

# Apuntes de CIENCIA y Tecnología

Boletín de la Asociación para el Avance de la Ciencia y la Tecnología en España (AACTE)

Número 9, diciembre de 2003

ISSN: 1577-6794

## Contenido:

	Pág.
<b>CORRESPONDENCIA</b> .....	4
<b>NOTICIAS DE LA AACTE</b> .....	7
Nueva Junta Directiva de la AACTE: 7. Resumen de las actividades de la Junta Directiva saliente: 9. Mejora de los recursos de internet de la AACTE: 11.	
<b>OPINIÓN:</b>	
<b>Acceso libre a las publicaciones científicas</b> , por Javier G. Corripio .....	12
ESPECIAL CIENCIA-EMPRESA	
<b>Starting-up en el sur de Europa: a man with a plan</b> , por Laureano Simón Buela .....	13
<b>Opiniones de la AACTE sobre el tema Ciencia-Empresa</b> ( <i>Recogidas de la lista interna de correo electrónico</i> ) .....	19
<i>Becarios vs autónomos</i> , por Angel Cebolla: 19. <i>Apuesta de futuro</i> , por Máximo Florín: 20. <i>¿Investigadores con vocación empresarial o empresarios con vocación investigadora?</i> , por Amelia Sánchez Capelo: 20. <i>Transferencia de Tecnología</i> , por Miguel A. Cambor: 21. <i>Relación I+D pública-privada</i> , por Rafael Rodríguez Puertas: 21	
<b>NOTICIAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b> .....	15
Nuevo ministro y nuevo Plan Nacional de I+D+i (2004-2007): 23. La UE elige Cadarache (Francia) como candidatura única al ITER: 24. El Sincrotrón de El Vallés: 25. Campaña de la Fundació per la Pau contra la investigación militar: 25. Premios Nobel 2003: 26. Breves: 27. <u>Dossier</u> : <i>Acceso libre a las publicaciones científicas</i> : 27.	
<b>ARTÍCULOS:</b>	
<b>Nanotecnología: el motor de la próxima revolución tecnológica</b> , por Pedro A. Serena y Antonio Correia .....	32
<b>Réplica al artículo “Deconstrucción de los tribunales del CSIC en el período 1985-2002: Profesores de Investigación en el Área de Física”</b> , por José L. Huertas ...	42
<b>Respuesta a la réplica de José L. Huertas</b> , por Germán Sierra .....	46
<b>EL RINCÓN PRECARIO</b> .....	48
<b>El largo camino hacia el pretendido “Estatuto del becario”</b> , por Joaquín de Navascués ...	50
<b>FAQs del Estatuto del Becario</b> , por Joaquín de Navascués y Cristina Muñoz .....	53
<b>CRÍTICA DE LIBROS:</b>	
<b>“Investigar en España es llorar”</b> , de Marià Alemany Lamana, por Rosendo Vílchez .	55

## **INSTRUCCIONES A LOS AUTORES**

Se pueden hacer tres tipos de contribuciones a la revista “Apuntes de Ciencia y Tecnología”: a) cartas; b) artículos de opinión; y c) artículos científicos. No es necesario ser socio de la AACTE para contribuir a la revista. En todos los casos los textos y figuras deberán ser enviados por correo electrónico al director, a la dirección [a.gutierrez@uam.es](mailto:a.gutierrez@uam.es). Los ficheros de texto deberán estar en formato ASCII, MS-Word o RTF. Los ficheros gráficos podrán estar en cualquier formato de uso extendido.

### **A. Cartas**

Las cartas dirigidas a la revista se publicarán en la sección “Correspondencia”. Su longitud no deberá exceder las 400 palabras. El contenido de las cartas deberá estar relacionado con algún artículo o carta publicado en algún número previo de “Apuntes de Ciencia y Tecnología”, de forma que fomenten el debate y el intercambio de ideas sobre los contenidos de la revista. También se aceptarán cartas relacionadas con algún tema debatido en cualquier foro promovido por la AACTE, como sus listas de correo electrónico, así como con otros temas de actualidad o interés relacionados con la Ciencia y la Tecnología en España. En estos casos, y si la Dirección lo considerara más adecuado, se propondrá a los autores la inclusión de los textos en la sección de “Opinión” de la revista. Una modalidad de carta podría ser un chiste o viñeta sobre algún tema científico o de política científica.

### **B. Artículos de opinión**

La extensión de los artículos de opinión no deberá sobrepasar las 2000 palabras. Deberán tratar sobre temas científicos o de política científica de actualidad o interés. Como criterio general para la aceptación de un artículo de opinión, el Consejo Editorial vigilará que su contenido esté de acuerdo con las ideas defendidas por la AACTE y reflejadas en sus estatutos, que pueden consultarse en la página web de la asociación ([www.aacte.es](http://www.aacte.es)). También se aceptarán aquellos otros artículos que discutan o critiquen científica y correctamente las ideas dominantes en la AACTE.

La revista “Apuntes de Ciencia y Tecnología” no comparte necesariamente las opiniones vertidas en los artículos de opinión que publica, que expresan la posición personal de sus autores.

### **C. Artículos científicos**

Los artículos científicos no deberán sobrepasar las 5000 palabras, y deberán estar escritos en un estilo de alta divulgación, en español o en inglés. Se pretende que los artículos científicos publicados en “Apuntes de Ciencia y Tecnología” puedan ser leídos y entendidos por otros científicos no especialistas en el tema, a la vez que realizan aportaciones valiosas para los científicos que trabajan en temas afines.

Los artículos científicos deberán incluir un título, un resumen y una lista de referencias, y podrán incluir tablas y figuras. Para ajustar la longitud del artículo, cada figura o tabla con el ancho de una columna equivale a 150 palabras por cada 10 cm de altura, mientras que si el ancho de la tabla o figura es mayor su equivalencia son 300 palabras por cada 10 cm de altura. La longitud del resumen no debe sobrepasar las 150 palabras.

Los artículos podrán contener resultados ya publicados, siendo en este caso responsabilidad exclusiva del autor obtener los permisos correspondientes de las revistas o libros donde hayan sido publicados para reproducirlos en “Apuntes de Ciencia y Tecnología” en forma divulgativa. El contenido de los artículos será revisado por un especialista de la misma área de conocimiento o de un área afín, quien aconsejará sobre su publicación.

**DIRECTOR**

Alejandro Gutiérrez

**SUBDIRECTORES**

Paqui López (Correspondencia),  
Pablo Aitor Postigo (Noticias de la  
AACTE), Amelia Sánchez Capelo  
(Artículos Científicos)

**REDACTORES JEFE**

Miguel Angel Cambor (Noticias de  
Ciencia y Tecnología), Rosario Gil  
(Rincón Precario), Germán Sastre  
(Crítica de Libros)

**REDACTORES**

Rosendo Vílchez (Crítica de  
Libros), Juan F. Gallardo (Noticias  
de Ciencia y Tecnología)

**CONSEJO EDITORIAL**

Rafael Alonso, Antonio Aparicio,  
Eugenio de Groote, Antonio  
Delgado, Carmen F. Galaz, Juan F.  
Gallardo, Cristina García Viguera,  
Julio Gutiérrez, José Niño Mora,  
Rafael Rodríguez Puertas, Luis Rull,  
Luis Santamaría, Germán Sastre

**JUNTA DIRECTIVA DE LA AACTE**

Presidente: Amelia Sánchez Capelo  
Vicepresidente: Jordi Pérez i Tur  
Tesorero: Pablo Aitor Postigo Resa  
Secretario: Rosendo Vílchez Gómez  
Vocales: Máximo Florín Beltrán,  
Rosario Gil García, Germán Sastre  
Navarro

*Apuntes de Ciencia y Tecnología* es  
una publicación de la Asociación  
para el Avance de la Ciencia y la  
Tecnología en España (AACTE).

<http://www.aacte.es>

*Apuntes de Ciencia y Tecnología* no  
comparte necesariamente las  
opiniones vertidas en los artículos  
firmados, que expresan, obviamente,  
la posición de sus autores.

Los textos publicados pueden ser  
reproducidos sólo bajo autorización  
expresa del Director y siempre  
citando la fuente.

© 2003 AACTE

Para cualquier asunto relacionado  
con la revista, contactar mediante  
correo electrónico con el Director,  
en la dirección [a.gutierrez@uam.es](mailto:a.gutierrez@uam.es)

Los números atrasados pueden  
consultarse en la página web de la  
AACTE: <http://www.aacte.es>

A principios de este mes de diciembre se conoció la nueva Junta Directiva de la AACTE, tras ser elegida en las elecciones celebradas el pasado mes de noviembre. La nueva Junta, que mantiene a tres directivos de la Junta anterior y renueva a otros cuatro, comienza su andadura con ilusión y con ganas, según se desprende de las propuestas que incluyeron en su programa electoral, y que han confirmado al tomar posesión del cargo. Entre estas propuestas se mantienen algunas actividades habituales en la AACTE, como la vigilancia de las actividades de la gestión pública del sistema científico español, denunciando públicamente los casos en que no se respeten los criterios de igualdad, mérito y capacidad, especialmente en los casos de selección y promoción de personal investigador. Entre las propuestas más novedosas de la nueva Junta destacan la creación de comités científicos internos por áreas de conocimiento, o la transformación de la vocalía asociada a la Vicepresidencia en Vocalía de Relaciones, que se ocupará de coordinar acciones con otras entidades y asociaciones.

En este número de Apuntes se incluye un resumen de las actividades de la AACTE durante la presidencia de Luis Rull. Además de servir de homenaje a su labor al frente de la anterior Junta Directiva, creemos que es importante recordar de vez en cuando las iniciativas y acciones que se llevan a cabo desde la asociación. Es verdad que hay temporadas de menor actividad, y tal vez se pueda hacer más de los que se hace. Pero, teniendo en cuenta el carácter altruista de la labor de la Junta Directiva, las actividades e influencia de la AACTE durante el mandato anterior han sido considerables. La última de las acciones de la Junta Directiva saliente ha sido la mejora de los recursos de internet de la Asociación, tarea en la que se venía trabajando desde hacía varios meses y que repercutirá muy positivamente en la imagen de la AACTE y en la comunicación interna entre los socios.

Otra de las actividades recientes de la AACTE ha consistido en un debate interno sobre las relaciones entre Ciencia y Empresa, especialmente sobre creación de empresas en torno a ideas o resultados científicos con posibilidades de explotación. Hemos querido hacernos eco de dicho debate incluyendo un apartado especial "Ciencia-Empresa" en la sección de Opinión de este número, en el que se incluyen opiniones de varios socios sobre el tema recogidas de la lista de correle interno de la AACTE.

Respecto al panorama nacional, destacan este último trimestre la aprobación del nuevo Plan Nacional de I+D+i y el descarte de Vandellós como candidata a albergar el proyecto ITER. No estaría de más que se emplearan parte de los fondos que se prometían para este proyecto en mejorar la Ciencia de base, especialmente en el apartado de capital humano. En este apartado también destaca la aprobación del nuevo Estatuto del Becario, que tras hacerse esperar más de dos años, nace con gran polémica, habiendo recibido fuertes críticas por parte del colectivo al que va dirigido. Destacamos también en este número, haciéndonos eco de los informes de la Fundació per la Pau, el preocupante aumento de los fondos destinados a la I+D militar, que en ocasiones ni siquiera es I, ni D.

Finalmente, en la sección de Artículos incluimos uno acerca de la Nanotecnología, donde se esbozan las implicaciones de esta disciplina como motor de la próxima revolución tecnológica.

## CORRESPONDENCIA

### Baremos

El siguiente baremo, que se podía encontrar en las páginas web de una universidad española, corresponde al anuncio de unas plazas para profesorado de dicha Universidad, creo recordar que de Profesor Interino o Contratado. No es demasiado importante cuál es la Universidad, ya que son muchas las que presentan baremos similares a la hora de asignar plazas temporales o interinas en las que los departamentos tienen completo poder de decisión.

A) Por titulación y formación relacionadas con la plaza objeto de concurso, hasta 2 puntos.

B) Por docencia e investigación relacionados con la plaza objeto de concurso, hasta 2 puntos:

B.1. Por la actividad docente, hasta 1 punto.

B.2. Por la actividad investigadora, hasta 1 punto.

C) Por otros méritos, hasta 1 punto:

C.1. Por otras titulaciones, hasta 0,25 puntos.

C.2. Por cursos y cursillos, hasta 0,25 puntos.

C.3. Por actividad profesional, hasta 0,25 puntos.

C.4. Por Becas, hasta 0,25 puntos.

D) Por el grado de adecuación a las necesidades docentes e investigadoras de la plaza, según el informe del departamento, hasta 5 puntos.

Lo que traducido a la vida real viene a querer decir que una persona titulada en el tema de la plaza y con dos carreras más, que ha ganado el Premio Nobel, con veinte años de experiencia docente en centros de gran prestigio internacional y que ha dirigido y llevado a término dos grandes proyectos internacionales con un montante total de 10 millones de euros, alcanza cinco puntos en los apartados A, B, y C —o al menos eso se espera.

Podría alcanzar cinco más en el apartado D —pero podría también no sacar ninguno.

Mientras, una persona que no reúna ningún mérito especial más allá de la titulación objeto del concurso, pero que sea apreciada (por

cualquier razón) por los miembros del departamento, sale de partida con 7 puntos (apartados A y D).

El problema de este tipo de baremos es, como siempre, la inexistencia de responsabilidades a posteriori. Personalmente apoyaría encantado un baremo con un único punto "D", escrito con las mismas palabras que el presente, al que se asignaran 10 sobre 10 puntos. De este modo el Departamento en cuestión, sin necesidad de procesos burocráticos más o menos convolucionados, podría elegir al candidato que mejor se adaptara a sus necesidades.

Por supuesto, una revisión (externa) de la actuación de tal candidato una vez asumido por el departamento debería, con el tiempo, demostrar el acierto del departamento en su capacidad de selección del personal "más adecuado a sus necesidades". Un departamento que demostrara repetidamente su incapacidad para reconocer sus propias necesidades sería un claro candidato a no gozar en el futuro de nuevas ampliaciones de plantilla, y además sería valorado negativamente en las solicitudes de fondos de investigación y/o docencia que realizara.

Tan simple, pero tan complicado. En otros sitios, funciona.

*Alberto Fernández Soto*  
Socio de la AACTE  
Universidad de Valencia



### Sobre la valoración de los méritos docentes

En todo concurso de méritos o concurso oposición para cubrir plazas de profesor asociado o titular (con la LRU) o en los procesos de acreditación y habilitación (con la LOU), uno de los apartados (en muchos casos de importante peso) es en el que se valoran los méritos docentes.

Como a mí personalmente me gusta, siempre que es posible, actuar bajo premisas lógicas, el modo en que se valora esto de los méritos docentes me disgusta en especial. ¿Por qué el haber dado clases tiene que ser un

merito, por sí mismo? ¿en que se basa eso? ¿es aquello de "se valorará experiencia previa"? ¿sólo la experiencia es ya de por sí un mérito? Nunca lo entendí y nunca lo entenderé.

Si uno, además de justificar su docencia, aportara una evaluación de la misma por su departamento (valdría lo mismo que nada), o por los alumnos (en muchos sitios creo que aún no se hace, ¿o se está empezando?), pues quizás se podría equiparar a un mérito (o demérito, según el resultado de esa evaluación). Pero por sí sólo, el hecho de haber dado X meses o X años de clases a mí no me dice nada.

En un sistema como el universitario español (no sé en otros países) donde se es profesor sin haber dado un solo curso de pedagogía y/o didáctica (salvo en carreras concretas que estudian estos temas), me parece absurdo considerar un mérito el número de clases impartidas.

Conozco a catedráticos a punto de jubilarse que no han dado una sola clase razonablemente buena en toda su carrera docente. Y del mismo modo conozco a becarios con gran vocación por la docencia que se preparan las prácticas de laboratorio o clases como ya quisieran algunos titulares. Entonces, ¿por qué debe medirse como mérito el número de clases? ¿se valoran quizás las publicaciones por el número de páginas?

Me parece absurdo que para acreditarte como que "puedes dar clases" hayas tenido que "dar clases". Es un círculo vicioso. ¿Cuándo te pueden dar la primera oportunidad? En el caso actual de la ANECA, ¿son más permisivos en las acreditaciones a categorías inferiores a PCD?

Vaya por delante que no creo que ser buen investigador sea sinónimo de buen docente. Ni a la inversa. Creo que son dos cosas bastante distintas que no tienen por qué coincidir siempre en una misma persona, aunque por el bien del alumnado sería lo deseable.

*José A. Cuesta*  
Socio de la AACTE  
Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía



### **Incorporación al sistema español**

He impartido clases en Inglaterra desde 1975. Nunca se me pidió el ser doctor para hacerlo. No tuve que hacer oposiciones, pero sí presentarme a la plaza cuando esta salió y demostrar que tenía más méritos que mis competidores. Al principio me dieron un contrato temporal, que se convirtió en

permanente al poco tiempo. Cuando mi contrato era temporal pensé en hacer un doctorado para que me ascendieran a fijo. Cuando me hicieron fijo, las publicaciones contaban más que los títulos, y de lo que había hecho para el doctorado saqué tres publicaciones. Luego vinieron más. Cuando tuve bastante publicaciones sobre un mismo tema argüí que esto era equivalente a un doctorado. Me nombraron un tribunal, me examinaron, me hicieron doctor, y me ascendieron. Cuando tuve más publicaciones me volvieron a ascender. Durante este tiempo dí muchísimas horas de clase, como todo el mundo que trabaja en una universidad.

Cuando decidí probar suerte en España, para lo que vino muy bien la convocatoria Ramón y Cajal, me encontré con que para las plazas a las que me gustaría aspirar por mi experiencia y conocimientos se me exigía un doctorado, descubrí que mi doctorado no era aceptable a no ser que estuviera homologado, y me dí cuenta de que mi experiencia docente no contaba. Claro está que España en el siglo XXI es un lugar razonable y todo se puede solucionar. La solución pasa por hacer papeles, más papeles, y más papeles. Puedo homologar mi título de doctor en Inglaterra (cosa de la que ya me estoy ocupando) y puedo pedir un permiso especial para que me cuenten la docencia en Inglaterra. Esto último lo haré pronto. ¿Para qué? Para poder pedir que me acrediten o que me permitan presentarme a la habilitación, es decir, más papeleos y burocracia, antes de que me pueda presentar a una plaza, si es que la hay.

Yo siento que lo que importa en España son las formas y no los conocimientos, la contribución al progreso de la ciencia, o los méritos docentes. Quienes hemos roto lanzas en el extranjero nos encontramos desarmados en esta sociedad.

Mientras tanto, la universidad inglesa en que estaba me habla de la posibilidad de un ascenso si regreso. Es tentador y es triste.

*Cecilio Mar Molinero*  
Universidad Politécnica de Cataluña



### **Año Geofísico Internacional**

Las actividades y preparativos relacionados con el Año Geofísico Internacional seguramente parezcan más cercanos a las preocupaciones

de la comunidad científica española. El tema del año polar igual resulta más distante, aunque hay tres bases antárticas españolas y la tradición se remonta a Alejandro Malaspina, que anduvo por Alaska y Patagonia, navegando entre hielos y nombrando algunos de los mayores glaciares de Norteamérica. La justa recompensa por su labor exploradora, aventurera y científica, de acuerdo a la política de promoción del I&D de la época, elogiada por el ministro Godoy, fue un alojamiento a perpetuidad con vistas al Océano Atlántico: La prisión del Castillo de San Antón, en la Coruña, y la prohibición de publicar sus trabajos de por vida.

Lo digo no vaya a ser que alguno o alguna se emocione con el tema y luego se lleve alguna sorpresa, que seguro que alguna ley de Godoy todavía anda vigente en materia científica española.

*Javier G. Corripio  
Centre d'Etudes de la Neige  
St. Martin d'Herès, Francia*



### **El valor de los recursos**

¿Recurrir o no recurrir?, esa es la cuestión. Lo que aquí vengo a exponer es brevemente lo que me sucedió con una plaza que recurrí. Que sirva para que cada cual saque sus conclusiones.

En 1999 me presenté a una plaza de profesor asociado a tiempo parcial, un concurso de méritos. Aunque pueda parecer a priori que es una cosa fácil de resolver y de forma objetiva, no lo fue tanto, y el caso es que la plaza se adjudicó a alguien con menos méritos que el que subscribe. Como es lógico me enojé, y pedí explicaciones. Las que me dieron no me gustaron nada, y me convencieron menos (se hablaba de la necesidad de utilizar un criterio que permitiera “bonificar” a candidatos del

departamento frente a los de fuera). Así que dije que recurriría. Primeros comentarios y consejos: que ni se me pasara por la cabeza. Por esa vía me cerraba la puerta de forma automática. Con mi curriculum sería fácil que una futura plaza fuese para mí, pero recurriendo me convertiría en persona “non grata”, entraría en listas negras y tendría un futuro acorde a ese color. No hice caso e inicié el recurso de alzada. Lo gané en primera instancia, en la Universidad. Pero el departamento no dio su brazo a torcer, así que me tocó recurrir dos veces más, que se me estimaran otras tantas veces mis recursos y finalmente ver que se me adjudicaba la plaza “por imperativo legal”. Sí, como suena. Y finalmente, al final del verano del 2003, la Universidad de Sevilla me ingresó en mi cuenta las cantidades que debería haber percibido por haber dado esas clases que nunca puede dar: 9 meses como profesor asociado a tiempo parcial. Durante este tiempo la persona que indebidamente ocupó esa plaza fue renovado en la misma, incluso pasando a tiempo completo. Y después sacó otra plaza de asociado con diferente perfil, pero sigue ocupando la misma plaza. Sin embargo, yo no la puedo ocupar, porque esa plaza se extinguió y no se volvió a convocar, pero el hecho es que él sigue siendo el profesor de esa asignatura que se sigue impartiendo.

En este tiempo yo me fui de postdoc a EEUU y cuando regresé conseguí un contrato Ramón y Cajal en un instituto del CSIC.

Lectura final, que se puede recurrir, incluso ganar los recursos, y las cosas siguen igual, el de dentro, dentro y el de fuera, fuera. De todos modos si no recurres le haces el juego al sistema, y así nunca cambiará.

*José A. Cuesta  
Socio de la AACTE  
Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía*



## NOTICIAS DE LA AACTE

### Nueva Junta Directiva de la AACTE

Durante la semana del 24 al 28 de Noviembre de 2003 los socios de la AACTE votaron para las elecciones a la Junta Directiva (JD) de la asociación. La nueva JD resultó elegida por 40 votos favorables a la candidatura formada por los siguientes socios:

Presidenta: Amelia Sánchez Capelo

Vicepresidente: Jordi Pérez i Tur

Tesorero: Pablo Aitor Postigo Resa

Secretario: Rosendo Vilchez Gómez

Vocales: Máximo Florín Beltrán, Rosario Gil García y Germán Sastre Navarro

A continuación se detallan las propuestas que la nueva JD pretende llevar a cabo durante su mandato, entre 2003 y 2005, y que estaban incluidas en su programa electoral.

### Propuestas de la candidatura a Junta Directiva de la AACTE, 2003-2005

#### Desarrollo organizativo de la asociación

##### *Creación de comités científicos:*

La AACTE debe avanzar en su desarrollo estructural para conseguir representar todas las disciplinas de la ciencia. La creación de comités científicos debe ayudarnos a planificar nuevas iniciativas, así como revisar y evaluar otras puestas en marcha de programas científicos específicos de cada disciplina del saber. Con este objetivo organizaremos la creación de Comités Científicos. Todos los asociados formarán parte de áreas temáticas. La división será en nueve áreas de conocimiento:

- Ciencias Biológicas
- Ciencias Físicas
- Ciencias Químicas
- Ciencias de la Tierra
- Matemáticas
- Ciencias Sociales y Humanísticas
- Económicas
- Ingeniería
- Ciencias de la Información

Cada área dispondrá de un Coordinador de Área y un Ayudante de Coordinación. Estos comités servirán de canalización de problemas específicos de cada área: carencia de infraestructuras específicas, promoción de disciplinas de interés, coordinación de temas a nivel nacional, etc. Un Coordinador General de los Comités Científicos, representado por un miembro de la Junta Directiva, se comunicará regularmente con los nueve responsables de área. Se promoverá la elaboración de un informe por área en dos años.

#### Relaciones externas

##### *Relaciones con sociedades afines*

El cumplimiento de los objetivos de la AACTE necesita del intercambio de puntos de vista con las diferentes sociedades con presencia en el sistema científico y técnico español. Este intercambio debería servir para aprovechar las coincidencias existentes entre las diferentes asociaciones representativas así como para matizar las discrepancias. Ejemplos del tipo de asociaciones al que debería aproximarse la AACTE sería la Federación de Jóvenes Investigadores-Precarios y el Colectivo de Contratados Ramón y Cajal. En este sentido, cabría apoyar y apoyarse en estas asociaciones para definir posturas comunes que cada una pudiera defender de acuerdo con los objetivos propios de las asociaciones.

Para ello, se debería establecer un enlace entre nuestra asociación y estas otras agrupaciones, mediante la creación de una Vocalía de Relaciones que se encargará de asegurar una coordinación

entre las distintas asociaciones. La Vocalía de Relaciones será asignada un vocal de la Junta Directiva, cambiando el nombre de la Vocalía de Vicepresidencia a Vocalía de Relaciones.

Iniciativas que deberemos promocionar con FJI-precarios será llegar a proponer un modelo de carrera científica coherente con todas las escalas, donde los derechos y deberes de cada una queden reflejadas. Otra iniciativa será la vigilancia de la formación científica, concretamente del Doctorado, asegurándonos de la idoneidad de los criterios seguidos por los así llamados “Programas de Doctorado de Calidad”. En la actualidad se valora fundamentalmente el número de sexenios y el grado en el que se involucra el profesorado funcionario doctor de universidades distintas en un mismo programa interdisciplinar. Se debe prestar más atención a la calidad de los contenidos, evaluando a posteriori el Programa de Doctorado y sus resultados específicos.

#### *Relaciones con la sociedad.*

Debemos ser conscientes de la importancia de seguir siendo capaces de emitir informes u opiniones *autorizadas* cuando se planteen asuntos de interés social en los que la base científica sea importante y se vea manipulada por intereses espurios. Para ello las áreas temáticas propuestas serán importantes. Por otra parte, la Asociación debe hacer llegar a la Sociedad las ventajas y los problemas que tiene la Ciencia en España. Debemos hacer sentir a la gente de la calle que ellos también entienden lo suficiente de ciencia como para exigir la correcta administración de los recursos con que se dota a la investigación por los poderes públicos. De igual forma la sociedad debe saber la necesidad de *hacer Ciencia* para el progreso de este país.

Esta función está siendo ejercida con éxito por nuestra revista Apuntes de Ciencia y Tecnología. Sin embargo, los asociados debemos tomar conciencia de este aspecto importante e involucrarnos en su elaboración y difusión. La consolidación de la revista se ha realizado durante estos últimos dos años y quizá es hora de promocionarla como se merece. Para ello debemos lanzar una campaña de promoción, tanto en revistas científicas españolas como en periódicos de interés general. Sabemos de la acogida más que favorable que está teniendo y estamos seguros de su éxito e implantación como referente social científico.

Otro aspecto importante que debemos estudiar es la organización de unas jornadas presenciales, con carácter bianual, que sirvan de punto de encuentro entre todos los asociados y los agentes sociales, de presentación oficial de los documentos sobre política científica que elaboremos y los que las áreas temáticas realicen. Para conseguir este objetivo se constituirá una comisión que organice estas Jornadas AACTE para el verano-otoño de 2005.

#### *Relaciones con agentes sociales.*

Naturalmente hay que reconocer que quien tiene la capacidad de promover los cambios necesarios en nuestro sistema científico son los partidos políticos y los movimientos sociales, sin cuyo acuerdo pocas modificaciones de calado pueden hacerse. En este sentido la AACTE, a lo largo de sus ya seis años de vida, ha conseguido establecer un diálogo de confianza con distintos interlocutores sociales y partidos políticos de ideología variada. En un periodo pre-electoral como el actual, los partidos políticos están elaborando sus nuevos programas de gobierno. Es el momento para que la AACTE envíe un escrito a los distintos partidos políticos para intentar concienciar de la importancia de la apuesta por la ciencia en sus programas electorales.

#### *La Ciencia en España.*

Es este un tema particularmente importante y que no se ha articulado suficientemente en la asociación. Disponemos de una masa de asociados con experiencias muy diversas en múltiples situaciones profesionales, eso hace que, posiblemente, podamos disponer de una perspectiva muy amplia sobre la situación actual del desarrollo científico en España así como de su historia reciente. Con estos antecedentes, es una obligación de la Asociación buscar la forma de definir un planteamiento global sobre cómo debería España hacer Ciencia. Debemos retomar la actualización del documento AACTE2000 y elaborar un Documento AACTE2005, donde se identifiquen claramente cuáles son los puntos débiles de nuestro sistema científico, proponer cuáles serían los objetivos que se debería plantear el Estado y planificar las reformas que serían necesarias para llegar a cumplir esos objetivos. Es este un planteamiento ambicioso pero será el mejor camino para continuar con la labor de denuncia de cacicadas, que hay que continuar haciendo pero procurando que salgan del mero debate interno de la asociación, de mala gestión de los presupuestos y todos



aquellos problemas y vicios que rodean el desarrollo de la actividad científica en España. Así pues, crearemos una comisión de trabajo que actualice el Documento AACTE2000 cuya presentación oficial será en las Jornadas AACTE2005 ante todos los asociados y agentes sociales invitados.

#### Control de la gestión pública

Debemos seguir profundizando en el conocimiento de los errores de la gestión pública del sistema científico español, con el fin de promover cambios y conseguir que su principal objetivo sea la promoción de una ciencia y una tecnología de calidad. Dos aspectos principales son de máxima urgencia en la actualidad:

##### *Evaluación de la calidad en la investigación.*

En diversos OPIs no existe una gestión clara y eficiente de los recursos que les son asignados. Organismos como el CIEMAT, IGME, INIA, INO, etc, no concurren en muchos casos en igualdad de condiciones con respecto a otros organismos para la concesión de Personal Investigador o en las subvenciones a Proyectos. Muchas de las subvenciones públicas que reciben no pasan por concurso público. La consecuencia es que pueden existir dudas razonables sobre la calidad y viabilidad de proyectos millonarios. Es necesario que las subvenciones que reciben pasen por una evaluación externa, especificando si es necesario áreas prioritarias. Promoveremos una campaña donde se pida que todos los fondos de I+D asignados a Proyectos y para contratación de Personal Investigador deban ser concedidos después de una evaluación externa tipo ANEP, independientemente del Ministerio que da la ayuda. Esta acción repercutiría positivamente en el nivel científico y tecnológico de las diferentes OPIs.

La evaluación de los proyectos y sus resultados deben explotar mejor los indicadores existentes y deberemos intentar definir cuales serían estos indicadores y su uso. También será interesante introducir un debate sobre la necesidad de introducir fases de seguimiento en los procesos de evaluación. Un debate profundo nos ayudará a definir propuestas concretas en este sentido, teniendo en cuenta que la investigación no debe convertirse en un sistema excesivamente burocratizado.

##### *Conflicto de Intereses en los Comités de Evaluación.*

Muchos de los problemas de la gestión del gasto público derivan de la baja sensibilidad que existe en la importancia de este aspecto. Debemos elaborar una propuesta concreta sobre cómo evitar que miembros de un comité evaluador puedan dar un informe excesivamente positivo o excesivamente negativo cuando exista un claro conflicto de interés. Una vez elaborado desarrollaremos una campaña de concienciación, conjuntamente con la propuesta para que se introduzca de forma sencilla en los distintos programas.

##### *Selección y Promoción del Personal Investigador.*

Debemos seguir vigilando el respeto a la legalidad relacionados con el sistema de selección y promoción del Personal Investigador de los organismos públicos. En este sentido, el Colectivo de Contratados Ramón y Cajal está haciendo un seguimiento estupendo a las Acreditaciones y Habilitaciones ANECA, tanto a nivel nacional como de CCAA. Será muy interesante que, a través de la Vocalía de Relaciones, se establezca una conexión de actuación.

## **Resumen de las actividades de la Junta Directiva saliente**

El equipo presidido por Luis F. Rull, con Alejandro Gutiérrez (Vicepresidente), Antonio Delgado (tesorero) y Rafael Alonso (vocal de vicepresidencia) ha sido renovado, constituyéndose la nueva Junta Directiva con antiguos miembros de la Dirección y nuevos asociados. En reconocimiento al trabajo y dedicación altruista de los miembros que han abandonado la Dirección quisiéramos recordar algunos de los hitos más destacados logrados por el equipo presidido y liderado por Luis Rull.

- Julio de 2001: Constitución de la Junta Directiva presidida por Luis F. Rull. El equipo de dirección estaba compuesto por Alejandro Gutiérrez, Antonio Delgado, Rafael Alonso, Pablo Aitor Postigo, Rosendo Vilchez y Amelia Sánchez Capelo.

- Octubre de 2001: La dirección envía una carta al entonces Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica, Ramón Marimón, acerca de la necesidad de hacer públicos los criterios y baremos utilizados por la ANEP para la selección de investigadores dentro del Programa “Ramón y Cajal”.
- Noviembre de 2001: Luis F. Rull mantiene una entrevista con la Ministra de Educación, Cultura y Deportes, Pilar del Castillo, sobre la nueva Ley de Universidades.
- Noviembre de 2001: Luis F. Rull envía una nota de prensa a los diarios ABC, El País y El Mundo (la nota no fue publicada en ABC) en contestación a la nota publicada días antes por el colectivo de Vicerrectores de Investigación universitaria, en la cual se calificaban de “injustas” e “irreflexivas” las acusaciones de endogamia realizadas contra la Universidad española.
- Febrero de 2002: A propuesta de Alejandro Gutiérrez, la AACTE co-patrocina la reunión Eurodoc’2002, “II European Young Researchers Meeting”, que se celebró en Gerona entre el 31 de enero y el 3 de febrero de 2002 y que estuvo organizada por la Federación de Jóvenes Investigadores, FJI-Precarios.
- Abril de 2002: Publicación del artículo “Células madre y trasplante nuclear” en Apuntes de Ciencia y Tecnología. En el documento, que fue elaborado por Amelia Sánchez Capelo y consensado por toda la Junta Directiva, se hacían algunas propuestas sobre la regulación legal de este tema que, finalmente (sin pretender que la AACTE tuviera un papel esencial en el tema, aunque sí, evidentemente, de canalización de ideas) han sido incluidas en la Ley de Reproducción Asistida recientemente aprobada. Tales propuestas incluían la creación de un banco nacional de células madre, a la vez que defendían una regulación estricta para la investigación con células madre, sin incluir el trasplante nuclear (clonación), al ser una técnica muy arriesgada y posiblemente innecesaria.
- Octubre de 2002: Constitución del equipo editorial de la revista de la Asociación *Apuntes de Ciencia y Tecnología*. La revista, dirigida por Alejandro Gutierrez, es reforzada durante este periodo.
- Noviembre de 2002: A propuesta de Luis Rull, la Junta Directiva se entrevista con el Director General de Investigación, Fernando Valdivieso, en la que se transmite la preocupación de la AACTE frente a temas como la evaluación de los contratos “Ramón y Cajal” o la financiación no sujeta a evaluación de algunas instituciones públicas de investigación. Además, se le comunicó la necesidad de establecer tres tramos de investigadores contratados: Post-docs, investigadores, investigadores de excelencia. En el nuevo Plan Nacional se establecen estas tres categorías con los nombres de Juan de la Cierva, Ramón y Cajal y Severo Ochoa.
- Febrero de 2003: Luis F. Rull participa en el Congreso de Investigadores Precarios junto a diversas personalidades de la investigación pública y privada.
- Junio de 2003: La Junta Directiva envía un escrito a la Federación de Jóvenes Becarios para su lectura en la manifestación del 13 de junio de 2003 frente al Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Noviembre de 2003: Se potencian los recursos en internet de la Asociación gracias al cambio de servidor web, que pasa, gracias a la gestión de Luis Rull y Antonio Delgado, al Centro de Informática Científica de Andalucía (CICA). Se actualiza la información contenida en la página web.

Además de ello, los miembros de la Junta Directiva saliente han participado activamente en la elaboración de documentos y artículos, publicados en nuestra revista y en otras de ámbito nacional, aparte de las tareas de gestión de la Asociación. Los que hemos tenido el placer de conocer a Luis Rull, Alejandro Gutierrez, Antonio Delgado y Rafael Alonso dentro de la Junta quisiéramos darles las gracias por tan buen trabajo realizado y esperamos seguir contando con su inestimable colaboración en el futuro.

*(Texto elaborado por la nueva Junta Directiva).*

## **Mejora de los recursos de internet de la AACTE**

Durante los meses de noviembre y diciembre se han mejorado notablemente los recursos de información que ofrece la AACTE a través de internet. Por un lado se ha gestionado el hospedaje de la página web de la asociación en un nuevo servidor, ya que el anterior en Tripod estaba incluyendo demasiada publicidad al cargar nuestras páginas, hasta el punto de ocultar buena parte de la información que se ofrecía. Por tanto, se solicitó al Centro de Informática Científica de Andalucía (CICA) el hospedaje de la página de la Asociación dentro del servicio que ofrece dicho Centro a Asociaciones y Grupos de Investigación no universitarios. El traslado ya ha sido efectuado y recientemente se han redireccionado al nuevo servidor tanto la dirección oficial de la AACTE (<http://www.aacte.es>), como la antigua dirección (<http://www.aacte.net>).

Al tiempo que se trasladaba la página web de servidor, se aprovechó la ocasión para actualizar su contenido y reestructurar la información, de forma que sea más accesible. Especial atención necesitó el listado de socios que figura en la página web de la asociación, donde se ha efectuado una actualización a fondo, siempre considerando a aquellos socios que han satisfecho la cuota anual.. También ha actualizado la lista de direcciones de corr-ele de la lista interna de socios, que estaba muy obsoleta, figurando direcciones de personas que hacía tiempo que no pertenecían a la AACTE, o direcciones que ya no existían, y faltando las direcciones de los socios más recientes.

---

## OPINIÓN

### Acceso libre a las publicaciones científicas

Javier G. Corripio \*

Siendo los científicos los principales productores y consumidores de literatura científica, es sorprendente cuán olvidados están los derechos del consumidor en este campo. Una de las tareas fundamentales del científico debiera ser la diseminación de su producción científica. Por ello la labor de las publicaciones científicas es sumamente importante, así como la labor de edición y el proceso de 'peer review'. Sin embargo, el objetivo primordial y fundamental de muchas publicaciones parece haber degenerado en un proyecto mercantilista sumamente lucrativo: los beneficios netos de Elsevier, por ejemplo, son de más de tres mil millones de dólares anuales (<http://www.nature.com/nature/debates/e-access/Articles/hopkins.html>).

Dados los beneficios y el mercado sumiso y potencial, no es extraño que el acceso a las publicaciones sea cada vez más caro y restrictivo (¡incremento del 471% -cuatrocientos setenta y uno por ciento- en el precio de las suscripciones entre 1970 y 1995!<sup>1</sup>).

Es de lamentar, también, que algunas asociaciones de científicos sigan el ejemplo de los modelos lucrativos y no la intención original de su fundación. La práctica no sólo se aparta de su objetivo inicial de la diseminación del conocimiento, sino que además supone una clara desigualdad en las restricciones y derechos con respecto a otros campos de la creación humana: aplicar la imposición de cesión del copyright que exigen la mayoría de las publicaciones científicas a actividades como la fotografía o la literatura sería impensable. Un ejemplo cercano: llevo más de diez años publicando fotografías y artículos no científicos en varios países y en diversas publicaciones con intereses necesariamente

lucrativos (España, Reino Unido, Francia, Alemania, EEUU, o Japón). Jamás a nadie se le ha ocurrido exigir el copyright de una de esas fotos, todo lo más una licencia de explotación. Sin embargo a la hora de publicar un artículo científico, que supone mucho más trabajo, hay que olvidarse de todos los derechos, de forma que nos vemos obligados a pedir permiso y a pagar al editor si queremos utilizar parte de esa publicación en un futuro trabajo, o incluso en una clase en la universidad. Esto es tan absurdo que ¡no les importa disfrazarlo eufemísticamente en aras de una mejor divulgación!

El resultado de la falta de diseminación es un menor impacto de los trabajos científicos y la repetición de muchos esfuerzos por falta de información (reinventar la rueda una y otra vez), por no hablar del presupuesto desorbitado que las bibliotecas dedican a suscripciones cuando pueden permitirselo.

Afortunadamente, esta contradicción es patente y chocante a un número creciente de científicos, y las acciones para cambiar este paisaje se multiplican. Un primer resultado es el cambio de actitud de algunas publicaciones inteligentes. Nature, por ejemplo, no exige el copyright desde hace unos meses, tan sólo una licencia para publicar, mucho menos restrictiva<sup>2</sup>. La European Geosciences Union también ha adoptado una política mucho más abierta: la Central Online and Open access Library<sup>3</sup>.

Las principales acciones en este sentido son:

- La declaración de Berlín, promovida por el Max Planck Institute: <http://www.zim.mpg.de/openaccess-berlin/berlindeclaration.html>.
- La Budapest Open Access Initiative: <http://www.soros.org/openaccess/read.shtml>.

\* Institute of Hydromechanics and Water Resources Management, Swiss Federal Institute of Technology - ETH, Zürich, Suiza. Corr-ele: javier.corripio@ethz.ch

<sup>1</sup> European Science Foundation, <http://www.esf.org>. Véase también el Caltech's Hyperforum on Copyright, <http://mars3.gps.caltech.edu/libip1/costart.htm>.

<sup>2</sup> [http://npg.nature.com/pdf/05\\_news.pdf](http://npg.nature.com/pdf/05_news.pdf)

<sup>3</sup> <http://www.copernicus.org/cool/cool.html>

- Bethesda Statement on Open Access Publishing: <http://www.earlham.edu/~peters/fos/bethesda.htm>.

Es interesante también la declaración y recomendaciones de la European Science Foundation y enlaces relacionados: "Open access: Restoring scientific communication to its rightful owners" (<http://www.esf.org/publications/157/ESPB21.pdf>).

Obviamente, es necesario cubrir los gastos de publicación y es necesario que muchas de las publicaciones actuales continúen con su trabajo, pero es mucho más económico que el coste esté incluido en el presupuesto de investigación que no en la variación aleatoria, y siempre al alza del precio de la publicación.

Otro ejemplo a seguir viene de los Estados Unidos: la "Sabo's Bill", que fue aprobada en junio pasado, y que declara toda investigación financiada por el gobierno de los EEUU exenta de la protección del copyright. Eso evita que la investigación con fondos públicos genere enormes beneficios a editores privados, y promueve que sea realmente pública. Promulgar leyes similares en Europa sería sumamente deseable, pero mientras tanto la divulgación de estas ideas puede ayudar a que un día la divulgación del conocimiento no tenga restricciones. Los organismos públicos pueden presionar en este sentido, las universidades deberían recomendar la publicación prioritaria en publicaciones de acceso no restringido, los científicos deberían enviar sus artículos a estas publicaciones y negarse a arbitrar para publicaciones demasiado restrictivas, y un largo etcétera (ver la Budapest Open

Access Initiative). Simplemente adjuntar una carta de desacuerdo a la cesión de copyright empezara a hacer pensar a muchos editores.

En resumen, promover la divulgación del conocimiento, aprovechar las tecnologías modernas (Internet Open Access) y abogar por un acceso a las publicaciones científicas más racional resultará en el beneficio de todos los interesados: científicos en primer lugar y la sociedad en general como beneficiaria de estos trabajos

Más información sobre publicaciones Open Access:

- Public Library of Science: <http://www.plos.org>.
- COOL, Central Online and Open Access Library: <http://www.copernicus.org/cool/cool.html>.
- Biomed Central: <http://www.biomedcentral.com>.
- Open Archives Initiative: <http://www.openarchives.org>.
- Open Directory Project: <http://dmoz.org/Science>.
- PADI - Preserving Access to Digital Information: <http://www.nla.gov.au/padi/topics/18.htm>.
- SPARC, Scholarly Publishing and Academic Resource Coalition: <http://www.arl.org/sparc>.
- Create Change, a resource for faculty and librarian action to reclaim scholarly communication: <http://www.createchange.org/home.html>.
- The HECA Campaign: [http://www.ukcle.ac.uk/copyright/heca\\_campaign.html](http://www.ukcle.ac.uk/copyright/heca_campaign.html)

---

## ESPECIAL CIENCIA-EMPRESA

---

### *Starting-up en el sur de Europa: a man with a plan*

Laureano Simón Buela\*

¿Ya has cumplido 30 años y tu futuro académico es incierto, pese a tus 15 publicaciones como primer autor en revistas con alto índice de impacto; o tu futuro no es tan incierto porque tu plaza está ya cercana,

pero ya no te motiva tanto la idea de dedicar los próximos 30 años de tu vida profesional a estudiar los mecanismos de desarrollo de esa alita que tantas satisfacciones te ha dado; o te encanta tu trabajo, el futuro no te preocupa,

---

\* Progenika, S.A. - Medplant Genetics, S.L. Parque Tecnológico de Zamudio, Vizcaya.  
Corr-ele: [lsimon@medplantgenetics.com](mailto:lsimon@medplantgenetics.com)

porque vives el momento, pero resulta que quieres vivirlo como un califa?

Si tu respuesta a alguna de estas preguntas es "sí", claramente tienes un problema. Pero precisamente para eso nos han formado, para identificar los problemas, analizarlos, buscar soluciones y demostrar con la experiencia que esos planteamientos pueden ser ciertos.

Así que, con el problema ya identificado, busquemos y planteemos distintas soluciones:

0. Protestar, gritar, quemarte ante la dificultad de comprender que un profesional reconocido, con un *currículum* tan brillante, tenga semejante problema.

¡Ni te la plantees! Las paradojas que las resuelvan los filósofos, o los matemáticos. Aplica el Método Científico, que es lo que mejor sabes hacer.

1. Buscar un trabajo en el sector académico en Europa, EEUU, ... Esta es claramente una posible solución, hasta muy posiblemente tengas una experiencia previa que refuerce el planteamiento; pero te apetece tomar el aperitivo todos los domingos, o a tus churumbeles les encanta la paella de la abuela, o tu pareja empieza a estar un poco harta ...

2. Buscar un trabajo en la industria biotecnológica española. Una magnífica alternativa, pero con un problema adicional, que tú no puedes solucionar en el corto plazo: El número de puestos de trabajo por los que puedes competir en este momento no sobrepasa la media docena.

3. Buscar un trabajo en la industria biotecnológica europea. También una magnífica alternativa, si no te has aficionado irreversiblemente al *vermú* dominical.

4. Buscar trabajo en una Consultora. Una alternativa razonablemente bien pagada, que exige una gran dedicación, a la que ya estás acostumbrado, pero que muy poco tendrá que ver con la investigación científica.

5. Hacer un MBA. Otra magnífica alternativa, si tienes el músculo financiero que te permita no ganar dinero en un par de años, o un jefe comprensivo que te permita compaginar tu trabajo post-doctoral con un *part-time* de viernes y fines de semana. El número de puestos gerenciales en la industria biotecnológica es tan bajo como el número de potenciales candidatos, pero olvídate del laboratorio en tu futuro profesional.

6. Crear un puesto de trabajo. Las iniciativas de autoempleo, que tanto les gustan a los políticos, que llegan a afirmar que con 60.000 euros se puede montar una microempresa de biotecnología. Olvídala: dentro de 2 años, volverás a tener el mismo problema que tienes ahora y te habrás ventilado los duros que habías ahorrado y que tus amigos y familia te habían confiado, convencidos de tu valía y del gran futuro de la biotecnología.

7. Asociarse con otros dos treintañeros que han identificado tu mismo problema y crear 30 puestos de trabajo en dos años.

*Interesante propuesta*, te digo yo; ¡ay, hijo!, te dirá tu madre; tu pareja posiblemente se eche a llorar o te proponga salir a tomar unas copas; tus hijos no se enterarán de nada, porque todavía son pequeños; y a ti te tiemblan las piernas y comienzas a mirar tu laboratorio, ese garito donde has pasado tantas horas de frustraciones y alegrías, pero de indudable regocijo intelectual, empiezas a mirarlo con una mezcla de pena, como con la que dejabas a tu gente cada vez que volvías a Oregón, de reproche, pero también de distancia, como si te hubieses marchado hace ya mucho tiempo.

Quedémonos con esta opción, que es la más jugosa, o por lo menos el objetivo de este artículo; reflexionemos, como diría un párroco en su homilía, o Antón Reixa, entre canción y canción. Volvamos a la Universidad, deshagamos el nudo que te ata las tripas y pensemos en qué podría haberte ayudado la educación universitaria para decidir entre las distintas opciones que se te han planteado. Incluso para no haber llegado a tener que planteártelas, o al menos para no tener que planteártelas con 35 años, o al menos para no tener que planteártelas con 30 años en las pobres condiciones laborales en las que te encuentras. Identifiquemos de nuevo cuál es el problema, que cualquier licenciado en una carrera experimental corroboraría:

Durante 4, 5, ó más años, se te inculcó un dogma: la salida laboral ideal de la carrera es poder disfrutar de la Investigación académica, preferiblemente en uno de los departamentos de la misma universidad en la que estudiaste, departamento que preferiblemente será en el que continúes con tu labor docente, incluso investigadora, hasta que te jubiles. Otras alternativas, como trabajar en la Industria Química, Farmacéutica o Biotecnológica, pertenecen a una división inferior, que se

convierte en una chifladura sin sentido, y por encima escualo-capitalista, si se te ocurre plantear la creación de una empresa.

Pero continuemos reflexionando, y proponemos nuevos caminos: una asignatura de *Gestión de laboratorio* le vendría estupendamente al potencial bioemprendedor (¡qué palabra tan bonita!), y le vendría también de perlas a cualquier científico que vaya a dirigir un grupo de investigación. Y al que le haya sorprendido gratamente, démosle la oportunidad de continuar con una segunda parte de *Creación de Bioempresas*. Y abrámosles los ojos al mundo a los jóvenes estudiantes, que han venido a la Universidad a educarse, no a tragarse un montón de apuntes, de los que les preguntarán los detalles más insignificantes en esos absurdos exámenes tipo *test*, que lo único que demuestran es la capacidad de almacenaje de información, independientemente de la capacidad de procesarla y aprovecharla; organicemos seminarios con profesionales de las empresas, de los centros de investigación, de los centros sanitarios; recuperemos la figura del profesor asociado, que en vez de destinarse a profesionales que transmitan su conocimiento y experiencia laboral en el mundo no académico, se ha convertido en una herramienta para financiar a jóvenes doctores a los que no les podemos ofrecer una plaza de profesor titular.

Gratificante reflexión. ¡Qué bonito es reflexionar! Pero volvamos ahora a la realidad, a la apasionante realidad del bioemprendedor, reflexionemos lo justo y actuemos, que tenemos una ardua labor por delante, pero actuemos metódicamente. *Método*, palabra clave, con la que has convivido durante los últimos 10 años, y que continuará siendo la base del éxito de tu nueva línea de trabajo. Comencemos:

## 1. La idea

¿Cuál es la idea que sustentará tu empresa, tu familia, la familia de tus socios y las familias de todos los investigadores a los que queréis implicar? ¿Has tenido unos resultados de tu trabajo de investigación que sean aplicables industrialmente y fácilmente convertibles en un producto?

Si la respuesta es afirmativa, eres un afortunado, un triunfador, un *guay*. Empieza a buscar un comprador entre las empresas medianas-grandes del sector, véndeles tu idea, y dedícate a la vida contemplativa, que la

disfrutarás durante muchos más años. Pero considera los problemas que se te van a plantear: ¿Se puede vender una idea?

La respuesta es rotunda: Sí, todo tiene un precio; pero el precio de las ideas es bajo y con los beneficios que tal venta genere no podrás dedicarte a la vida contemplativa, salvo que te conviertas en un asceta. Pero busquemos una solución, que para eso nos han educado; reflexionemos un poco más y acudamos después a pedir consejo a los que han sido nuestros maestros, pero también acudamos a los centros de ayuda a la creación de empresas que tenga tu comunidad autónoma, o tu diputación; intentemos incluso hablar con un bioemprendedor. Y aparecerán con fuerza inusitada una serie de términos que aunque conocías, nunca te habían llamado demasiado la atención:

*Know-how*, palabra fonéticamente agradecida, al igual que *bioemprendedor*; en este caso ni traducida está, ni falta que hace, porque aunque todo el mundo la usa, nadie la entiende, ni la valora.

*Patente*, mejor escrito, *PATENTE*, repítela una y otra vez, *PATENTE*, *PATENTE*, *PATENTE*, porque es la clave del aprovechamiento de tu idea, la clave de tu futuro y del futuro de los que te acompañan. Y vuelve de nuevo a pedir consejo, y aquí aparece un nuevo término: *Subcontratación*, y otro: *Gasto*. Y ve-te acostumbrando, porque montar una empresa no es una tarea gratuita.

Así que volvamos al Método, tanto si tu idea, ya convertible en patente, es un brillante tallado (véndelo ya y ¡hala!, a reflexionar el resto de tu vida), o un filón que hay que explotar con un plan que permita aprovecharlo al máximo.

Continuemos pidiendo consejos y ayuda para pagarlos, que como ya hemos visto, muchos de los consejos son caros, y si no son caros, posiblemente no sean excesivamente meditados, que el tiempo tiene un precio, hasta para los que se dedican a reflexionar. Y para ayudarte están las agencias dependientes de las distintas Administraciones territoriales que facilitan la creación de empresas. Y aquí has de tomar tu siguiente gran decisión: ¿Dónde montar la empresa?

Si tu opción es la más cómoda, crear la empresa cerca de tu casa, reconsidera tus intenciones, que todavía estás a tiempo de volver al mundo académico. Analiza por

supuesto la opción más cercana, pero también considera muy seriamente otras comunidades en las que existen unos instrumentos de eficacia ya demostrada para la creación de empresas, y demos nombres: Galicia, Navarra, Valencia, son comunidades a tener muy en cuenta; mención especial merece el País Vasco, donde las herramientas para favorecer la creación de bioempresas, gestionadas desde las diputaciones y desde el gobierno autonómico, cubren gastos de asesoría, gastos de constitución, gastos de instalación, gastos de contratación de personal, gastos de I+D, ..., toda una batería de ayudas perfectamente planificada, que convierte al País Vasco en un sitio idóneo para la creación de una bioempresa. En otras comunidades, determinadas instituciones suplen las carencias de la Administración, como la gran labor de apoyo a los bioemprendedores que los gestores del Parc Científic de Barcelona llevan ya años ejerciendo.

Acude al consejo de bioemprendedores, para que te cuenten su experiencia en la comunidad autónoma donde hayan creado su empresa, porque no siempre los magníficos planes que ofrecen algunas comunidades, a las que se supone una gran experiencia y tradición en el sector, se traducen en ayudas reales.

Pero seamos positivos, lo que no quiere decir que no evaluemos todos los riesgos que se nos ocurran, y los que se les ocurran a los consultores que te recomiendo encarecidamente que contrates (ya les enseñaré un *reprint* de este artículo, para que me inviten a cenar y me hagan una rebaja en sus costosas minutas). Hemos de ser conscientes de nuestras limitaciones, y de las limitaciones del método científico que estamos aplicando a nuestra nueva labor; el asesoramiento en cuestiones económicas y empresariales es necesario, al menos hasta que la idea se convierta en una empresa con la liquidez suficiente para contratar un director financiero, y aún entonces, este asesoramiento externo será siempre un buen complemento (menuda cena).

Y no nos olvidemos de que después de todo, lo que queremos crear es una bioempresa, no una panadería (a la que por cierto le costaría mucho menos conseguir recursos financieros de lo que te va a costar a ti). Contrastemos la viabilidad científica de nuestra idea con los científicos que han sido nuestros maestros; e intentemos contrastarla también con científicos que hayan desarrollado al menos parte de su carrera en el sector industrial, para que juzguen

la viabilidad científica desde un punto de vista más aplicado, de su potencial de convertirse en un producto comercializable.

## 2. El proyecto. El plan

Y tras unas pocas líneas de ciencia, volvamos a la realidad empresarial y retomemos el concepto que acaba de ser mencionado:

*Producto*, concepto que va más allá del resultado de una reacción química; es la traslación al mercado de nuestra idea, y aquí aparece un nuevo concepto:

*Mercado*, una realidad, más que un concepto, dura, implacable, pero también decisiva para que tu idea pueda convertirse en un proyecto, en esa empresa que algún día quieres que emplee a un montón de colegas, que se diviertan trabajando y que vivan con la solvencia económica que se merecen.

De nuevo necesitas a tus consultores, para que te ayuden a hacer una evaluación del número de personas que pueden estar dispuestas a comprar tu producto, por un precio determinado, y frente a otros productos de similares características. ¡*Bufff!*!, esto se pone árido y empiezas a no entender nada y a sentirte perdido.

No te preocupes, no te desanimes. No quedan más que otro par de conceptos a dominar para que te conviertas en un auténtico empresario, que no economista, ni falta que te hace.

Reflexionemos de nuevo y miremos hacia atrás, pero ya sólo unos meses hacia atrás, y descubramos el largo camino que hemos recorrido a toda velocidad. Ya tenemos mucho más que una idea, aunque todavía no nos hayamos hecho ricos, ni seamos *guays*, tenemos un PROYECTO.

Sentémonos con los consultores, con paciencia y la mente abierta y démosles toda la información que nos irán pidiendo para construir un plan de acción, que permita convertir la idea en un producto comercializable: un Plan de Negocio, o un Plan de Empresa, algo que ya has oído mencionar centenares de veces durante las últimas meses, intuyendo lo que era, pero sin tener una idea clara.

A *man with a plan*, se autodefinía un bioemprendedor que ha compartido conmigo más de una aventura, cuando tuvo su Plan de Empresa listo para..., ¿para qué? Pues para



algo fundamental, dogmático incluso: conseguir dinero.

Si no tienes dinero, no podrás ganar dinero; es una máxima capitalista, entroncada directamente con dogmas científicos tales como *la materia no se crea ni se destruye, sino que se transforma*. Si tu papá no está forrado, que casos los hay, ni has hecho fortuna durante tu carrera científica, que ya hay menos, alguien tendrá que invertir dinero para convertir tu proyecto en una empresa.

### 3. La empresa.

¡Ánimo! ¡Lánzate ya! ¡Crea la EMPRESA! Haz a tu notario un poco más rico de lo que ya es. Y vete a comer con tus socios, y con vuestras parejas, que se merecen que les deis una alegría después de unos meses de privaciones; meses en los que no has llevado un duro a casa. Y comed bien, que es Salud.

Pero no te despistes, lo único que has creado es una entidad jurídica; pero es una entidad que le dará a tu proyecto un valor mucho mayor, fundamentalmente en credibilidad, para acometer el siguiente paso del protocolo.

El Plan de Negocio te habrá indicado, muy aproximadamente, la cantidad de dinero que es necesaria para montar tu empresa y permitir que sobreviva, ella, tú y los que te acompañan, durante un período de tiempo que no debería ser nunca inferior a un año, porque por muy tallado que esté tu diamante (si realmente lo está, me repito, véndelo y ¡hala!, a disfrutar de la vida), necesitarás un período de tiempo para crear la estructura empresarial, que permita desarrollar el producto, producirlo y finalmente (¿¿finalmente??) comercializarlo.

Las empresas de Capital Riesgo (¿Riesgo, he dicho?) considerarán que tu proyecto es muy interesante, pero que todavía está demasiado verde para ellos; los bancos te pedirán avales que no podrás conseguir, salvo que de nuevo tengas el acierto de haber decidido crear tu empresa en el País Vasco y la Fundación BBK decida apoyar tu proyecto y prestarte parte del dinero que necesitas, con intereses y exigencia de garantías personales infinitamente inferiores a las de mercado, pero ¡cuidado!, porque el dinero prestado hay que devolverlo.

Una buena forma de financiación en este momento inicial es el Capital Semilla, empresas privadas o dependientes de la Administra-

ción, que invierten un máximo de 300.000 euros en el caso de las públicas, y un máximo alrededor de 1.000.000 de euros en el caso de las privadas. Y aquí ya hay que decidir, en el caso, probable por otra parte, de que puedas escoger.

Algunas pistas: Las empresas privadas tienen las ventajas de que:

-Aportan más dinero.

-Se implican más activamente en la gestión y en la promoción de la empresa; no te preocupe que interfieran, te vendrá bien.

-Hacen una mejor (mayor) valoración de la empresa/proyecto.

Por otro lado, las empresas públicas tienen las ventajas de que:

-Te resultará más sencillo recomprar su participación. Es fundamental que fijes las condiciones de desinversión del Capital semilla, tanto en tiempo como en porcentaje de revalorización de su participación. Pelea por un 20% anual, que ya está bien.

-El trato será más familiar y en momentos de desánimo, que los hay, serán más amigos que tiburones.

A la hora de escoger, si tu intención es mantener el control de la empresa el mayor tiempo posible, a costa de tener la tesorería justa, que es lo mismo que tener problemas de tesorería, la opción es el capital semilla público. Si esta es tu opción, necesitas un complemento vía financiación bancaria o/y vía Business Angels, que existen de verdad y en mi experiencia personal han sido decisivos en el éxito de la empresa.

¿Quiénes son estos ángeles?, pues los hay de dos tipos, los que se denominan como tales y, los mejores, aquellos empresarios de dilatada experiencia y acreditada solvencia, que tampoco tiene que ser desorbitada, que el amigo de un amigo de un contacto que conociste en aquella reunión de NEBTs, te ha comentado que le gustaría conocerte. No sólo te aportarán dinero, sino también contactos, apoyo en negociaciones, credibilidad ante bancos y otros inversores, y conocimiento de gestión empresarial; y si te ganas su confianza en el tiempo, podrás contar con un socio estable, que sin olvidar que su beneficio último es el lucro, como el de cualquier empresario que se precie, te acompañará durante al menos un par de rondas de financiación, ilusionado con formar parte activa del Proyecto.

Y aquí han surgido dos nuevos conceptos muy importantes:

*Reuniones*, actos sociales, eventos, ....., has de convertirte en una criatura social y sociable, lo que no es tarea fácil, después de haber pasado muchos años entre tubos y pipetas. Si eres tímido, cómete la timidez en horas laborales (todas), que abordar a la gente, sin avasallarla, hablar, preguntar y pedir, es ya una parte fundamental de tu trabajo. Pero no te preocupe este tema, que a todo se acostumbra *a man with a plan*.

El *lucro*, una palabra casi tabú en nuestra cultura actual, que reniega de nuestras raíces mediterráneas. Lo que has creado es una empresa; el objetivo de las empresas para un ejecutivo formado en una escuela de negocios, es crear riqueza para la sociedad; el objetivo de una empresa para un emprendedor, es crear riqueza para él, sus socios, sus inversores y los trabajadores que le acompañan. Si no tienes afán de lucro, vuelve a la Academia, porque no te vas a divertir y la probabilidad de que tu empresa fracase se multiplica.

Y mientras reflexionas sobre el afán de lucro, no despistes la gestión de las subvenciones. No cuentes con ellas en el Plan de Negocio, porque las recibirás con 12-24 meses de retraso, pero te alegrarán la tesorería y la vida cuando lleguen. De nuevo tus consultores, te ayudarán a solicitar todas las que encajen en tu proyecto. Y aquí de nuevo, unas administraciones facilitarán mucho más que otras que esas subvenciones sean algo más que bonitos diseños electorales.

No debes descuidar otras formas complementarias de financiación, como los préstamos participativos de ENISA, muy recomendables, o los préstamos blandos del CDTI, que tienen el gran inconveniente de que para empresas incipientes, como la tuya, requerirán la presentación de avales.

Tampoco debes olvidar que el dinero lo quieres para montar una estructura, no para guardarlo en el banco, y la pieza fundamental de esa estructura es de carne y hueso. Desde que la empresa no era más que una idea, habrás tenido que dedicarle el 20% de tu tiempo a reclutar a un grupo de profesionales, el mejor

grupo de profesionales, que no serán los primeros trabajadores de la empresa, sino que serán el cerebro y el corazón de la empresa, alrededor de los que la estructura crecerá.

Y no será tarea fácil conseguir que buenos profesionales se impliquen en una aventura, que no tiene más garantías de éxito que tu credibilidad y tu capacidad de convicción. En ese corazón ha de haber científicos procedentes de la Industria, que aporten el sentido de Producción, como complemento necesario a la aportación de los científicos que han sido tus compañeros en el sector académico.

Intenta fortalecer durante este período embrionario tus relaciones con el sector académico, para ir integrando la incipiente empresa en proyectos de I+D, europeos fundamentalmente, ya que en las redes españolas, pese al esfuerzo desde determinados sectores de la Administración, las empresas, por muy pequeñas que sean, raramente reciben fondos; pero sí los reciben de programas como PROFIT, del Ministerio de Ciencia y Tecnología, o INTEK, de la Consejería de Industria del Gobierno Vasco, en el que los grupos académicos participarán como socios o como subcontratados.

#### 4. La ampliación de capital

Finalmente el encaje de bolillos que has diseñado con tus socios, consultores y colaboradores, ha dado sus frutos y entre capital semilla (15%), business angels (25%), FFFs (*friends, fools and family*) (5%), financiación bancaria y préstamos participativos, has conseguido un millón de euros.

Y, aunque razonablemente endeudado, el grupo de bioemprendedores (!qué palabra tan bonita!) mantenéis el 55% del capital, que os da una posición mayoritaria, que os permitirá tomar las decisiones importantes en los próximos y cruciales dos años.

¡Enhorabuena! Y ahora, disponeos a trabajar, a luchar, a sufrir, pero te aseguro que no os vais aburrir, ni echareis de menos la vida académica, entre otros motivos, porque no tendréis tiempo.

---

## ESPECIAL CIENCIA-EMPRESA

---

Se incluyen a continuación varios textos de opinión sobre el tema Ciencia-Empresa, escritos por socios de la AACTE, que aparecieron recientemente en la lista de correo electrónico de la Asociación como consecuencia de un debate interno.

### **Becarios vs. autónomos**

Dejando claro que mi postura sobre la situación laboral del becario es favorable a la fórmula “dos años de beca más dos años de contrato laboral”, me gustaría manifestar que los que cotizamos como autónomos, además de pagarnos nuestros 209 euros mensuales, tenemos ahora mismo menos prestaciones que el becario, según el nuevo estatuto. Sin embargo, creo que a pocos autónomos, que suelen no tener más remedio que ganarse su sueldo cada día, eso les acobarde para tirar hacia adelante. Antes que animar a nuevos cambios en el estatuto del becario, que no siguen afectando a que haya un superavit de candidaturas a becarios (muchos de ellos sin vocación investigadora), es más urgente animar a científicos a hacer empresas. Es en lo que estamos todavía en un estado de deficiencia dramática. Las cifras (creación de empresas *spin off*, balanza tecnológica, patentes en explotación, etc) no hacen más que corroborar que apenas hay progresos.

Desde el punto de vista del interés particular, es lógico demandar más prestaciones laborales y que haya aún más becarios, pero el avance de la Ciencia tiene otras urgencias que, paradójicamente, deben fomentar desarrollos profesionales con mucha mayor inseguridad y con una necesaria dependencia del éxito en la actividad profesional para poder continuar ejerciéndola.

La falta de sensibilidad por este tema de cualquier asociación científica (incluida la AACTE) es lógica. Es lógico porque, de acuerdo con las estadísticas, la creación de empresas es una posibilidad que consideran menos del 2% de los universitarios. Y en una asociación con un centenar de socios, ya sería mucho encontrar un par con ese pensamiento. Todo el mundo dice que está en contra del funcionariado sin dar alternativas y, paralelamente, todas las reivindicaciones nos acercan al ideal del trabajo vitalicio (el no-precarior absoluto), que una vez conseguido no asegura la felicidad, ni siquiera un grado muy alto de satisfacción. Cualquier cambio que promova-

mos tiene coherentemente que llevar más a asumir un grado de inseguridad o riesgo de pérdida del puesto de trabajo, aunque sea injusto a veces. Si se enfoca positivamente, esto obliga a tener una actitud permanentemente activa y orientada hacia las necesidades sociales concretas (lo que en términos económicos se llaman mercado, palabra tabú por la propaganda antisistema, que en realidad tiene un matiz democrático, porque refleja a cuánta gente le va a servir lo que produces).

¿De qué puede disfrutar un emprendedor con formación investigadora? Puedes tener una visión mucho más amplia de la investigación (menos especialista y más generalista). Tu horizonte no tiene límites, mientras que después de conseguir ser catedrático o profesor de investigación, muchos empiezan a aburrirse. Se puede disfrutar de la sensación de emancipación que da el saber que vives de lo que produces. Además, aunque pocos lo consiguen, siempre puedes tener la ilusión de enriquecerte con tu trabajo proporcionalmente a la riqueza que produces a tu alrededor (muchísimas veces superior a la parte que obtiene el emprendedor). Un posible placer que es mucho más difícil siendo funcionario. Lo que ganes, además, lo puedes emplear como quieras, desde ligar más a usarlo filontrópicamente, como el odiado Bill Gates, que proporciona decenas de millones de euros a la investigación contra la malaria y para controlar la natalidad en el tercer mundo (que junto a la corrupción y educación, son grandes frenos del desarrollo del tercer mundo).

En fin, esto se puede pensar para alegrarte el camino hacia la consecución de tu sueño y te da fuerzas para aguantar los días duros, que son muchos. La empresa es motor de generación de riqueza, y toda medida dirigida a aumentar su cantidad y sus beneficios no hace más que alimentar la fuente que indirectamente mantiene todo el sistema de I+D público con los impuestos aportados por ella misma a través de los impuestos de sociedades y de los trabajadores. Creo que para que avance la Ciencia en este país es necesario que la socie-

dad en su conjunto cambie de mentalidad y para ello la figura del empresario tiene que ser menos villano y más héroe. Puesto que los científicos debemos siempre poner en duda todos los dogmas preestablecidos, os invito a reflexionar. Quizás es tarde para cambiar la mentalidad de los actuales científicos españoles, pero quizás estemos a tiempo para empezar a cambiar la de los alumnos y becarios que empiezan a entrar en nuestros laboratorios, y contribuir, quizá, a que algunos de ellos sean los líderes o directivos de I+D de las empresas con las que colaboremos fructíferamente en el futuro.

*Ángel Cebolla  
Biomedal S.L.  
Sevilla*



### **Apuesta de futuro**

En este periodo electoral que hemos tenido en la AACTE ha surgido un debate apasionante que se adentra en lo que puede ser la Asociación en el futuro. Una legión de gente que hemos pasado por ser becarios o están ahora en ello defendemos unas condiciones dignas para este periodo de la vida profesional de muchos científicos.

Sin embargo, Ángel Cebolla, casi cual Llanero Solitario, arremete contra tanta defensa de los becarios y pone sobre el tapete una alternativa crucial: la iniciativa empresarial. Tengo que reconocer que, hasta hoy, varias de las intervenciones de Ángel en relación con este tema me han parecido de un ultraindividualis tan feroz que han desdibujado sus razones. Hoy, sin embargo, amanece con otra luz:

- En parte por mí; porque mi Universidad lo está viendo claro ("A Dios rogando y con el mazo dando..."): están lanzando toda una campaña de promoción de creación de empresas por ¡personal de la universidad! Es decir, no sólo ya no te piden que te dediques exclusivamente a docencia y a hacer una buena investigación, además de participar en la gestión si te quedan energías y neuronas, sino que además quieren que te hagas empresario. Mirándolo bien, es una postura realista: no podemos despreciar esa forma de financiación de las universidades, considerando el largo plazo que puede requerir conseguir las cosas que defiende la AACTE, por ejemplo.

- En parte por Ángel. Os recomiendo que leáis o releáis detenidamente su texto. Hay un cambio sustancial en las formas respecto a intervenciones anteriores tuyas que realiza sus razones. Creo que esta cuestión no es una de las que mejor quedó reflejada en el programa electoral de la actual Junta Directiva, de la que formo parte. Esto no es especialmente grave si, como espero, podemos intercambiar opiniones sobre el tema e incluirlo entre las líneas de actuación de la Asociación, si los socios estamos de acuerdo.

Hoy por hoy veo este tema, no como una opción excluyente con respecto a la defensa de la dignidad de los becarios, sino como una apuesta de futuro con un potencial crítico. Pensad por un momento que, aunque casi todos hemos pasado o están pasando por el período de becario (y por lo tanto, casi todos sabemos lo que es eso), probablemente hay muy pocos socios que hayan tenido iniciativas empresariales de I+D.

*Máximo Florín  
Universidad de Castilla-La Mancha  
Ciudad Real*



### **¿Investigadores con vocación empresarial o empresarios con vocación investigadora?**

El debate sobre Ciencia-Empresa que se ha abierto en la AACTE es muy interesante, por cuanto intenta estimular y quitar el miedo a montar una empresa por parte de los investigadores españoles. Sin embargo, yo veo que este enfoque es algo parcial. Algunos consideran que el problema es de una educación excesivamente antisistema, en la que la imagen del empresario no sale muy favorecida. Sin duda que la educación que hemos recibido es básica en esta problemática, pero no creo que con el enfoque que se menciona, ya que no creo que la educación que se recibe sea tan antiempresarial. Sin embargo, sí quisiera remarcar que no se trata de que en España no haya empresas y, por tanto, no creo que el problema sea de vocación empresarial. Más bien es cuestión de que los empresarios de nuestro país prefieren el comercio o los servicios. Quiero decir, dejando claro que no soy una especialista en el tema, que la cultura general de España es de bajo riesgo, incluso en los empresarios. No sé el número de empresas que hay en España, supongo que varias decenas de miles, pero

entre estas decenas de miles muy pocas creen en la investigación como fuente de riqueza.

Por tanto, creo que es cuestión tanto de que los investigadores no tenemos vocación empresarial (que creo que en la mayoría de los casos es cierto), como que los empresarios no tienen vocación investigadora e innovadora. Con esto, ¿debemos hacer los investigadores el esfuerzo de reconvertirnos en empresarios o debemos estimular a los empresarios hacia la investigación?. Aunque es muy aconsejable que los investigadores aprendamos y podamos montar nuestras propias empresas tecnológicas, creo que el segundo paso es más factible y compatible con las vocaciones de cada uno.

*Amelia Sánchez Capelo  
Hospital Ramón y Cajal  
Madrid*



### **Transferencia de tecnología**

Me incorporo al debate para sugerir una idea: creo que el problema no debe plantearse solamente en los términos en que se ha planteado (promover o no la figura del científico-empresario) sino de una manera más amplia. El problema es de transferencia de tecnología, me parece a mí. Y esto debería ser un objetivo de la AACTE.

La transferencia de tecnología tiene como mínimo dos agentes, el empresario y el científico, y la comunicación ha de ir en los dos sentidos. Creo que muchas veces el científico no es consciente de en qué puede ser de utilidad a una empresa. Eso puede pasar simplemente por desconocimiento o falta de interés, pero en otras ocasiones se debe al celo de las empresas con respecto a desvelar detalles del *know-how*, productos intermedios o productos potenciales a largo plazo. Y por otro lado, muchas veces las empresas no conocen bien qué les puede aportar el investigador, o desconfían al considerarlo demasiado académico.

No se trata de buscar culpables, pero sí creo que puede haber frecuentemente al menos un defecto en cada extremo:

- investigadores que desdeñan la investigación aplicada como algo menor

- empresarios que no están interesados en la innovación, todo lo más en copiar lo que hacen otros.

Esos dos defectos sí son un problema de educación (aunque tampoco digo que todos los investigadores tengan que hacer investigación aplicada, que eso es pan para hoy y hambre para mañana). Y dicho esto, también quiero añadir que no creo que éste sea un problema de educación. Sencillamente, las características que capacitan a alguien para ser un empresario o un científico probablemente son suficientemente dispares como para que su coincidencia en una misma persona sea infrecuente. Por último, la idea de que nos educan en el anticapitalismo me parece una desfachatez (o una "fachatez", más bien). Pues sí que...!!!

*Miguel A. Cambor  
Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid*



### **Relación I+D pública-privada.**

Me parece interesante que identifiquemos las diferentes tendencias o intereses entre la posible colaboración de la investigación pública con la privada como un comienzo para estudiar la posibilidad de acercar mejor ambos mundos.

Tal vez desde la AACTE nos hemos focalizado prácticamente desde su constitución, hace ya unos años, por reclamar apoyo para la investigación exclusivamente a los diferentes entes públicos y nos hemos olvidado del posible apoyo de empresas, asociaciones empresariales etc... Bien es cierto que la mayor parte de los socios de la AACTE desarrollamos nuestra labor investigadora en centros públicos, pero no obstante algunos socios de la AACTE han creado empresas, trabajan o han trabajado en ellas y colaboran o están colaborando con empresas actualmente.

Por otra parte, otros investigadores podrían estar considerando el mundo empresarial como una posible vía alternativa a la escasa financiación pública, o como una manera de conseguir una cierta seguridad económica y laboral.

Incluso podríamos pensar en crear una nueva empresa, aunque bien es verdad que se nos vienen a la cabeza ciertos temores, como la dificultad de poder realizar investigación básica que no tenga una aplicación directa a corto plazo, la necesidad de un capital previo o, en su defecto, conseguir socios que quieran invertir. En este último caso surge el temor a que nuestra capacidad de control en la actividad de la empresa sea directamente

proporcional al capital invertido, infravalorándose el trabajo y las ideas.

Precisamente para alejar este tipo de dudas es preciso que en un primer momento valoremos las posibles vías de colaboración de la I+D pública y privada. ¿Qué puede buscar la empresa en la investigación pública?:

-Unos determinados servicios o necesidades puntuales, por los cuáles le sale más barato esta colaboración que montar la técnica necesaria o contratar el personal necesario para ello.

-Un colaborador público para acceder a determinadas convocatorias de subvención pública en las que por sí sola, bien no puede participar, o bien tiene menos posibilidades de éxito.

-Una colaboración a más largo plazo en la que busca cierta asesoría científica. Esta misma colaboración de asesor externo le permite "figurar" como empresa que hace I+D en colaboración con entes públicos, lo cual al menos da cierto prestigio a la empresa.

-¿Otros?

Según me comentaba Ángel Cebolla, "una empresa innovadora puede buscar también que un grupo de prestigio valide en el contexto de una investigación básica puntera una tecnología nueva desarrollada por ella. Así salieron técnicas como los microarrays de Affymetrix por ejemplo. También buscamos descubrimientos básicos aplicables (aunque para ver esto hay que ser investigador y empresario) que puedan ser patentables o invenciones de centros públicos que podamos llevar a producto en un periodo de 6 meses a 2 años. Para buscar plazos mayores hay que ser una gran empresa. Una PYME no tiene mas remedio que contar

con grupos de I+D públicos para sacar nuevos productos. Lo que pasa es que la motivación de la mayoría de ellos es muy débil para el desarrollo de productos. Se suele preferir dedicar la mayoría de los recursos obtenidos gracias a los proyectos de cooperación en sus líneas habituales que son las que más le gustan o les dan prestigio". (Dr. Angel Cebolla Ramírez. CEO/ R&D Director Biomedal SL)

¿Qué puede buscar el investigador en un centro público de I+D en la empresa ?:

-Financiación para sus proyectos y/o personal a cambio de determinados servicios.

-Un socio y/o asesor que le ayude a comercializar ideas que pueden ser aplicables, o incluso le ayuden a montar una nueva empresa.

-Un colaborador en una empresa para acceder a determinadas convocatorias de subvención pública en las que por sí solo, bien no puede participar, o bien tiene menos posibilidades de éxito.

-Unos determinados servicios o necesidades puntuales por los cuales le sale más barato y/o práctico esta colaboración que solicitar el dinero para montar la técnica necesaria o contratar el personal necesario para ello.

-Formar o captar personal con determinadas habilidades técnicas y/o formación científica.

-¿Otros?

Rafael Rodríguez Puertas  
Universidad del País Vasco  
Vizcaya



## NOTICIAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

### Nuevo Ministro y nuevo Plan Nacional de I+D+i (2004-2007)

El pasado mes de Septiembre fue nombrado ministro de Ciencia y Tecnología Juan Costa, en sustitución de Josep Piqué. El nuevo ministro es licenciado en Derecho y ha sido Secretario de Estado de Hacienda y de Comercio y Turismo. En la breve biografía del ministro que aparece en la página web del ministerio no consta ninguna relación anterior con el mundo de la Investigación y el Desarrollo. Poco después de su nombramiento, Costa se comprometió a crear 3000 nuevos puestos de investigadores en organismos públicos antes de 2007.

Este objetivo se recogía, efectivamente, en el borrador del Plan Nacional de I+D+i (2004-2007) del que informábamos en el número pasado. Sin embargo, el Plan definitivo, aprobado el pasado 7 de noviembre, no hace mención expresa de este objetivo, y sólo establece la creación de 700 y 800 puestos o contratos en los años 2004 y 2005, respectivamente. Esa falta de definición de los objetivos para los años 2006 y 2007 se debe a que se realizará una revisión intermedia en el 2005 para actualizar los objetivos de los dos últimos años de vigencia del Plan. De acuerdo con éste, el escenario previsto dependerá del compromiso político pero también de la capacidad para optimizar esfuerzos y de “la coyuntura económica del momento”.

El Plan se ha publicado en forma de dos volúmenes: Objetivos y Estructura (118 páginas) y Areas Prioritarias (538 páginas), accesibles desde internet<sup>1</sup>. Éstos dos volúmenes, según el borrador, iban a ser acompañados de un tercero que incluiría “los planes estratégicos de los organismos públicos de investigación y experimentación adscritos a la Administración General del Estado”. Ahora este volumen III no será tal, sino un “documento” que, al parecer, no está disponible desde internet.

En estos volúmenes tampoco se hace mención expresa al Programa Juan de La Cierva para científicos jóvenes ni al Programa Severo Ochoa para líderes, que sí se mencionan en la página web del ministerio sin explicar en qué consistirán. Se menciona, pero sin dotarla de contenido preciso, la creación de una Oficina del Investigador “ligada a una mejora y personalización de la gestión de las actuaciones”. Es gracioso constatar que, en la presentación del plan en la página web del ministerio, al relacionar los derechos de los investigadores, aparece la creación de una “Oficina del Defensor del Investigador”.<sup>1</sup> Desconocemos si se trata de una oficina distinta o es más bien un “acto fallido” con algún tipo de contenido subliminal.

Según la presentación del Plan en la página web del MCyT, los objetivos generales son: la búsqueda del incremento del nivel de la ciencia y la tecnología españolas; aumentar los recursos humanos dedicados a la I+D+I, tanto en el sector público, como en el privado; reforzar los derechos y las garantías de los investigadores; fortalecer la dimensión internacional de la ciencia y la tecnología españolas, especialmente en el Espacio Europeo de Investigación; nuevas actuaciones en grandes instalaciones; potenciar el papel de la investigación básica, y mejorar la comunicación a la sociedad de los avances que se vayan produciendo.

El nuevo plan prevé un incremento gradual del gasto español en I+D hasta alcanzar el 1,4% del Producto Interior Bruto en 2007. Como decíamos más arriba, los incrementos sólo se concretan para los años 2004 y 2005, aunque se menciona como “escenario previsto” el objetivo del 1,4 % “durante el período de vigencia del Plan”. Dentro de las expectativas del ministerio, el incremento mayor se producirá en el gasto privado, por lo que el plan nacional recoge una serie de incentivos fiscales y financieros para este sector.

Lamentablemente, parece que este esfuerzo no va a permitir que España alcance los niveles de gasto recomendados por la Unión Europea, que estableció un objetivo del 3% del PIB en 2010. Por si esto fuera poco, los retrasos en el pago de las ayudas persisten: a primeros de Diciembre de 2003 los investigadores españoles aún no habían recibido el 70% de la financiación aprobada por la

<sup>1</sup> <http://www.mcyt.es/planidi/>

CICYT en la convocatoria pasada, a pesar de que los proyectos tienen como fecha de inicio el 1 de Diciembre de 2003 y a pesar de que ya se ha publicado la siguiente convocatoria. Fuentes del ministerio atribuyeron estos retrasos a “problemas burocráticos”.<sup>1</sup>

Independientemente de los retrasos en la liberación de fondos, algo que ya es habitual en el ministerio, se han levantado fuertes críticas respecto a qué se incluye dentro del concepto “I+D+i”. Por un lado, una buena parte de este presupuesto se destina a fines militares y no siempre es claro que sean gastos de investigación y desarrollo (ver noticia sobre el informe de la Fundació per la Pau en este mismo número). Por otro lado, en el capítulo de I+D+i se incluyen partidas que, si bien pueden ser importantes o necesarias, parecen no tener nada que ver con la investigación. Por ejemplo, en los presupuestos generales del estado para 2004 existe una partida en la función 54 de 107 M€ para incentivar el uso de la informática en escuelas, administración y pequeña y mediana empresa.

Por último, el ministerio abrió la nueva convocatoria de ayudas a proyectos dentro del Plan Nacional.<sup>2</sup> Como novedad importante, dada la prohibición de la Unión Europea de que se utilicen fondos FEDER de manera anticipada, los investigadores afectados deberán pedir un anticipo reembolsable (crédito a interés cero) para completar su financiación. También se ha abierto la convocatoria de proyectos PROFIT de Fomento de la Investigación Técnica.<sup>3</sup>

## La UE elige Cadarache (Francia) como candidatura única al ITER

El pasado 26 de noviembre el Consejo de Competitividad de la Unión Europea escogió finalmente a Cadarache (Francia) como único candidato europeo para albergar el reactor experimental termonuclear internacional (I.T.E.R.). El acuerdo fue posible al retirar España la candidatura de Vandellós debido a la falta de apoyos en la Unión. Cadarache competirá con Rokkasho (Japón). La tercera candidatura, la canadiense (Clarington), no parece contar con apoyos suficientes ni siquiera por parte del gobierno federal canadiense.

El proyecto ITER pretende utilizar la fusión nuclear para obtener electricidad generando durante períodos largos de tiempo más potencia de la que consume. En un reactor tokamak se fusionarán átomos de deuterio e itrio a 200 millones de grados centígrados. En el proyecto participan U.E., EEUU, Canadá, China, Japón, Rusia y Corea del Sur y su puesta en marcha está prevista para el 2014. Supone una inversión de unos 4.500 millones de € durante los próximos 10 años de los que el 80% provendrán del consorcio internacional y el 20% del país que lo albergue. La U.E. ha ofrecido aportar la mitad del presupuesto si el laboratorio se aloja en Europa. Se estima que el reactor dará trabajo al menos a 3.000 científicos y que el coste total será de 10.300 M€ incluyendo su construcción (10 años) operación (20 años) y desmantelamiento (5 años).

El gobierno español había apostado fuerte por la candidatura de Vandellós, llegando a ofrecer aumentar la contribución española al doble de lo establecido si finalmente el reactor se instalaba en Vandellós. Los intentos españoles de que la Unión Europea presentase ambas candidaturas se vinieron abajo ante la falta de apoyos. Las razones son posiblemente de índole diversa. Por un lado, la mayor tradición en fusión nuclear y el hecho de que Cadarache ya alberga el programa francés de fusión nuclear parecen motivos de índole científico suficientes. Por otro lado, la fortaleza del eje franco-alemán y los frecuentes enfrentamientos con la Unión que el gobierno español protagoniza últimamente se han esgrimido como razones de tipo político.

Como contrapartida a la retirada de la candidatura de Vandellós y el apoyo español a Cadarache, la U.E. ha ofrecido a España que, en el caso de que el reactor se instale finalmente en Francia, España sería la sede de la Agencia Europea de Fusión, el centro administrativo de la contribución europea al proyecto. Además, los directores del complejo experimental serían un francés y un español (como en los chistes).

*Fuentes: Nature 426, 2003, 483; Science 302, 2003, 1640; El País 26-11-2003; El Mundo, 26-11-2003.*

<sup>1</sup> El País, 6-12-2003

<sup>2</sup> BOE 11/11/2003

<sup>3</sup> BOE 15-11-2003



## El Sincrotrón de El Vallés

El 14 de Marzo pasado se firmó la constitución de un consorcio entre la Generalitat de Cataluña y el Ministerio de Ciencia y Tecnología para la Construcción, equipamiento y explotación de un Laboratorio de Luz sincrotrón (CELLS) en El Vallés, cerca de Barcelona. El proyecto es iniciativa de la Generalitat, que lo estableció como objetivo en 1992. El coste estimado del proyecto para los años 2003-2008 es de casi 164 M€ cofinanciados al 50 % por la Generalitat y el MCyT<sup>1</sup>. La puesta en funcionamiento del laboratorio está prevista para finales de 2007 o principios de 2008.

Para presentar algunos aspectos del proyecto y las oportunidades que genera se organizó una reunión en Menorca a primeros de Octubre con el título “Scientific and Technological Opportunities in the Future Synchrotron of El Vallés (XIX Trobades Científiques de La Mediterrània)”<sup>2</sup>. En este encuentro, algunos representantes oficiales advirtieron de que muy pronto deberán definirse con precisión las características finales de las cinco líneas de que dispondrá el laboratorio en un primer momento. Estas líneas ya cuentan con financiación aprobada y en algún caso cada línea podría albergar más de una estación de trabajo.

Con este motivo, entre otros, se celebrarán en Málaga en Febrero unas jornadas de trabajo organizadas por la AUSE<sup>3</sup>. Esta es la Asociación de Usuarios de Sincrotrón de España, que se está gestando al amparo de una Red Temática del MCyT. En esta reunión se pretende empezar a sentar las bases de los casos científicos para las primeras líneas del laboratorio. El MCyT ha designado a una serie de coordinadores de las mesas de trabajo que deben elaborar las propuestas de líneas para El Vallés.

La luz sincrotrón es la radiación emitida por una partícula cargada cuando describe una trayectoria curva a velocidades próximas a la de la luz. En general, un acelerador lineal introduce un chorro de partículas cargadas en un acelerador circular, el cual a su vez lo inyecta en un anillo de almacenamiento curvo. En el caso del sincrotrón de El Vallés las partículas son electrones y el anillo de almacenamiento tendrá un perímetro de 250 metros. Esta radiación, que cubre desde los infrarrojos hasta los rayos X, tiene interesantes propiedades: el haz es extremadamente colimado, mucho más intenso que en cualquier fuente convencional de radiación, está muy polarizada en el plano de la órbita y se emite en pulsos muy cortos (picosegundos) y con una estructura periódica (microsegundos). Las aplicaciones de este tipo de radiación abarcan múltiples técnicas (espectroscopías de infrarrojos y de rayos X, cristalografía, microscopía, radiografía...) en muy diversas áreas (física, química, biología, medicina, farmacología...).

Este sincrotrón se une a los 17 ya existentes o en proceso de construcción en Europa y a los más de 70 de todo el mundo. España es el país europeo con mayor número de usuarios de radiación sincrotrón en instalaciones extranjeras (obviamente porque no posee ninguna instalación de este tipo). Según el MCyT<sup>4</sup>, el laboratorio dará servicio al menos a 160 grupos de investigación integrados por 750 investigadores de diferentes áreas: biología, biotecnología, nuevos materiales, nanotecnologías, materia condensada y ciencia de superficies. También estará abierto a la colaboración internacional y al sector empresarial.

## Campaña de la Fundació per la Pau contra la Investigació Militar

La Fundació per la Pau, un colectivo que agrupa a diversos colectivos universitarios ha lanzado la campaña “Por la Paz: No a la Investigación Militar”. Los objetivos son dar a conocer la realidad de la I+D militar en España, exigir al gobierno transparencia respecto a los recursos destinados a I+D militar y, finalmente, exigir su transferencia a la I+D civil.<sup>5</sup> España es el país europeo con mayor gasto en I+D militar, a excepción de Gran Bretaña.

<sup>1</sup> R. Pascual de Sans, *Coneixement I Societat*, nº 1, 2003, 80. Accesible en: [http://www10.gencat.net/dursi/generados/catala/departament/recurs/doc/01\\_coneixement.pdf](http://www10.gencat.net/dursi/generados/catala/departament/recurs/doc/01_coneixement.pdf) y en [http://www.cells.es/01\\_art\\_pascual.pdf](http://www.cells.es/01_art_pascual.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.lls.ifae.es/Menorca-2003/>

<sup>3</sup> <http://www.ause.uma.es/ause/>

<sup>4</sup> <http://www.cells.es/dossier-sincrotron.pdf>

<sup>5</sup> [www.fundacioperlapau.org](http://www.fundacioperlapau.org)

Según un reciente informe de esta Fundación,<sup>1</sup> la investigación militar en España recibirá en 2004 entre el 31 y el 44% de los fondos totales destinados por el estado a I+D. Estos porcentajes resultan de la suma de los fondos gestionados directamente por el ministerio de Defensa y la partida de anticipos que facilita el de Ciencia y Tecnología dentro del programa 542.E de “Investigación y Desarrollo Tecnológico”, que en el año 2004 financiará 17 proyectos, de los cuáles 11 son militares. Estos fondos se destinan tanto al desarrollo de productos como a su fabricación, por lo que su inclusión como presupuestos de I+D resulta cuestionable.

Como comparación, el programa de Investigación Científica (gestionado por CyT y Educación), principal fuente de financiación pública de universidades y CSIC, recibe sólo un 10.4% del total de la función 54, lo que supone un estancamiento respecto del año anterior y una disminución respecto al año 2001 (14.3%).

Por último, la Fundació per la Pau ha hecho un llamamiento a los investigadores españoles para firmar un manifiesto de “Objeción Científica” sumándose a los objetivos expuestos más arriba y adquiriendo el compromiso de no participar en ninguna investigación que tenga una finalidad explícitamente militar o esté financiada con fondos destinados a la investigación con objetivos militares. Una versión diferente del manifiesto (que no incluye ese último compromiso) se puede firmar on line. Hasta el momento lo han firmado más de 1500 investigadores. El manifiesto recibió recientemente el apoyo de los premiados en el II Certamen Arquímedes del ministerio de Cultura, que premia trabajos realizados en el segundo ciclo de estudios universitarios.<sup>2</sup>

## Premios Nobel 2003

El premio Nobel de Química de este año ha recaído en los médicos y bioquímicos estadounidenses Peter Agre y Roderick MacKinnon por sus contribuciones al conocimiento químico fundamental sobre cómo funcionan las células. En concreto, las contribuciones se refieren a los poros que permiten el intercambio selectivo de agua (Agre) y potasio (MacKinnon) entre la célula y su entorno y son fundamentales para entender la comunicación molecular, el funcionamiento del sistema nervioso, del riñón y de los músculos. Agre ha manifestado que parte del dinero del premio se destinará a la defensa de las libertades académicas, amenazadas por las restricciones impuestas por la lucha contra el terrorismo.

El Nobel de Física ha premiado a los rusos Alexei A. Abrikosov y Vitali L. Ginzburg por su contribución a la comprensión de la superconductividad y al británico Anthony J. Leggett por su explicación de la superfluidez del helio 3. Abrikosov y Legget tienen actualmente la nacionalidad estadounidense. El trabajo de los rusos permite entender la superconductividad de materiales tipo II, que mantienen la superconductividad incluso en presencia de campos magnéticos fuertes y que no encajaban en las teorías anteriores. Esta es una contribución importante, pues todos los superconductores de “alta” temperatura son del tipo II. Este es el cuarto Premio Nobel de Física relacionado con la superconductividad (los anteriores premiaron el descubrimiento del fenómeno, la teoría BCS que explica la superconductividad pero sólo en materiales tipo I y el descubrimiento de los superconductores de alta temperatura).

El Nobel de economía ha galardonado al americano R. Engle y al británico C. Granger por sus métodos estadísticos para estudiar series temporales, es decir, secuencias cronológicas de observaciones económicas. Shirin Ebadi, abogada iraní defensora de los derechos humanos recibió el Nobel de la Paz y el surafricano John Maxwell Coetzee el de literatura.

*...y los IgNobel*

También se han conocido los premios IgNobel de este año. Concedidos por la revista científica de humor *Annals of Improbable Research*, estos premios se conceden a gente que ha hecho “algo que hace a los demás reír primero y luego pensar”. El Premio IgNobel de ingeniería ha recaído en J. P. Stapp, E.A. Murphy y G. Nichols por su “descubrimiento” de la famosa ley de Murphy (que en su formulación más sencilla establece que si algo puede ir mal, irá mal). El de física se concedió

<sup>1</sup> [http://www.prouinvestigacionmilitar.org/documents/informes/InformeI\\_Dmilitar\\_2004cast.pdf](http://www.prouinvestigacionmilitar.org/documents/informes/InformeI_Dmilitar_2004cast.pdf)

<sup>2</sup> El País, 23-11-2003

a J. Harvey, J. Culvenor, W. Payne, S. Cowley, M. Lawrance, D. Stuart y R. Williams por su trabajo “Un análisis de las fuerzas requeridas para arrastrar ovejas sobre varias superficies”, publicado en *Applied Ergonomics*, 33, 2002, 523. El de medicina premió a E. Maguire, D. Gadian, I. Johnsrude, C. Good, J. Ashburner (¿será real el nombre?), R. Frackowiak y C. Frith por mostrar que el cerebro de los taxistas londinenses está más desarrollado que el de sus conciudadanos. G.V. Caprar, C. Barbaranelli y P. Zimbardo recibieron el de psicología por su artículo “Las excepcionalmente sencillas personalidades de los políticos” aparecido en *Nature*, 385, 1993, 493. El de química ha ido a Y. Hirose, por su investigación de una estatua de bronce de la ciudad de Kanazawa que al parecer no atrae a las palomas. El de literatura premia a J. Trinkaas por sus más de 80 artículos sobre molestias y anomalías de la vida diaria (porcentaje de jóvenes que llevan la gorra de béisbol al revés y otras estupideces de similar calibre). El de economía ha ido conjuntamente a K. Schwärzler y la nación de Liechtenstein, por hacer posible el alquiler del país entero para convenciones, bodas y otras reuniones. El premio de “investigación multidisciplinar” reconoce el trabajo de S. Ghirlanda, L. Jansson y M. Enquist por su artículo “Las gallinas prefieren a los humanos hermosos”, publicado en *Human Nature*, 13, 2002, 383. Por su parte, C.W. Moeliker recibió el premio de biología por documentar el primer caso descrito de necrofilia homosexual del ánade real. Por último, el premio de la Paz fue a parar a L. Bihari por tres razones: llevar una vida activa a pesar de haber sido declarado legalmente muerto; conducir una campaña póstuma contra la inercia de la burocracia y los parientes envidiosos; crear la Asociación de Gente Muerta. A pesar de estar muerto, Bihari consiguió un pasaporte del gobierno Indio para viajar a Harvard a recoger el premio, pero el gobierno americano le prohibió la entrada.

(Fuentes: *Real Academia de Ciencias de Suecia* ([www.kva.se](http://www.kva.se)) , *El País*, <http://www.improb.com/ig/ig-pastwinners.html>, <http://www.improbable.com/>)

## BREVES

### Canarias: un millón de € de I+D+i desviados a la emisión de fútbol

Según el periódico digital *Canarias Ahora*, el Gobierno Autónomo de Canarias desvió 1 millón de € inicialmente destinados a I+D+i para financiar los derechos de retransmisión de fútbol de primera división por la televisión autonómica<sup>1</sup>. El citado periódico informa de que, además, se destinaron al mismo fin 2,8 M€ que correspondían al capítulo de promoción deportiva, por lo que el 95 % de los costes de los derechos de retransmisión del fútbol procede del área educativa.

---

## DOSSIER

---

### Acceso libre a la literatura científica

En el número anterior de *Apuntes* comentábamos la aparición de *PLoS Biology*, primera revista del proyecto *PLoS*, The Public Library of Science. Este proyecto sin ánimo de lucro pretende favorecer el acceso libre a la literatura científica, especialmente la financiada con cargo a fondos públicos. La idea básica es que el coste de las publicaciones sea, en principio, una parte del coste del proyecto, de manera que los resultados de la investigación sean accesibles sin necesidad de nuevos pagos. Es decir, a cambio de pagar una vez por el coste de la publicación la sociedad en su conjunto se ahorra miles de suscripciones o pagos individuales o institucionales.

Desde hace varios años se está haciendo cada vez más evidente que el sistema actual de publicación de literatura científica está en crisis. Por un lado, el coste de las suscripciones a revistas científicas se ha incrementado tanto que son muchas las bibliotecas académicas que, pese a adoptar iniciativas del tipo de intercambio bibliográfico entre distintas universidades, se ven forzadas a disminuir el número de suscripciones y la compra de monografías. En el período 1970-1995 el coste promedio de las suscripciones a revistas de ciencia, tecnología y medicina se ha incrementado

---

<sup>1</sup> <http://www.canariasahora.com>

en un 471%.<sup>1</sup> El coste de estas suscripciones parece innecesariamente alto, sobre todo en el caso de editoriales comerciales, donde en ocasiones el precio de un artículo es cuatro veces superior al ofertado por revistas pertenecientes a sociedades sin ánimo de lucro que publican en el mismo campo. En el caso del gigante de las publicaciones científicas, Elsevier, se plantean incluso estrategias de precios que resultan muy difíciles de aceptar. La biblioteca de Cornell University ha informado de que cuando una universidad cancela una suscripción a una revista de Elsevier, el precio de las restantes suscripciones aumenta considerablemente, por lo que la única posibilidad que le queda a esta biblioteca para poder afrontar los pagos en 2004 es cancelar cerca de 200 suscripciones a Elsevier.<sup>2</sup>

Por otro lado, son cada vez más los investigadores que están descontentos con la relación entre investigadores y editores. Esta relación, que podía haberse considerado simbiótica en su momento, aparece ahora más y más como una relación de parasitismo por parte de las grandes compañías editoriales. Los editores comerciales parecen no tener en cuenta el hecho de que no son ellos quienes producen la mercancía vendida (que, en su mayor parte, es conocimiento intelectual) y que los auténticos productores pueden elegir dirigirse a cualquier otro medio de hacer público su conocimiento. Así, han aparecido iniciativas de boicot, específicas o generales, que en su mayor parte se integran en movimientos más amplios de los que el proyecto PLoS es sólo un ejemplo.

Este pequeño informe, que está lejos de ser completo, pretende dar una idea de lo avanzado del fenómeno y de cómo en un futuro cercano es más que previsible un cambio radical del sistema de publicación científica (no limitado, pero sí asistido, por las posibilidades que ofrece hoy en día la publicación electrónica en internet).

#### *The Journal Of Clinical Investigation*

Aunque la idea de PLoS nos pareció nueva, ya existía una iniciativa similar. La revista Journal of Clinical Investigation de la American Society of Clinical Investigation<sup>3</sup> ofrece acceso libre sin ningún tipo de restricción desde 1996.<sup>4</sup> Más significativo resulta el hecho de que diferentes instituciones están planteando la misma batalla al menos desde 2001.

#### *La Sociedad Max Planck y la declaración de Berlín*

El pasado mes de Octubre la Sociedad Max Planck (MPS) organizó una conferencia sobre el acceso libre a la literatura científica. Como colofón a la conferencia, el presidente de la sociedad, Peter Gruss, firmó la “Declaración de Berlín sobre el Acceso Libre al Conocimiento en Ciencias y Humanidades”, junto a representantes de otras instituciones de investigación alemanas e internacionales. Entre los firmantes alemanes destacan los responsables de las sociedades Fraunhofer, Leibniz y Helmholtz, y los de los organismos German Research Foundation y Deutsches Forschungsnetz.

Entre los no alemanes destaca el director general del CNRS y los de FWF Austrian Science Fund y Fonds voor Wetenschappelijk Onderzoek – Vlaanderen. El único responsable español que firmó la declaración es J.M. Ruano León, Consejero de Educación, Cultura y Deportes del Gobierno de Canarias (que, por motivos muy diferentes, aparece en otra noticia de esta sección).

La declaración de Berlín aboga por un uso consistente de Internet como medio de comunicación y publicación científica tanto por parte de las instituciones de investigación como por otras instituciones culturales (librerías, archivos y museos). Se pretende que los autores y propietarios de los derechos de las publicaciones científicas concedan un uso libre, irrevocable y universal de su trabajo, permitiendo su uso, publicación y diseminación siempre que se especifique la autoría y propiedad intelectual del trabajo.

Los firmantes se comprometen a animar a sus investigadores y a los adjudicatarios de sus proyectos para publicar sus trabajos de acuerdo a los principios del acceso libre. También se

<sup>1</sup> Open access: Restoring scientific communication to its rightful owners, European Science Foundation Policy Briefing, Abril 2003. <http://www.esf.org/publication/157/ESPB21.pdf>

<sup>2</sup> <http://www.library.cornell.edu/scholarlycomm/elsevier.html>

<sup>3</sup> Nature, 2003, 426, 383

<sup>4</sup> <http://www.jci.org>

comprometen a que sus instituciones culturales apoyen el acceso libre facilitando sus recursos a través de internet. Pretenden además desarrollar formas de evaluación que permitan mantener los estándares de calidad y buena práctica científica. Por último, abogan porque ese tipo de publicaciones sea reconocido en la evaluación del trabajo de los investigadores.

La declaración de Berlín no es la primera de este tipo y va en la línea de la declaración de Bethesda<sup>1</sup> y la iniciativa de Budapest.<sup>2</sup> Sin embargo, es la primera ocasión en que se obtiene el apoyo formal de las primeras instituciones científicas de un país.

Según la revista Nature,<sup>3</sup> la MPS va a cambiar los contratos de sus investigadores, exigiéndoles que devuelvan el copyright de su trabajo a la sociedad. De esta manera, después de un período de gracia aún por determinar, cualquier publicación científica de los investigadores de la MPS deberá ser de acceso libre desde al menos un servidor de internet.

#### *Preprints on-line: sistemas de redistribución “mecánicos”*

Es interesante destacar que existen claras diferencias entre las iniciativas descritas más arriba y los “preprints on-line”. Los preprint on-line se iniciaron en el área de la Física, siendo la base de datos HEP (High-Energy Physics) uno de los ejemplos más antiguos y destacables, contando en la actualidad con más de medio millón de artículos, informes, contribuciones a congresos y tesis.<sup>4</sup> En general, los documentos disponibles en este tipo de bases de datos son previos a su aparición en publicaciones científicas regulares (si es que ésta finalmente se produce). Esta es una forma de intercambio de información que tiene, no obstante, algunas desventajas. La principal es que, generalmente, estas bases de datos no consideran el proceso de peer review, que suele considerarse esencial en la publicación científica y que sí está contemplado en las iniciativas descritas arriba.

Así, por ejemplo, otra base de datos de artículos electrónicos del área de Física, los ArXiv de la Cornell University en Ithaca, N.Y.,<sup>5</sup> se ha enfrentado muy recientemente a dos casos controvertidos.<sup>6</sup> El primero es un caso de presunto plagio que ha llevado a retirar 22 artículos de la base de datos. El segundo es un artículo del físico español Alvaro De Rújula, de la división de física teórica del CERN y profesor de la Universidad de Boston en el que acusa al astrofísico británico Sir Martin Rees de mala conducta.<sup>7</sup> Según De Rújula, Rees, que tiene el rimbombante cargo de Astrónomo Real, se apropió el crédito y las ideas de otros investigadores relativos al mecanismo de generación de explosiones de rayos gamma (GRB, por sus siglas en inglés). Según Nature, el artículo es un ataque “subido de tono” a Rees y podría considerarse libelo y dar lugar a acciones legales contra el autor y contra la Cornell University. Independientemente de estas consideraciones de Nature, este caso plantea una cuestión seria. Los preprints on-line típicamente distribuyen información que no ha sido revisada mediante un proceso de peer-review (en palabras de su creador, Paul Ginspar, “ArXiv is just a mindless redistribution system”<sup>3</sup>). Esto supone, por un lado, que los administradores de este tipo de bases de datos pueden enfrentarse a problemas legales (acusaciones de difamación, por ejemplo). Por otro lado, se puede argumentar que ese sistema no garantiza un alto nivel de las publicaciones, aunque también es de destacar que el sistema elimina de un plumazo las arbitrariedades de referees y editores y los prejuicios contra lo verdaderamente nuevo.

#### *PubMed Central*

Una iniciativa diferente a las anteriores es PubMed Central,<sup>8</sup> en la que son los propios editores quienes acceden a colgar versiones electrónicas de sus revistas relacionadas con las ciencias de la vida en un sitio de acceso libre y sin restricciones. PubMed Central, promovida por el antiguo

<sup>1</sup> <http://www.earlham.edu/~peters/fos/bethesda.htm>

<sup>2</sup> <http://www.soros.org/openaccess/>

<sup>3</sup> Nature, 2003, 425, 752

<sup>4</sup> <http://www.slac.stanford.edu/spires/hep/>

<sup>5</sup> <http://arxiv.org>

<sup>6</sup> Nature, 2003, 426, 7

<sup>7</sup> Alvaro de Rújula, The New Paradigm for Gamma Ray Bursts: a Case of Unethical Behaviour?, 2003, [http://arxiv.org/PS\\_cache/physics/pdf/0310/0310134.pdf](http://arxiv.org/PS_cache/physics/pdf/0310/0310134.pdf)

<sup>8</sup> <http://www.pubmedcentral.gov/>

director del National Institute of Health de Estados Unidos, el Premio Nobel H. Varmus (cofundador y presidente de PLoS), y financiada por este organismo, apareció en Febrero de 2000 con contenidos de la Proceedings of the National Academy of Sciences y de Molecular Biology of the Cell. Actualmente cuenta con unas 60 revistas. Para calmar la preocupación de las editoriales respecto a una posible pérdida de beneficios, no se exige que las publicaciones aparezcan en PubMed inmediatamente tras la publicación en la revista regular, sino que se acepta un cierto período de retraso (predefinido por la editorial y que, en general, es de entre 6 y 12 meses). En su momento parece que muchas editoriales expresaron una fuerte oposición a esta iniciativa e incluso ejercieron presión para cortar la financiación de PubMed.

### *La posición de las editoriales*

La publicación de artículos científicos parece ser un gran negocio, lo que no es de extrañar si los mismos que compran la revista son quienes escriben, ceden el copyright a perpetuidad, revisan la calidad de los artículos de otros y, cada vez más, maquetan, componen y dejan sus propias publicaciones listas para publicar. Según Colin Hopkins, del Imperial College, en el año 2000 Elsevier Science tuvo beneficios de 3.525 millones de dólares, con un volumen de negocio de 9.702 millones y una generación de dividendos para sus accionistas de 1.000 millones.<sup>1</sup> En años más recientes, la situación de Elsevier ha mejorado sensiblemente. Según un informe de la propia Elsevier,<sup>2</sup> durante el año 2002 Elsevier Science tuvo un incremento de beneficios del 29% respecto del año anterior. La empresa matriz, Reed Elsevier posee cerca de 2000 revistas y llama la atención que esto no active ninguna acción antimonopolio por parte de la Unión Europea o los Estados Unidos.

¿Por qué muchas editoriales, y sociedades supuestamente sin ánimo de lucro que financian otras actividades con los beneficios de sus publicaciones, pretenden mantener un control indefinido sobre el copyright de los artículos que publican? Una cesión sólo temporal (de unos pocos meses, como en el caso de PubMed) sería quizás aceptable para muchos, pero no para las editoriales. La razón, como señala Hopkins, es que una buena parte del nuevo negocio de estas empresas es la venta de artículos o suscripciones de un paquete inmenso de revistas, quizá muchas marginales, que incluyen los números atrasados. Por ejemplo, ScienceDirect de Elsevier ofrece 1800 revistas en internet, incluyendo números digitalizados de hace, por ejemplo, 30 años.<sup>3</sup> Si el copyright no es indefinido, el negocio tampoco.

En cambio, algunas revistas, como Science y Nature, aunque siguen exigiendo la cesión indefinida del copyright (en el caso de Nature una "licencia exclusiva" y no el copyright), permiten que el autor cuelgue sus artículos sin restricciones en su propia página web, siempre que se incluya también un enlace a la versión electrónica de la propia revista.

### *El Boicot*

En su momento, PLoS propuso un boicot al sistema actual que empezaría en Septiembre de 2001. El boicot consiste en que los científicos rehúsen enviar y censar artículos para revistas que no depositen los artículos de investigación en al menos una librería pública de libre acceso a través de internet dentro de los seis meses siguientes a la fecha de publicación.

Hace poco más de un mes, dos investigadores de la Universidad de California en San Francisco han llamado a boicotear todas las publicaciones del grupo Cell Press (perteneciente, como no, a Elsevier), pidiendo a sus colegas que no envíen manuscritos a sus revistas y que los miembros de sus consejos editoriales dimitan de estos cargos.<sup>4</sup> Cell Press publica nueve revistas, incluyendo Cell y Neuron. La razón esgrimida para el boicot es el precio exorbitante del acceso electrónico. La Universidad citada paga ya 8 millones de dólares a Elsevier por el acceso electrónico a otras revistas del grupo, y la editorial pidió otros 90.000 \$ para el acceso a las revistas de Cell Press

<sup>1</sup> <http://www.nature.com/nature/debates/e-access/Articles/hopkins.html>

<sup>2</sup> <http://www.sec.gov/Archives/edgar/data/929869/000120662703000022/press3rd.htm>

<sup>3</sup> <http://www.sciencedirect.com>

<sup>4</sup> <http://bmj.bmjournals.com/>

después de una negociación de 5 años. Tras iniciarse el boicot, Cell Press ha permitido el acceso libre a esta universidad, pero el boicot permanece hasta que se firme un contrato definitivo.

### *El futuro*

Tanto las iniciativas del tipo PLoS como las dificultades por las que atraviesan las bibliotecas universitarias, que cada vez pagan más por menos suscripciones, permiten prever un cambio profundo en el sistema de publicación científica en un plazo muy corto. Sin ninguna duda, las características de este cambio van a depender profundamente del posicionamiento de las partes implicadas: editoriales, sociedades sin ánimo de lucro, investigadores, agencias de financiación, colectivos de apoyo al acceso libre a la información, bibliotecas y organismos públicos y privados de financiación. Por ello, es importante fomentar el debate, buscar nuevas soluciones y tomar decisiones colectivas, para no dejar que el nuevo sistema se resuelva a espaldas de quienes generan el conocimiento (los científicos) y quienes lo pagan (los contribuyentes).

---

## ARTÍCULOS

### Nanotecnología: el motor de la próxima revolución tecnológica

Pedro A. Serena<sup>1,\*</sup> y Antonio Correia<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Cantoblanco, 28049-Madrid*

<sup>2</sup>*CMP-Científica, Apdo. Correos 20, Las Rozas, 28230-Madrid*

\**corr-ele: pedro.serena@icmm.csic.es*

Asociación para el Avance de la Ciencia y la Tecnología en España (AACTE)  
© 2003 AACTE

En este artículo se repasa brevemente el origen de la Nanotecnología y como ésta se ha convertido en uno de los pilares de la actividad en I+D en todo el mundo. Se presentan las distintas aproximaciones que conviven dentro de este campo científico-tecnológico y se analizan las consecuencias del desarrollo de la Nanotecnología, que implicarán un profundo cambio en los procesos de producción, profundizarán en la revolución social surgida al amparo de las Tecnologías de la Información, y permitirán significativos avances en las Ciencias de la Salud. Se concluye con un análisis de la actitud de las Administraciones de diferentes países respecto al desarrollo de la Nanotecnología.

#### 1. Introducción: Nanociencia versus Nanotecnología.

Los términos “ciencia” y “tecnología” se refieren a facetas diferentes de la actividad del ser humano. El primero comprende la búsqueda de principios capaces de explicar el comportamiento de las entidades que nos rodean y de nosotros mismos, mientras que el segundo se refiere al conjunto de conocimientos, instrumentos y procedimientos que nos permiten manipular y modificar nuestro entorno. El prefijo “nano” se refiere a la posibilidad de comprender los fundamentos y propiedades de objetos (Nanociencia) y diseñar elementos o dispositivos con funciones específicas (Nanotecnología) cuyas dimensiones son de unos pocos nanómetros. Aunque ambos términos tienen su propia entidad, es el de Nanotecnología el que más ampliamente se ha usado, englobando tanto conocimientos básicos como aplicados. El nanómetro (nm) es la unidad de longitud equivalente a la millonésima parte de un milímetro ( $1 \text{ nm} = 10^{-9}$  metros) y define las dimensiones típicas donde la Nanotecnología mostrará todo su potencial: la “nanoescala”. Para hacerse una idea de lo que un nanómetro representa basta citar que la cadena helicoidal de ADN tiene unos 2 nm de diámetro, o que un  $\text{nm}^3$  de material sólido alberga unos pocos centenares de átomos.

El término “Nanotecnología” fue acuñado por N. Taniguchi en 1974 para describir el conjunto de técnicas necesarias para fabricar objetos o dispositivos con una precisión del orden de 1 nm.<sup>1</sup> Sin embargo el concepto de Nanotecnología tiene sus fundamentos en diversas ideas aparecidas a lo largo de la segunda mitad del siglo XX. En un sentido mucho más amplio, la Nanotecnología es una combinación de técnicas de muy diversa procedencia cuya finalidad es la investigación y desarrollo tecnológico a nivel atómico, molecular y supramolecular destinados a proporcionar entendimiento fundamental de los fenómenos y los materiales en la nanoescala (1-100 nm) y poder así crear y usar estructuras, dispositivos y sistemas con nuevas propiedades y funciones originadas por el particular comportamiento de la materia cuando su tamaño deja de considerarse macroscópico.<sup>2</sup>

#### 2. El largo camino hacia la manipulación en la “nanoescala”.

Hasta la llegada de la Edad Moderna, la humanidad mostró, por lo general, escaso interés por aquellos objetos de tamaño inferior a lo que la vista podía discernir. Desde el siglo XVI se comienza a indagar de forma sistemática en la constitución de la Naturaleza, buscando su organización a escalas más pequeñas. En



este contexto, la aparición de los microscopios ópticos supuso una auténtica revolución que permitió un avance significativo de la Ciencia. Sin embargo el poder de resolución de la Microscopía Óptica limitaba la exploración directa de aquellos objetos con dimensiones inferiores a la micra. Era necesario dar un paso más si se deseaba ahondar en el conocimiento de la constitución de todo lo que nos rodea.

El siglo XIX culminó con el descubrimiento del electrón por J.J. Thomson (1897). Dicho hallazgo supuso el nacimiento de la Electrónica moderna, inicialmente basada en la posibilidad de manipular la trayectoria de los electrones en cavidades donde se practicaba el vacío (válvulas, tubos de rayos catódicos,...). Esta rama científico-técnica determinó un cambio radical en los modos de investigación científica y de producción industrial en los albores del siglo XX. En ese mismo siglo aparece la Mecánica Cuántica, cuyo principio de dualidad onda-corpúsculo permite la utilización de electrones como sondas -análogas a la luz- y desarrollar potentes microscopios electrónicos que nos han permitido sumergirnos más y más en búsqueda de lo pequeño.<sup>3</sup>

La electrónica de vacío fue consolidándose hasta dar lugar a los primeros grandes sistemas de cálculo.<sup>4</sup> Sin embargo, desde que en 1947, J. Bardeen, W. Brattain, y W. Shockley desarrollaron el primer transistor basado en materiales semiconductores, la Electrónica de Estado Sólido se ha convertido en el verdadero motor que ha modificado la historia de la humanidad. Este auge se ha debido a la aparición de nuevos conceptos como el de circuito integrado (J.S. Kilby, 1958) o de nuevas herramientas como el crecimiento epitaxial mediante haces moleculares (MBE, *molecular beam epitaxy*), técnica inventada en 1975 por A.Y. Cho y J.R. Arthur. Consustancial al desarrollo de la Electrónica de Estado Sólido es el concepto de miniaturización, que busca permanentemente la disminución del tamaño de los diversos elementos que se incluyen en un circuito sin perder la capacidad de realizar las mismas funciones.

El vertiginoso ritmo de miniaturización que la industria microelectrónica ha mantenido durante cuatro décadas fue vaticinado en 1965 por G. Moore.<sup>5</sup> Sin embargo, a pesar de la capacidad demostrada por la industria para solventar problemas tecnológicos, se cree que tarde o temprano dicho ritmo no podrá mante-

nerse por la confluencia de factores de tipo físico y económico. Por un lado, la tecnología actual, basada en el uso de los semiconductores, está condicionada por el hecho de que la densidad de electrones en un semiconductor es relativamente baja (típicamente sólo hay un electrón disponible en  $1000 \text{ nm}^3$  de volumen del material). Por otro lado, y a medida que la integración aumenta, los costes para financiar la investigación y el desarrollo de técnicas e instrumental de producción crecen de manera vertiginosa. Es evidente que a medio-largo plazo se necesitarán alternativas a la tecnología actual y que implicarán, ineludiblemente, el desarrollo de métodos de producción en la nanoescala, abandonando la Microelectrónica para entrar de lleno en la Nanoelectrónica. Sin embargo, trabajar en la nanoescala significa manipular átomos y moléculas para disponerlos de forma que puedan realizar funciones específicas. Esta posibilidad fue vislumbrada por R.P. Feynman,<sup>6</sup> quien afirmó que la manipulación atómica no violaba ninguna ley física y que sólo era necesario disponer de las herramientas adecuadas. Dichas herramientas no estaban inventadas entonces y hubo que esperar cierto tiempo a desarrollos científicos y técnicos que permitieran poner a prueba las afirmaciones de Feynman.

¿Cómo son esas herramientas capaces de ver y manipular la materia a escala atómica? A principios de los años 1980 dos investigadores de IBM, H. Rohrer y G. Binnig dieron a conocer el microscopio de efecto túnel (STM, *Scanning Tunneling Microscope*) que permitió por vez primera observar superficies con resolución atómica.<sup>7,8</sup> Esta herramienta ha sido la antecesora de otro grupo de herramientas, los microscopios de proximidad (SPM, *scanning probe microscopy*), que permiten medir de forma precisa otras propiedades (fuerzas electrostáticas o magnéticas, intensidad luminosa, etc) a escala nanométrica. Además, estas nuevas herramientas permiten manipular en ciertas condiciones la posición de átomos y moléculas sobre una superficie. Aunque la aparición de estas herramientas ha sido un paso decisivo en la búsqueda de lo pequeño, quizás sea igual de importante el cambio de mentalidad operado en la comunidad científica, ya que ahora existe una vía para hacer realidad la posibilidad de construir objetos o dispositivos mediante su ensamblado a partir de átomos o moléculas.

### 3. Las reglas del juego: la Mecánica Cuántica

La Nanotecnología es un territorio donde las herramientas utilizadas para ver, manipular y construir objetos, y la interpretación del comportamiento de los mismos, requieren de unas reglas del juego diferentes de las que se usan a escala macroscópica. Dichas reglas del juego llevan casi un siglo entre nosotros y forman el paradigma de la Mecánica Cuántica, que permite entender el comportamiento de la Naturaleza en sistemas de dimensiones nanométricas. La Mecánica Cuántica determina la forma en que nuestro instrumental (ya sean microscopios electrónicos o de proximidad) va a funcionar y determina las propiedades mismas de la materia en las escalas de interés en Nanotecnología.

En particular, el confinamiento de las funciones de onda electrónica en volúmenes reducidos da lugar a la aparición de niveles de energía discretos en los que disponer a los electrones. Este carácter discreto de los niveles electrónicos (al igual que ocurre en átomos o moléculas) es un elemento clave para controlar las propiedades de las mismas. Los cambios de geometría y de tamaño en un sistema o la alteración de las posiciones de los componentes (átomos, moléculas) provocan cambios significativos en la distribución o en el número de dichos niveles y da lugar a cambios de las distintas propiedades que caracterizan a un objeto (cohesión, conductividad eléctrica, absorción luminosa, etc). Este hecho es crucial ya que determina que la materia cambie sus propiedades macroscópicas a medida que el volumen del material se hace más y más pequeño. La Nanotecnología va a permitir combinar elementos a escala nanométrica permitiendo "sintonizar" dentro de un rango relativamente amplio las propiedades del nuevo material creado.

Entre muchos ejemplos que ilustren el papel de la Mecánica Cuántica como contexto ineludible en el que la Nanotecnología se debe desarrollar, podemos citar algunos: i) los nanotubos de carbono presentan propiedades aislantes o conductoras en función del diámetro del nanotubo; ii) los nanocristales de material semiconductor emiten luz de color distinto en función del tamaño de dichos cristales; iii) los "puntos cuánticos" se diseñan para poseer una estructura de niveles electrónicos modificable mediante potenciales externos; iv) los nanocontactos metálicos, en los que aparece el efecto de la

cuantización de la conductancia (ver Cuadro 1); v) los "clusters" de átomos alcalinos en los que aparecen "números mágicos" originados por su estructura electrónica, etc, etc. Todos estos ejemplos ilustran el papel determinante de la Mecánica Cuántica en la "nanoescala" y proporciona a la Nanotecnología el papel de herramienta clave con la que fabricar, con precisión nanométrica, el objeto adecuado con las propiedades deseadas. La importancia del tratamiento cuántico de la materia en la nanoescala implicará, por ejemplo, que la Mecánica Cuántica sea contemplada como materia fundamental para aquellas personas encargadas del diseño de futuros dispositivos.

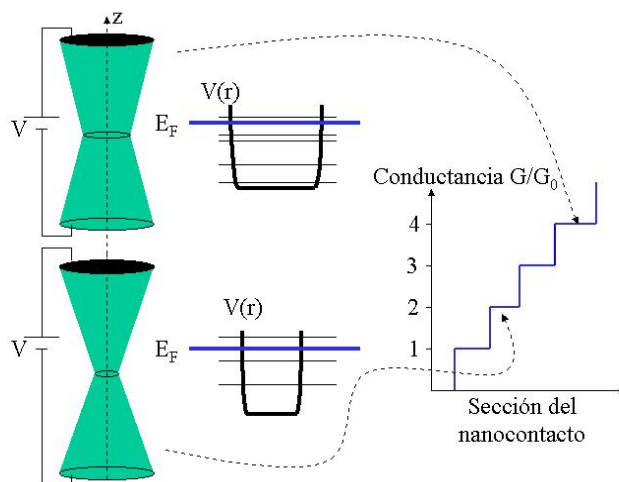
### 4. Dos visiones diferentes: "top-down" versus "bottom-up"

El control de la fabricación a escala atómica y molecular precisa de nuevas tecnologías que permitan trabajar de forma fiable, precisa y reproducible en la nanoescala. Muchas de estas tecnologías se están perfilando en la actualidad en los laboratorios de investigación y, por lo tanto, no han demostrado aún su total potencial. A su vez existe un vasto conocimiento de técnicas ya existentes que han demostrado gran potencial en la microescala. Muchas de estas tecnologías que ya han demostrado su valía en la industria también son susceptibles de mejora, permitiendo su aplicación en la nanoescala. Por lo tanto, estamos en una etapa de exploración donde surgen visiones contrapuestas sobre cómo abordar la manipulación/fabricación en la nanoescala.

Por un lado hay una visión más conservadora y continuista, la llamada aproximación "top-down" (de arriba hacia abajo)<sup>9,10</sup>, donde se intenta mejorar los procedimientos ya existentes, logrando cada vez más y más precisión al fabricar los constituyentes últimos de los dispositivos. Un ejemplo de esta forma de pensar la encontramos en la evolución de las técnicas de litografía (ver Cuadro 2a), donde las técnicas de litografía óptica son sustituidas por litografía en el rango de la radiación ultravioleta, para llegar a la litografía con rayos X. La base del funcionamiento es la misma pero en cada salto tecnológico surgen inconvenientes a los que hay que dar una solución (que a su vez sea económicamente viable).

Un concepto alternativo irrumpió en 1986 cuando E. Drexler<sup>11</sup> propuso construir objetos más grandes a partir de sus componentes atómicos y moleculares. Esta aproximación se

Cuadro 1



Un ejemplo de cambio de propiedades asociados a cambios de tamaño en sistemas nanométricos lo encontramos en la evolución de la conductancia (inversa de la resistencia) de un nanocontacto metálico a medida que su sección se estrecha.<sup>12</sup> Supongamos que entre dos electrodos macroscópicos formamos un pequeño contacto (nanocontacto) al que se le aplica un voltaje  $V$ . La conductancia de dicho contacto viene dada por  $G=I/V$ , siendo  $I$  la intensidad de corriente que circula por el contacto. En la dirección  $z$  los electrones se pueden propagar pero en la dirección transversal los electrones “sienten” un potencial de confinamiento  $V(r)$ . Cuando la dimensión transversal del nanocontacto es del orden de la longitud de onda de los electrones (inferior al nm, por lo general), entonces en la zona más estrecha aparecen estados electrónicos discretos asociados a  $V(r)$ . Según predice la Mecánica Cuántica, dichos estados electrónicos se separan entre sí a medida que el contacto se estrecha. Por otro lado, el número de estados accesibles para la propagación de electrones está gobernado por el nivel de Fermi ( $E_F$ ) de los electrodos macroscópicos (el nivel de Fermi, a temperatura 0 K, puede identificarse como el último nivel ocupado del sistema). Por ejemplo en la situación (a) hay 4 modos de propagación que pueden ser utilizados, mientras que en la situación (b) sólo hay 2 modos de propagación de electrones. Por lo tanto, a medida que la sección del nanocontacto disminuye (debido, por ejemplo, a un alargamiento del mismo) el número de canales disponibles decrece y la conductancia  $G$  decrece “a saltos”, es decir de forma cuantizada. Siendo más rigurosos la conductancia del sistema  $G$  se puede calcular mediante la llamada expresión de Landauer<sup>13</sup>:

$$G = G_0 \sum_{i=1}^M T_i$$

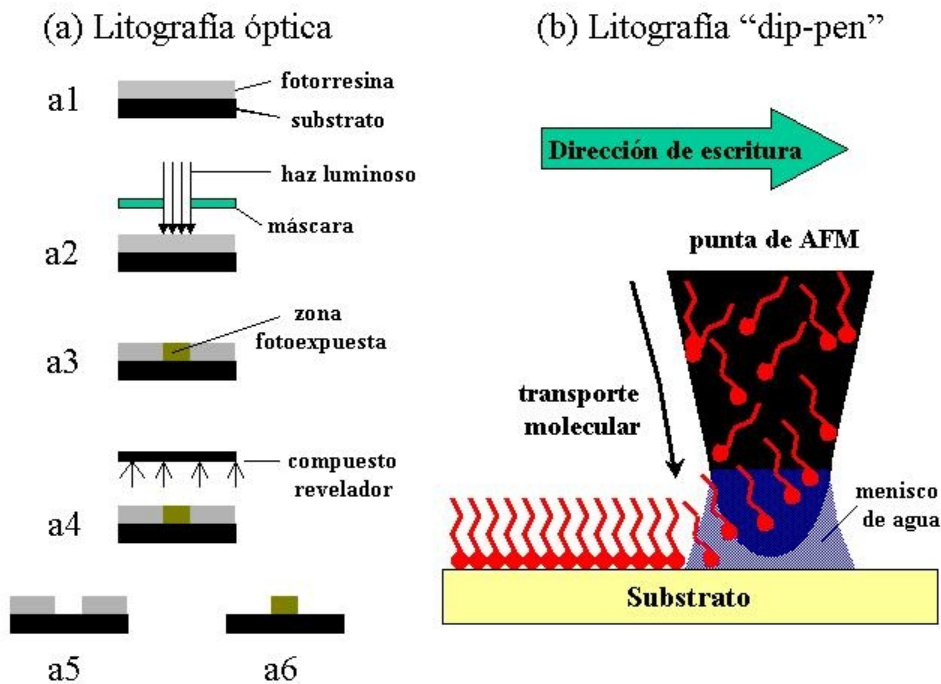
donde  $M$  es el número de canales disponibles (que depende de la geometría y del nivel de Fermi),  $T_i$  es el coeficiente de transmisión asociado a cada canal o modo de propagación (dicho número depende de la forma de la constricción y de la cantidad y tipo de defectos que haya en ella), y  $G_0$  es el llamado “cuanto de la conductancia”  $G_0=2e^2/h$  (siendo  $e$  la carga del electrón y  $h$  la constante de Planck).

conoce como “*bottom-up*” (de abajo hacia arriba) y es, en ciertos casos, más cercana a la percepción de la Nanotecnología desde la Química, aunque también es consistente con la vía abierta mediante el uso de los microscopios de proximidad (SPM) (ver Cuadro 2b).

Aunque coexistan ambas concepciones, *top-down* y *bottom-up*, existe una corriente mayoritaria en la comunidad científica que piensa que

la Nanotecnología está intrínsecamente ligada a la idea de construir dispositivos a partir de sus componentes, como en un gran juego de construcción donde las piezas a ensamblar serán átomos y moléculas. Sin embargo, esta aproximación representa un gran reto a los conocimientos tecnológicos actuales y supone romper con gran parte de los esquemas de trabajo desarrollados hasta la fecha. Se puede

Cuadro 2



(a) La aproximación "top-down" trata de obtener objetos de tamaño nanométrico utilizando técnicas como la litografía óptica y el grabado. Mediante la mejora de estas técnicas se pueden transferir motivos sobre obleas de semiconductores (generalmente silicio) cada vez más y más pequeños, dando lugar a circuitos integrados de mayor densidad de elementos. La litografía es la exposición de motivos a través de máscaras convenientemente diseñadas y el grabado consiste en la eliminación selectiva de óxidos, metales, etc. El proceso litográfico consta de los siguientes pasos: (a1) colocamos una capa de fotorresina sobre el sustrato (que suele ser una oblea de semiconductor cuya superficie se ha oxidado previamente); (a2) posteriormente se hace pasar luz (de longitud de onda en el rango de la radiación ultravioleta) a través de una máscara con un motivo, el cual se proyecta sobre la fotorresina; (a3) la fotorresina ha quedado impresionada por la proyección hecha en el proceso anterior; y (a4) la introducimos en un compuesto revelador el cual elimina la zona impresionada (a5), o la que no lo está (a6). Mediante sucesivos pasos de litografía, deposición, oxidación, revelado, etc. se logra crear entidades tan complejas como un circuito integrado.

(b) La aproximación "bottom-up" intenta fabricar nanoestructuras partiendo de los componentes más pequeños. Un ejemplo es la litografía "dip-pen", que hace referencia a la similitud que hay con la escritura de una pluma estilográfica.<sup>14</sup> Esta técnica permite depositar moléculas en una superficie (donde se anclan mediante adsorción química) desde la punta de un microscopio de fuerzas atómicas (AFM) a través del menisco de agua que se forma naturalmente entre la punta y el sustrato en condiciones atmosféricas normales. Esta técnica de escritura directa ofrece una posibilidad de transferir motivos con alta resolución usando diferentes tipos de "tintas moleculares". Con esta y otras alternativas como la nanolitografía electrónica se está en condiciones de escribir motivos de 10 nm con gran precisión.

decir que para cada problema tecnológico que plantea un técnica "top-down" surgen multitud de posibles soluciones, muy imaginativas, desde la perspectiva "bottom-up". Sin embargo serán las necesidades industriales y los intereses comerciales los que determinen el tipo de solución apropiada en cada momento.

## 5. La Nanotecnología: paradigma de ciencia multidisciplinar.

En las secciones anteriores se ha descrito la aparición de la Nanotecnología de forma sesgada, condicionada a la futura evolución de la Microelectrónica, y confinada al ámbito de la

Física y, en menor medida, de la Química. En realidad, la constitución atómica y molecular de la materia es el fundamento común a todas las Ciencias. Cuando un físico, un biólogo y un químico analizan respectivamente, por ejemplo, la estructura escalonada de una determinada superficie, la replicación de una cadena de ADN, o los mecanismos moleculares que determinan una determinada reacción, se encuentran con entidades de tamaño nanométrico (átomos, moléculas) cuyo comportamiento está regido por las mismas leyes físicas. En un sentido amplio, abierto, también son Nanotecnología la síntesis con precisión nanométrica de catalizadores o moléculas para usos diversos, la capacidad de modificar a voluntad un fragmento de una sola cadena de ADN, el desarrollo de herramientas para seguir procesos que tienen lugar en membranas celulares, o la síntesis de nanopartículas metálicas o semiconductoras de geometría y tamaño específicos. En esta escala, todas las disciplinas convergen siendo únicamente diferente la perspectiva de la que parte cada investigador, con su bagaje de conocimientos y su aproximación macroscópica particular. En este contexto es muy importante la relación con la Biología dado que la Naturaleza ofrece a la Química y a la Física muchísimas propuestas (que están ya funcionando de forma efectiva tras una larga evolución) que pueden ser de utilidad para resolver problemas tecnológicos que se planteen en la nanoescala. Esta particularidad hace de la Nanotecnología una ciencia multidisciplinar donde se entremezclan los modos de hablar y las técnicas propias de cada rama científico-técnica.<sup>15</sup>

Se puede afirmar, por lo tanto, que nos encontramos ante un nuevo paradigma científico de carácter multidisciplinar, donde Química, Ingeniería, Biología, Física, Medicina, Ciencia de Materiales, y Computación convergen, sin que esto signifique que haya que abandonar las perspectivas de partida. Lo que sí se hace imprescindible es establecer enlaces entre las comunidades científicas, buscar puntos de encuentro y promover la existencia de grupos multidisciplinarios donde se fragüen soluciones imaginativas a los problemas que se planteen en la nanoescala.

### **5. Impacto social de la revolución nanotecnológica.**

Hacer predicciones sobre el impacto social de cualquier avance tecnológico es arriesgado. Además, un tema como la Nanotecnología es

una fuente de recursos inagotable para los especialistas que se dedican a la divulgación científica. Quizás el primer impacto social de la Nanotecnología haya sido el mediático. En pocos años lo 'nano' ha pasado de ser un tema inexistente a ser objeto de extensos reportajes en revistas de divulgación científica.

Sin embargo, cuando hablamos de implicaciones sociales, estas pasan por la capacidad de la Nanotecnología para generar aplicaciones, dispositivos, aparatos novedosos, que introduzcan verdaderos cambios en los hábitos de las personas. El propio carácter multidisciplinar de la Nanotecnología determina que la relación de posibles aplicaciones sea muy larga,<sup>2</sup> pero se pueden enumerar algunos aspectos que describen la repercusión social de esta rama científico-técnica:

La Nanotecnología determinará el diseño de procesos productivos de forma optimizada y eficiente, de forma que la cantidad de materia prima empleada será mínima, permitiendo ahorros considerables en materiales estratégicos. Muchos de esos procesos serán optimizados mediante el diseño de catalizadores (nanopartículas, zeolitas) para mejorar el rendimiento de multitud de procesos químicos y en particular de la producción de derivados del petróleo. Además, dispositivos de base nanotecnológica permitirán mejorar el filtrado de partículas contaminantes de aguas y aire. De esta manera se consolidarán métodos de producción de menor impacto medioambiental, donde se ahorrén materias primas y recursos energéticos.

La revolución en el sector de las Tecnologías de la Información mantendrá su vigor debido a la existencia de procesadores, memorias y periféricos más rápidos, diminutos, sofisticados y baratos. Esta implantación masiva de nanosistemas dedicados a la adquisición, análisis y transmisión de datos seguirá profundizando la revolución que ha supuesto la llegada de la "sociedad digital". En este contexto podemos citar el uso de nanotubos de carbono como posibles elementos interconectores (metálicos o rectificadores) entre elementos activos de los circuitos. Un papel especial está reservado a las moléculas que formaran parte de los nanocircuitos debido a las propiedades electrónicas específicas con que pueden ser diseñadas.

La Nanotecnología se enfocará a la creación de nuevos materiales, de excelentes prestaciones mecánicas y menor peso, aunque también se podrán optimizar en ellos otras propiedades

como el aislamiento térmico, la conductividad eléctrica, etc. Estos nuevos materiales permitirán desarrollar vehículos de transporte de superficie, aéreos y espaciales más ligeros. Entre los materiales que serán desarrollados sobre base nanotecnológica destacan aquellos dedicados a almacenamiento energético, a fabricación de células solares más eficientes, etc. Entre los materiales más avanzados podemos citar aquellos basados en nanotubos de carbono, con resistencias a tracción mejores que las del acero pero muchísimo más ligeras.

La Nanotecnología va a permitir desarrollar a corto plazo nanosensores que se producirán de forma masiva y tendrán un bajo coste. Estos sensores se incorporarán a nuestra vida cotidiana en miles de aplicaciones. Las redes de "nanosensores" permitirán un control en tiempo real de la calidad de las aguas y de la atmósfera, podrán controlar las condiciones medioambientales en viviendas, oficinas y fábricas, etc. Los nanosensores tendrán fuerte impacto en Medicina, mejorando las técnicas de diagnóstico en tiempo real, gracias a la monitorización de decenas de variables de forma fiable, rápida y barata. Como ejemplo de estos nanosensores podemos citar los sensores de gases basados en nanotubos de carbono.<sup>16</sup>

También relacionado con la Medicina existe una línea poderosa para construir dispositivos nanométricos capaces de liberar fármacos específicos de forma local allí donde reside el problema a tratar. Dichas "nanomáquinas" se-

rán el producto de una combinación de sensores (de origen nanoelectrónico o biológico), estructuras donde se albergará el fármaco (bien cavidades basadas en materiales porosos, sistemas que emulen membranas celulares, etc) y un propulsor (nanomotores basados en ejemplos que la naturaleza ya nos ofrece).

Como puede observarse las implicaciones que tiene la Nanotecnología afectan a muchas facetas distintas de la sociedad, pero hay que destacar que muchas están dirigidas hacia la mejora de la salud del ser humano mediante novedosas técnicas de diagnóstico y tratamiento, y otras hacia el planteamiento de una economía basada en un desarrollo más sostenible, optimizando recursos y disminuyendo la agresión al medio ambiente.

## 6. La financiación de la investigación en Nanotecnología.

La Nanotecnología está todavía en su infancia, pero presenta un potencial inmenso para la fabricación de bienes de consumo tangibles que, en muchos casos, tardarán un par de décadas en ser comercializados. Debido a su fuerte impacto económico, la Nanotecnología ha suscitado el interés de organismos, instituciones y empresas de los países más desarrollados del mundo. En la Tabla I se muestran los recursos públicos destinados al desarrollo de la Nanotecnología en distintas regiones del planeta.

REGIÓN	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
Unión Europea	126	151	179	200	225	~400	~600-880**
Japón	120	135	157	245	465	~750	~1000
EE.UU.	116	190	255	270	422	697	~770
Otros***	70	83	96	110	380	~520	-
TOTAL	432	559	687	825	1502	~2274	

**Tabla I.** Presupuesto público dedicado a Nanotecnología en diversas regiones del mundo (M\$/año)\*.

\* Esta tabla esta basada en datos del documento "Government Nanotechnology Funding: An international outlook" de M.C. Roco (NSF, EE.UU.) que puede encontrarse en la dirección [http://www.nano.gov/intpersp\\_roco.html](http://www.nano.gov/intpersp_roco.html)

\*\* Estimación anual de la financiación dedicada a Nanotecnología según diversos escenarios (fuente: Comisión Europea y European Nanobusiness Association).

\*\*\* Australia, Corea, Canadá, Taiwán, China, Rusia, Singapur, Europa del Este.

Desde 1997, las inversiones en Nanotecnología han ido creciendo de manera constante. En Estados Unidos diversas agencias federales lanzaron en 1996 el plan NNI (National Nanotechnology Initiative)<sup>2</sup>, que ha invertido más de 2700 millones de dólares en el periodo 1997-2003 para fomentar la investigación en Nanociencia y Nanoingeniería. Esta iniciativa ha permitido la creación de 14 Centros de Excelencia en todo el país. Además de la iniciativa federal, hay que destacar el esfuerzo comparable que llevan a cabo los distintos gobiernos estatales de los EE.UU. y las empresas como Motorola, Intel, Hewlett-Packard, IBM, etc. Se puede decir que, tras la culminación del Plan Genoma, ahora el gobierno estadounidense apuesta por la Nanotecnología sin ninguna reserva.

Los países industrializados asiáticos han promovido desde sectores industriales y gubernamentales el desarrollo de la Nanotecnología, con inversiones similares a la de EE.UU. Como ejemplo baste decir que el esfuerzo en promoción de la Nanotecnología en Japón durante el periodo 1997-2003 ha sido de 2850 millones de dólares, superior incluso al de EE.UU. China también se ha incorporado recientemente a esta carrera con un gran vigor, tras haber formado a miles de científicos fuera de sus fronteras en tópicos relacionados con la Nanotecnología y haber mejorando sus infraestructuras científicas y tecnológicas a un fuerte ritmo.

A pesar de contar con una comunidad científica muy avanzada en el campo de la Nanotecnología, en Europa se ha progresado de forma desigual.<sup>17</sup> Los países europeos más avanzados han reorganizado sus planes nacionales incluyendo claros apoyos a la Nanotecnología. En la Tabla II se muestran los esfuerzos de cada país de la Unión Europea en este tema. En Alemania, por ejemplo, el Ministerio de Investigación y Tecnología (BMFT) estableció ya en 1998 seis centros nacionales de competencia en Nanotecnología. En Francia se ha constituido un gran centro dedicado a Nanotecnología (MINATEC en Grenoble). Reino Unido ha adoptado decisiones similares y se encuentran centros dedicados a Nanotecnología en Cambridge, Sussex, etc. La Unión Europea lanzó hace cinco años la iniciativa NID (Nanotechnology Information Devices), dentro del plan IST (Information Society Technologies), para fomentar la creación de consorcios especializados en Nanoelectrónica. Estos tími-

dos pasos se han consolidado en un serio impulso de la Nanotecnología en el VI Programa Marco de la U.E, mediante la creación del Área denominada “*Nanotecnologías y Nanociencias, Materiales multifuncionales y nuevos procesos de producción*” y que está dotada con 1.300 millones de Euros para el periodo 2003-2006.<sup>14</sup> El auge en Europa de las iniciativas dedicadas a desarrollar y divulgar la Nanotecnología han sido muchas, hasta el punto de que hoy en día existen más de 160 redes nacionales o regionales.

PAIS	1997	1998	1999	2000
Alemania	47,0	49,0	58,0	63,0
Austria	1,9	2,0	2,2	2,5
Bélgica	0,9	1,0	1,1	1,2
Dinamarca	3,0	1,9	2,0	2,0
España	0,3	0,3	0,4	0,4
Finlandia	2,5	4,1	3,7	4,6
Francia	10,0	12,0	18,0	19,0
Grecia	0,2	0,2	0,3	0,4
Holanda	4,3	4,7	6,2	6,9
Irlanda	0,4	0,4	0,5	3,5
Italia	1,7	2,6	4,4	6,3
Portugal	0,2	0,2	0,3	0,4
Reino Unido	32,0	32,0	35,0	39,0
Suecia	2,2	3,4	5,6	5,8
Comisión Europea	23,0	26,0	27,0	29,0
TOTAL	129,6	139,8	164,7	184,0

**Tabla II.** Recursos gubernamentales dedicados a Nanotecnología en Europa durante el periodo 1997-2000 (en M€).

*Fuente: “Technology Roadmap for Nanoelectronics”, editado por R. Compañó (IST, Comisión Europea). Nov. 2000.*

## 7. La Nanotecnología en España: un lento despertar.

La situación de la Nanotecnología en España no refleja más que la situación que caracteriza en general al sistema de I+D español,<sup>18</sup> y que puede resumirse en la carencia de suficientes recursos privados y públicos en I+D, la falta de masa crítica de investigadores, y la ausencia de un número razonable de centros de referencia. A pesar de no contar con el número

deseable de investigadores, muchos de estos se han formado dentro de un contexto en el que la misma Nanotecnología ha ido emergiendo, por lo que existe la posibilidad de no quedar demasiado rezagados en este campo.

Dentro del Plan Nacional de I+D+I que ahora termina, y que abarcaba el periodo 2000-2003, la Nanotecnología no aparecía de forma destacada.<sup>19</sup> De hecho, tal y como figura en la Tabla II, el esfuerzo inversor del Estado en Nanotecnología ha sido decenas de veces inferior al de Francia, Alemania o Reino Unido. Sin embargo, en las últimas convocatorias de proyectos de investigación o dentro de las convocatorias del Programa Ramón y Cajal, la Nanotecnología apareció tímidamente siguiendo las directrices promovidas por la Unión Europea. Desde una perspectiva industrial, existe un gran desconocimiento de las implicaciones que a medio-largo plazo van a tener los desarrollos nanotecnológicos y el sector empresarial ha recibido con sorpresa e inquietud el auge de las Nanotecnologías en Europa desplazando a los tradicionales programas dedicados a la Ciencia de Materiales.

Ante la ausencia de un marco institucional que impulsase actuaciones para fomentar la I+D en Nanotecnología, han sido los propios científicos los encargados de promover iniciativas encaminadas a fortalecer la investigación en I+D en Nanotecnología y a concienciar a la Administración de la necesidad de apoyar este campo emergente. Ejemplos de estas iniciativas han sido la formación de la Red *Nanociencia* y *NanoSpain*<sup>20</sup>, que aglutinan a casi 400 investigadores pertenecientes a un centenar de grupos de investigación. Ambas redes no han tenido una capacidad de maniobra real debido a la escasa financiación otorgada por el Ministerio de Ciencia y Tecnología (30.000 Euros para la Red *Nanociencia* para un periodo de tres años y la misma cantidad para *NanoSpain* para un único año). Otra iniciativa llevada a cabo por investigadores españoles es la organización de la serie de conferencias *Trends in Nanotechnology*, que se han convertido en referencia mundial en el ámbito de la Nanotecnología.

Además de estos esfuerzos por articular la interacción entre científicos que trabajan en Nanotecnología, existen otros esfuerzos de carácter más institucional como la creación del Laboratorio de Nanobioingeniería (Parque Científico de Barcelona), y las propuestas de creación del Instituto de Nanotecnología y Diseño Molecular (Parque Científico de Madrid), y del

Instituto de Nanotecnología de Aragón. En algunos casos, las Administraciones regionales han apoyado otras iniciativas como la creación del Círculo de Innovación Tecnológica en Microsistemas y Nanotecnologías de la Comunidad de Madrid. Más decidida ha sido la actuación de la Generalitat de Cataluña promoviendo una Acción Especial para el desarrollo de la Nanociencia y de la Nanotecnología en Cataluña, convocando becas para estancias postdoctorales en centros de referencia, creando un Centro de Referencia de Bioingeniería de Cataluña, y el Instituto Catalán de Nanotecnología. Además existe un claro acercamiento a la Nanotecnología por parte de los Centros Tecnológicos como TEKNIKER o INASMET, sabedores que la presencia competitiva en Europa implica una fuerte apuesta en este campo.

Todas estas iniciativas de investigadores españoles junto con el fuerte “viento europeo” (que impulsa de manera definitiva a la Nanotecnología como línea prioritaria dentro del Espacio Europeo de Investigación) han logrado que la Administración Pública muestre su interés por este campo científico-tecnológico. Así, en el recientemente aprobado Plan Nacional de I+D+I para el periodo 2004-2007, la Nanotecnología se presenta como una de sus líneas prioritarias. En concreto, se ha definido una “Acción Estratégica en Nanociencia y Nanotecnología” de la que poco se sabe en cuanto a dotación, pero que tiene entre sus objetivos mejorar las infraestructuras de uso compartido, formar técnicos cualificados y desarrollar una serie de actuaciones que intenten atraer al sector industrial hacia el ámbito de la I+D.

## 8. Conclusiones

La Nanociencia y la Nanotecnología representan áreas científico-técnicas que han pasado, en menos de dos décadas, de las manos de un grupo de investigadores que vislumbraron su gran potencial a constituir uno de los pilares reconocidos del avance científico durante las próximas décadas. La capacidad de manipular la materia a escala atómica ha permitido plantear la posibilidad de diseñar y fabricar nuevos materiales y dispositivos de tamaño nanométrico. Dicha posibilidad alterará por un lado los métodos de producción en fábricas permitiendo un desarrollo sostenible. Por otro lado, la revolución nanotecnológica impondrá un ritmo más fuerte en la imparable expansión de las tecnologías de la información, haciendo que la globalización de la economía, la propagación de



ideas, el acceso a las distintas fuentes de conocimiento, etc, sigan progresando vertiginosamente. Y, finalmente, la irrupción de las Nanotecnologías incidirá directamente en el ser humano mediante mejoras sustanciales en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades.

Los gobiernos de las naciones desarrolladas y los consorcios industriales ya han visto el potencial de la Nanotecnología como fuerza que impulsará la siguiente revolución industrial. De esta manera, se han inyectado importantes sumas de dinero en los distintos sistemas científicos para crear centros de referencia, formar técnicos y científicos en esta disciplina, fomentar el contacto entre las distintas áreas para que exista un sólido punto de encuentro multidisciplinar, etc. Se puede decir que EE.UU. y Japón han liderado la iniciativa en el tema de las Nanotecnologías y que Europa está haciendo razonables esfuerzos por no perder su estela. En España, la situación de la Nanotecnología no puede ser muy diferente a la de los demás campos científico-tecnológicos: (i) existe personal cualificado aunque no en el número necesario; (ii) los escasos centros de referencia no pueden competir con los de los países europeos más desarrollados debido a la escasez de personal científico y de apoyo, a la insuficiente dotación de los proyectos y a la carencia de grandes infraestructuras; (iii) el interés de la Administración por la Nanotecnología se ha despertado muy recientemente y no existe todavía una clara propuesta de acciones; y (iv) el sector industrial permanece al margen de la actividad en I+D en Nanotecnología. Sería deseable que la presencia de la Nanotecnología dentro del próximo Plan Nacional de I+D+I 2004-2007 contribuya a mejorar la situación, pero quizás los esfuerzos que en él se planteen resulten insuficientes para mejorar nuestra posición (entre las tres últimas) en relación a los restantes miembros de la Unión Europea. Y ahora ya no podemos eludir ninguna responsabilidad porque ya sabemos lo que significa seguir en los últimos puestos: más dependencia tecnológica y menos capacidad de desarrollo en comparación con los países de nuestro entorno (el de la Sociedad basada en el Conocimiento).

### Referencias

1. N. Taniguchi, "On the Basic Concept of Nanotechnology", Actas de la *International Conference on Production Eng.*, Tokyo, pp. 18-23 (1974).
2. Esta definición se ajusta a la encontrada en los documentos elaborados por la National Nanotechnology Initiative (NNI) de los EE.UU. (<http://www.nano.gov>). Entre dichos informes podemos destacar los titulados "National Nanotechnology Initiative, Supplement to the President's FY2004 Budget" y "Societal Implications of Nanoscience and Nanotechnology", que ilustran, respectivamente, el apoyo económico del gobierno de EE.UU. a la Nanotecnología y el impacto de la misma en la sociedad a través de cientos de posibles aplicaciones.
3. El primer microscopio electrónico de transmisión (TEM, *Transmission Electron Microscope*) fue construido en 1931 por W. Knoll y E. Ruska, mientras que el primer microscopio electrónico de "barrido" (SEM, *Scanning Electron Microscope*) fue construido en 1937 por M. Von Ardenne.
4. El sistema ENIAC, con 17.468 triodos de vacío, entró en funcionamiento en 1948 ocupando centenares de metros cuadrados, consumiendo 100.000 vatios y era capaz de sumar 5000 números en un segundo. En 1951 se comercializó el sistema UNIVAC, también basado en válvulas, pero decenas de veces más potente.
5. En 1965, G. Moore (co-fundador de Intel) hizo la observación de que en el periodo 1962-1965 el número de componentes integrados sobre un chip de silicio se había doblado anualmente. Aunque en aquel momento el número de componentes por chip era de 50, Moore anunció que esa tendencia duraría otros 10 años, hasta llegar a 65.000 componentes por chip (número fascinante entonces). Esta predicción, conocida como Ley de Moore, se ha cumplido hasta la actualidad, aunque el número de componentes integrados se duplica aproximadamente cada 18 meses.
6. R.P. Feynman, "There's Plenty of Room at the Bottom", en la publicación colectiva "Miniaturization" editada por H.D. Gilbert, Reinhold Publishing Corp N.Y., pp 282-296 (1961). Dicha publicación es la transcripción de un seminario impartido en Caltech que puede encontrarse también en la dirección <http://www.zyvex.com/nanotech/feynman.html>.
7. Una revisión sobre los distintos instrumentos usados en Nanotecnología se puede encontrar en *From Instrumentation to Nanotechnology*, J. W. Gardner, H. T. Hingle, Gordon & Breach Publishing Group, (1999).
8. J.A. Martín-Gago, "¿Se pueden 'ver' los átomos? De la entelequia a la realidad". Apuntes de Ciencia y Tecnología, 6, pp. 36-41 (2003).
9. A. Franks, "Nanotechnology", *Journal of Physics E: Scientific Instrumentation* 20, pp. 1442-1451, (1987).
10. G Stix, "¿Ante una nueva revolución?", *Investigación y Ciencia*, Vol. 237, pp. 74-79 (1996); G.

- Stix, "Little Big Science", Scientific American, Vol. 285, nº 3, pp 32-37 (2001).
11. K. Eric Drexler, "Engines of Creation: The Coming Era of Nanotechnology", Anchor Press, New York (1986); "Nanosystems: Molecular Machinery, Manufacturing and Computation", John Wiley, New York (1992).
  12. "Nanowires", editado por P.A. Serena y N. García, NATO Advanced Science Institute, Series E: Applied Sciences Vol. 340, Kluwer, Dordrecht, (1997).
  13. R. Landauer, IBM J. Res. Develop. 1, 233 (1957); Phil. Mag. 21, 863 (1970).
  14. D. Piner, J. Zhu, F. Xu, and S. Hong, C. A. Mirkin, "Dip-Pen Nanolithography", Science 283, pp. 661-663 (1999).
  15. "Encuentros Multidisciplinares" Vol. 12 (Septiembre-Diciembre 2002), ISSN: 1139-9325, editada por la Fundación General de la Universidad Autónoma de Madrid.
  16. A. Modi, N. Koratkar, E. Lass, B. Wei y P.M. Ajayan, "Miniaturized gas ionization sensors using carbon nanotubes", Nature 424, pp. 171-174 (2003).
  17. La Unión Europea ha creado la página web <http://www.cordis.lu/nanotechnology> dedicada a informar sobre sus actividades en Nanotecnología.
  18. M. Nieto-Vesperinas *et al.* "Indicadores de la situación de la Ciencia y la Tecnología en España", Apuntes de Ciencia y Tecnología, 8, pp. 21-30 (2003).
  19. La documentación relativa a los Planes Nacionales de I+D+I 2001-2003 y 2004-2007 se puede encontrar en <http://www.mcyt.es>.
  20. La Red NanoSpain está coordinada conjuntamente por el Consejo Superior de Investigaciones Científicas y la empresa CMP-Científica (<http://www.nanospain.net>).

## Réplica al artículo "Deconstrucción de los tribunales del CSIC en el período 1985-2002: Profesores de investigación en el área de Física"<sup>1</sup>

José L. Huertas \*

Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
C/ Serrano, 117, 28006 Madrid  
corr-ele: huertas@imse.cnm.es

Asociación para el Avance de la Ciencia y la Tecnología en España (AACTE)  
© 2003 AACTE

En el artículo citado se hace un estudio sobre la "deconstrucción" de los tribunales de acceso a Profesores de Investigación del CSIC a lo largo del período 1985-2002. En él se emplean técnicas de grafos utilizadas en Sociometría para estudiar las relaciones potenciales entre los miembros de esos tribunales. Sin duda se trata de un trabajo interesante, que puede complementar otros muchos estudios que se hacen regularmente desde la Institución, para analizar los resultados de las diferentes convocatorias que el CSIC hace cada año, tanto para reclutar como para promocionar a su personal. La metodología que utiliza este artículo es novedosa en el contexto de las herramientas

que habitualmente se han empleado para ese análisis y, como un complemento más de las mismas, creo que es bueno valorarla.

Sin embargo, habría que hacer una advertencia en cuanto a su uso -aislada de contexto y separada de otros métodos de estudio- para diagnosticar problemas, ya que el modelo que se introduce y detalla en el trabajo es parcial y se echan en falta algunos elementos, que son también importantes a la hora de reflexionar sobre cómo se han elegido esos tribunales.

Hay dos aspectos capitales que el artículo en cuestión no toma en cuenta. En primer lugar, que existen reglas establecidas para hacer la propuesta de tribunales. En segundo

<sup>1</sup> Autor: Germán Sierra. Publicado en el número 7 de Apuntes de Ciencia y Tecnología, pp. 30-40

\* Coordinador del Área de Físicas y Tecnologías Físicas del CSIC

lugar, que la población de potenciales candidatos para formar parte de esos tribunales es pequeña. Es evidente que la aparición de una estructura “regular” como la que se observa en el desarrollo del trabajo del Dr. Sierra no puede sorprender. Sólo si no existiesen esas reglas y la población fuera significativamente numerosa, cabría esperar una total falta de regularidad en las estructuras de grafos resultantes.

Se pueden considerar tres componentes en este trabajo que, pese a su importancia, no aparecen en los grafos manejados por el artículo en cuestión: a) la valoración estadística de los resultados que se analizan en el trabajo citado, b) las características de la población de elegibles, y c) las reglas y mecanismos de selección que, lejos de ser oscurantistas, son conocidos previamente y sancionados por los órganos competentes del CSIC.

Comencemos por el primer punto. Con los mismos datos que se usan en el artículo del Dr. Sierra -que son correctos- puede establecerse la distribución que se ha producido en cuanto a las 52 personas que han actuado a lo largo de esos años y las veces que lo han hecho, resultando la representación que puede verse en la Figura 1. Se trata, con muy buena aproximación, de una distribución semigausiana, en la que predominan las personas que sólo han actuado una vez (65,37%), frente a las que han actuado dos veces (23,07%) y, sobre todo, a las que han actuado más de dos (11,54%).

Más complejo es evaluar el impacto que la evolución de la propia población de elegibles

ha experimentado con el tiempo. Para entenderlo, repasemos la historia de los profesores de investigación en el área de Físicas y Tecnologías Físicas. Estamos tomando en cuenta los tribunales de acceso en el período 1985-2002, y precisamente los tres primeros profesores del área toman posesión en 1984. Esto da una idea de lo pequeño que ha sido el número de elegibles a la largo de una buena parte del período estudiado. Lo más intuitivo es representar cómo ha evolucionado ese número a lo largo del intervalo en cuestión, tal y como hacemos en la Figura 2.

Aunque no disponemos de datos similares, el número de catedráticos de universidad -el otro cuerpo que nutre estos tribunales- es, al menos, dos órdenes de magnitud mayor y, por tanto, es lógico suponer que está menos afectado por anomalías estadísticas. Lo que nos muestra la Figura 2, es que en 2001 -año en el que se eligieron los tribunales del 2002- el número de profesores de investigación en el área configuraba una muestra pequeña (36), a pesar del crecimiento experimentado.

Con estos datos en mente, parece conveniente dar un peso a la antigüedad, ya que los más antiguos es razonable que hayan actuado más veces. Si dividimos el número de veces que han actuado por el número de veces que han podido actuar, resulta una distribución como la de la Figura 3.

Puede verse que la distribución no es muy diferente a la de la Figura 1, pero la mayoría de los grupos están por debajo de la línea roja, que

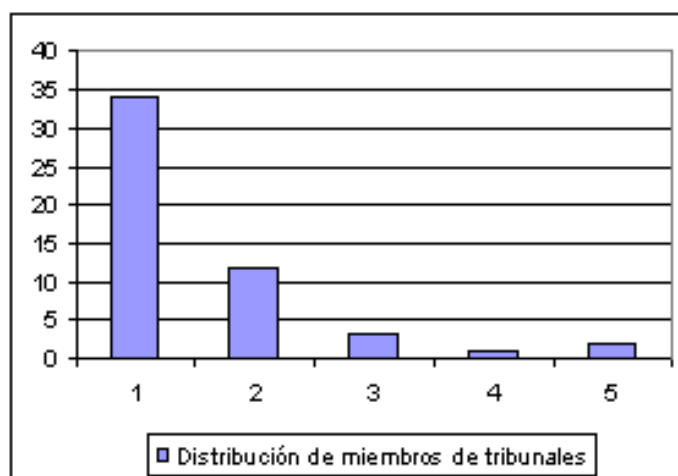


Figura 1

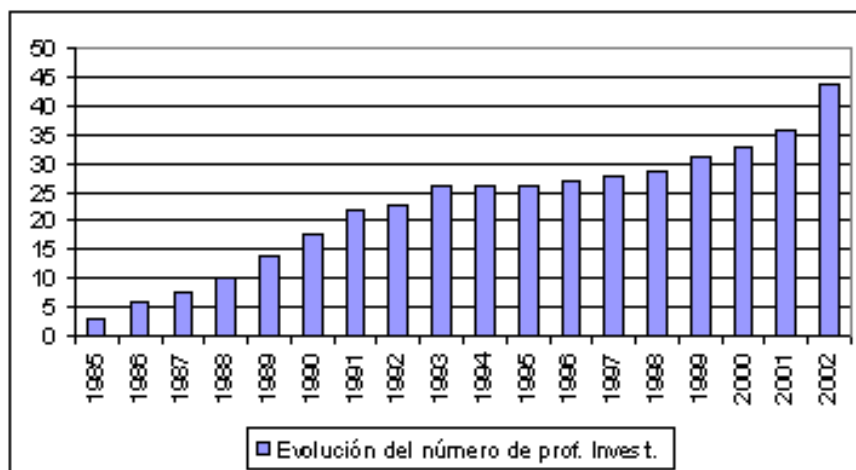


Figura 2

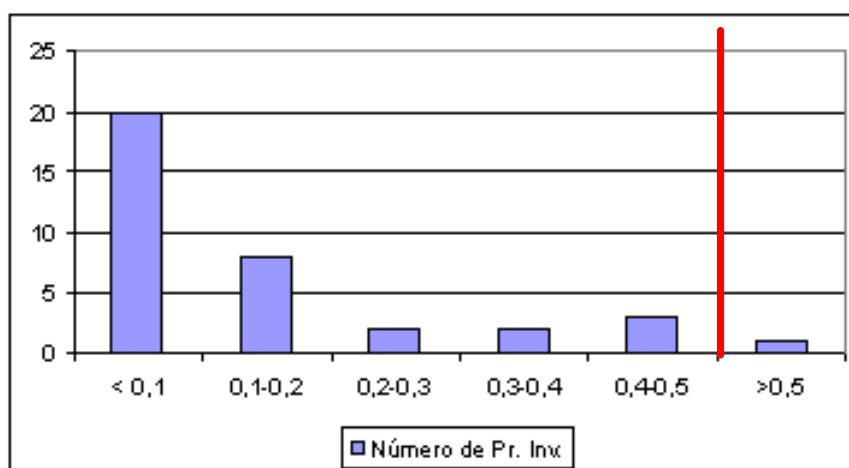


Figura 3

sería la advertencia de que algo es anómalo, ya que esa persona estaría actuando más allá del 50% de las veces que ha podido actuar. El único caso que queda a la derecha de esa línea es el caso de un profesor de investigación del 2001, que salió elegido para el 2002; por tanto, ese caso debe considerarse mero ruido estadístico. Un comentario adicional es que, con el objetivo de mejorar las evaluaciones y las oportunidades de promoción en base a una mayor y mejor pormenorización de orientaciones, los tribunales del área fueron primero desglosados en uno para Físicas y otro para Tecnologías Físicas -tribunales de 1998, 1999 y 2000-, y posteriormente en tres, añadiendo un tercer tribunal de Astrofísica y Ciencias del Espacio -años 2001 y 2002-. Esto ha mejorado el proceso de selección, pero ha conducido a que las poblaciones de elegibles dentro del

CSIC vuelvan a ser menores, tal y como muestra la Figura 4.

Finalmente mucho más complejo resulta modelar las consideraciones que conducen a la selección de tribunales. Como ya hemos dicho, se aplican un conjunto de reglas para una selección previa de candidatos a formar parte de estos tribunales -de esas reglas hablaremos enseguida-; posteriormente, esta selección previa es discutida y aprobada en el Comité Científico Asesor y en la Junta de Gobierno.

Los criterios que se aplican para la selección previa son:

- prestigio y competencia científicos
- adecuación a las áreas y subáreas específicas
- balance de especializaciones entre los miembros del tribunal

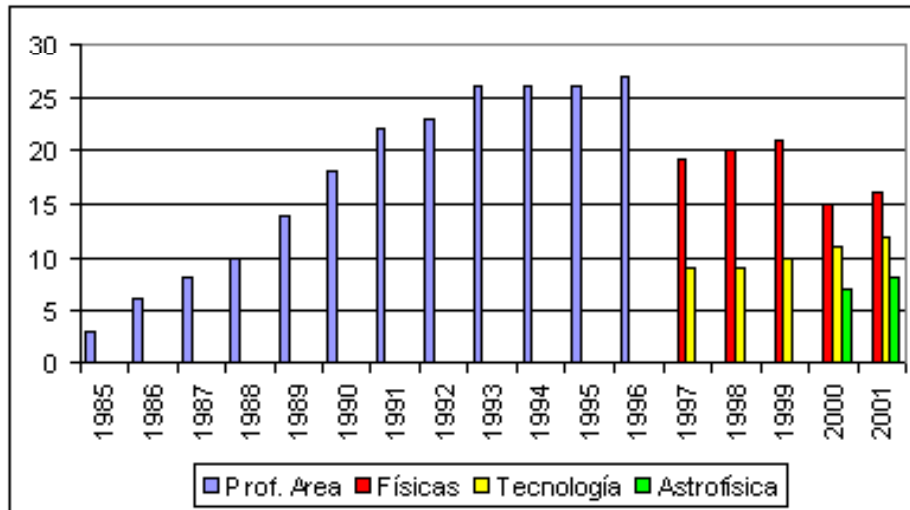


Figura 4

- no más de un representante del mismo instituto
- no más del 50% de la misma escala de la administración
- evitar repeticiones, en lo posible, en la actuación de una misma persona a lo largo del tiempo
- mantener la memoria histórica, haciendo que un miembro del tribunal del año anterior vuelva a actuar
- incorporar un miembro que haya sido promocionado en una de las dos últimas promociones
- evitar que una misma persona actúe en más de un tribunal a la vez el mismo año, tanto en los de promoción como en los de nuevo ingreso.

Este conjunto de reglas son en realidad directrices que no pueden aplicarse como una fórmula matemática. Si se tiene en cuenta que se emplean para todos los tribunales de cada año, resulta evidente que la última regla obliga a una fuerte interacción entre los diferentes tipos de tribunal de un mismo año, por lo que analizar uno de ellos por separado del resto -en el artículo del Dr. Sierra sólo se hace para los profesores de investigación- puede dar una visión distorsionada sobre los mecanismos de selección de tribunales y su resultado.

Volviendo al trabajo que estamos analizando, podemos resumir todo lo anterior diciendo que hay tres motivos que pueden inducir una

cierta regularidad en las estructuras de grafos de afiliación. Primero de todo, el escaso número de profesores de investigación elegibles, sobre todo en los años correspondientes a la primera mitad del estudio y a los últimos años -desde 1997 se hacen dos o tres tribunales de acceso-. En segundo lugar, las reglas de selección, que introducen la memoria histórica, la opinión de los que acaban de promocionar y la diversidad de temáticas, entre otros criterios. Finalmente, y también en el ámbito de esas directrices, la voluntad de evitar la presencia de una misma persona en varios tribunales el mismo año, tanto por evitar una sobrecarga a la persona como por reducir su influencia en el proceso global.

Podemos concluir que es razonable la inquietud por mejorar los procesos de selección y por buscar herramientas que ayuden a evaluar los resultados de un proceso secuencial y acumulativo como es la promoción a profesor de investigación. No cabe duda de que técnicas de análisis como el uso de las redes de afiliación pueden ayudar a mejorar esos estudios, pero no pueden emplearse solas ni separadas de todo el complejo contexto del proceso de selección del que estamos hablando. Sacar conclusiones exclusivamente basadas en el uso de esta técnica puede ser peligroso; proponer métodos alternativos sin tener en cuenta su viabilidad en el marco de todos los procesos de concurso de cada año, puede ser inoperante.

## Respuesta a la réplica de J.L. Huertas al artículo “Deconstrucción de los tribunales del CSIC en el período 1985-2002: Profesores de investigación en el área de Física”

Germán Sierra \*

*Instituto de Física Teórica, CSIC-UAM  
28049 Cantoblanco, Madrid*

*corr-ele: german.sierra@uam.es*

Asociación para el Avance de la Ciencia y la Tecnología en España (AACTE)

© 2003 AACTE

En primer lugar queremos agradecer a José Luis Huertas por el interés que ha mostrado por los resultados presentados en el artículo aparecido en el número anterior de Apuntes de Ciencia y Tecnología. Esto demuestra que es posible y deseable mantener un debate público entre las autoridades y los miembros de la comunidad científica sobre cuestiones que son de gran importancia para el desarrollo de la Ciencia en España y en particular en el CSIC.

La conclusión central del artículo original sobre la “Deconstrucción” es la existencia de un reducido núcleo de investigadores que han tomado parte en más de dos tribunales de promoción a plazas de Profesor de Investigación (PI) de Físicas en el CSIC en los últimos 18 años, frente a dos numerosos grupos que sólo han participado en una o dos ocasiones. La técnica empleada en dicho artículo ha sido la teoría de grafos ampliamente utilizada en Sociometría.

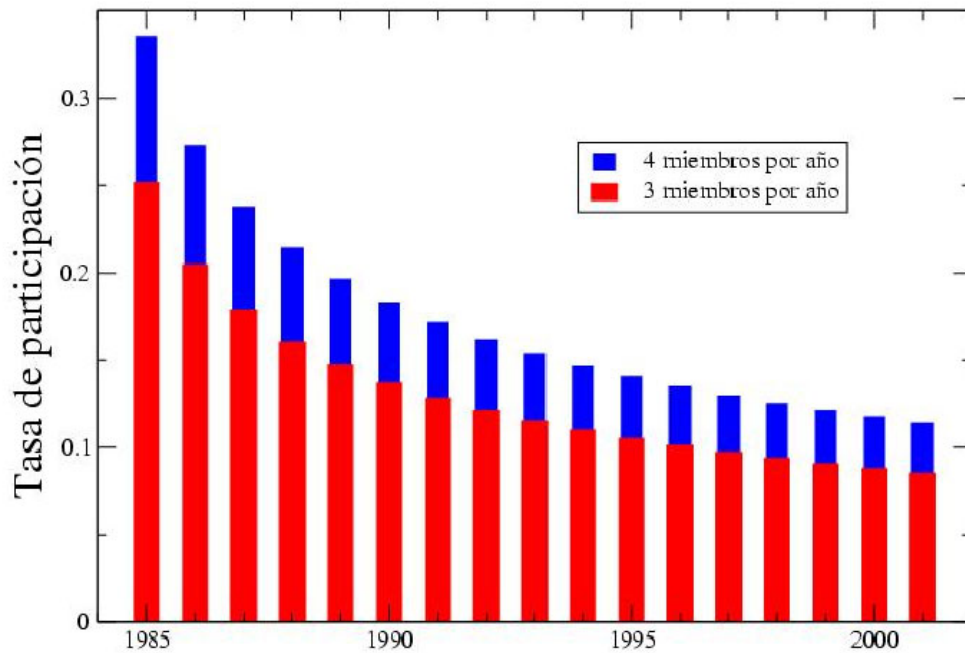
Como bien observa el Dr. Huertas no se han tenido en cuenta en este estudio sociométrico otros factores que permitan valorar en profundidad el significado de los resultados obtenidos. Especial interés tiene la consideración de la antigüedad del colectivo de PI's que sirve de base para la selección de los tribunales. Éste colectivo, como señala el Dr. Huertas, es pequeño lo cual nos haría pensar que la repetición de miembros es inevitable. En efecto en el año 1985 sólo había 3 PI's donde elegir y en 2001 había 36 (véase figura 2 de la réplica), de donde se sigue que los PI's de más antigüedad han podido actuar más veces.

El Dr. Huertas propone una medida para cuantificar la frecuencia de participación que

tenga en cuenta la antigüedad. Dicha medida está dada por el número de veces que un determinado PI ha actuado en un tribunal dividido por el número de veces que ha podido actuar. En la discusión que sigue llamaremos a esta cantidad la tasa de participación. En la figura 3 de la réplica del Dr. Huertas se muestra el número de PI's en función de su tasa de participación, estando todos, salvo en un caso, por debajo del 50%, valor que, según el Dr. Huertas sería la advertencia de que hay algo anómalo en el proceso de selección. La elección de un 50% en la tasa de participación como frontera de lo anómalo no está sin embargo justificada, como demostraremos a continuación mediante un sencillo modelo matemático que tiene en cuenta la evolución temporal del colectivo de elegibles.

La hipótesis fundamental del modelo consiste en suponer que la probabilidad de que un determinado miembro sea elegido para un tribunal es la misma para todos los miembros, como ocurriría en un sistema de selección aleatorio. Supongamos que son tres (o bien cuatro) los miembros elegidos entre un total de  $P(t)$  miembros en el año  $t$ . Un sencillo cálculo combinatorio muestra que esta probabilidad está dada por  $3/P(t)$  (o bien  $4/P(t)$ ) la cual obviamente decrece con el tiempo. La suma de todas estas probabilidades desde el año  $t$  hasta el año final  $T$ , nos da el promedio del número de veces que un candidato, elegible por primera vez en el año  $t$ , ha sido miembro de un tribunal en el período  $t-T$ . Dividiendo esta cantidad por el número de veces en que ha podido ser elegido, a saber  $(T+1-t)$ , obtenemos la tasa de participación del mismo. Incluimos una figura

\* En representación de la Plataforma de Investigadores del Consejo para la Observación, Reforma y Estudio del Sistema de I+D (PICORES). Página de internet: <http://www.csic.es/asociaciones/picores>; lista de correo: [picores@listas.csic.es](mailto:picores@listas.csic.es)



**Figura 1**

donde se presenta esta tasa teórica tomando como datos los de la figura 2 del artículo del Dr. Huertas, donde, para simplificar, hemos supuesto que el número de miembros del colectivo de PI's aumenta en dos por año en promedio, como es el caso del período 1985-2001. Comprobamos que la tasa de participación es mayor para los miembros más antiguos que anda en torno al 30% y que la mínima es de un 10%. Si comparamos estos resultados con las tasas de participación de los PI's suministradas en la figura 3 del artículo del Dr. Huertas comprobamos que existe un reducido

grupo de personas que supera dicho 30% y que no representa una fluctuación estadística, lo cual confirma los resultados obtenidos en el artículo de la "Deconstrucción". Extendiendo este análisis a los tribunales de investigadores científicos se llega a conclusiones similares.

El mecanismo de selección de tribunales del CSIC, como explica el Dr. Huertas, es muy complejo pero seguimos pensando que un sistema aleatorio ponderado mediante factores de calidad es preferible a un sistema digital que estará siempre sometido a las críticas de parcialidad y falta de igualdad.

## EL RINCÓN PRECARIO

*Sección dedicada a los investigadores que trabajan en España en condiciones de precariedad laboral*

Rosario Gil

Supongo que a estas alturas todo el mundo ya sabe que el Gobierno ha aprobado un Real Decreto por el cual los Becarios de Investigación tendrán ciertos beneficios sociales que antes no tenían. En el anterior número de la Revista, cuando el tan cacareado “Estatuto del Becario” aún no había visto la luz, os decía que no quería hacer comentarios sobre el borrador que se estaba estudiando, porque nunca se sabe lo que puede pasar con un borrador, sobre todo cuando hay un cambio de Ministro de por medio, y al nuevo Ministro no parecía hacerle gracia cómo estaba quedando... Me alegro de no haber hecho valoraciones, porque me habría quedado muy corta, a la vista de lo que ha sido finalmente aprobado. El tema no es trivial: el Estatuto marca las pautas de lo que este Gobierno quiere que sea la carrera investigadora en sus comienzos. Obviamente, la aprobación de este RD es una buena noticia, pero aún admitiéndolo, tiene la peor de las formas que se habían barajado hasta ahora. No quiero aburrirlos con la cronología, pero os recuerdo que el estatuto se anunció hace ya **dos años** (dos años de toreo continuo), un documento que no ocupaba más de 11 páginas en su última versión y que tampoco tiene tanta chicha. Y sigue sin ser lo que la FJI-Precarios ha pedido siempre: que no se hagan salvedades ni excepciones, que se les considere de una vez **trabajadores** y se les contrate.

Creo que lo más apropiado es que sean los “afectados” (y nunca mejor dicho, porque realmente están muy afectados, y con razón, después del considerable esfuerzo que habían realizado) los que hagan una valoración sobre lo que se les ha venido encima. Así que, al final de estas líneas se incluye una valoración, perfectamente documentada, de lo que significa el dichoso Estatuto y un resumen (con un regusto más jocoso pero amargo) de cómo va a afectar a las vidas de nuestros jóvenes (y no tan jóvenes) investigadores si nada lo remedia. Su indignación se puso de manifiesto al día siguiente de la aprobación del estatuto mediante una serie de manifestaciones en todo el estado bajo el lema “Entierro de la Ciencia”, y ha llegado incluso a ser publicada en la revista *Science*. Yo tampoco puedo evitar expresar mi indignación frente a algunos atropellos “santificados” por el Real Decreto de marras...

Por ejemplo, la definición de Becario de Investigación, a quien afecta el Estatuto, se limita a los becarios predoctorales con DEA y a los postdoctorales... Porque sí, vergonzosamente, se admite que haya Doctores becados. Claro, como los científicos estamos siempre formándonos, no sirve de excusa para acabar nuestro periodo formativo con haber adquirido la titulación académica más alta que se pueda conseguir... Y se permite además excluir a los Doctores que tengan becas durante más de dos años. Como si no fuera suficientemente penoso ser un becario de por vida, además, sin derechos, por ser doctor y “viejo”. No deja de resultar jocoso que, el pasado 5 de noviembre, se rechazara en la Comisión de Ciencia y Tecnología una Proposición no de Ley presentada por el Grupo Parlamentario Socialista en la que se pedía que dejaran de existir becas postdoctorales... y que fue rechazada con los votos del PP únicamente, porque, según el Gobierno, el MCyT no da becas a doctores en España, sólo en el extranjero, por motivos peregrinos. ¡Habrás visto tamaña desfachatez! Es que el MECD y las entidades privadas no son de este mundo? Porque el MECD sí conceden becas postdoctorales en España, aunque los señores diputados del PP no lo sepan...

Lo de cotizar por el Salario Mínimo Interprofesional, parece de juzgado de guardia... O sea, os doy derechos, para que os calléis, pero pocos. Y más os vale no tener que depender de ellos, porque como tengas que sacar adelante a una familia, o pagar una hipoteca, más te vale no caer enfermo o quedarte embarazada. Tú te lo habrás buscado...

Supongo que todos estamos de acuerdo en que la investigación es un trabajo en equipo, del que el Becario es una pieza esencial. De hecho existen unos 20.000 becarios en nuestro país según el Instituto Nacional de Estadística, lo que supone un 25% de los investigadores en activo (!!!!!). No son meros estudiantes que no puedan ejercer su profesión, sino titulados universitarios con una formación suficiente para desarrollar su actividad investigadora, y que han sido seleccionados mediante un concurso de méritos. Por supuesto, al igual que el resto de investigadores, el profesional becario mediante su tarea investigadora adquiere conocimientos y destrezas. El



problema que debe solucionarse es la inseguridad laboral y social con la que se presta esa actividad, permitir que exista una mínima red de seguridad para trabajar en la investigación. Esto no significa funcionarización. Los becarios sólo reclaman una contratación laboral de tiempo definido (y existen para ello modelos ya establecidos como los médicos MIR, o los contratos en formación), reconociendo como una profesión el trabajo en investigación. Sin embargo, el Real Decreto aprobado por el Gobierno se esfuerza en recalcar que no son trabajadores, dándoles sólo unas migajas, unos derechos sociales recortados, una bofetada en su propia cara, puesto que no se han tenido en cuenta ni sus opiniones ni las de Consejo Económico y Social, que incluso ponía de manifiesto en su informe que algunos de los puntos del Estatuto podían ser incluso inconstitucionales (¡bendita Constitución, tan aclamada y adorada, y tantas veces maltratada!). Tan dudosa es la legalidad del aprobado Estatuto, que algunas asociaciones, como el Colegio Oficial de Químicos o Izquierda Unida han decidido presentar recursos legales contra él.

Tal es el esfuerzo del Gobierno por negar la condición de trabajadores a los becarios que ha decidido eliminar la obligación de pagar el IRPF a los beneficiarios de becas de investigación. Pero eso no es lo que quieren los becarios. Y alguien tendrá que explicarme, como dicen los anuncios del Ministerio de Economía y Hacienda que podemos ver estos días en televisión, cómo es posible bajar los impuestos y subir las prestaciones... Por ejemplo, ya se han recortado las ayudas a estancias en el extranjero en un 30%, por motivos presupuestarios... No quiero seguir por aquí, que me enciendo y no es bueno para la tensión... Es que hay que ser retorcidos para intentar hacer comulgar a los futuros votantes con ruedas de molino.

Mientras tanto, en las Comunidades Autónomas de Aragón, Cataluña y Castilla-La Mancha (y ya está siendo estudiado en Andalucía) los Programas de Becas predoctorales han pasado a ser 2+2, es decir, dos años de beca, hasta obtener el DEA, y dos años más de **contrato laboral**. Además el PSOE ha incluido en su programa electoral el instaurar el modelo 2+2 en todo el país (aunque habría que añadir que el PSOE sólo ha asumido este compromiso hace cosa de mes y pico, muy cerca de las elecciones para mi gusto personal, después de decir durante mucho tiempo que el Estatuto era suficiente, porque creían que el PP no lo iba a sacar). También en el País Vasco la Consejera de Educación ha anunciado recientemente que los becarios de sus Universidades cotizarán a la Seguridad Social a partir del próximo curso. Pero sirvan los ejemplos por lo menos para ver que hay alternativas al dichoso Estatuto. Siguiendo por este camino, llegará un momento en que las becas autonómicas sean más apreciadas que las concedidas por los Ministerios... Quién sabe si con ello el Gobierno deberá modificar su actitud reticente.

Quería haberle dedicado también algún espacio en esta sección a los contratados RyC, a las “extrañas circunstancias” que han hecho que algunos modelos de contrato hayan sido modificados para poder garantizar que serán por cinco años (y aún no está tan claro), a la discusión que se ha mantenido en su lista de correo sobre las dificultades encontradas para pedir Proyectos o dirigir Tesis debido a la temporalidad de los contratos... pero me temo que eso será en una próxima entrega, porque no quiero aburrirlos más por hoy. Prometo “estudiarlo a fondo” el tema de los “contratos laborales en formación” para los flamantes investigadores del Programa Ramón y Cajal para la próxima entrega de esta sección (parece que ahora los investigadores contratados deberemos también seguir siempre en formación para poder entender los entresijos de la Administración Pública para conseguir no hacer contratos estables a sus trabajadores no funcionarios...). Siempre hay algún tema en el que no sabemos lo suficiente, y luego “nos las dan con queso”.

El tema que ha ocupado toda esta sección creo que se merece un monográfico en este número de la revista. Espero poder dejar de hablar de la base de la pirámide investigadora en un futuro no muy lejano, porque eso significaría que sus problemas se van solucionando. Pero sí quería finalizar dando las gracias a mis dos colaboradores “voluntarios” de este número, por su constante esfuerzo en mejorar las condiciones de los becarios en este país (y por ayudarme a salir del atolladero que me ha supuesto escribir esta entrega del Rincón Precario, con la inundación de mensajes que había sufrido mi ordenador), y felicitando a los nuevos recién incorporados RyC-III, con la esperanza de que este sea el último paso de cara a conseguir la estabilidad laboral que se niega sistemáticamente a los investigadores no funcionarios.

## El largo camino hacia el pretendido “Estatuto del becario”

Joaquín de Navascués\*

La Federación de Jóvenes Investigadores-Precarios nació en abril de 2000, para aunar los esfuerzos de varias asociaciones locales de jóvenes científicos. Uno de los propósitos de la FJI-Precarios es el reconocimiento de la actividad investigadora como el ejercicio de una profesión, y por tanto su retribución con todos los derechos laborales desde los comienzos de la carrera profesional. Los contactos con responsables políticos ya habían comenzado antes de su fundación, y las protestas por la situación de los becarios de investigación, también. Poco a poco se fueron obteniendo tímidas mejoras en las condiciones de Programas de Becas concretos, pero nada a nivel global.

A raíz del informe emitido por una Comisión Técnica de Trabajo (1), en la que se coincidió en la necesidad de proveer de derechos laborales a los Becarios de Investigación, y de la manifestación del 2 de febrero de 2001, en la que se presentó el Manifiesto contra la Precariedad en la Investigación (2) que firmaron más de 3000 investigadores de plantilla, el ejecutivo modificó su actitud. En octubre de 2001, ante la Comisión de Ciencia y Tecnología del Senado, el entonces Secretario de Estado de Ciencia y Tecnología, Ramón Marimón, anunció la elaboración de un Estatuto del Becario (3). Dos años, dos cambios de Ministro y varios borradores después, en los que no se han admitido ni las menores sugerencias por parte de los afectados, se ha aprobado por fin el llamado “Estatuto del Becario de Investigación” (4). Los encargados de la puesta en marcha serán el Ministerio de Ciencia y Tecnología (MCyT) y la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (CICYT).

El contenido del Estatuto tiene cuatro grandes fallos:

1) Su objetivo inicial de establecer un marco común a todo el colectivo de Becarios de Investigación queda limitado por el propio texto y las condiciones que propone, lo que contribuirá a aumentar la desigualdad que ya existe en el heterogéneo panorama español de becas de investigación (5-7).

2) A pesar de su vocación de ser una normativa homogénea, deja muchos aspectos regulativos a los detalles de cada Programa de Becas y a las normativas de los Centros de Trabajo, provocando que, dentro del grupo de los beneficiarios, haya un claro margen para la heterogeneidad y la indefinición.

3) La cobertura que ofrece es claramente insuficiente.

4) Posibilita aún que personas con el más alto Título Académico, el de Doctor, sean retribuidas con Becas de Formación.

### **Aplicación limitada.**

La presentación del Estatuto considera que la protección social de los Becarios de Investigación debe ser “*objeto de una regulación que lo haga común a todos ellos*”. Pero la aplicación del Estatuto impone graves limitaciones:

- Exige la posesión del Título de Doctor o del Diploma de Estudios Avanzados (DEA). Esto implica *de facto* que los doctorandos no podrán ser beneficiarios del Estatuto hasta el tercer año de actividad. Es decir, no se beneficiarán durante la primera mitad de su etapa como investigadores predoctorales, precisamente la etapa en la que más abandonos se producen. Por el mismo motivo, la población de becarios predoctorales beneficiados se reducirá a menos de la mitad. Esta distinción entre investigadores predoctorales pre-DEA y post-DEA es artificial y arbitraria, y constituye una seria regresión con respecto a la versión evaluada por el Consejo Económico y Social (CES) en junio (8). Además, los becarios hasta el momento eran también beneficiarios de un seguro de asistencia médica, que ahora no podría contratarse puesto que el Estatuto incluye la asistencia médica de la Seguridad Social, pero los becarios pre-DEA podrían no tener ni uno ni otra, como

---

\* Centro de Biología Molecular, UAM-CSIC, Madrid. Corr-ele: jdenavas@cbm.uam.es.

por error sucedió en la primera convocatoria post-Estatuto recientemente publicada por el propio MCyT, posteriormente subsanada (9).

- Como ya se ha mencionado, considera todavía la posibilidad de otorgar becas de formación a doctores. Este punto también fue criticado por el CES en su dictamen. Y, si bien la eliminación de esta posibilidad no es el objeto de este Estatuto, hubiera sido necesaria una actuación previa en este sentido. En ausencia de medidas que garanticen la contratación de los investigadores con el Título de Doctor, no se entiende que a los becarios postdoctorales se les limite el beneficio de este estatuto a dos años. Si es una manera de incentivar la contratación de Doctores, sin las medidas oportunas, se corre el riesgo de que tras esos dos años algunos doctores vuelvan a una situación pre-estatutaria o de que Doctores que ya cuenten con dos años de experiencia postdoctoral no tengan nunca acceso a los beneficios del Estatuto.

- La aplicación se restringirá además a los Programas de Becas que se inscriban en un Registro. Dicho Registro podría ser el instrumento de homogeneización que la FJI-Precarios ha solicitado siempre. Sin embargo, la inscripción queda a la voluntad de las entidades convocantes, con lo que esto originará un aumento de las desigualdades del colectivo en cuanto a derechos laborales fundamentales. Este punto fue muy criticado por el CES, que señaló una posible vulneración de principios constitucionales.

- Además, la inscripción estará limitada a los Programas financiados con fondos públicos, de organismos estatales o entidades privadas sin ánimo de lucro. Esto excluye al ámbito privado de una oportunidad para incorporar de manera regulada a personal investigador becario a sus plantillas.

El Gobierno prevé que unos 10.000 becarios se verán beneficiados por este estatuto. Pero, en realidad, sólo puede asegurar la inclusión de unos 4.200, dependientes de distintos Ministerios. Aunque las Comunidades Autónomas, que se han declarado dispuestas a asumirlo, cumplan sus intenciones ¿se llegará a esa cifra? Se estima el número de Becarios de Investigación en España en unas 20.000 personas, según el INE. ¿Puede considerarse un "Estatuto" un reglamento que podría no afectar más que a la mitad del colectivo correspondiente?

### **Beneficios insuficientes**

Básicamente, el Gobierno dice conceder con este Estatuto "*todos los derechos del Régimen General de la Seguridad Social, menos la protección por desempleo*". Pero esta declaración es engañosa porque, aparte de esta importante salvedad, el resto de los derechos están severamente recortados, puesto que la base de cotización no será equivalente a la dotación mensual de la beca (como está establecido por ley para el Régimen General de la Seguridad Social) sino al mínimo interprofesional.

Se argumenta que, como la actividad es exclusivamente formativa, es lógica la exclusión de la protección por desempleo. Pero, ni eso parece un escollo para que se cotice para la jubilación, ni entonces se entiende que la actividad formativa de los becarios que no poseen el DEA aún no sea merecedora de la protección del Estatuto.

Por otro lado, la cuantía de las becas predoctorales ministeriales está en torno a 1.000 euros/mes, y es de suponer que las becas registradas se sitúen en esa cantidad. Con el tope mínimo de cotización (el Salario Mínimo Interprofesional más un sexto), actualmente en 520 euros/mes, en caso de baja por enfermedad o de permiso por maternidad, los ingresos de un becario predoctoral se reducirían casi un 50%, y aún más en el caso de un postdoctoral, precisamente en situación de necesidad, y en contraste con lo que ocurriría con otro trabajador de similares ingresos. Además, con relación a becas que ya contemplan el permiso de maternidad con el 100% de los ingresos, estamos ante otra posibilidad de mayor perjuicio que beneficio.

Las contingencias de accidente de trabajo y enfermedad laboral, además de que se definen por el propio estatuto en vez de referirse a los correspondientes epígrafes del Texto Refundido de la Ley General de la SS, se vinculan en exclusiva al epígrafe 119 del RD 2930/1979, por lo que su contemplación se reducirá al trabajo en aulas y laboratorios, excluyendo así otros supuestos relativamente frecuentes, como el trabajo de campo, lo cual es totalmente incomprensible.

### **Indefinición**

El documento aborda también los derechos y deberes que debe cumplir el becario, así como los deberes del Organismo donde éste trabaje, y los mínimos que deberá cumplir el Programa de Becas. A pesar de aclarar aspectos como la propiedad intelectual y la propiedad industrial, o establecer la mensualidad en el pago de las cuotas a la SS (lo que podría ayudar a acabar con los importantes retrasos que se dan en los pagos), deja al albedrío del Organismo que concede la beca o del Centro de Trabajo capítulos como las vacaciones, la posibilidad de suspensión de la beca en ciertas circunstancias, etc. Habida cuenta de que tanto en los Programas de muchas becas como en los Reglamentos de algunos Centros no se abordan estas cuestiones, el Estatuto debería incluir directrices precisas al respecto, como también ha señalado el CES.

### **Fecha de aplicación**

El Real Decreto se publicó en el BOE el 3 de noviembre, entrando legalmente en vigor al día siguiente pero, puesto que el funcionamiento del Registro es condición indispensable, que el procedimiento de inscripción (también requisito previo indispensable) se da hasta 3 meses para su resolución, y que no se van a aumentar los recursos del MCyT para ponerlo en marcha, el momento en que se perciban los beneficios puede ser relativamente lejano. Además, no se mencionan mecanismos de difusión, información ni sensibilización de los organismos que pudieran desear inscribirse...

### **Valoración general**

Por desgracia, con este Estatuto se ha perdido una importante oportunidad para reconocer la investigación científica como una actividad profesional y proporcionar una regulación adecuada, mediante una auténtica homogeneización laboral de los becarios de investigación en España, e impidiendo la emisión de becas con condiciones intolerables. Además, se ha excluido al ámbito empresarial de la posibilidad de acogerse a esta normativa. Por su falta de universalidad y su indefinición, la FJI-Precarios y el CES coinciden en señalar que esta medida no llega a la categoría de Estatuto. La exclusión de los pre-DEA y los postdoctorales tras dos años de disfrute evidencian además un desconocimiento de la naturaleza de la actividad investigadora y una escasa atención por las incoherencias del sistema.

Por otro lado, los graves recortes en las prestaciones sociales, habida cuenta del nimio coste que supone según los cálculos del Gobierno (menos de 1.300 euros por becario y año) y de la larga espera, han irritado al colectivo. Hay que recordar que la petición de dicho colectivo fue siempre la de obtener el estatus de trabajador, con todas las consecuencias, demanda que este Estatuto está muy lejos de satisfacer.

Cuando en Aragón, Cataluña y Castilla-La Mancha ya se han decantado por financiar mediante contratos laborales una parte de la etapa predoctoral, tras el DEA, cuando el principal partido de la oposición ha asumido ese mismo modelo como propuesta electoral, y el propio Ministerio de Sanidad y Consumo contrata a los médicos especialistas para formarse como investigadores, este avance llega tarde y es insuficiente. Y más aún, cuando España ocupa en Europa un pésimo lugar en cuanto a las condiciones de trabajo de los investigadores más jóvenes (10), mientras la Unión Europea ha señalado la importancia de los Recursos Humanos en la consecución de los objetivos de la conferencia de Lisboa.

- (1) [http://www.precarios.org/docs/Informe\\_de\\_la\\_CTT.htm](http://www.precarios.org/docs/Informe_de_la_CTT.htm)
- (2) <http://www.precarios.org/docs/manifiesto.pdf>
- (3) <http://www.senado.es/legis7/publicaciones/pdf/senado/ds/CS0170.PDF>
- (4) <http://www.boe.es/boe/dias/2003-11-03/pdfs/A38828-38830.pdf>
- (5) <http://www.precarios.org/docs/predoctorales.htm>
- (6) <http://www.precarios.org/docs/postdoctorales.htm>
- (7) <http://www.precarios.org/docs/otrasbecas.htm>
- (8) <http://www.precarios.org/docs/dictamenCESfinal.pdf>
- (9) <http://www.boe.es/boe/dias/2003-10-28/pdfs/A38363-38371.pdf>
- (10) [http://www.precarios.org/docs/Informe\\_IIFIV4.1.doc](http://www.precarios.org/docs/Informe_IIFIV4.1.doc)

## FAQs del Estatuto del Becario

Joaquín de Navascués\* y Cristina Muñoz\*\*

### **- Soy becari@ de investigación. ¿Qué consigo con el Estatuto?**

Pues depende... si el organismo que te concede la beca se inscribe en el registro, estarás dentro, y si no, pues NADA. ¿Cómo saberlo? Pues quizá para Reyes... Lo más probable, si tu Beca es de un Ministerio, o parecida, es que se sumen al Estatuto... Pero si no, es difícil que un Organismo asuma de repente un aumento de salario y además el coste extra de las cotizaciones... Pero en fin, sorpresas te da la vida.

### **- Soy becari@ PREdoc de primer año, ¿qué consigo con el Estatuto?**

NADA, el Estatuto no te da NADA porque según él sólo estás aprendiendo, así que no mereces nada. Date prisa y consigue el DEA.

### **- Soy becari@ PREdoc de segundo año, ¿qué consigo con el Estatuto?**

NADA, el Estatuto no te da NADA porque según él sólo estás aprendiendo, así que no mereces nada. Date prisa y consigue el DEA.

### **- Soy becario@ PREdoc de cuarto año y mi jefe quiere que siga currando en agosto en vez de irme de vacaciones. ¿qué consigo con el Estatuto?**

NADA, el Estatuto no regula el derecho a vacaciones ni la posibilidad de que tu jefe te "despida" (no te firme la renovación) si le da la gana. Por tanto, el que te vayas de vacaciones es una graciosa concesión que tendrás que negociar con tu jefe con la buena voluntad como única arma.

### **- Soy becari@ POSTdoc, llevo ya dos años, ¿qué consigo con el Estatuto?**

NADA, el Estatuto no te da NADA porque sólo permite asumir el Estatuto a las becas postdoc que no se puedan pedir con dos años de experiencia postdoctoral. Se supone que alguien te contratará (may the force be with you, young Skywalker). Sólo conseguirías algún beneficio si tu beca postdoctoral permite la renovación más allá de los dos años, y además el Programa se inscribe en el Registro, pero en cuanto se acabe tu beca actual, finito.

### **- Soy becaria, estoy embarazada o pretendo quedarme, ¿qué consigo con el Estatuto?**

Pues depende. Con el Estatuto, durante el permiso por maternidad pasarás de cobrar unos 1.000 euros (brutos) al mes, si eres predoc, si eres postdoc no lo sé, pero probablemente algo más, a cobrar la friolera de 520 (brutos también). Si tu beca era de las que dan maternidad con el 70 ó el 100% de la beca, sales PERDIENDO. Si tu beca no lo daba... igual tampoco se acoge al Estatuto, pero ¿quién sabe? Esto también vale para un becario cuya pareja (legalmente reconocida) esté embarazada, y quiera compartir las hasta dos semanas se baja que permite la ley.

### **- Soy becari@, he cogido una enfermedad seria, no puedo ir a trabajar, ¿qué consigo con el Estatuto?**

Pues más te vale llevarte bien con tus padres, o apañártelas para vivir en Madrid con 520 euros o menos (ten en cuenta que la baja por enfermedad es del 100% -sobre lo cotizado- en la administración. En el sector privado, varía dependiendo de la duración de la baja, pero no supera el 80%. Por tanto, según cómo interprete la SS que tú trabajas para el CSIC, por ejemplo, pero tu beca es de una fundación privada, podría ser que tu baja sea de 420 euros.). Esto es lo que vas a cobrar por baja por enfermedad Al fin y al cabo, vas a ahorrar mucho porque no podrás salir.

### **- Soy becari@, estaba trabajando y me he quemado los ojos, ya no puedo trabajar nunca más que en un quiosco de la ONCE, ¿qué consigo con el Estatuto?**

Pues que alguien consulte por ti el RD2930/1979 donde vienen las primas que te corresponden, las aplicas a 520 euros, y te sale.

\* Centro de Biología Molecular, UAM-CSIC, Madrid. Corr-ele: jdenavas@cbm.uam.es.

\*\* La Jolla Institute for Allergy and Immunology, California, EEUU. Corr-ele: cmunoz@liai.org

**- Soy becari@, viniendo a trabajar el autobús ha sufrido un accidente y estoy muy mal, ¿qué consigo con el Estatuto?**

Si tienes la suerte de tener una beca a la que el Estatuto afecte, cobrarás mientras no puedas trabajar ... nada más y nada menos que... ¡unos 320 euros mensuales!

**- Soy becari@, me he quedado sin beca, ¿qué consigo con el Estatuto?**

NADA, el Estatuto no da prestación por desempleo, así que más te vale haber ahorrado con el sueldazo que te daban hasta ahora.

**- Fui becari@ durante tantos años que ya no podré cobrar la pensión por jubilación al 100%, ¿qué consigo con el Estatuto?**

NADA, no hay efectos retroactivos.

---

---

## CRÍTICA DE LIBROS

---

### “Investigar en España es llorar”, de Marià Alemany Lamana

Rosendo Vilchez Gómez\*  
Socio de la AACTE

**Título:** Investigar en España es llorar

**Editorial:** Edicions Universitat de Barcelona

**Autor:** Marià Alemany Lamana

*Escribir en Madrid es llorar,  
es buscar voz sin encontrarla,  
como en una pesadilla  
abrumadora y violenta.*

Mariano José de Larra

Si en las palabras de Larra cambiamos *escribir* por *investigar* y *Madrid* por *España* tenemos el título de nuestro libro pero también tenemos una descripción de cómo se sienten muchos investigadores en nuestro país, después de años de lucha contra un sistema que más parece pensado para dificultar la labor investigadora que para favorecerla.

El autor del libro que nos ocupa en la presente reseña es catedrático de Bioquímica y Biología Molecular en la Universidad de Barcelona, después de recorrer varias universidades de nuestro país y alguna que otra estancia en el extranjero. Es un buen conocedor del mundo académico y del mundo científico en España y, gracias a esto, ha podido escribir un libro que casi debería ser libro de cabecera para todo aquél que quiera ser investigador o tenga alguna relación con la ciencia, ya sea como gestor o como político, en este rincón de Europa.

En el libro se da un repaso general a todos los problemas de la ciencia en España, desde la escasa consideración social en el mundo real de la ciencia (si no, ¿cómo se explica la escasez de programas científicos en la televisión y que exista un programa de «investigación» en la televisión pública dirigido y presentado por J. J. Benítez?) hasta cuánto se destina realmente a la investigación pasando por la explotación de los becarios, la selección de los investigadores funcionarios, la evaluación del trabajo científico o los sobrecostes innecesarios.

Todo el libro está escrito con una cierta ironía y exageración, como reconoce el autor en la introducción del libro, pero sin dejar de dar en la diana a la hora de describir la amarga realidad de la investigación en España. No se trata de un libro escrito con rigor científico que apabulle al lector con cifras y datos. Es un libro ameno que va dando pinceladas de la mayoría de los problemas que aquejan al sistema científico español y que en algunos casos intenta dar una solución.

Quizá sea ese precisamente el objetivo del autor: si fuera un libro serio pocos serían los científicos honrados de nuestro país que no entrarían en una depresión tras leer este informe. El humor da una cierta esperanza de que un mundo mejor es posible. ¿Cuándo cambiará la situación? Quizá si el libro fuera de lectura obligatoria en las facultades de ciencias y para los que quieren hacer carrera política habríamos andando un buen trecho en la dirección correcta.

Es un libro cuya lectura recomiendo encarecidamente por su sistematización de los problemas que aquejan a la ciencia en España, aunque más de uno exclamará tras echarle una ojeada: ¡pero qué me cuenta este hombre si esto lo estoy padeciendo yo todos los días!. Quizá una lectura con una sonrisa (¿o es una mueca?) de estos problemas nos ayude a afrontarlos con nuevos ánimos.

---

\* Departamento de Física, Universidad de Extremadura, Cáceres. Corr-ele: vilchez@unex.es







