación y las administraciones públicas nacionales, regionales y locales tomen conciencia de la importancia de su participación en este entramado".

La razón de este primer congreso responde a la necesidad de una política de integración y asentamiento en mercados y redes globales. Durante dos días el Congreso Iberoamericano de Centros Tecnológicos ofreció a todos los asistentes la posibilidad de compartir experiencias y mejorar prácticas sobre cómo trabajan los Centros Tecnológicos y cómo contribuyen a incrementar la competitividad de las empresas, mejorando la calidad de vida y generando riqueza y empleo. Con todo ello, se consiguió el objetivo propuesto: afianzar las relaciones existentes entre los participantes de ambas latitudes y poder profundizar en una cooperación horizontal que enriquezca a todos.

Sobre los ejes "Política Tecnológica y Desarrollo Industrial" e "Infraestructuras Tecnológicas de apoyo a

la industria” representantes de los Centros Tecnológicos, de las Administraciones Públicas nacionales, regionales y locales y del Sistema de Innovación Ciencia- Tecnología- Empresa y Sociedad expusieron referentes de Centros Tecnológicos de los distintos países invitados y compartieron sus experiencias, su metodología de trabajo y su modelo de gestión.

Además de las ponencias generales, tuvieron lugar una serie de Sesiones Paralelas con objeto de exponer e intercambiar experiencias sobre casos de cooperación desarrollados entre Centros Tecnológicos, que pudieran ser ilustrativos y referentes para futuras actuaciones. Dentro de las mismas AIDO, junto a otros Centros, participó como moderador en la mesa “Constitución de Redes Temáticas y/ o sectoriales”

Como broche de oro al Congreso, los representantes de los Centros Tecnológicos, las Administraciones y Organismos públicos de los países participantes en la I edición de este Congreso, conscientes de la necesidad de promover y articular las futuras colaboraciones e intercambios entre ellos, acordaron la constitución del CICET, Comité Iberoamericano de Centros Tecnológicos.

A partir del mes de julio del presente año se aprobará la constitución definitiva y permanente de los estatutos y en noviembre, se convocará un encuentro del Comité en Bolivia, donde se prevé que la reunión coincida con la celebración de la Cumbre de Jefes de Estado de Iberoamérica.

Su principal cometido se centrará en fortalecer los mecanismos de cooperación entre los Centros Tecnológicos de la Comunidad Iberoamericana, con el fin de aprovechar mejor el potencial humano, tecnológico y cultural, para que permita elevar la competitividad y los niveles económicos de sus empresas.

Para ello, entre otras cosas, el CICET establecerá una Red Iberoamericana de fondos documentales y bases de datos, que permitirá a sus miembros disponer de un amplio material de consulta para llevar a cabo sus investigaciones. Además, se preocupará de favorecer la investigación cooperativa, con acciones conjuntas entre empresas de, al menos, dos países diferentes.

Hasta la constitución del CICET, las relaciones entre centros tecnológicos de ambos continentes se habían centrado mayoritariamente en encuentros bilaterales. Este Comité posibilita la constitución de una Red de Centros Tecnológicos de carácter iberoamericano, lo cual permitirá el acercamiento no sólo de estas instituciones sino también, de las propias empresas clientes de ellos.

España adquiere, con la creación del CICET, una oportunidad única en el marco del proceso de globalización e internacionalización por el que atraviesan los sectores del conocimiento y las nuevas tecnologías.

Como cierre del Congreso, se celebró una cena de gala donde se realizó la entrega de premios de la I edición del “Premio de Periodismo Científico y Tecnológico”, convocado por FEDIT bajo el tema “Centros Tecnológicos: clave de la política de I + D + I”, entre los profesionales de los medios de comunicación que promovieran y potenciaron el conocimiento de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación entre la opinión pública.

En esta Primera Edición, el Primer Premio correspondió a los trabajos periodísticos en las áreas de Ciencia y Tecnología de la *Sección de Ciencia del Departamento de Nacional de la Agencia EFE*.

En cuanto a los dos Accésit, fueron para *Jorge Alcalde*, de la revista española *Muy Interesante*, por su trabajo “*Nanotecnología, una revolución en nuestras manos*”, y para los trabajos publicados en el diario *El Litoral (de Santa Fe, Argentina)* por *María Sol Pogliani* y *Enrique A. Rabe*.

Tras las jornadas de intercambio de conocimiento, durante los días 2 y 3 de abril de 2003, los asistentes al Congreso tuvieron la posibilidad de visitar distintos Centros Tecnológicos de toda España, con el fin de conocer la actividad que en ellos se desarrolla y abrir nuevas vías de cooperación. ■

FE DE ERRATAS

AGILE: Un desarrollo español en la vanguardia del grafismo para TV en directo

En el artículo aparecido en el número 6 de ACTA CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA “AGILE: Un desarrollo español en la vanguardia del grafismo para TV en directo” se deslizó el error de poner el nombre del autor Demetrio Tola cuando realmente es Dalmacio Tola, y además hubo el olvido de mencionar los **AGRADECIMIENTOS**, que dicen como sigue: Quisiéramos mostrar nuestro reconocimiento y agradecimiento a la Dirección General de Investigación de la Consejería de Educación de la Comunidad de Madrid que nos ha ayudado económicamente a través de su Plan Regional de Investigación Científica e Innovación Tecnológica (proyecto nº 09/0056/2000) y al departamento de Automática, Ingeniería Electrónica, e Informática Industrial de la ETSII-UPM, sin cuya aportación científica no hubiera sido posible este proyecto.

PLACAS DE HONOR DE LA ASOCIACION

Placa de Honor 2002 concedida a Felipe Criado Boado

Felipe Criado Boado, placa de honor al mérito científico de la AEC 2002, es arqueólogo. Su trayectoria científica ha estado ligada a la Universidad de Santiago de Compostela, donde obtuvo su licenciatura (1982) y doctorado (1989) y de la que fue profesor titular desde 1991. En 2000 se integra en el CSIC como Profesor de Investigación en el Instituto de Estudios Gallegos Padre Sarmiento, y desde 2003 ocupa el cargo de Coordinador Científico-técnico del Área de Humanidades y Ciencias sociales.

Resulta poco menos que imposible hacer justicia a la trayectoria científica del profesor Criado en una presentación tan breve como esta. Y no me refiero sólo a la imposibilidad material de sintetizar en pocas líneas un *curriculum* tan denso en iniciativas y realizaciones, tan diversificado en sus centros de interés y planos de actividad y al mismo tiempo tan coherente y comprometido con una idea de lo que su disciplina, la Arqueología, puede y debe ser hoy y con el programa de práctica científica (y praxis social) que de esta idea se deduce. Sólo me cabe tratar de dar idea a los lectores de *Acta Científica y Tecnológica* de la importancia de esa trayectoria, de esa idea de la Arqueología y de las realizaciones que resultan de su práctica en la configuración actual de nuestra disciplina y en el planteamiento de su futuro. Porque, en efecto, puede decirse que muchas cosas han cambiado, para bien, en la Arqueología como consecuencia de los caminos abiertos por Criado.

En primer lugar en el plano de la propia definición de la Arqueología y su teoría, un campo especialmente problemático para una disciplina fronteriza, como es la nuestra. Criado ha desarrollado una permanente labor en este campo desde sus primeros trabajos en los ochenta, como destacado representante de la generación de arqueólogos españoles que emprendimos durante esa década la ruptura con los caducos moldes de la "concepción heredada". Pero incluso en esta tarea generacional de renovación, la posición de Criado fue extremadamente original: mientras que la mayoría de sus contemporáneos la abordábamos desde posiciones más o menos comprometidas con el neo-positivismo y el materialismo, él aportaba un caudal de pensamiento procedente del estructuralismo y otras tradiciones, reivindicando para el conocimiento arqueológico los extensos territorios de lo simbólico, lo imaginario y el pensamiento, para desde ellos abordar la interpretación de las sociedades del pasado. Esta posición resultaba entonces doblemente subversiva, puesto que chocaba tanto con la "concepción heredada" como con la mayor parte de las visiones "renovadoras". Pero a la larga puede decirse que Criado, más que cualquier otro autor, ha venido desarrollando un pensamiento arqueológico coherente y completo, que ha resultado tremendamente fecundo, influyente y atractivo incluso para quienes nos movemos en coordenadas teóricas diferentes. Creo que eso es lo mejor que puede decirse sobre la aportación de un teórico.

La forma ejemplar en la que ese pensamiento se ha aplicado a la práctica tiene también un valor de paradigma para el conjunto de la disciplina. El principal logro de esta práctica ha sido la decisiva contribución de Criado a la definición y consolidación de la **Arqueología del Paisaje** como campo de interés disciplinar que ha marcado el desarrollo de la Arqueología en las dos últimas décadas. El enfoque de Criado en este campo ofrece un ejemplo de cómo un discurso teórico extremadamente profundo en su alcance intelectual puede al mismo tiempo dar lugar a una práctica científica extraordinariamente eficaz, incluso juzgada desde las perspectivas más convencionales de la disciplina. Así los resultados obtenidos en sus investigaciones no sólo ofrecen inéditas perspectivas interpretativas sobre lo que ya sabíamos acerca los problemas en los que ha trabajado (centrados sobre la prehistoria reciente del NW peninsular: Neolítico, Megalitismo, Edad del Bronce, Cultura Castreña, Arte Rupestre...), sino que han supuesto un crecimiento objetivo de nuestros conocimientos sobre ellos, demostrando una vez más que no hay una buena práctica posible sin una buena teoría, al desvelar aspectos hasta ahora desconocidos del registro arqueológico gallego.

Pero ninguna de estas realizaciones hubiera sido posible si la práctica de la investigación básica por Criado, que hasta aquí he comentado, no estuviera indisolublemente ligada a su concepción visionaria de lo que debe ser la investigación aplicada en Arqueología hoy. En este sentido, la creación en 1991 del Grupo de Investigación en Arqueología del Paisaje en la Universidad de Santiago de Compostela debe considerarse también un hito trascendente en nuestra disciplina. Este grupo se integró en 1997 en el Instituto Tecnológico de la USC como Laboratorio de Arqueología y formas culturales y en la actualidad se vincula como "unidad asociada" al Instituto de Estudios Gallegos Padre Sarmiento del CSIC. Constituido por más de treinta investigadores y técnicos, y dotado de infraestructuras y recursos tecnológicos punteros, constituye sin duda, la más importante unidad autofinanciada de investigación desarrollada dentro de un OPI en el campo de las Humanidades. Esta unidad ha mostrado la potencialidad de los centros públicos en la satisfacción de la demanda social creada por la creciente sensibilidad ante la conservación y puesta en valor del patrimonio arqueológico, y la posibilidad de satisfacer esta demanda con altas exigencias de calidad científica, así como de transformar los resultados de actuaciones técnicas (evaluaciones de impacto de obras públicas, seguimiento de las mismas, proyectos de puesta en valor de yacimientos, conjuntos y paisajes arqueológicos, etc.) en materiales científicos de primer orden. La labor del grupo liderado por el profesor Criado ha producido, por otra parte, un corpus sistemático de líneas metodológicas y protocolos de actuación que han contribuido de forma decisiva a elevar la calidad de las actuaciones patrimoniales en toda España, y constituyen una referencia ineludible en el campo de la Arqueología pública.

La actividad de Criado no se limita a estos tres frentes que acabo de comentar, sino que se extiende a casi todos los posibles regis-

tros de la actividad científica: dirección de tesis doctorales, actividad docente en centros nacionales e internacionales, presencia activa en importantes organismos asociativos profesionales internacionales y en comités editoriales de varias revistas científicas, cooperación con científicos de Europa, América y Asia, dirección de proyectos, organización de eventos científicos, etc. Ha producido una ingente cantidad de escritos (11 libros, 96 artículos científicos, 19 artículos de divulgación, 54 comunicaciones a congresos...). Hay que señalar también su preocupación activa por la relevancia social de la Arqueología y por nuevas formas de comunicación del conocimiento.

En fin, contemplando el *curriculum vitae* del profesor Criado uno queda deslumbrado por la calidad, cantidad, originalidad y peso específico de sus aportaciones a la Arqueología y, en términos más

generales, a la dignificación científica de las disciplinas humanísticas. Si además uno tiene la fortuna de conocerle personalmente, y sabe de la riqueza de su vida familiar y social, su capacidad de disfrutar de la vida, de dar y recibir afecto, no puede por menos de preguntarse: ¿cómo es posible utilizar tan eficientemente el tiempo? En fin, aunque hay colegas que hablan de misteriosos pactos fáusticos, los que conocemos a Felipe sabemos que su secreto está precisamente, además de en su extraordinaria capacidad de trabajo, en su calidad humana: su capacidad de rodearse de excelentes colaboradores y formar equipos ilusionados, su generosidad, su disposición para escuchar y aprender, su curiosidad intelectual contagiosa; en resumen: su habilidad para tejer redes de cooperación científica que funcionan bien porque también lo son de amistad.

Juan Vicent

Placa de Honor 2002 concedida a la Asociación Juvenil, ISMIC

La Asociación Juvenil: Instº San Miguel de Iniciativas Científicas con sede en Madrid y delegaciones en diversos lugares de la geografía española, ha sido galardonada este año con la Placa de Honor que concede anualmente la AEC (Asociación Española de Científicos) que ha decidido en la Junta de Gobierno celebrada el pasado 17 de septiembre conceder dicho honor al ISMIC por su valiosa aportación a lo largo de su historia de casi 35 años en favor del fomento de las vocaciones científicas entre la juventud en nuestro país .

Con la concesión y entrega de estas Placas de Honor, la AEC que cuenta entre sus miembros a destacados científicos españoles y divulgadores de la Ciencia, pretende no sólo premiar una trayectoria dedicada al crecimiento y desarrollo de la Ciencia en nuestro país en todos sus aspectos: científicos, tecnológicos, de desarrollo, de divulgación...sino también estimular el entusiasmo, apoyo social y empresarial que tanto necesita la Ciencia Española a pesar de los esfuerzos de todo tipo que se vienen realizando en nuestro país en este sentido en los últimos años. Tener buenos y muchos científicos en España requiere como paso previo a todos, el sembrar desde la infancia y la juventud el interés y amor (lo que todos llamamos "vocación") por la actividad científica y tecnológica.

En este sentido durante ya su larga historia el ISMIC ha realizado una intensa labor de fomento del espíritu científico e investigador entre la juventud haciéndola compatible con el sentido humano que debe tener la tarea científica. Sin entusiasmo

no se puede lograr nada en la vida y el Fundador y Presidente del ISMIC, presente hoy entre nosotros, mi apreciado amigo: Luis San Miguel de la Cámara ha sabido contagiar este entusiasmo por la Ciencia entre miles de jóvenes españoles, y muchos de ellos no tan jóvenes ahora (aunque siempre de espíritu) que ahora nos dedicamos ya profesionalmente a la actividad científica.

El ISMIC a lo largo de sus etapas ha pasado por toda clase de vicisitudes y ha superado siempre numerosos problemas e incomprendiones para sobrevivir como asociación, a pesar de sus numerosos logros entre los que cabe destacar: En sus inicios la concesión del Premio Holanda (que concedía entonces la cadena SER y la empresa Philips), los cursos de Astronomía que se celebraron en estrecha colaboración con la Universidad Complutense de Madrid, las innumerables Exposiciones Itinerantes que se han celebrado hasta la fecha en numerosas ciudades españolas, la creación y actividad durante más de siete años del primer y creemos que único Aula Científico Municipal en Torreldones, la publicación periódica de la revista: La Neurona que dedicó un número monográfico al 90 Aniversario de la Concesión del Nobel a Cajal con participación de destacados miembros de la vida política y científica española...etc... y etc...y todo ello llevado con la bandera de la independencia respecto a cualquier grupo o sector, lo que ha hecho siempre mucho más difícil la inmensa tarea del ISMIC.

Por todo ello, felicitamos a esta Asociación, animándola y apoyándola para que siga siendo germen de crecimiento de nuevos científicos y/o al menos de ciudadanos defensores y amantes de la Ciencia desde otras actividades profesionales.

Jesús María Rincón

Placa de Honor 2002 concedida al Grupo Antolín

La AEC, en la Asamblea General Ordinaria el 12/12/2002, celebrada en la Casa de América, Palacio de Linares, concedió su Placa de Honor al Grupo Antolín, en reconocimiento

a su labor en el campo de la investigación científica y el desarrollo tecnológico.

En el artículo publicado en este mismo número de ACTA CIENTIFICA Y TECNOLOGICA, en la página 14, se destacan los méritos tenidos en cuenta para conceder el citado premio.

Placa de Honor 2002 concedida a Francisco Sánchez Martínez. De Canarias al Universo

Tuvimos nuestras dudas para conceder a Francisco Sánchez la placa de honor de esta asociación. Nuestra modesta distinción a una figura tan abrumadoramente reconocida y premiada se nos antojaba tan cuestionable y fuera de lugar como conceder un premio de redacción castellana a Miguel de Cervantes y Saavedra. Sobre todo si se tiene en cuenta que la intención más viva de nuestra asociación es distinguir a científicos emergentes en cuanto a excelencia que quedan ayunos de premios y reconocimientos, porque tira mucho la inclinación a distinguir a los que ya están sobradamente distinguidos y aun a los “budas” de la Ciencia, resultando así que el prestigio de la institución premiadora se acrecienta más que el del premiado. A nosotros nos gusta más el papel de profetas y –en la medida en que un premio puede alentar, consolidar, caracterizar y dar a conocer a un científico– nos gusta más el papel de Pimpinela Escarlata.

A pesar de todo esto, nos alegramos de haber dado nuestra distinción a Francisco Sánchez, porque si él es un triunfador a escala mundial (quizá más conocido y reconocido allende nuestras fronteras) todavía no ha triunfado en España la idea que él como nadie encarna en nuestra patria: la importancia de la promoción y de la gestión científica.

Francisco Sánchez, que es un importante investigador en Astrofísica, ha sacrificado gran parte de su carrera investigadora para convertir a Canarias, y por tanto a España, en una fascinante ventana para la observación, el estudio y el conocimiento del Universo en que vivimos. Gracias a él las islas de Tenerife y La Palma son un formidable emporio tecnológico para la observación del cielo, un ágora cotidiana para el encuentro y la reflexión conjunta de los más notables astrofísicos del mundo, una escuela dotada de los mejores medios para la formación de futuros astrofísicos, tanto españoles como extranjeros, y un foco imaginativo y variado de divulgación cultural en estas materias.

La historia de este toledano de 67 años tiene el signo de la aventura y de la imaginación creadora. Una aventura con ribetes de épica del Far West o del *llanero solitario*, si recordamos el comienzo de su empeño, cuando en 1961 se estableció casi en la cumbre del Teide, en un habitáculo desprotegido, y con la pretensión de demostrar que aquel espacio era el óptimo para la observación celeste. Sólo su mujer le acompañaba, pero no era la casi soledad convivencial lo más duro de su aislamiento, sino la inexistencia de unas especificaciones metodológicas y métricas para plantear su trabajo, de forma que tuvo que ser él mismo el creador de la textura conceptual y de las tablas de medidas pertinentes.

En 1964, tras haber descubierto el cielo de Canarias para la astrofísica, Francisco Sánchez empieza a recoger su siembra. La Universidad de Burdeos instala el primer telescopio profesional en el Observatorio del Teide. Surge entonces el primer grupo de investigación astrofísica de España, comienzan las tesis docto-

rales en astrofísica, los artículos de revista científica, las comunicaciones a congresos. Este primer paso marca la pauta de lo que habrá de hacer Francisco Sánchez al servicio de la astrofísica española: vender cielo canario. Porque las instituciones científicas extranjeras que habrán de instalar sus observatorios en las islas tendrán que pagar un canon de utilización (generalmente un 20% del tiempo de uso) a la investigación astrofísica española.

Cinco años después, en 1969, se instala en el Teide el primer telescopio solar. Los astrofísicos europeos aceptan unánimes las excelencias del cielo de Canarias y las autoridades políticas españolas, tanto nacionales como canarias, caen en la cuenta del valor fungible que tiene el espacio de las islas. En 1972 el Imperial College de Londres inaugura en el observatorio del Teide el mayor observatorio de infrarrojos del mundo, y al año siguiente, en la Universidad de La Laguna se crea el Instituto Universitario de Astrofísica que incorpora al Observatorio del Teide. Dos años después, por acuerdo entre la Universidad de La Laguna, el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la Mancomunidad Insular de Cabildos de la provincia de Santa Cruz de Tenerife se crea el Instituto Astrofísico de Canarias.

En 1975, Francisco Sánchez considera que ha llegado el momento de dar una inflexión docente y formadora a su empresa: es el primer Programa Nacional para la Formación de Investigadores en Astrofísica que se realiza en el Instituto de Astrofísica de Canarias. Tres años después se inicia en la Universidad de La Laguna la licenciatura en Física aplicada a la astrofísica. En 1979 se firman los acuerdos con Dinamarca, Suecia, y Reino Unido a los que abren sus puertas los observatorios del Teide y del Roque de los Muchachos de La Palma. En 1982 el Parlamento español declara al Instituto de Astrofísica de Canarias *Consortio Público*. En 1983 comienza en dicho instituto la Escuela de Posgrado que recibe y mantiene un número apreciable de “astrofísicos residentes”. En ese mismo año Alemania firma su acuerdo de adhesión a la actividad astrofísica en Canarias, a la que luego se sumará Finlandia (1986), Noruega (1986), y Francia (1988).

En 1985, con motivo de la inauguración oficial del Instituto de Astrofísica y de los Observatorios del Teide y de La Palma acuden a las islas monarcas y miembros de familias reales de España, Dinamarca, Reino Unido, Países Bajos, y Suecia, más los Jefes de Estado de Alemania e Irlanda, doce ministros europeos y cinco premios Nobel.

No podemos extendernos a mencionar toda la cadena de instalaciones de observación y estudio que sigue a lo anteriormente mencionado hasta llegar a 1996 año en que se decide la construcción del Gran Telescopio de espejo segmentado, de diez metros de diámetro y sin duda el mayor del mundo.

En el IAC no sólo se diseña y se construye instrumentación astrofísica, sino que la busca y construcción de sus propios equipamientos y aparatajes produce un enracimamiento tecnológico que redundará en beneficio del sistema productivo canario y en la creación de empresas como *Galileo, Ingeniería y Servicios, S.A.* Estas fe-

lices derivaciones demuestran que la aventura del conocimiento (sea científico, tecnológico o innovador) constituye un frente unívoco hasta por lo que respecta a sus aplicaciones prácticas y rendimientos económicos, algo que siempre ha tenido muy en cuenta este formidable promotor de la Ciencia astrofísica. Su visión globalizadora del fenómeno científico le lleva a contar con la sociedad total y a preocuparse por la divulgación de la Ciencia, consciente de que nunca la Ciencia gozará en España de un estatuto consolidado y operativo, si la sociedad española en general no eleva su nivel de cultura científica. Por eso ha promovido la creación del Museo de la Ciencia y del Cosmos, en La Laguna, estuvo presente en la Exposición Universal de Sevilla, da cursillos de una semana a profesores de enseñanza de grado medio, organiza las llamadas *Fiestas de la Estrellas*, etc., etc. Cualquier párrafo que expongamos de la actividad de Francisco Sánchez tiene que terminar siempre con la expresión *etcétera, etcétera*, porque resulta inabarcable.

Nos hemos atrevido a dar nuestra placa de honor a Francisco Sánchez –tiene más de 20 premios de importancia mundial y es miembro distinguido de 22 instituciones científicas del mayor prestigio– para ponerlo como argumento integral y tumbativo

en la definición del hecho científico que hoy está bastante oscurecido por la adoración de la tecnología y la innovación en los medios gubernamentales y políticos y muy desnaturalizado por los científicos que piensan haber cumplido con su menester cuando han lanzado un *paper*. Si algo resulta imposible, tras conocer la obra de Francisco Sánchez, es preguntarse para qué sirve la Ciencia. El es un científico, un gestor de ciencia y un preocupado por la cultura científica del pueblo. O sea, es todo lo que atañe a la cuestión, y es eso lo que hemos querido resaltar. ¿Que además lo es en grado portentoso...? Eso ya lo saben en el mundo entero. No acredita mucho hacer esta clase de afirmaciones relativas o comparativas, pero no veo en la historia moderna y contemporánea de España un nombre más importante que el suyo en la promoción de la Ciencia española. El ha convertido a Canarias y a España en La Meca de la astrofísica europea y –si siguen así las cosas y España sigue ayudando– puede que, no tardando, tengamos que hablar de una preeminencia mundial. Y después de todo esto hay que decir que es un tipo sencillo de trato y sumamente simpático, algo que de seguro le ha ayudado en sus hábiles manejos nacionales e internacionales.

Jesús Martín Tejedor

NOTAS

Liderazgo empresarial hacia la innovación

Un objetivo central en la comprensión de las decisiones económicas es el estudio de la figura del líder empresarial como motor de la transmisión del proceso y estilo de gestión a toda la estructura de la empresa.

Todos podríamos hacer un buen listado de virtudes del líder ideal : buen comunicador, ingenioso, perspicaz, autocrítico , motivador, leal, íntegro, etc., pero alguien diría: ¿innovador?

Si diferenciamos los comportamientos estructurales del mercado y los comportamientos innovadores propios de las empresas y nos fijamos exclusivamente en estos últimos veríamos que la decisión de innovar que toma el gestor está supeditada en gran medida a la recepción de ayudas o subvenciones para el desarrollo del propio proceso innovador siendo ésta una variable muy significativa para la decisión de invertir como la de cooperar para la innovación. La intervención de las Administraciones Públicas como los Organismos Intermedios de apoyo juegan un papel importante condicionados también por el nivel de profesionalización en la gestión, la cualificación de la mano de obra y el tamaño de la estructura con la que van a trabajar.

En base a la tipología de la empresa y el análisis del comportamiento innovador a nivel microeconómico, es interesante señalar que las pequeñas y medianas empresas industriales mantienen en general estrategias defensivas, o reactivas ante la innovación frente a un comportamiento agresivo o proactivo. Los

nuevos procesos, o nuevos tributos que se incorporan a los productos no se utilizan como baza competitiva sino que la pyme trata de captar su mercado normalmente maduro diferenciándose sólo en el precio.

La nueva economía se impone cada vez más a través de sectores con alta tecnología caracterizados por su grado de complejidad y por la rápida renovación de conocimientos, que hace de motor de empuje para el resto de sectores y de empresas.

Las innovaciones son tan continuas y radicales en el mercado que en las ramas de actividad que son muy específicas y tradicionales amenazan con dejar obsoletos productos actuales en períodos de tiempo relativamente cortos; todo ello exige un continuo esfuerzo en investigación y una sólida base tecnológica. Esta situación demanda un abanico particular de recursos y capacidades (personal altamente cualificado, acceso al conocimiento científico y tecnológico, etc.) que habitualmente las pequeñas y medianas empresas (comúnmente denominadas pyme) no poseen en su totalidad. De este modo, deben establecer acuerdos de cooperación que les proporcionen inputs críticos para afrontar el entorno de incertidumbre y rápido cambio tecnológico en el que están inmersas. Estas alianzas estratégicas se concretan en: acuerdos horizontales con competidores directos, y acuerdos verticales con Universidades, Institutos Tecnológicos y Organismos Públicos de Investigación principalmente que hacen que las pyme tengan acceso directo a los últimos avances del sector.

José María Guijarro y Jorge
Subdirector de A.I.D.O. Doctor en Economía

aquéllos que confían en FRITTA
obtienen mucho valor

porque saben que si el diseño vanguardista se funde con un
servicio personalizado el resultado sólo puede ser uno:

valor para su marca

Fritta, s.l.
CV-20 Km 8 Apdo 293
12200 ONDA (Castellón) España
Tel. (+31) 961 52 01 37 Fax (+31) 961 53 07 09
www.fritta.com - e-mail fritta@fritta.com

Fritas, Esmaltes y Colores Cerámicos

Fritta



EL DISEÑO SE MUEVE



El pasado

es un prólogo

Para buscar los orígenes de Inasmet hay que remontarse a 1962, cuando un grupo de técnicos y empresarios fundó la Asociación Técnica de Fundidores de Gipuzkoa. Eran otros tiempos, otros recursos, pero lo que no ha cambiado con el tiempo es la ilusión por ser eficaces y dar respuesta a la empresa para que sea más competitiva.

Desde entonces hemos crecido en servicio, recursos, actividad y organización, hemos crecido como empresa. Sin embargo, no queremos hablar del pasado sino de las nuevas tecnologías que estamos desarrollando para que nuestros clientes lideren la innovación en cada uno de los sectores en los que trabajan. Su futuro es el nuestro.



inasmet

Mikeletegi Pasealekua, 2 Parque Tecnológico/Teknologi Parkea - E-20009 DONOSTIA/SAN SEBASTIAN
Tel.: +34 943 00 37 00 - Fax: +34 943 003800 - www.inasmet.es

tecnalia
Corporación Tecnológica