

# Apuntes de Ciencia y Tecnología

nº 27, Junio 2008

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

Sumario	pág
<b>CORRESPONDENCIA</b> .....	4
<b>NOTICIAS DE LA AACTE</b>	
Primera reunión presencial de la nueva Junta Directiva: 08. Puesta en funcionamiento de la lista abierta redIRIS: 09. Nuestro blog en Madri+D: 09.	
<b>OPINIÓN</b>	
<b>Los trasvases y la sostenibilidad del crecimiento</b> , por Tomás Ortín Miguel .....	10
<b>¡Más agua!, ¡Es la guerra!</b> por Jose A. Cuesta .....	12
<b>De aquí, de Madrid. La investigación en la Comunidad de Madrid</b> , por Remo Fernández Carro .....	14
<b>Los centros de excelencia y las setas</b> , por Juan de la Figuera.....	16
<b>El azar y la necesidad de hacer lo correcto en la actividad investigadora</b> , por Ángel Cebolla Ramírez.....	17
<b>Soldados del bien común</b> , por Luis A. Pérez Carrasco.....	19
<b>NOTICIAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA</b>	
Nuevo Ministerio de Ciencia e Innovación: 21. Nanoestructuración ocular. Descubierta una nueva forma de visión: 22. El genoma de Lampedusa: 23. ¡Desaparecen dos brazos de la vía láctea!: 24. Los estallidos del cometa 29P/Schwassmann-Wachmann 1 y los astrónomos amateurs: 25. Biocombustibles: Inconvenientes y posibles alternativas menos dañinas: 25. Cambio climático: Geoingeniería, ciclo natural y otras consecuencias: 26. NOx: Limpiadores atmosféricos: 27. Cambio climático y caza humana provocaron la extinción del Mamut Lanudo: 28. Coches plegables y apilables para megaciudades: 28. Pictogramas aztecas para calcular superficies: 29.	
<b>ARTÍCULO</b>	
<b>Sobre la naturaleza y la fabricación de seres vivos</b> , por Juli Peretó .....	30
<b>EL RINCÓN PRECARIO</b>	
<b>Rincón precario</b> , por Rosario Gil .....	39
<b>Jóvenes ante el precipicio. Homenaje a Pablo Barbadillo Maestre</b> , por Roke Iñaki Oruezabal Guijarro y Salomón Aguado Manzanares .....	40
<b>Los doctores denuncian al ministerio, (primera parte)</b> por Salomón Aguado Manzanares .....	41
<b>El ministerio amenaza a los becarios, sin dinero, sin derechos y sin empleo</b> , por Salomón Aguado Manzanares .....	43
<b>Doctor en Alaska, investigadores sin derechos. Campaña "Apadrina a un Postdoc"</b> , por David Fairén Jiménez .....	43
<b>Manifiesto en defensa de la figura del profesor ayudante</b> , por varias Asociaciones .....	45
<b>El final de la cuenta atrás</b> , por Rosario Gil .....	46
<b>Seguimiento del Programa Ramón y Cajal</b> , Resumen publicado por la ANIRC.....	47
<b>CRÍTICA DE LIBROS</b>	
<b>"Marie Curie, una mujer honorable"</b> de Françoise Giroud, por Germán Sastre .....	48

AACTE



AACTE

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

<http://www.aacte.eu>

ISSN:1577-6794 © 2008 AACTE

Se pueden hacer tres tipos de contribuciones a la revista "*Apuntes* de Ciencia y Tecnología":

- a) Cartas
- b) Artículos de opinión
- c) Artículos científicos.

En todos los casos los textos y figuras deberán ser enviados por correo electrónico a la directora, a la dirección [rosario.gil@uv.es](mailto:rosario.gil@uv.es), o al redactor jefe de la correspondiente sección. 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 500 palabras. El contenido de las cartas deberá estar relacionado con temas de actualidad o interés relacionados con la Ciencia y la Tecnología en España, dándose prioridad a las que comenten algún artículo o carta publicado en números anteriores de "*Apuntes* de Ciencia y Tecnología", así como aquellas relacionadas con algún tema debatido en cualquier foro promovido por la AACTE, como sus listas de correo electrónico (ver <http://www.aacte.eu>). 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 2500 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 se adapte a unas normas éticas y de estilo elementales y que no resulte ofensivo o falta de respeto para personas o instituciones.

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 -en español y en inglés-, un resumen -en español y en inglés-, una lista de palabras clave -en español y en inglés- y una lista de referencias, que irá al final del artículo. 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 al menos un especialista de la misma área de conocimiento o de un área afín, quien aconsejará sobre su publicación.

**FUNDADOR Y DIRECTOR HONORÍFICO**

Alejandro Gutiérrez

**DIRECTORA**

Rosario Gil

**SUBDIRECTORES**Miguel A. Camblor  
Arturo Martínez Árias**REDACTORES JEFE**Miguel A. Camblor (Noticias de Ciencia y Tecnología)  
Daniel Farias (Artículos)  
Rosario Gil (Rincón Precario)  
Alejandro Gutiérrez (Opinión)  
Mónica Lira-Cantu (Correspondencia)  
José Manuel Pérez de la Lastra (Noticias de la AACTE)  
Germán Sastre (Crítica de Libros)**REDACTORES**Salomón Aguado Manzanares (Rincón Precario)  
Alberto Fernández Soto (Noticias de la AACTE)  
Ricardo González (Noticias de Ciencia y Tecnología, Crítica de Libros)  
Mónica Lira-Cantu (Noticias de Ciencia y Tecnología)  
Arturo Martínez Árias (Opinión, Noticias de Ciencia y Tecnología)  
Arcadi Navarro (Noticias de Ciencia y Tecnología, Crítica de Libros)**CONSEJO EDITORIAL**

José A. Cuesta, Juan de la Figuera, Alberto Fernández Soto, Juan F. Gallardo, Arcadi Navarro, Joseba Pineda, Ruth Rama, Rafael Rodríguez Puertas, Luis Santamaría

**DISEÑO Y MAQUETACIÓN**

Leyre Jiménez

**JUNTA DIRECTIVA DE LA AACTE**Presidenta: Carmen Rodríguez Suso  
Vicepresidente: Juan de la Figuera  
Secretario: José Manuel Pérez de la Lastra  
Tesorero: Mark van Raaij  
Vocales: José A. Cuesta, Alberto Fernández Soto, Arturo Martínez Árias

*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.eu>

*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.

© 2008 AACTE

Para cualquier asunto relacionado con la revista, contactar mediante correo electrónico con la Directora, en la dirección [rosario.gil@uv.es](mailto:rosario.gil@uv.es)

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

El gobierno surgido de las elecciones generales del 9 de Marzo abre la legislatura con una importante remodelación ministerial, en la que destaca la creación del Ministerio de Ciencia e Innovación, del que en principio dependerá el conjunto de la investigación pública en España.

La creación de este Ministerio implica una modificación estructural y política importante en la gestión de la investigación, la educación superior y el desarrollo tecnológico e industrial por varias razones. En primer lugar, porque a diferencia del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la etapa de gobierno del PP, el nuevo Ministerio asume no sólo las competencias en I+D+i sino también la responsabilidad de proponer y ejecutar la política del gobierno en materia de universidades, en detrimento del antiguo Ministerio de Educación y Ciencia (que se queda en Educación, Política Social y Deporte). En segundo lugar, porque se le asigna la "coordinación" de todos los Organismos Públicos de Investigación de titularidad estatal, a costa principalmente del mismo Ministerio de Educación pero, quizá, también de los de Industria, Sanidad, Fomento y otros. Y, en tercer lugar, porque la cartera se ha asignado a Cristina Garmendia, una doctora en Biología Molecular con una amplia experiencia empresarial. Parece claro que con esta elección se quiere dar un fuerte impulso a la transferencia de tecnología y a la innovación en el sector industrial, dos de los puntos más débiles del sistema español, y los que más se resisten a mejorar.

Aunque estos cambios parecen haber generado una respuesta positiva entre los investigadores, pueden surgir también ciertas inquietudes, acrecentadas por las malas perspectivas económicas nacionales e internacionales. En épocas de crisis, los presupuestos de investigación españoles se han encontrado tradicionalmente entre las primeras víctimas de los recortes, y ésta será una prueba de fuego de la voluntad política declarada por el presidente Zapatero para apoyar la investigación y buscar una economía basada en el conocimiento. Pero aún sin recortes extremos, dado que la cúpula del Ministerio tiene un perfil claramente orientado hacia la investigación aplicada, y específicamente hacia las aplicaciones biomédicas, se podría caer en la tentación de adelgazar la "I" grande y engordar la "i" pequeña, o de favorecer indiscriminadamente las ciencias relacionadas con la salud y lo "bio". También se podría minusvalorar a las humanidades si el objetivo es traducir los resultados de la investigación en productos comerciales, valorados en términos económicos.

Esperamos que la política del Ministerio no vaya por esos derroteros, y que la experiencia en gestión de la ministra se traduzca más bien en realizar las modificaciones estructurales necesarias para optimizar los recursos y rentabilizar, no sólo económicamente, el esfuerzo público en I+D+i, favoreciendo a la vez un aumento del gasto privado. Entre lo que hay que conseguir, desde luego, está que las empresas privadas inviertan más (y más de verdad) en investigación, desarrollo tecnológico e innovación, que se produzca una mejor interacción público-privado y que de ello resulte un aumento significativo de la transferencia de tecnología. Pero también hay que aligerar a los investigadores de la carga burocrática actual, abrir el sistema de manera efectiva a los investigadores y estudiantes extranjeros, definir una carrera investigadora atractiva, y aumentar la transparencia y objetividad de los procesos de selección de personal y de financiación. En definitiva, denos los medios, no sólo económicos, para ser más eficaces. Y si no lo conseguimos, exijánnos responsabilidades.



# CORRESPONDENCIA

## Zapatero y la "California de Europa"

En un suplemento de *El Mundo* (30-IV-2008) salió un artículo titulado "Zapatero y la «California de Europa»". El artículo, del que es autor José Canosa, es a mi juicio muy interesante pero muy tendencioso y se hace un lío mezclando las churras con las merinas y la calidad universitaria con el éxito empresarial. Parece dar a entender que la pujanza de las universidades norteamericanas se debe a que son privadas y a su vínculo con las empresas, cuando en realidad las universidades públicas en EEUU son muchas, de mucho prestigio y, tanto en ellas como en las universidades e instituciones privadas, las becas para financiar la investigación son en parte muy importante de origen público, por ejemplo de la *National Science Foundation* o de los *National Institutes of Health*. Por supuesto que hay muchos vínculos entre las empresas y las universidades: las empresas tienen interés en que se investiguen cosas que les pueden ser útiles para mejorar su rentabilidad o su competitividad y las universidades siempre quieren estar cerca de donde pueda haber dinero. También son conocidos los casos en los que los resultados de la investigación financiada con fondos públicos se privatizan y se explotan comercialmente por intereses privados (esto parece haber ocurrido en lo relativo a la investigación básica sobre el SIDA y los fármacos antiretrovirales). Por otra parte, si las universidades han de cumplir entre otras funciones la de realizar una investigación que produzca resultados fiables, no mediados por intereses comerciales,

han de tener un considerable grado de autonomía respecto del mundo empresarial y comercial. Por ejemplo, las investigaciones sobre los efectos del tabaco sobre la salud, sobre el cambio climático o sobre la epidemia de obesidad asociada al sedentarismo (directamente relacionado con el automóvil privado) y el exceso calórico de la alimentación (promovido por la comida basura) ha contado generalmente con la oposición del mundo comercial.

Da un poco de risa, si es que la mala uva no le tuerce a uno el ceño, que el autor del artículo use el adjetivo "soviético" para denominar cualquier cosa que no sea privada. Así pues, los hospitales de la seguridad social, el servicio de correos, las bibliotecas, las escuelas y universidades públicas, los parques públicos, la compañía municipal de recogida de basuras (si es que todavía existe alguna que no haya sido privatizada) y los museos son instituciones soviéticas. Es una terminología típica del fundamentalismo friedmaniano que lamentablemente cada vez más circula por todas partes sin que nadie le tosa. Incluso lo defendía airesamente el que fue candidato del PSOE a la alcaldía de Madrid, Miguel Sebastián, ahora ministro.

*José A. Tapia, MBBCh, MPH, Ph.D. (Econ)*

**Socio de la AACTE**

*The University of Michigan*

## Sobre los grupos de investigación

Una de las paradojas de las políticas científicas contemporáneas, españolas y europeas, y una de las más intelectualmente estimulantes, es la obsesión por el control de los investigadores. La han tematizado muy bien algunos de mis compañeros sociólogos o politólogos, como Arie Rip, Barend van der Meulen o David Guston: en la era posmoderna, los grandes patrones tradicionales de la investigación científica y técnica, el Estado y la empresa, han dejado de confiar en los científicos, en sus motivos, en su independencia, en su forma de organizarse y en su forma de trabajar, igual que antes dejaron de confiar en que sus resultados fueran beneficiosos.

Así, mientras los gobiernos abrazan recetas económicas liberales y desregulan el mercado, privatizan las empresas públicas y flexibilizan la gestión de los servicios del Estado, los científicos y tecnólogos a sueldo de la administración se van haciendo progresivamente más sospechosos y su trabajo se planifica, se dirige, se regula. En el mundo de *ahí fuera* triunfa el liberalismo frente al estatismo, quizá por buenas razones, mientras en el mundo de la investigación el estatista Bernal vence al liberal Polanyi. Aparentemente, al menos, porque las subvenciones favorecen cada vez más a las empresas grandes.



La idea de financiar la investigación pública a través de los *grupos de investigación* sólo es el último episodio de este serial. Ya la definición burocrática de lo que es un grupo de investigación contradice su espíritu, la forma a menudo espontánea en que se crea y se modela de acuerdo a las necesidades e intereses de sus miembros, y la forma también espontánea en que desaparece para dar lugar a otro. Contradice también el modo en que se desarrollan las reputaciones en el mundo científico que es —¡ay! — individual, como individuales son el salario y las recompensas que al final del día puede llevarse a casa el investigador. Ciertamente que todos tenemos en la cabeza el nombre de algún grupo de investigación que se ha forjado como grupo una reputación a lo largo de los años y al que sus miembros fían las suyas; pero todos sabemos cómo se disuelven, antes o después, también de forma espontánea. La espontaneidad que les da fuerza se deprime a medida que se añaden requisitos burocráticos para financiarlos: si se valora la *multi-*

*disciplinarietà* se penaliza la especialización, y viceversa; si se valora la *seniority* se penaliza la frescura o los puntos de vista nuevos, igual que se destruyen oportunidades de los principiantes de sacudirse el poder de los *popes* y crear su propio grupo, y viceversa.

El problema de fondo es que ningún ignoto burócrata en su oficina de Bruselas o de Madrid tiene suficiente información para decidir por cada grupo —y por cada miembro de un grupo— ni para valorar cuál es la forma más eficiente de organizar su investigación. Pero esos mismos burócratas miopes han atendido la última ocurrencia de algunos ignotos consultores que desde su oficina de Bruselas — o Madrid — deciden cómo funciona la investigación.

Remo Fernández Carro

**Socio de la AACTE**

Univ. Carlos III de Madrid

## Áreas y espacios

Los programas de incorporación de investigadores a nuestro sistema de ciencia y tecnología, como el Juan de la Cierva o el Ramón y Cajal, han sido sin duda beneficiosos para la ciencia en nuestro país. Pero también han servido para poner en evidencia ciertas carencias de nuestro sistema. Estos programas permitieron la incorporación de investigadores a grupos y/o departamentos por una vía distinta a la que había sido habitual en muchos centros, para la cual, quizás, nuestro sistema no estaba preparado. Esto se puede apreciar con el siguiente ejemplo. Supongamos que un grupo de investigación multidisciplinar establecido en las dependencias de un departamento de Anatomía de una universidad decide incorporar a un biólogo molecular, dentro de cualquiera de los dos programas de contratación mencionados anteriormente, para cubrir un aspecto concreto de sus investigaciones. Un Ramón y Cajal, por ejemplo, podría incorporarse de esa forma sin ningún inconveniente. El problema surgiría al incluir a ese investigador en un área de conocimiento, que en este ejemplo sería la de Anatomía. La posible futura estabilización de ese investigador pasaría, con el actual sistema, por la convocatoria de una plaza de profesor, irremediablemente ligada al área de conocimiento del departamento y juzgada por expertos en esa área. Las posibilidades de continuidad o de estabilización de ese investigador quedarían así seriamente mermadas o incluso anuladas. Esta situación sería claramente perjudicial tanto para el investigador como para el propio grupo de investigación.

La aceptación, y la actuación en consecuencia, por parte de los gestores de la ciencia en ámbitos nacionales, autonómicos y locales, del hecho de que el futuro de la investigación científica y tecnológica está en la

integración de diversas disciplinas, deberían dar lugar a un serio replanteamiento de esas barreras clásicamente conocidas como áreas de conocimiento. Si bien éstas podrían estar justificadas, en algunos casos, desde un aspecto meramente docente, suponen serias trabas a la investigación, sobre todo en lo relativo a la integración estable de investigadores expertos en campos concretos en grupos multidisciplinarios.

Otro gran problema en nuestros centros de investigación, quizás más evidente en las universidades por su organización en departamentos, es el espacio. Si bien este problema puede afectar a personal principalmente docente, por falta de espacio para despachos, la situación es mucho más sangrante en la vertiente investigadora. Resulta curioso, y desde algunos puntos de vista, inexplicable, que en un mismo centro se encuentren departamentos con grupos de investigación altamente productivos y bien financiados que no pueden crecer por falta de espacio físico, mientras en otros departamentos el espacio está claramente infrautilizado y puede incluso no haber grupos de investigación en los mismos. La solución a este problema ya no se encuentra solamente en la, a veces, justificable falta de financiación para la construcción de nuevos edificios o la ampliación de los ya existentes, sino en una mejor gestión de los recursos ya disponibles.

Publicado en el blog de la AACTE  
(<http://weblogs.madrimasd.org/aacte/>)  
el lunes, 2 de junio de 2008

Dr. José Alberto Carrodegua Villar

**Socio de la AACTE**

Universidad de Zaragoza



## Contratos indefinidos = contratos sin una clara definición

A finales de mayo, se ha producido en la Universidad de Valencia (UV) el despido fulminante de dos investigadores contratados doctores, Agustín Diez y Mercedes Rubio, procedentes del antiguo programa de "Ayudas para la Incorporación a España de Doctores y Tecnólogos" (es decir, Reincorporados, o más bien "reinsertados" del programa anterior al RyC), que "disfrutaban" hasta hace unos días de un contrato indefinido como "Técnico Especialista en Proyectos de Investigación" (TEPI) en la Fundación General de la UV

Estos contratos de nombre tan pintoresco habían sido creados *ad hoc* para estabilizar a investigadores doctores con una dilatada trayectoria investigadora pero integrados en Departamentos sin necesidades docentes y, por tanto, sin posibilidad de estabilización como profesores. Para estos casos, la UV había previsto que aquéllos con evaluaciones positivas fuesen contratados por la Fundación General de la Universitat de València, una fundación privada sin ánimo de lucro perteneciente a la UV, en la que se incluye desde la asociación de antiguos alumnos o la orquesta hasta la tienda de la universidad.

El caso de los antiguos Reincorporados es peculiar, porque el problema viene de lejos. Agustín Diez, por ejemplo, pertenece a un área de investigación minoritaria, en las que el número de concesiones de contratos RyC ha sido escaso, lo que le ha impedido "dar el salto" al nuevo programa<sup>1</sup>. Lo cierto es que el antiguo Vicerrector de Investigación (y actual Rector de la UV) prometió en su día que ningún Reincorporado se iba a ir a la calle... Y eso ha ido alargando su agonía.

Al no ser contratados RyC, es la Fundación quien, después de firmar el contrato indefinido, presenta su CV para su evaluación dentro del Programa I3<sup>2</sup>. Ambos investigadores recibieron una evaluación "parcialmente desfavorable", a pesar de cumplir con los requisitos marcados en el BOE para el Programa I3. Puesto que el programa está pensado para favorecer en primer lugar la estabilización de los RyC, y existe un "cupó" de contratos financiados en base a acuerdos con las Comunidades Autónomas, parece que una vez superado el presupuesto las evaluaciones han de ser "parcialmente negativas" para poder ser denegadas. Tal vez el evaluador podía haber sido más benevolente si el contrato no hubiese tenido un nombre tan difícilmente catalogable y estuviese firmado por una Universidad en lugar de una Fundación, aunque es difícil saberlo. Pero aquí no acaba todo.

Fue el mismo Agustín quien, tras informarse por otras vías, comunicó a la Fundación el resultado de la evaluación (aunque sin duda ya lo conocían), puesto que era la Fundación quien podía presentar el recurso de alzada. El recurso fue desestimado, comunicándose dicha resolución a la Fundación el día 15 de febrero. Sin embargo, no fue hasta el pasado 23 de mayo cuando ésta lo comunicó a ambos implicados... mediante la entrega en mano de la carta de despido, cuando ya había prescrito el plazo para poder interponer recurso contencioso-administrativo.

De esta forma, parece ponerse de manifiesto que la Fundación (y por tanto la UV) no pensaba mover un dedo por estos investigadores y que, probablemente, si éstos no se hubiesen enterado de su evaluación, ni siquiera habrían presentado el recurso de alzada. Cuando por fin les ha sido permitido acceder a la resolución del recurso, se observa que se trata de un mero trámite administrativo, en el que no se tuvieron en cuenta los nuevos documentos aportados. La ANECA se lavaba las manos.

Pero si esta actitud resulta indignante, por la total imposibilidad del trabajador para poder defender sus propios intereses, y por la forma en que les fue comunicado el despido, no lo es menos la causa de despido indicada en la carta: "ineptitud sobrevenida". Los Tribunales entienden por ineptitud, "la inhabilidad o carencia de facultades que tienen su origen en la persona del trabajador, bien por la falta de preparación o actualización de sus conocimientos, bien por el deterioro o pérdida de sus recursos de trabajo: rapidez, percepción, destreza, capacidad de concentración"<sup>3</sup>. De modo que apreciamos que, además, la Fundación (y por tanto la UV) insulta y ataca a la dignidad de nuestros compañeros, como investigadores, como trabajadores y como personas.

Además, la situación revela un par de cosas que no pueden obviarse:

- a) Que existe una total indefensión ante la arbitrariedad de los criterios de evaluación cuando existe un cupo que no debe excederse.
- b) Que, en una ausencia total de planificación de las necesidades investigadoras reales de la UV, cuando se acabe la subvención por parte del Ministerio, todos los contratados indefinidos acogidos al programa I3 pueden ser potenciales "ineptos sobrevenidos".

<sup>1</sup> Ver "La lenta agonía de la investigación minoritaria" en el número 19 de *Apuntes*, página 49

<sup>2</sup> Programa de Incentivación de la Incorporación e Intensificación de la Actividad Investigadora. BOE nº 127, de 28 de mayo de 2005.

<sup>3</sup> Sentencia del Tribunal Supremo 2-5-1990



Para los bajo firmantes, investigadores contratados doctores presentes o pasados en la UV, y que conocemos bien a Agustín y a Mercedes, la noticia ha provocado esa sensación de tristeza enorme y de rabia, la que se experimenta cuando finalmente te estrellas contra el muro que siempre ha estado al final de tu

camino, pero no hay manera de romper por mucho que te la pegues contra él. Llevamos ya demasiados años todos luchando y sabemos (sobre todo aquéllos que antes fuimos Reincorporados) que a todos nos podría haber pasado lo mismo si las circunstancias se hubiesen aliado en nuestra contra.

*Juan José Canales, Miguel Clemente León, José Juan García Jareño, Nuria Garro, Álvaro L. Peña Cantero, Rafael Ruiz García, Josep Torró y Vicent Quillís*

TEPIs de la Fundación General de la UV

*Paula M. Alepuz, Miguel Angel Aloy Torás, Sara Calatayud Romero, Lorenzo Fernández Municio, Alberto Fernández Soto\*, Alejandro Ferrando Monleón, Isabel Gavidia Sánchez, Salvador Herrero Sendra, María A. Lledó, José M. Llinares Berenguer, Pedro Vicente Martínez Culebras, Sonia Murcia-Mascarós, Manuel Porcar, Sergi Puig, Magdalena Rafecas López, Diego Rasskin Gutman, Antonio L. Ribera Hermano, Pilar Sánchez, Encarna Sancho, Inmaculada Varó Vaello y Oscar Manuel Vives García*

Investigadores RyC en la UV

*M. Elena Cantarino, Baltasar Escriche, Pablo Gaviña, M. Rosario Gil García\*, Helena Mira Aparicio, Iolanda Porcar i Boix, y Carles X. Simó Noguera*

Antiguos Investigadores RyC en la UV

\* **Socios de la AACTE**

## Cupón de Suscripción

*Apuntes* ofrece a sus lectores la posibilidad de suscribirse a la edición impresa de la revista.

Si deseas recibir un ejemplar impreso de la revista envíanos un correo electrónico con tus datos: **nombre, apellidos, teléfono y domicilio**, y con asunto: **Cupón de suscripción**, a la dirección [rosario.gil@uv.es](mailto:rosario.gil@uv.es)

Nos pondremos en contacto contigo para gestionar tu solicitud.

Precio de la suscripción por un año (4 ejemplares, gastos de envío incluidos):

- Suscripción individual: 30 euros\*
- Suscripción para socios de la AACTE: 25 euros\*
- Suscripción institucional (bibliotecas y otros centros): 100 euros\*

\* *Los envíos a países europeos tendrán un suplemento en el precio de suscripción de 10 euros y los envíos a países fuera de europa de 15 euros.*



# NOTICIAS DE LA AACTE

## Primera reunión presencial de la nueva Junta Directiva

[J.M.P.L.] El pasado día 10 de mayo, nos reunimos algunos miembros de la Junta directiva en la casa de Juan de la Figuera, al que agradecemos su hospitalidad y amabilidad. Los asistentes fueron:

Carmen Rodríguez Suso, *Presidenta*  
Juan de la Figuera, *Vicepresidente*  
Jose Manuel Pérez de la Lastra, *Secretario*  
Mark van Raaij, *Tesorero*  
Jose Cuesta, *Vocal tesorería*.

Dentro del orden del día propuesto por la Presidenta, se trataron diferentes puntos de especial interés para nuestra Asociación.

Se comienza la reunión presentándonos y haciendo el traspaso de los papeles que constituyen el pequeño patrimonio documental de la AACTE. Se planea hacer un inventario para facilitar el proceso en el futuro.

Se discute el conjunto de medios de que dispone la AACTE: revista, página web, lista de correo abierta (foro en redIRIS), lista de socios, blog en madri+D. En concreto, las dos listas de correo son prácticamente idénticas en la actualidad. Jose explica la adquisición del dominio <aacte.eu> y recuerda la necesidad de renovarlo anualmente. Carmen manifiesta su preocupación por la dispersión de los medios, proponiendo concentrarlos para hacerlos más efectivos. Los demás miembros de la JD consideran que estos medios permiten ganar visibilidad pública a la AACTE, y son partidarios de mantenerlos por el momento. Sobre la página web, se decide utilizar el servicio del CICA aprovechando las últimas mejoras que han ofrecido. Se destaca la necesidad de remozar la página y la información ofrecida en la misma lo antes posible. Juan y Carmen quedan en llevar a cabo este trabajo, y Carmen se encarga, además, del contacto con el CICA.

Se discute sobre la necesidad de modificar los Estatutos para formalizar la relación entre la AACTE y la revista *Apuntes*. Se sugieren varias posibilidades

centradas en integrar al director de la revista en la junta directiva. Ello puede ser, por ejemplo, como vocal adicional o en lugar de uno de los actuales. Se decide solicitar a la actual directora de la revista, Rosario Gil, que redacte una propuesta a incorporar en los Estatutos, de cara a someterla a votación en Asamblea Extraordinaria.

Otro problema que se discute es la necesidad de disponer de medios adicionales para financiar la revista. Se considera la revista el emblema y el activo más importante que tiene la asociación. Sin embargo, en la actualidad el tamaño de la asociación hace imposible que sufrague en su totalidad los gastos de la revista (básicamente el contrato de la persona encargada de su maquetación). Ello es incluso contando con la ausencia total de gastos de otro tipo (los miembros de la JD se han costado la asistencia a la presente reunión, y previsiblemente harán lo mismo en la próxima). Se acuerda hablar con los responsables de la misma sobre la incorporación de publicidad, y solicitar a los socios sugerencias para disponer de otras fuentes de financiación.

La parte principal de la reunión gira en torno a una serie de temas relacionados entre sí: las perspectivas y actividades que la AACTE debería realizar en el futuro, que dependen de la situación financiera y de la disposición de los socios a implicarse en ellas. Aumentar el número de socios se considera un objetivo muy importante para aumentar la masa crítica que garantice la viabilidad de los proyectos que se pueden acometer, para hacerla más representativa y por su impacto directo en las cuentas de la asociación. Por ello, se propone el comienzo de una "campaña" de captación de socios, unida a la rápida mejora de la página web y el aumento de la visibilidad de la asociación. Acordamos solicitar a los socios que difundan la revista en sus centros, y realizar un mailing a los OPIS cuyas direcciones electrónicas podamos conseguir. Esperamos ayuda de cada socio para promover la asociación y participar en la misma.



## Puesta en funcionamiento de la lista abierta redIRIS

[J.M.P.L.] Dentro de la reorganización y puesta a punto general, queríamos dar algunas sugerencias sobre mensajes a las listas.

Ahora tenemos dos listas:

- a) [aacte@yahoogroups.com](mailto:aacte@yahoogroups.com), exclusiva para socios.
- b) [aacte@listserv.rediris.es](mailto:aacte@listserv.rediris.es), abierta a todos los interesados, sean o no socios de la AACTE.

La inmensa mayoría de los mensajes que han aparecido en los últimos meses se han enviado exclusivamente a la lista privada, aun cuando su temática fuese idónea para la lista abierta.

Por ello, queremos pedirlos:

1. que uséis preferentemente la lista abierta ([aacte@listserv.rediris.es](mailto:aacte@listserv.rediris.es)), salvo que se discuta algo privado sobre la asociación o sus integrantes.
2. que animéis a amigos, familia, conocidos, y lo que se os ocurra a que se suscriban y participen en la lista abierta.

La lista abierta es una buena antesala para gente interesada en la asociación, pero para ello *¡debemos usarla!*

## Nuestro blog en Madri+D

[J.M.P.L.] Recientemente, hemos colgado en nuestro blog en <http://weblogs.madrimasd.org/aacte/> tres nuevos *posts*, los cuales han recibido varios comentarios. Desde aquí os hacemos un breve resumen de estos *posts* y, sobre todo, os animamos a que ojeéis el blog, que realicéis algún comentario sobre ellos o incluso escribáis algún *post*. Sólo tenéis que hacérselo llegar a alguno de los miembros de la Junta Directiva, preferiblemente a Mark van Raaij ([vanraaij@USC.ES](mailto:vanraaij@USC.ES)), que se está encargando de revitalizarlo.

### Sobre el “retorno” de investigadores (3 comentarios)

El texto abre un debate sobre las medidas para la estimulación del “retorno” de investigadores españoles en el extranjero. Su autor propone que las medidas que fomentan el retorno de investigadores por sí sólo darían lugar a una nueva variedad de endogamia. Sin embargo, propone que mediante la creación de un clima científico adecuado y un paquete de medidas adicionales se estimularía el retorno y la llegada de científicos bien formados (sean de donde sean) a nuestro país.

### Los centros de excelencia y las setas (10 comentarios)

El texto realiza una crítica a la actual proliferación de centros de excelencia en nuestro país, ya que,

según su autor, recuerda a la pasada creación de nuevas universidades y lo poco estimulante que éstas han sido para el actual sistema universitario español. El autor propone que la evaluación de un centro de excelencia tras los cinco años (por ejemplo) debería ser de un nivel de exigencia en proporción a los medios que se han dado. El texto íntegro aparece también publicado en la sección de Opinión de este número de la revista *Apuntes*.

### Áreas y espacios (1 comentario)

El texto versa sobre las limitaciones impuestas por la firmeza de las “áreas de conocimiento” existentes en los distintos programas, como los de incorporación de investigadores. Según su autor, estas delimitaciones encasilladas en áreas de conocimiento suponen serias trabas a la investigación, sobre todo en lo relativo a la integración estable de investigadores expertos en campos concretos en grupos multidisciplinares. También se hace mención a las limitaciones del espacio físico en laboratorios y dependencias del investigador pues el autor considera la posibilidad de que en un mismo centro se encuentren departamentos con grupos de investigación altamente productivos y bien financiados que no pueden crecer por falta de espacio físico, mientras en otros departamentos el espacio está claramente infrutilizado.



# OPINIÓN

## LOS TRASVASES Y LA SOSTENIBILIDAD DEL CRECIMIENTO

*Tomás Ortín Miguel*

Instituto de Física Teórica, UAM-CSIC  
Socio de la AACTE. Corr-ele: [Tomas.Ortin@cern.ch](mailto:Tomas.Ortin@cern.ch)

El debate sobre los trasvases de agua entre cuencas hidrológicas es uno de los más importantes que se están produciendo en este momento. Es (o debería de ser) un debate sobre qué queremos hacer de nuestro país para nuestros hijos y los suyos con nuestros recursos naturales y con lo que la tecnología pone a nuestro alcance; pero está aderezado con aspectos territoriales y de economía inmediata que lo convierten en algo que levanta (casi) tantas pasiones como el fútbol, y del mismo tipo. En cualquier caso, me es muy difícil sustraerme a participar en él porque, por un lado, me preocupa el futuro de nuestro planeta (digamos que me siento ecologista, en el sentido social y no científico del término) y, por otro, tengo relaciones familiares y de amistad con agricultores y ganaderos de puntos bastante distintos (del secano de Castilla, de la huerta - casi difunta, pero no precisamente por la falta de agua - de Murcia y de las montañas cantábricas en su vertiente castellana) y me siento personalmente aludido por este tema. Sobre todo cuando se oyen argumentos demagógicos como lo del "agua que se tira al mar".

El debate tiene dos vertientes: la ecológica y la político-económica. Yo creo que la ecológica está meridiana-mente clara: el trasvase del Ebro no es bueno. Hasta ahora el progreso humano se ha hecho contra la naturaleza, por pura necesidad. El hombre adapta su entorno a sus necesidades y gustos (cada vez más) y se adapta al entorno (cada vez menos). Cuando éramos unos pocos millones de seres humanos, la Tierra absorbía los efectos de las acciones humanas sin que el sistema (del que los propios seres humanos dependen) se viese gravemente amenazado. Ahora que somos seis mil millones y mucho más consumistas, estamos empezando a afectar seriamente al sistema del que dependemos. Quizá la ciencia y la técnica puedan superar los problemas pero a lo mejor el precio es demasiado alto. ¿Estaríamos dispuestos a vivir todos en ciudades como Pekín o en un planeta como el *Trantor* de Asimov? ¿Aunque la ciencia nos proporcione filtros de aire portátiles o vivamos en edificios de los que no podamos salir? ¿Aunque la ciencia aumente las probabilidades de que se nos curen los cánceres que cada vez con más probabilidad acabaremos contrayendo? Antes (es decir, durante miles de años) la gente arrojaba las basuras al lado de su casa sin efectos visibles. Ahora no hay dónde meter toda la basura que generamos y estamos poniendo en peligro con ella el agua que bebemos y el aire que respiramos. Somos como 10 vacas en un establo produciendo estiércol que de repente se vuelven 1000 en el mismo establo (multiplicando por 100 la cantidad de estiércol).

Pero actos antiecológicos se cometen todos los días por cuestiones político-económicas y sociales. En general, todos, cada día, ponemos en los dos platillos de una

balanza si ahorramos un poco de energía o si nos duchamos con agua caliente, por ejemplo. Es una cuestión de medida de cuán malo es el perjuicio y cuán bueno el beneficio. Y esto, en la cuestión de los trasvases, es realmente muy difícil de precisar, y es por lo que el debate se prolonga sin una conclusión definitiva a la vista.

Los beneficios (económicos) están muy claros y son muy directos e inmediatos para unos (los murcianos, por ejemplo) y los perjuicios son a más largo plazo y más difusos desde el punto de vista ecológico. Para acabar de complicar el problema, además de perjuicios puramente ecológicos, paisajísticos, culturales etc., que son un tanto subjetivos, están los perjuicios inmediatos a las poblaciones que ahora mismo se benefician de la presencia del agua donde está y la sospecha, no infundada, de que los trasvases acabarán convirtiéndose en un derecho adquirido y que si la población, por ejemplo, de Castilla-La Mancha, se triplicase y necesitase el agua que se trasvasa, Murcia, por ejemplo, no renunciaría a ella. Yo creo que nadie estaría en contra de dar el agua que "sobrase" un año concreto si no tuviera miedo a que esto se convirtiese en un compromiso y una obligación que iría poco a poco a más según la región que reciba el agua se vaya desarrollando y aumentando su "necesidad" de agua.

Yo creo que hay que mirar más allá del beneficio inmediato de los agricultores y pensar en lo que va a pasar a largo plazo y para qué va a servir finalmente ese agua, que no va a ser para la agricultura (a los agricultores los están usando de pantalla), sino para sostener una población no autóctona que compra en *Polaris-World*, por ejemplo, "chalets con jardines tropicales,



zonas verdes y piscinas" (miles de piscinas al lado mismo de la playa, se pueden ver con Google Earth). De eso se van a beneficiar, por un lado, empresarios (una minoría) y, por otro, albañiles, fontaneros, camareros, jardineros... Trabajos de bajo salario que son los que van a "beneficiar" a la mayoría de la población con la condición de que el modelo de desarrollo continúe, cosa que sabemos que no puede durar infinitamente, y no sólo por la falta de agua aunque les dieran toda la del Tajo, sino por falta de espacio. El propio diario *La Verdad* de Murcia reconocía, quizá hace un año o dos, que con las construcciones previstas (no recuerdo los cientos de miles), el Mar Menor va a quedar completamente rodeado de viviendas y convertido, *de facto*, en una piscina-cloaca (como el establo de las 1000 vacas) en medio de una súper-mega-urbanización, con playas protegidas de las medusas por redes (esto es el presente), porque, si no, no se podría bañar nadie (aunque ya hace mucho que la gente cogía todo tipo de infecciones en el Mar Menor y también en las playas cercanas al desagüe - desembocadura es demasiado - del Segura, ya en Alicante).

Yo no sé si es esto lo que queremos para el futuro, y para lo que queremos comprometer el agua del Tajo, o del Ebro o del Duero (algún día se lo querrán llevar a Madrid porque en toda su cuenca apenas habita la mitad de la población de la metrópoli), pero mis propios parientes huertanos y radicalmente pro-trasvase están asustados del desarrollo turístico-urbanístico y ya empiezan a decir ellos mismos (¡es tan evidente!) que teniendo que dar agua de ducha y de piscina y de riego de jardín para tanta gente, es normal que no haya agua para todos... Mientras tanto, los antiguos huertos se urbanizan porque eso es lo que da más dinero a corto plazo.

A veces la ciencia-ficción nos permite ver el problema desde otra óptica: imaginemos que es posible colocar grandes espejos en el espacio que permitan desviar la luz solar que reciben ciertas regiones de la Tierra hacia otras más frías, que así podrían desarrollar su agricultura.<sup>1</sup> ¿Cuál sería la reacción de las regiones cálidas que perderían sol (y potencial de turismo y agricultura)? ¿Serían solidarias? ¿Argüirían que sería un disparate ecológico a pesar de los evidentes beneficios inmediatos de los de las regiones frías?, ¿Y qué pasaría si hubiese una forma de "ordeñar" completamente las nubes y eso dejase a los del final de la corriente dominante sin lluvia?

En cuanto a los perjuicios inmediatos, creo que hay que mencionar a los que lo perderían todo por los pantanos y trasvases. Cuando se habla de solidaridad, hay que tener en cuenta que ésta es siempre multidireccional. Me gustaría haber oído, a quienes piden los trasvases y los pantanos, ofrecer casa y tierra y trabajos iguales que los que perdieron a aquellos que tuvieron que dejar inundar su pueblo por un pantano. Creo que hay pocos dramas comparables a la expulsión forzosa de tu tierra y al hecho de que, además, acaben física y socialmente con tu pueblo, al que nunca vas a poder volver, ni siquiera a visitar las tumbas de tus mayores.

En cualquier caso, los trasvases, junto con los embalses gigantes, no son más que uno de los primeros casos en los que el hombre tiene la posibilidad de modificar a muy gran escala su entorno. Problemas análogos se van a dar en un futuro muy cercano: modificación artificial de los regímenes de lluvias, de las corrientes marítimas a través de la construcción de grandes diques, del relieve (eliminación completa de colinas, montañas o valles). El cómo se trate y resuelva el problema presente marcará la pauta a seguir, y por eso tiene tanta importancia hacerlo bien.

En fin, mas allá de estas polémicas, que no dejan de ser una gota de agua en el mar de la Historia y de la Tierra, me gustaría plantear un tema que subyace a todo esto y que ignoro si alguien ha estudiado a fondo. Los dos problemas que creo que habría que resolver, son la superpoblación (no llegar a ser 10.000 vacas en el mismo establo en que hubo 10) y la aparente necesidad de crecimiento continuo de la economía.

Parece que es muy difícil o imposible que una sociedad decida "quedarse como está" económicamente y demográficamente, aunque parece que es lo que habría que conseguir para asegurar la supervivencia, a menos que seamos capaces de trasladar grandes cantidades de población a otros planetas, lo que no parece posible. En el caso de la población, parece imposible lograr el equilibrio por problemas de envejecimiento, etc., que harían que la población acabase decreciendo abruptamente. En el caso de la economía, se diría que si no crece, también acaba decreciendo abruptamente.

Aparentemente hay una grave inestabilidad en el equilibrio estático de la población y de la economía que se resuelve promoviendo el crecimiento, de forma que las oscilaciones en el sistema únicamente tengan como efecto un crecimiento mas reducido, pero en ningún

<sup>1</sup> En "El secreto de Maston", de Julio Verne, se da una situación parecida cuando alguien se propone "rectificar" el eje de la Tierra para eliminar las irregularidades climáticas estacionales.



caso decrecimiento con las crisis sociales asociadas. El problema de esta solución a la inestabilidad es que todos sabemos que el crecimiento indefinido no puede ser sostenible en un sistema cerrado como la Tierra, por mucho que se hable de *crecimiento sostenible*. Históricamente, cuando el crecimiento llevaba a una situación crítica, ésta se resolvía espontáneamente a través de guerras, epidemias y hambrunas que volvían a "poner las cosas en su lugar". Habría que plantearse si queremos llegar a un nuevo punto de crecimiento crítico o si queremos cambiar radicalmente de paradigma de desarrollo. ¿Vivimos bien ahora o realmente necesitamos seguir incrementando nuestro consumo?

¿Podemos seguir *avanzando* sin necesidad de seguir *creciendo*?

Volviendo al tema inicial de los trasvases, quisiera acabar con las palabras que me dijo un vecino de un pueblo de la montaña palentina para explicar por qué había votado "no" a ceder los derechos del agua de un manantial a una empresa que comercializa aguas minerales envasadas: "Es que si ese agua se retira de aquí, a alguien de más abajo no le llega".



## ¡MÁS AGUA! ¡ES LA GUERRA!

Jose A. Cuesta

Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía (CSIC)  
Socio de la AACTE. Corr-ele: jose.cuesta@icman.csic.es

**Parodiando el famoso grito, "¡Más madera, es la guerra!", de Groucho Marx (en su película "Los Hermanos Marx en el Oeste") o al original, "Esto es la guerra: traed madera" (Esto es la guerra: ¡más agua!). Esto es lo que nos encontramos cuando algunos temas caen en manos de los políticos. Ellos no parecen tener escrúpulos en usar cualquier tema, sin importarles la trascendencia que tenga, con tal de tener algo que tirarse unos a otros a la cabeza; y entre los que tienen últimamente a mano, está la política hidrológica.**

Hay temas que tienen un fuerte componente técnico, que no pueden ser tratados únicamente como una cuestión ideológica o en base a argumentos tales como la "solidaridad". Uno de estos temas es el de la política del agua, la de los trasvases, embalses y desaladoras; en resumen, la del Plan Hidrológico.

Es fácil hacer demagogia, y más para los políticos. Es fácil "echar a pelear" regiones, si se les dan argumentos sencillos y que llegan rápidamente a las entrañas y así calan en la gente, que los hace suyos. Pero no se piensa con las tripas, ni el corazón; es necesario usar la cabeza, el cerebro. Ahora es común escuchar los datos y cifras de unos y otros, sacados de los "argumentarios" de cada partido. Oyes a periodistas y tertulianos hablar de sistemas de desalación, consumo energético, niveles de llenado de embalses, hectómetros cúbicos, y hasta se ponen ejemplos de cómo en otros países, como Israel o Argelia, han sabido hacer las cosas. Y todo ello como el que habla de fútbol; a aquello de que "cada español tiene en su interior un seleccionador nacional", habría que añadir que cada español tiene también dentro un ingeniero de caminos, canales y puertos.

A todo esto hay que sumar recientemente las "urgencias", las prisas, que se añaden al hecho de que, en cualquier caso, el periodo mínimo en el que piensa un político es 4 años y a más largo plazo no se le sacan réditos a las actuaciones. Y no digamos ya si la realidad implica tomar medidas impopulares, que luego

pasan factura en las urnas. Pero es indudable que hay cuestiones, como las que nos ocupa, que precisan de una planificación seria y a largo plazo.

Es una pena que, mientras que aquellos (de cualquiera de los "bandos") que desean sólo mover a la opinión pública en base a argumentos más que discutibles, son los que más se dejan oír por todos los medios de comunicación (prensa, radio y televisión) - y por tanto son los que finalmente forman la opinión de los ciudadanos -, aquellos otros que pueden aportar datos contrastados, posibles soluciones, o al menos avisar de qué opciones son las más desaconsejables, no dispongan de estas mismas facilidades para dar a conocer su contrastada y documentada opinión.

En mi caso concreto, no soy uno de estos especialistas cuya consulta por parte de la administración reclama, así que en este escrito no trato de decir qué medidas son las correctas o cuáles las incorrectas. Lo único que pretendo es solicitar que se use la cabeza, que quienes tienen que tomar las decisiones, los políticos de turno, se dejen asesorar por quienes saben, y no pensando en cómo serán recibidas por la opinión pública (léase votantes).

Además, es curioso, ahí están los especialistas, científicos, funcionarios pagados por el Estado ¿por qué no utilizarlos (en el buen sentido)?

Se me puede decir que se han formado comités, se solicitan informes,...; pues entonces, lo que espero es



que sean las conclusiones de estos comités e informes los que pesen a la hora de decidir y no las presiones de sectores socio-económicos, “deudas políticas”, etc.

Tenemos un territorio que padece periodos de sequías, que en menor o mayor medida afectan a la totalidad de la Península. La tendencia, al parecer (considerando análisis relacionados con el calentamiento global), es que aumente la frecuencia de estos periodos y su intensidad, además de que se vaya extendiendo hacia el Norte. Ya no sólo el Sur es una tierra tradicionalmente seca. El agua se va convirtiendo en un bien escaso, y esto va a más. No sólo escaso en disponibilidad, sino que hay que sumarle también la calidad cada vez más deficiente.

Por todo esto, no parece muy lógico pensar sólo a corto plazo en cómo repartir la que hay, y solucionar problemas puntuales de necesidades locales; y menos con el poco sólido argumento de usar el “agua excedente”. Sinceramente, no conozco ningún río al que le “sobre” agua, ni ningún mar que pueda prescindir de ella. El agua, por mucho que lo repitan los políticos, no se “tira al mar”. Ese es su ciclo natural, y del hecho de la falta de llegada de aguas a las desembocaduras también se derivan muchos problemas (aquí habría que consultar a los agricultores, a los pescadores, etc.). Así que por mucho que lo repitan no lo van a hacer una verdad; el agua de los ríos no se tira al mar y no se desperdicia porque acabe allí. Otra cosa es que nos sobrecojan las imágenes de las inundaciones. Pero ese es otro tema, que también daría para llenar muchas páginas, pues no sólo es problema de lluvias torrenciales, o falta de embalses, capacidad..., habría que hablar de la falta de bosques, de los cambios en los cursos de los ríos, etc..

Tomando las palabras del biólogo del CSIC, José Luis Benito Alonso, que considero un acertado resumen, “*la política hidráulica de este país debería pasar por el ahorro, la racionalización, la modernización y el buen uso de los recursos de cada cuenca, y no por aumentar la oferta de agua, que lo único que hace es generar unas expectativas que provocan un aumento descontrolado y desproporcionado en la demanda de los escasos recursos, creando una espiral ‘oferta-consumo-más demanda’ sin límites*”.

Los trasvases no son la solución. Incluso pueden servir para agravar el problema, además de generar otros. Un ejemplo: actualmente en la cuenca del río Ebro existe un problema con una especie introducida, el mejillón cebra, que causa graves daños, entre otros, en las conducciones, ocasionando grandes perjuicios económicos, además de los lógicos medioambientales. ¿Puede asegurarse que se trasvasará agua del Ebro sin ayudar a la expansión de esta dañina especie por todas las cuencas Mediterráneas?

De acuerdo con Narcís Prat, catedrático de Ecología de la Universidad de Barcelona, “*los trasvases entre*

*cuencas son la aberración más grande, desde el punto de vista científico, que puede realizarse en una política de gestión de recursos*”.

¿Pero, qué otras opciones hay? Además de lo apuntado anteriormente, hacer un uso racional de los recursos y ajustarse a lo que se tiene, en lugar de generar expectativas en base a agua traída desde otras cuencas.

Actualmente se ha optado por la política de construcción de desaladoras, que también se suma a este efecto pernicioso de hacer planes de desarrollo contando con más agua de la que en realidad cuenta el territorio. Así, donde antes no se tenía agua para poder contar con regadíos, ya se piensa en la construcción de campos de golf y el aumento de las infraestructuras hoteleras y de segunda residencia.

Las desaladoras también cuentan con detractores, incluyendo a grupos ecologistas, quienes alertan de los efectos negativos de la salmuera (producto residual del proceso de desalación) sobre los fondos marinos, su flora y su fauna. Sumando esto a las críticas mas generalizadas por el alto coste energético que precisan.

Así las cosas, no parece que haya una solución fácil, ni al gusto de todos. Pero el tema es lo suficientemente importante y de trascendencia, como para que se le dedique la atención que merece, y no para que se deje únicamente a los vaivenes de los intereses políticos, tan mudables y tan cortos de miras.

Entre las cosas a tener en cuenta, y que quizás no se comentan tanto, está el hecho de que siendo la Agricultura el sector que más gasto de agua genera (entre el 70-80% según la fuente que se consulte), tendría que ser por ahí por donde se debería empezar cualquier medida. Este sector está claro que ha mejorado mucho en los últimos años. Pero aún queda mucho por modernizar en sus sistemas de riego y, por supuesto, en los tipos de cultivos a desarrollar en según qué zonas. En cualquier caso, en estas cuestiones no se puede hacer mucho sin tener en cuenta las directrices que marca Bruselas, por lo que también ése es un frente en el que hay que dar la batalla.

Una vez “visitados todos los lugares comunes” sobre el tema hídrico, sólo me queda una última cuestión: Cuando un producto escasea, su precio aumenta, es la ley de la oferta y la demanda. ¿Por qué no sucede esto con el agua? O, al menos, no en la medida que debiera. Las cosas que tienen valor, que cuestan mucho, se cuidan, nadie las tira sin más. ¿Por qué es tan fácil, entonces, derrochar el agua? No apreciamos lo que tenemos hasta que nos falta.





## DE AQUÍ, DE MADRID.

### LA INVESTIGACIÓN EN LA COMUNIDAD DE MADRID

Remo Fernández Carro

Departamento de Ciencia Política y Sociología, Universidad Carlos III de Madrid  
Socio de la AACTE. Corr-ele: jrfern@polsoc.uc3m.es

¿Cómo valorar la situación de la investigación en la Comunidad de Madrid? Aparentemente es fácil y, también aparentemente, la situación es buena: Madrid "aparece liderando el conjunto de regiones españolas"<sup>1</sup> de acuerdo con los índices IAIF de innovación regional y el informe europeo de indicadores; Madrid gastó en I+D en 2006 un 1,98% de su PIB, más que ninguna otra Comunidad Autónoma, lo que acerca su gasto a un tercio del español; Madrid, con sus 28.099 investigadores (EJC), empleó 8,84 científicos por cada mil personas en la población activa; Madrid, con sus 48.036 trabajadores en I+D, empleó a 15,11 personas por cada mil activos; Madrid alberga las dos primeras universidades españolas, de acuerdo con el ranking de *El Mundo*, y a cuatro de las diez primeras; en Madrid se produce aproximadamente un tercio de las publicaciones españolas en revistas internacionales y españolas; en Madrid, por fin, se produce un 13,6% de las patentes que España presenta en la Oficina Europea de Patentes, 40,96 por cada millón de habitantes, cuando en España se producen sólo 25,40 por millón. De acuerdo al estereotipo, los madrileños podrían aparecer en esta zarzuela con las manos en las bocamangas del chaleco y cantando, orgullosos, que "hoy las ciencias adelantan que es una barbaridad".

La proporción de la investigación madrileña, bien es verdad, ha ido disminuyendo dentro del conjunto de la española. Si en 1990 representaba un 32% de las publicaciones internacionales españolas se queda en un 28% en 2005.<sup>2</sup> De ser un tercio se va acercando a un solo un cuarto en los demás indicadores de volumen. Pero esto se debe menos a que haya disminuido el volumen de la investigación hecha en Madrid y más a que ha crecido la que se hace en otras Comunidades Autónomas.<sup>3</sup> Don Hilarión puede celebrar el esfuerzo de los demás y seguir con aquello de *que es una temeridad*.

Aparentemente, he escrito.

Quizás el lector haya notado mi exquisito cuidado para evitar expresiones como "investigación de Madrid". Hasta aquí, me he referido a la investigación hecha en Madrid, o al gasto hecho por Madrid. Porque este es el problema: ¿cuánta de la investigación hecha en Madrid es investigación de Madrid? ¿Cuánto del gasto hecho por Madrid o en Madrid es gasto de Madrid? ¿Se trata otra vez del feo vicio de los madrileños de decir siempre "de aquí, de Madrid", aunque estemos en Cádiz?

Pero, distingamos. La comunidad de Madrid no es sólo su gobierno, el que llamamos "Comunidad de Madrid", como no es sólo la comunidad de sus habitantes, su sociedad civil. Tampoco es sólo ese accidente geográfico que por otro accidente —histórico— resulta ser la

sede de las instituciones centrales del Estado, aunque a veces identifiquemos esos tres *madriles*. Es cierto que la comunidad de los madrileños sería bien distinta de no haber mediado cuatro siglos de aquel *accidente histórico*; como también es cierto que no todo lo que es hoy la comunidad se debe a su condición de sede del gobierno central. En todo caso, si queremos saber *cuál es la situación de la investigación en la Comunidad de Madrid* tenemos que responder a la pregunta contrafactual de *cuál sería la situación si no se hubiera dado aquel accidente histórico*.<sup>4</sup>

Los datos de Madrid están distorsionados por ese fuerte *efecto sede*. Es obvio, aunque no siempre se hace explícito, que la mayor parte de la investigación hecha en la comunidad es investigación española "sin regionalizar", expresión que utilizaba el INE en sus estadísticas. Así, el gasto del Gobierno central en Madrid no es de Madrid, salvo acaso el 13% que corresponde a su población.<sup>5</sup> La sede de los Organismos Públicos de Investigación (los OPI de la Ley de la Ciencia) está en Madrid: la del Consejo Superior de Investigaciones Científicas con sus mayores campus en Serrano y en Alcalá, la del Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas en la Ciudad Universitaria, la del Instituto Geológico y Minero en Chamberí, la del Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria junto al Manzanares, la del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial en Torrejón de

<sup>1</sup> Capítulo IV del informe Situación Económica y Social de la Comunidad de Madrid - 2004

<http://www.madrimasd.org/queesmadrimasd/Indicadores/Documentos/Informe2004.zip>, Resumen Ejecutivo. Consultado el 20 de mayo de 2008.

<sup>2</sup> Véase la página 14 del informe PIPCYT: Gómez, Isabel, María Teresa Fernández, María Bordons y Fernanda Morillo. 2007. PIPCYT Indicadores de Producción Científica y Tecnológica de la Comunidad de Madrid. Madrid: Comunidad de Madrid, Consejería de Educación - Sistema Madri+d.

<sup>3</sup> "Esto podría atribuirse a la actividad de universidades y centros de investigación de reciente creación en otras comunidades autónomas, y parece indicar una tendencia hacia una distribución más homogénea de la producción científica en nuestro país" (PIPCYT, 14).

<sup>4</sup> Que a Felipe II le gustara venir a cazar junto al Manzanares, lo que lo convierte en un accidente de caza.

<sup>5</sup> Otra estimación grosera sería el 17,5%, por su PIB.



Ardoz, la del Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas en Atocha. Suma y sigue. Incluso las sedes del Canal de Experiencias Hidrodinámicas de *El Pardo* o del Instituto Español de Oceanografía, en Tetuán, junto a la Castellana: quién iba a decir que Madrid llegaría a tener playa (vaya, vaya). Muchos otros centros, a veces pequeños, están *aquí, en Madrid* porque tradicionalmente han dado servicio a ciertos ministerios: el Centro de Investigaciones Sociológicas, el Centro de Estudios Políticos y Constitucionales, los centros de I+D del Ministerio de Defensa, el Instituto Geográfico Nacional. Incluso cuando el Ministerio de Agricultura dividió el INIA —el único de los viejos OPI cuyas unidades se transfirieron a las comunidades autónomas— conservó unas instalaciones: su campus de Madrid.

El *efecto sede* distorsiona también las estadísticas de I+D de la *sociedad civil* madrileña. Cuántas empresas multinacionales hacen investigación en Madrid porque su sede española está en Madrid y cuánto pesa en esta decisión la cercanía del Gobierno o de algún OPI de su interés. Cuánto pesó el *efecto sede* en el establecimiento en Madrid de muchas de las nuevas universidades privadas.

A pesar de la descentralización de la investigación pública y privada, a pesar de la creación de nuevos centros y laboratorios de los OPI fuera de Madrid y de un reparto más equitativo de las inversiones, a pesar de la inversión de los gobiernos de otras comunidades autónomas, a veces muy fuerte, y a pesar de la creación de nuevas universidades distintas de la Central —*aka* Complutense— Madrid sigue apareciendo como la comunidad autónoma que más investigación hace. La razón sigue siendo que cuenta como suya mucha investigación que no es suya, la hecha por otros *en Madrid*.

Para saber, por fin, *cuál es la situación de la investigación en la comunidad de Madrid* debemos descontar estos efectos centrípetos. La tarea es ardua y desconozco si alguien se ha atrevido con ella; no, desde luego, los gobiernos de la Comunidad. Podríamos decir que es buena si mejorase la de otras regiones, españolas o extranjeras, o si se advirtiera una mejora que la acercase a la de regiones de referencia. O si la investigación propia —la del gobierno de Madrid y la de sus vecinos y sus empresas— hubiera sabido sacar partido de las oportunidades que le da tener tantas *sedes* a la vuelta de la esquina.

Mi impresión es que Madrid ha ido perdiendo presencia en términos relativos por falta, en parte, de inversión de los distintos gobiernos regionales, quizá engañados por las estadísticas irracionalmente optimistas o por su propio discurso grandilocuente. Pero sólo tengo indicios que contribuyan a esa impresión. Uno de esos indicios es el citado informe de *Situación Económica y Social de la*

*Comunidad de Madrid en 2004*.<sup>1</sup> En su capítulo “La política científica y tecnológica”, nos advierte de “(...) *la debilidad de la política autonómica en esta materia*”. Sus autores encuentran el mismo problema que nosotros, que por la inclusión de las ayudas nacionales y europeas en las cuentas sin especificar su cuantía, “*resulta difícil saber, a partir de esta información, el gasto neto de la Administración regional al respecto*”. Reconocen, no obstante, el crecimiento del gasto, reflejado en los presupuestos de los Planes regionales de investigación. Pero la apariencia de crecimiento es lo que sucede cuando uno publica las series temporales en moneda corriente y no *en moneda constante* y descontando la inflación, el viejo truco de los políticos. Mientras, el capítulo de inversiones se desploma y el de transferencias corrientes y de capital, que incluye las *subvenciones a las empresas*, se convierte en el pellizco mayor del gasto de la Comunidad de Madrid: un 90%. Pero de las subvenciones hablaré luego.

Sánchez *et al.* (2006, pp. 21-22) se toman la molestia de poner el gasto en moneda constante, con lo que descubrimos que el gasto pasa de 261,48 millones de € en 1990 a 291,65 en 2004, con lo que nos quedamos prácticamente igual.<sup>2</sup> Seguimos sin saber, eso sí, si es *gasto de Madrid* o *gasto en Madrid*. También se toman el trabajo de poner la evolución del gasto en proporción al PIB de la región, con lo que descubrimos que el *gasto general* ha disminuido, de 2,41% en 1990 a 1,76% en 2004, repuntando al 2% en 2006. Como ha disminuido el *gasto público*, de 0,96% en 1990 a 0,76% en 2004, con sus horas más bajas en 1997 con 0,73%. Lo que significa que el capital humano madrileño, que ha estudiado Mikel Buesa en su excelente trabajo,<sup>3</sup> no es capaz de retener las inversiones públicas ni las privadas: lo primero era esperable con la descentralización política, pero no tanto lo segundo.

Otro indicio: Madrid no consigue sustraerse al descenso de la productividad de los investigadores que se da desde 1999. Como explican para el caso de España los citados Sánchez *et al.* (2006), “[...] *la caída de la productividad es tan clara en los últimos años, que es un indicio evidente del deterioro del Sistema de Ciencia y Tecnología del país*” (pág. 59). Madrid participa de este descenso: si en 1994 producía 0,52 artículos por investigador EDP y 6,13 por millón de Euros, en 2002 se quedará en 0,49 y 6,20, respectivamente. No es un desastre, desde luego, y mejora ligeramente la media nacional; mejora también cuando se usan datos ponderados, teniendo en cuenta la visibilidad o el impacto de los artículos (*ibíd.*, pág. 61). Pero no es lo que se espera de una *economía del conocimiento*, menos aún si pensamos en cuánto le queda por mejorar para alcanzar a las regiones de referencia. Don Hilarión puede excusarse con el *efecto sede*, claro: no toda esta investigación es *de Madrid*.

<sup>1</sup> Citado en la nota 1 de la pág. 14. Como indicio, siendo una publicación de la CM, no está mal.

<sup>2</sup> Sánchez, M. Paloma, Asunción López y Juan Carlos Salazar. 2006. AGE-CM, Análisis de la inversión en ciencia y tecnología, de la Administración General del Estado, en la Comunidad de Madrid. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid - Sistema Madri+d.

<sup>3</sup> Buesa, Mikel, Montserrat Casado, Joost Heijs, Adolfo Gutiérrez de Gandarilla y Mónica Martínez Pellitero. 2002. El sistema regional de I+D+I de la Comunidad de Madrid. Madrid: Comunidad de Madrid



Tampoco consigue Madrid sustraerse a la caída de la inversión *por investigador*. Como nos cuentan otra vez Buesa *et al.* (2002, pp. 59-60), tanto el gasto por persona empleada o por investigador como el número de técnicos y auxiliares por investigador se han venido desplomando hasta, al menos, el año 2000, cuando terminan sus series de datos. La situación debe de haber mejorado desde ese año con las fuertes inversiones del gobierno central. Pero, ¿cuánto ha mejorado? ¿Cuánto de eso será debido al gasto en Madrid y cuánto al de Madrid?

Un indicio más de la dulce decadencia madrileña es la calidad de sus universidades. Si el ranking de *El Mundo* hace a Madrid cabeza de ratón, el más internacional de la Universidad de Shanghai Jiao Tong pone a la UB de Barcelona como primera universidad española, justo por debajo del puesto 150. La primera madrileña —la Autónoma— aparece a partir del puesto 200.<sup>1</sup> Por si alguien desconfía de los rankings de países en desarrollo, miremos los acendrados datos del ranking del diario británico *The Times* de 2006: la única universidad espa-

ñola entre 200 no es madrileña sino, de nuevo, la Autónoma de Barcelona, en el puesto 190.

Por fin, el más importante indicio de la *decadencia* y de la distancia entre la realidad y el discurso es que la Comunidad de Madrid presenta sólo un 13,6% de las patentes que presenta España en la Oficina Europea de Patentes (EPO). Se hace raro que la primera Comunidad Autónoma en investigación, desarrollo e innovación<sup>2</sup>, *la comunidad que lidera la ciencia española*, no llegue a inventar en proporción a su PIB, un 17,43%. ¿Consuela saber que en la Oficina Española de Patentes y Marcas (OEPM) publicó en 2004 un 18,10%? Sigue quedando muy lejos de su 28,9% de gasto y su 28% de publicaciones internacionales. Uno se pregunta dónde va a dar tanta inversión, dónde está el gasto privado *catalizado* por el dinero público. Uno se pregunta por qué Madrid no está sabiendo sacar provecho de su efecto sede para enfrentar su parte alícuota de la *paradoja europea*. Parece que la investigación de Madrid, pública y privada, está desaprovechando aquella rara suerte que tuvo con su *accidente histórico*.

Falta entonces por discutir lo de las subvenciones. Las subvenciones a las empresas —como los créditos blandos— no son la mejor herramienta de política científica y tecnológica, porque a menudo inhiben las inversiones de las empresas que las reciben. El discurso de la *catálisis*, por el que cada € gastado moviliza X €, <sup>3</sup> es fácil de entender por los químicos y, cada vez más, por los políticos, economistas, politólogos e, incluso, sociólogos. Pero suele diluirse en la práctica: el dinero público rara vez moviliza dinero privado en un factor que merezca el esfuerzo. Desde el punto de vista liberal es una mala política por la que la torpe administración pública arrebató bienes a los particulares para luego asignarlos de forma ineficiente con información aún más imperfecta, por no hablar del peligro de corrupción y favoritismo en las adjudicaciones. Desde el punto de vista socialdemócrata, es una mala política que desvía gasto público de fines sociales y educación pública a los bolsillos de los empresarios, en detrimento de la tan necesaria *decommodification*. Desde estos dos puntos de vista socioeconómicos opuestos, la situación de la investigación en la Comunidad de Madrid tampoco es buena.



## LOS CENTROS DE EXCELENCIA Y LAS SETAS

*Juan de la Figuera*

*Instituto de Química-Física Rocasolano, CSIC. Madrid*  
*Vicepresidente de la AACTE. Corr-ele: juan.delafiguera@iqfr.csic.es*

**Ante la actual avalancha de centros de excelencia en cada pueblo, debemos exigir a sus responsables la excelencia prometida. Pero es muy improbable que consigamos a la vez el número y la excelencia. En este tiempo de impulso a la investigación, promovido por una conjunción astral de crisis del ladrillo y gobierno interesado por el tema, creo que es prudente sopesar una tendencia que ya nos ha dado malos resultados en el pasado. Me refiero a nuestra excepcional tradición de "una universidad en mi pueblo", sin cambiar nada más.**

Es interesante estimar el éxito que ha tenido dicha proliferación pasada. Si bien tenemos ahora muchas universidades, en el panorama internacional dichas universidades no cuentan para nada<sup>4, 5</sup>. Siguen contando, pues, las que contaban. Con un detalle añadido: si bien

cabía la esperanza de que las nuevas universidades supusiesen una bocanada de aire fresco en cuanto a funcionamiento (modos de impartir docencia, consideración de la investigación, contratación moderna), el resultado ha sido cuando menos decepcionante.

<sup>1</sup> Podemos leerlo en el mismo periódico, *El Mundo* de 8 de noviembre de 2006: <http://www.elmundo.es/suplementos/campus/2006/466/1162940403.html>, cons. el 20 de mayo de 2008.

<sup>2</sup> I.e., compra de ordenadores con Windows® Vista®.

<sup>3</sup> Donde € es Euro y X se refiere a una cantidad arbitraria que depende de la candidez del político de turno.

<sup>4</sup> Academic ranking of world universities.

<sup>5</sup> Times higher supplement University ranking.



Quizá por que el entorno, quizá por la normativa con nuestro maravilloso sistema de gestión asamblearia de la universidad, o quizá porque sus integrantes han aprendido modos y maneras en las universidades preexistentes, el resultado es que estas nuevas universidades no difieren en lo substancial de sus hermanas más antiguas.

Y resulta curioso que ni siquiera queramos aprender de lo que ha funcionado en el pasado. Una de las universidades que me es más familiar está consistentemente en el primer puesto de las españolas: la Universidad Autónoma de Madrid. Antes de escuchar la complaciente alabanza de sus integrantes, hay que destacar que ese primer puesto es a nivel internacional un puesto prácticamente irrelevante, cabeza del ratón o cola de león según el optimismo de cada uno. Y sin embargo si nos vamos a la historia de dicha universidad<sup>3</sup> las razones de su actual situación de alto nivel relativo están enraizadas en su fundación: se encomendó en varias áreas a reconocidos expertos que escogiesen al personal correspondiente, y esas personas pusieron todo su prestigio en el candelero (nada de estar "de paso") y en contratación, nada de funcionarios, contratos otorgados por méritos. Como es posible que no pudiese ser de otro modo, el sistema volvió con el tiempo al modo de funcionar de su entorno, pero con la ventaja de una inyección de personal que hubiese sido imposible de obtener por otros medios. Lamentablemente, desde entonces, parece haberse dormido en sus laureles, y su modo de funcionamiento es indistinguible del resto de universidades españolas.

Pues bien, desde muchos puntos de vista, la actual proliferación de centros de excelencia en todo nuestro país

recuerda la proliferación pasada de universidades, cual setas tras la lluvia. Y mucho me temo, que dada la ausencia actual de cultura de evaluación (mi optimismo me permite imaginar que esto cambie en el futuro), veo que podemos tirar grandes cantidades de dinero que grandes (o pequeños) capos de nuestra investigación demasiado feudal van a derrochar para conseguir hacer lo mismo que hacían antes. Por supuesto, la única manera de hacer funcionar un centro de excelencia es contratar a un gestor con una excepcional visión de futuro y darle la responsabilidad y los medios para crear dicho centro. Pero la evaluación tras los cinco años (por ejemplo) debería ser de un nivel de exigencia en proporción a los medios que se han dado.

Me acuerdo de una discusión en EEUU entre el responsable de un departamento y sus investigadores. El responsable comentó que el se ocuparía de que los investigadores tuviesen el dinero necesario, sin preguntas. Pero a cambio, tenían que tener portadas de *Science* y *Nature*. Tengo que decir que unos años después dicho departamento tenía 7 o 8 artículos publicados en dichas revistas (aunque no portadas), así que el resultado fue positivo. No espero menos de nuestros centros de excelencia. Pero, ¿esperan ellos lo mismo?

*Publicado en el blog de la AACTE  
(<http://weblogs.madrimasd.org/aacte/>)  
el lunes, 12 de mayo de 2008*



## EL AZAR Y LA NECESIDAD DE HACER LO CORRECTO EN LA ACTIVIDAD INVESTIGADORA

*Ángel Cebolla Ramírez*

*Director General de la empresa Biomedal  
Socio de la AACTE. Corr-ele: [cebolla@biomedal.com](mailto:cebolla@biomedal.com)*

**Los científicos, como los artistas, deben estar enamorados de su trabajo. Sólo los que realmente lo están y son ambiciosos, acaban aportando avances significativos. Igual que los artistas, muchos tienen el ideal de desarrollar su trabajo con libertad, sin rendir cuentas a nadie, lo cual está muy bien como aspiración, pero el deseo y lo factible a menudo no casan.**

Los artistas no pueden vivir todos para hacer lo que les da la gana y tienen que dedicar su talento en servicios o productos que la gente demanda (trabajos publicitarios, portadas de discos, carteles de ferias, amenizar fiestas del pueblo, guiones de series televisivas, etc.).

Al contrario de los artistas profesionales, que suelen vivir en la medida que su trabajo tiene un público que paga por sus creaciones (salvo los artistas subvencionados), los científicos del sistema público tienen la

suerte de disponer de subvenciones por trabajos que no siempre tienen un público. El dinero de que disponen es fundamentalmente público, que como no duele por "no ser de nadie", como dijo alguna conocida política, pues no tiene la misma exigencia que si uno se lo da directamente de su bolsillo, teniendo además la opción de no producir nada sin que peligre el sueldo.

El científico suele identificar lo que a uno le apasiona con lo que conviene a la sociedad para su progreso.

<sup>3</sup> "CINCEL, MARTILLO Y PIEDRA HISTORIA DE CIENCIA EN ESPAÑA", de J.L. Sanchez-Ron



Además, se suelen obtener fondos gestionados por otros científicos igualmente convencidos de que mantener una actividad científica sin aplicación es algo altruista. Sin embargo, la principal motivación de la actividad científica raramente es altruista.

Lo que se entiende por el placer de investigar que experimentamos al descubrir, está más relacionado con una emoción íntima de satisfacer la curiosidad, el afán creativo similar al artista, y la vanidad por el placer de la demostración de las capacidades intelectuales propias. Piensas "por fin ya me he enterado de qué va esto" o "qué listo soy que ya di con lo que pasa aquí". Sólo cuando descubres una aplicación puedes pensar: "esto va a ayudar a mucha gente a vivir mejor" o "esto va a mover mucho dinero y puedo hacerme rico". Estos dos pensamientos últimos reflejan dos motivaciones claramente distintas. Sin embargo, en este último caso, independientemente de lo que pienses, el resultado necesariamente es el mismo: si has tenido éxito, la gente va a beneficiarse por lo que has logrado si lo llevas al último término; y mientras más dinero mueva, más beneficio has aportado, siempre que se sigan las reglas del libre mercado. Sólo si la gente aprecia lo que has hecho, la gente gustará de su bolsillo por ello.

La idea que se quiere transmitir es que siendo tu motivación egoísta para hacer mucho dinero, necesariamente tienes que hacer algo por los demás, con el mismo resultado que si la motivación fuese altruista. Sin embargo, si vas por el camino puramente altruista, difícilmente vas a convencer a mucha gente que te siga a llevar la invención o descubrimiento a la gente. Pocos funcionarios que tienen el sueldo asegurado te seguirán en ese camino, porque no le pagan más por ello y no es especialmente divertido. El porcentaje de personas voluntaristas es siempre bajo, y el azar está en contra por las pocas probabilidades de reunir dicho equipo motivado durante años. Si vas por la opción de contar con los intereses propios de la gente que te va a ayudar a lograr tus objetivos, como son tener un empleo remunerado e incluso incentivado por, vas a tener muchísimas más probabilidades de conseguirlo.

El monopolio de la enseñanza de la ciencia está virtualmente en manos públicas en España. El que se asegure un sueldo para toda la vida, deja pues al azar, al voluntarismo del individuo, el desempeño en su ocupación científica y docente. No le quita el sueño a casi ningún profesor que sus alumnos tengan un paro del 80% cuando acaban sus estudios. Su responsabilidad directa en que los conocimientos impartidos no le facilite la salida profesional no la perciben en el sistema funcional.

El secreto del éxito de la libre empresa es la necesidad de hacer cosas que la gente pueda apreciar. El problema de subvencionar o pagar sueldos sin someterse a un público objetivo que controle la calidad o utilidad del

producto, lleva a que lo que salga de provecho salga casi por azar. Los biólogos sabemos que, para que sea efectiva la evolución, deben existir mecanismos de selección efectivos que eliminen la ineficiencia o inadaptación. Esto no se toma en serio en el sistema público. En cambio, si fundaciones o empresas privadas organizan un curso y no deja satisfecho a los asistentes, pues no vendrán el próximo año a gastarse su dinero en él y no se hará más. Las instituciones privadas se juegan siempre su viabilidad en cada acción que hacen para proteger su marca.

La gente tendría que estar más tranquila cuando se deja en manos privadas, siempre que no haya monopolio y existan muchas alternativas, pues en realidad es más barata porque no existe o existirá si no es útil para alguien dispuesto

a pagarlo, y es eficiente, porque mientras menos se gaste, más beneficios o competitiva será la empresa.

Creo que pocos ponen en duda la necesidad de tener ciencia básica para el progreso, pero con esta excusa, se llega a financiar ciencia que no tiene más trascendencia que hacer un sudoku, y pagamos a gente que no sabe (e incluso lo obstaculiza) fomentar que los científicos monten empresas, cuando la mejor forma de que se demuestre a los contribuyentes la necesidad de formar científicos es que alguien pueda ganarse la vida por medio de sus conocimientos científicos sin la barra libre pública.

En conclusión, necesitamos más centros privados de I+D y personal capaces de llevar la ciencia al beneficio de la comunidad, que obligatoriamente por medio de impuestos, contribuyan a que esa ciencia se pueda subvencionar y mucha gente pueda disfrutar de su actividad favorita. Para ello, lo primero es que los profesores vean la actividad privada como algo, no sólo no-negativo, sino que en estos momentos es necesario fomentar, porque es hacer lo más correcto con el talento de los científicos, para poder hacer sostenible el sistema científico y ser parte activa del progreso de la comunidad donde vivimos.

**EL SECRETO DEL ÉXITO DE LA LIBRE EMPRESA ES LA NECESIDAD DE HACER COSAS QUE LA GENTE PUEDA APRECIAR. EL PROBLEMA DE SUBVENCIONAR O PAGAR SUELDOS SIN SOMETERSE A UN PÚBLICO OBJETIVO QUE CONTROLE LA CALIDAD O UTILIDAD DEL PRODUCTO, LLEVA A QUE LO QUE SALGA DE PROVECHO SALGA CASI POR AZAR.**





## SOLDADOS DEL BIEN COMÚN

*Luis A. Pérez Carrasco*

*Director de la División de Acuicultura de la firma Acuinuga (Galicia)  
Socio de la AACTE. Corr-ele: luis@acuinuga.com*

**Últimamente me desvelo con facilidad. La madrugada me encuentra revuelto en la cama, agitado por confusos temores, inquieto por ciertas preocupaciones personales que confío se resuelvan rápidamente. Qué ironía, ahora que puedo afirmar que he alcanzado la práctica totalidad de mis objetivos vitales y profesionales. Desde hace varios meses ostento el cargo de Director General en una administración pública que no citaré, entre mis principales responsabilidades la de impulsar el nuevo Observatorio para la Interpretación Correcta del Devenir Mundial en Aras del Bien Común (OICDMABC).**

Mi vocación siempre ha sido la función pública, el servir a la sociedad en beneficio de todos. He procurado satisfacerla siempre de manera espartana y con gran orgullo, y finalmente disfruto de algunos merecidos privilegios, por supuesto altruistamente. Cobro 72.000 euros (excluyendo dietas) al año, pero no me lucro. En un país con un salario mínimo que ronda los 6.000 euros, creo que mi remuneración difícilmente retribuye mi valía. Asisto en tribuna a los grandes eventos deportivos y viajo en primera clase en avión privado, porque la lamentable falta de medios que afecta a nuestra eficiente Administración ha impedido hasta el momento el ya planificado -y presupuestado- desarrollo de nuestra propia flota aérea pública. Trabajo duro, como sólo puede hacerse en la Administración española. Tengo acceso a complementos unitarios de 780 euros por asistencia a las múltiples reuniones y consejos en las que, debo decirlo, resulto imprescindible. Presumo de haberme perfeccionado en el arte de la adulación, esencial en mi desempeño profesional, y con mi privilegiada memoria soy capaz de recomendar un plato y elogiar un traje de manera siempre agradecida por superiores y autoridades. Tras servir a la patria afanosamente, conservaré justamente la totalidad de mi sueldo una vez alcanzada la ansiada edad de jubilación, ya próxima. Profesionalmente me siento realizado.

Mis preocupaciones son de índole familiar. Tal vez me obceco excesivamente, porque en la perspectiva general mis problemas son menores. Mi mujer comparte conmigo el amor a la sociedad; es funcionaria clase A desde hace 27 años. Otra soldado del bien común que con su abnegación y esfuerzo diarios ha contribuido al espectacular desarrollo experimentado por nuestra sociedad en los últimos tiempos. Su trato amable y delicado con el público, su entrega total a la causa recaban admiración entre sus colegas de departamento. Desgraciadamente ha de sufrir los embates de algún degenerado (generalmente empresarios de poca monta) convencido de merecer la atención de una Administración que, como es bien sabido, está al servicio de todos y nunca al de intereses espurios. No obstante, su horario laboral, en el que son frecuentes las ausencias para actividades esenciales como colaciones reparadoras y asuntos propios, en combinación con nuestro calendario vacacional flexible al que liberalmente añadimos bajas para el correcto mantenimiento de nuestra integridad psíquica, hacen de

estos pequeños sinsabores episodios irrelevantes, que sobrellevamos estoicamente. En estos momentos, mi mujer disfruta de una comisión de servicios en el OICDMABC, donde el trabajo es arduo.

Tras un cierto período de crisis, afortunadamente puedo decir que el futuro de mi hijo mayor parece bien encaminado. Hace ocho años que prepara oposiciones a un prestigioso cuerpo técnico del Estado y, a poco que mis poderosas influencias y contactos fructifiquen, el próximo intento será el bueno. Su capacidad y valía, suficientemente contrastadas en los múltiples ejercicios y concursos en los que ha participado, le permitirán acceder a una posición de relevancia para el desarrollo patrio. Pero no todo fue fácil en el tortuoso camino de su maduración personal. En principio dudaba. Con taimados argumentos, cuestionaba la utilidad de su terrible esfuerzo, estableciendo extemporáneas comparaciones de las que teníamos que rescatarle continuamente. Como si confeccionar una barra de pan o componer unos zapatos fueran actos de un valor superior al conocimiento escrupuloso del título octavo de nuestra Constitución, o al desarrollo legislativo del Estatuto de Autonomía de la Región de Murcia. Delirios de juventud, felizmente ya superados.

El problema que me ocupa es mi hija pequeña, donde lidio con harina de otro costal. Conserva aún ese carácter arisco e indomable, en el que adivino rasgos maternos. Mantiene que ella se considera revolucionaria y autónoma, aterrorizada por la posibilidad de, en palabras textuales, "diluirla mi individualidad en esquemas impersonales que anulen mi originalidad". Como si los auténticos revolucionarios no hubiéramos sido nosotros, al exigir para la función pública la jornada de 30 horas semanales o la separación del régimen de autónomos del régimen general de la Seguridad Social. En momentos críticos para nuestro desarrollo social, supimos exigir que el que quiera una jubilación digna o una plaza fija debe demostrar su merecimiento aprobando unas oposiciones. No nos tembló el pulso a la hora de pararle los pies a esa recua de camioneros y electricistas, incapaces de apreciar el auténtico valor de un buen liderazgo en una sociedad correctamente organizada. Supimos defender el interés general en contra del beneficio privado, y ahora mi propia hija ningunea nuestras hazañas.



Confío en que esta situación no se prolongue excesivamente en el tiempo. Pacientemente le hago ver la maldad intrínseca del mercado y de la mentalidad empresarial, donde la especulación y el beneficio propio priman sobre los sagrados intereses colectivos. Arguyo y rebato sin cejar en el empeño, haciéndole ver los grandes logros de ese ejército de soldados del bien público entre los que modestamente me incluyo. ¿No es el mundo más justo en la actualidad? ¿Acaso con nuestro desarrollo legislativo y humilde administración no hemos hecho grandes progresos en la erradicación de las grandes lacras de la Humanidad; la guerra, la emigración o el hambre? Si en su ecuanimidad, nuestros Gobiernos y Estados han cosechado algunos fracasos en esta lucha, estos son atribuibles a repugnantes intereses de especuladores y empresarios, que han urdido oscuras tramas en detrimento de nuestros Planes y Acciones de Corrección, socavando los nobles intereses generales. ¿Qué puede representar la nimiedad del individuo frente a la grandeza del colectivo? ¿De qué originalidad habla, de qué creatividad, cuando no existe nada más fiable y productivo que una Estrategia Política bien definida o un expediente bien iniciado y ejecutado? ¿Dónde estaríamos ahora sin nuestro Congreso y nuestro Senado, nuestro Gobierno Central y sus Delegaciones, nuestro Consejo de Estado, nuestros Gobiernos Autonómicos, nuestras Diputaciones, nuestras Corporaciones Locales, nuestros Cabildos, nuestra Administración de Justicia y nuestra Comisión y Parlamento Europeos? ¿Hubiésemos alcanzado acaso los niveles de excelencia mundial de los que disfrutamos sin nuestras Universidades públicas, y nuestros Centros Tecnológicos públicos, y nuestros Institutos de investigación públicos, y nuestros Consejos Superiores públicos, y nuestros Observatorios públicos?

Su malinterpretada rebeldía le impide escucharme. Debo confesarlo, la muy inicua planea viajar al extran-

jero y establecerse, me sonrojo, en el mismísimo Imperio del Mal. Esa cueva de ladrones resultante de la amalgama de inadaptados y antisociales que decidieron exiliarse en busca de provecho propio. He intentado desengañarla y hacerle ver las bondades de nuestro infinitamente superior sistema social, en el que la desigualdad y la injusticia están prácticamente erradicadas. Sin éxito. Sostiene que la realización de sus objetivos personales "discurre por un período de reflexión interior que necesita de nuevas experiencias" (sic). Que a sus 19 años lo natural y humano es ser ambiciosa y pretender cambiar el mundo, yendo frontalmente en contra de nuestro ordenamiento constitucional y de la normativa vigente. Inocente, planea trabajar en un principio como repartidora o cajera de alguna horrible multinacional, para, me sonrojo de nuevo, aprender el negocio y establecerse por su cuenta posteriormente. Como si el desarrollo de un imperio de ese calibre pudiera comenzar en un garaje.

No tiro la toalla, porque los trabajadores infatigables por el bien común conocemos el valor del mensaje continuado y el machaconeo repetitivo. Utilizo diariamente ambos instrumentos para la difusión de nuestras actividades, importantes en la defensa de las bondades del Estado.

Vivimos tiempos de gran progreso social, en los que el planteamiento egoísta de mi hija no tiene cabida frente a planes generales espléndidamente trazados en beneficio de todos, y en particular de todos los que los trazamos. Sé que como el hijo pródigo volverá al redil, encontraremos su sitio en la sociedad y disfrutaremos todos de un merecido descanso. Y podré conciliar el sueño.



Con espíritu crítico y constructivo,  
desde la diversidad, como amalgama de profesionales  
de todos los estamentos y disciplinas científicas,

¡Luchamos por conseguir el progreso del sistema español de I+D!

**Tu opinión es importante**

**¡Hazte de la AACTE!**



Asociación para el Avance de la Ciencia y la Tecnología en España. <http://www.aacte.eu>



# NOTICIAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

## NUEVO MINISTERIO DE CIENCIA E INNOVACIÓN

[M.A.C.] La reestructuración ministerial efectuada por el presidente Rodríguez Zapatero tras las últimas elecciones generales incluye la creación de un Ministerio de Ciencia e Innovación, al que corresponde *“la propuesta y ejecución de la política del Gobierno en materia de universidades, investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación en todos los sectores, así como la coordinación de los organismos públicos de investigación de titularidad estatal”*.<sup>1</sup> Por tanto, este nuevo ministerio englobaría competencias que antes correspondían al menos a tres departamentos: Educación, Industria y Sanidad. La inclusión de las universidades en este ministerio lo diferencia claramente del de Ciencia y Tecnología de la etapa del PP. Según Zapatero, la creación del ministerio obedece a la necesidad de que la economía *“crezca más, pero sobre todo crezca mejor”*.<sup>2</sup>

Como responsable de esta cartera Zapatero ha nombrado a Cristina Garmendia, doctora en biología molecular por la Universidad Autónoma de Madrid y máster en dirección de empresas por el Instituto de Estudios Superiores de la Empresa. Garmendia, después de una etapa como profesora e investigadora, ha adquirido una amplia experiencia en gestión empresarial, primero como directora financiera y de desarrollo de negocio en el grupo agroalimentario Amasúa y después como presidenta y consejera delegada del grupo de empresas biotecnológicas Genetrix.<sup>3</sup> Ésta es una *spin-off* del CSIC que Garmendia fundó junto a los Profesores de Investigación Carlos Martínez y Antonio Bernad (actualmente en el Centro Nacional de Investigaciones Cardiovasculares) y que promueve convertir resultados de investigación básica en productos terapéuticos. En el momento de su nombramiento Garmendia era miembro de la junta directiva de la patronal CEOE. También ha ostentado la presidencia de la Fundación Inbiomed, dedicada a transferencia de tecnología y servicios de investigación en medicina regenerativa, y de Asebio, Asociación Española de Bioempresas, y pertenecía al Comité Asesor del Banco de Sangre y Tejidos de Barcelona y a la junta directiva de la

Asociación de Pacientes de Epidermólisis Bullosa, una de las enfermedades para la que sus empresas buscan solución. Garmendia, que no está afiliada al PSOE, había manifestado hace unos meses que a la ciencia española le falta carácter emprendedor, y que los investigadores deben mostrar oportunidades de innovación a las empresas<sup>4</sup>. Ya como ministra ha anunciado que se apoyarán los “sectores emergentes” como la Energía, Nanotecnología, Biotecnología y Tecnologías de la Información, con actuaciones concretas<sup>5</sup>.

El nuevo ministerio se estructura en dos Secretarías de Estado: la de Investigación, que será responsabilidad de Carlos Martínez, anterior presidente del CSIC, y la de Universidades, para la que se ha nombrado a Màrius Rubiralta, hasta entonces rector de la Universidad de Barcelona y vicepresidente de la CRUE y anteriormente director del departamento de Farmacología de la misma universidad. Así pues, la cúpula política de la investigación en España parece tener un claro predominio biomédico, teniendo en cuenta que Garmendia es bioquímica y empresaria del ramo de la biotecnología y la biomedicina y que sus dos secretarios de estado son químicos especializados en bioquímica y biotecnología uno (Martínez) y en química orgánica y farmacología el otro (Rubiralta).

Como nuevo presidente del CSIC se ha designado a Rafael Rodrigo Montero, matemático, doctor en física, y anterior vicepresidente de Organización y Relaciones Institucionales del Consejo. Rodrigo ha afirmado que, dado que se dan todas las condiciones favorables, incluyendo capacidad, recursos económicos y voluntad política del gobierno, *“si no arreglamos ahora la Ciencia, es para denunciarnos”*<sup>6</sup>. También ha declarado que sus retos para esta legislatura son potenciar la carrera investigadora, crear las de gestión y formación técnica, aumentar la actividad internacional y, sobre todo, reducir los trámites burocráticos en el CSIC<sup>7</sup>. Al nuevo presidente del Consejo le va a corresponder el desarrollo de la Agencia Estatal, con

<sup>1</sup> RD 432/2008, de 12 de Abril. BOE núm 90, 14/04/2008.

<sup>2</sup> Expansión, 14/04/2008

<sup>3</sup> El País, 20/04/2008.

<sup>4</sup> Público, 8/12/2007.

<sup>5</sup> www.ceoe.es14/05/2008

<sup>6</sup> ABC, 30/04/2008

<sup>7</sup> Diario Médico, 8/05/2008



el establecimiento de un reglamento de funcionamiento y la propuesta al gobierno de un contrato de gestión.

La adscripción al Ministerio de Ciencia e Innovación de los organismos públicos de investigación de titularidad estatal supone una novedad que, de producirse de manera completa, puede ser particularmente dramática para el Ministerio de Sanidad. Éste, dirigido por un investigador fichado en las postrimerías de la anterior legislatura, podría ver ahora traspasado el Instituto de Salud Carlos III (ISCIII), o parte de él, al nuevo ministerio.<sup>1</sup> Por el momento, la página web de Ciencia e Innovación incluye al ISCIII en la lista de OPI pertenecien-

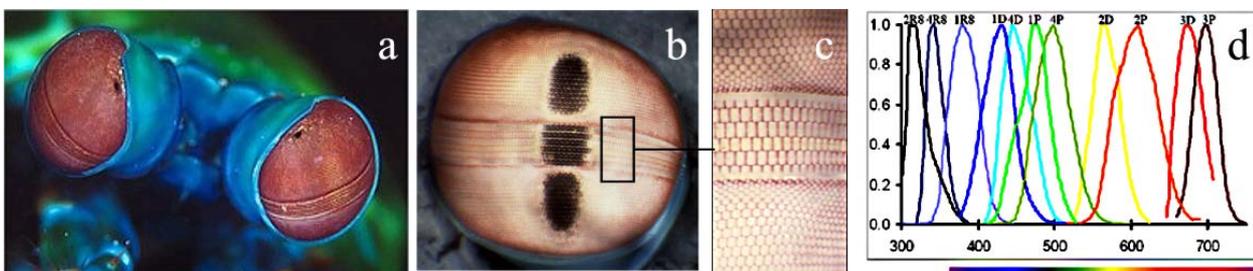
tes a otros ministerios, pero esta es una web provisional que mantiene la estructura de la página de la antigua Secretaría de Estado de Universidades e Investigación. Además de aglutinar a los OPI, el Ministerio de Ciencia e Innovación pasaría a controlar el Centro para el Desarrollo Tecnológico e Industrial, CDTI, hasta ahora dependiente del Ministerio de Industria.<sup>2</sup>

Se desconoce si alguno de los OPI, reales o presuntos, adscritos a otros ministerios (Defensa, en particular, pero también Presidencia, Fomento, Economía y Hacienda y Medio Ambiente) pasarán a depender del de Ciencia e Innovación.

## NANOESTRUCTURACIÓN OCULAR: DESCUBIERTA UNA NUEVA FORMA DE VISIÓN

[M. L-C] El Camarón Mantis (Stomatopod) es un colorido crustáceo que físicamente parece una mezcla entre una galera y una 'mantis religiosa' terrestre, del cual se debe su nombre. Animal marino que habita en arrecifes de coral, del que se conocen unas 300 especies, posee una extraordinaria visión y una fuerza impresionante (¡sus golpes para abrir conchas de mar tienen una fuerza ligeramente inferior a la de una bala calibre 22!). Son activos predadores gracias a sus ojos facetados localizados sobre unos pedúnculos que permiten el movimiento independiente uno del otro. Tienen la habilidad de ver en tres dimensiones con un solo ojo, lo cual les aporta un campo de visión enco- miable y una gran agudeza visual. Esta calidad visual es debida a que sus ojos pueden aceptar diferentes tipos de luz, incluyendo infrarroja y ultravioleta, siendo su visión en color muy superior a la nuestra. En sus ojos se encuentran unos 16 fotoreceptores, con 11 o 12 receptores de color (ver la imagen), diversos filtros

de color y receptores de polarización. Una reciente investigación ha descubierto un nuevo tipo de visión en estos crustáceos: son capaces de ver un tipo de luz polarizada que no se conoce que exista en ningún otro animal. La sospecha de que estos animales podrían ver otro tipo de luz, se planteó al analizar la estructura de sus ojos, que presentan seis líneas de numerosos ojos más pequeños llamados *ommatidias*. La forma en que algunas células fotosensoras están ordenadas en sus *ommatidias* ha dado lo clave para el descubrimiento este nuevo tipo de visión - explica el Dr. Justin Marshall, neurobiólogo sensorial de la Universidad de Queensland en Brisbane (Australia)<sup>3</sup>. Estas células fotosensoras se encuentran ordenadas en el ángulo preciso para convertir la luz polarizada circular (LPC) - un tipo de luz en la que el vector del campo eléctrico describe una hélice en la dirección de propagación de la onda-, en otra forma fácilmente detectada por otras células localizadas por debajo de ellas.



**Figuras a) y b)** Ojos del Camarón Mantis (CM),  
**b) y c)** Estructura ocular del ojo del CM donde se observa la estructuración de las ommatidias,  
**d)** Bandas de sensibilidad de los fotoreceptores de color presentes en el ojo del CM.

Imágenes b) y d) cortesía Prof. Justin Marshall. Escala: aproximadamente 1mm.

<sup>1</sup> La Vanguardia, 26/05/2008.

<sup>2</sup> El País, 13/04/2008.

<sup>3</sup> Science NOW Daily News. Publicado online el 20 de Marzo, 2008.

<sup>4</sup> Imágenes obtenidas de: a) <http://freshpics.blogspot.com/2007/11/rarest-fishes-in-world.html>. b)-d) Cortesía Prof. Justin Marshall <http://ilc00f.facbaes.uq.edu.au/VTHRC/ecovis/stomatopods.htm>.



Algunos animales tienen conchas que cambian de color al reflejar diferentes tipos de LPC; sin embargo, no se conocía hasta ahora a ningún animal con la habilidad de ver este tipo de luz (para un humano utilizando un tipo especial de lentes, la LPC se vería como una luz brillante). El grupo del Dr. Marshall realizó estudios en estos crustáceos y sus resultados mostraron que tres de cada cuatro animales aprendieron a identificar

correctamente la LPC emitida con giro hacia la izquierda como intercambio por comida, mientras que dos de tres lo hicieron cuando la luz tenía giro hacia la derecha. Los resultados han sido publicados en el *Journal of Experimental Biology*.<sup>1</sup> Aún es muy pronto para comprender la función de este tipo de visión, pero se especula con que el crustáceo la utilice durante el cortejo o como una forma de comunicación secreta.

## EL GENOMA DE LAMPEDUSA

[A.N.] Imaginemos por un momento que nuestro ordenador cae en manos de un "manitas" de la electrónica en busca de diversión. De entre las muchas y amenas perrerías de las que nos puede hacer víctimas, una de las más crueles consistiría en conectar distintos componentes de forma aleatoria. Así, por ejemplo, apretar la tecla "j" o el botón derecho del ratón podría cambiar la resolución del monitor, cerrar el gestor de correo electrónico o apagar el disco duro. Algunas de estas acciones inesperadas resultarían inocuas, por supuesto, e incluso podrían pasar desapercibidas, pero la mayoría serían fatales para el funcionamiento de nuestro ordenador. Si no es posible usar el ratón o la barra de espacio sin salir del documento en que estoy trabajando o sin borrarlo de la memoria RAM, o si no se está seguro de que el resultado de una suma es el correcto, el ordenador deja de ser útil. Con una alta probabilidad, además, esta pérdida de utilidad no es gradual, sino todo lo contrario: es una pérdida completa de funcionalidad. Esta es una característica común de la mayoría de los mecanismos diseñados por el hombre: cualquiera de sus piezas es esencial. Las máquinas humanas suelen residir en el límite de la funcionalidad, donde prácticamente todos los cambios son a peor y tienen consecuencias radicales. Tanto quitar como añadir manecillas a un reloj lo convierten en un trasto inútil.

Los organismos vivos somos muy distintos de las máquinas. Miles de millones de años de evolución nos han proporcionado "diseños" robustísimos cargados de redundancia. El que esto escribe, por ejemplo, podría ser perfectamente manco, tuerto, donante de riñón y carente de un testículo sin que esto afectara para nada a su eficacia biológica. En el caso del genoma esto es especialmente cierto. La evidencia de este hecho surge, no sólo de la observación de infinidad de piezas redundantes en nuestros genomas (genes duplicados o con funciones parecidas), sino que proviene de una amplia batería de experimentos que nos muestran lo que sucede cuando se quita una pieza del genoma (en términos técnicos, cuando se genera un

organismo "knock-out" al que le falta cierto gen). En muchos casos no pasa apenas nada, ya que las funciones del gen eliminado pueden ser sustituidas o son, en circunstancias normales, prescindibles.

Pero ¿qué sucedería si sometiéramos a nuestros genomas al mismo tratamiento al que el "manitas" del principio sometía a nuestro ordenador? Es decir. ¿Que observaríamos si en lugar de quitar o duplicar elementos de un genoma, lo que hacemos es agregar nuevas conexiones entre elementos existentes? Un equipo dirigido por Luís Serrano, del Centro de Regulación Genómica en Barcelona<sup>2</sup>, ha realizado por primera vez un experimento de este tipo, añadiendo conexiones aleatorias entre los genes de la bacteria *Escherichia coli*. El experimento consiste en insertar genes artificiales en la bacteria a través de plásmidos y tiene dos puntos clave. En primer lugar no se insertan genes cualesquiera, sino factores de transcripción, genes cuya función es regular la expresión de otros genes. En segundo lugar, los genes insertados son híbridos. En el genoma, en general, los genes constan de dos partes: una región promotora, que regula el gen (y que interacciona con distintitos factores de transcripción) y una región codificante, que contiene la información que acabará transcribiéndose en el RNA mensajero (y que en el caso que nos ocupa consiste en el factor de transcripción propiamente dicho). Pues bien, el equipo de Serrano ha construido 598 genes híbridos que combinan la región codificante de unos factores de transcripción con la región reguladora de otros y ha introducido estos genes, por separado, en distintas bacterias, creando así conexiones inéditas en las redes de regulación de las mismas. Cada gen híbrido es regulado por ciertos factores de transcripción y, a su vez, produce un factor que regula otros genes.

Las consecuencias para las bacterias son extraordinarias, sorprendentes, espectaculares: no pasa nada. O apenas nada. Casi todas las nuevas conexiones son toleradas sin detrimento aparente. Incluso las hay que, en determinadas circunstancias, resultan beneficiosas y favorecen el crecimiento de las colonias bacterianas

<sup>1</sup> S. Kleinlogel and N. J. Marshall (2006). *J. Exp. Biology* 209, 4262-4272.

<sup>2</sup> Isalan et al. (2008). *Nature* 452, 849-845.



poseedoras del nuevo cableado molecular. Las conclusiones son claras: desde un punto de vista evolutivo, la arquitectura de las redes que configuran nuestros genomas, y no solo sus elementos individuales, son robustos. El experimento, además, sugiere que los organismos pueden haber evolucionado mediante este tipo de cambios en la arquitectura de sus redes reguladoras, y no solamente mediante la duplicación y posterior especialización de los elementos de la red. Finalmente, el trabajo de Serrano representa un clavo

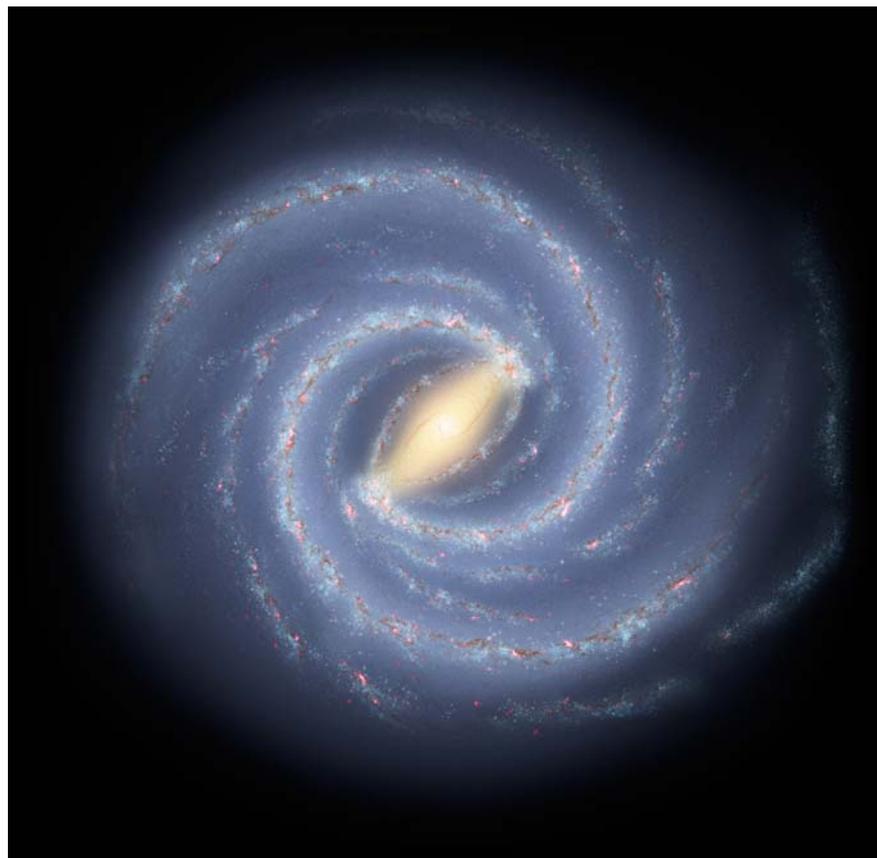
más en el ataúd de las ideas propuestas por los defensores del “Diseño Inteligente”, según las cuales gran parte de nuestros genomas serían tan “irreduciblemente complejos” como las máquinas diseñadas por los humanos, y podrían dejar de funcionar si su arquitectura es alterada. No es cierto. A no ser, por supuesto, que el Creador fuera fan de Giuseppe Tomasi di Lampedusa, a quien podríamos parafrasear diciendo que, a veces, todo sigue igual a pesar de que algo haya cambiado.

## ¡DESAPARECEN DOS BRAZOS DE LA VÍA LÁCTEA!

[M.A.C.] Nuestra galaxia, la Vía Láctea, ha perdido dos de sus brazos principales. O, para decirlo con más exactitud, la imagen que hemos tenido de nuestra galaxia durante décadas, una espiral barrada con cuatro brazos principales, era incorrecta. Sin duda, la equivocación procede de la dificultad para observar la galaxia desde nuestra posición interior y muy excéntrica: el sistema Solar se encuentra a  $7,62 \pm 0,32$  kpc<sup>1</sup> del centro de la galaxia, dentro de un brazo menor, el llamado “Brazo Local”, que afortunadamente no ha desaparecido.

Usando unas 800.000 imágenes de infrarrojo obtenidas con el telescopio espacial Spitzer de la NASA, un equipo de investigadores norteamericano ha hecho un mosaico que cubre 130° del firmamento en una franja de un grado a cada lado del plano medio de la galaxia. Al calcular la densidad de estrellas en diversas direcciones, encontraron que aumenta mucho en la dirección del brazo Escudo-Centauro, como era de esperar para un brazo galáctico. Sin embargo, en la dirección de Sagitario y Norma, brazos que hasta ahora se consideraban principales, no encontraron tal incremento. No es posible observar en el mosaico el otro brazo principal, Perseo, pero la imagen que surge de estas

investigaciones es la típica de una galaxia barrada, con dos brazos principales de alta densidad de estrellas, tanto jóvenes y brillantes como antiguas gigantes rojas, y dos brazos secundarios poblados fundamentalmente por gas y grupos de estrellas jóvenes.<sup>2</sup>



**Figura:** Interpretación artística de la Vía Láctea, tras las investigaciones referidas (imagen: NASA/JPL-CALTECH)

<sup>1</sup> kpc, kiloparsec, siendo un parsec  $30,857 \times 10^{12}$  km.

<sup>2</sup> [http://www.nasa.gov/mission\\_pages/spitzer/multimedia/20080603a.html](http://www.nasa.gov/mission_pages/spitzer/multimedia/20080603a.html)



## LOS ESTALLIDOS DEL COMETA 29P/SCHWASSMANN-WACHMANN 1 Y LOS ASTRÓNOMOS AMATEURS

[M.A.C.] Un trabajo dirigido por el investigador del CSIC J.M. Trigo ha descubierto que el cometa 29P/Schwassmann-Wachmann1, situado entre las órbitas de Júpiter y Saturno con una órbita casi circular, sufre unas siete explosiones al año, más del doble de lo que se creía.<sup>1</sup> Las explosiones producen chorros de partículas que alcanzan cientos de miles de kilómetros y, al reflejar la luz solar, incrementan considerablemente el brillo del cometa. La razón de este comportamiento, según estos investigadores, parece estar en la fractura de pequeñas regiones de la superficie, como consecuencia de la sublimación

brusca, producida por la radiación solar, de regiones ricas en hielos de CO y CO<sub>2</sub>. Si este trabajo nos parece relevante en sí mismo, al proporcionar información sobre la composición, comportamiento y estructura interna de los cometas, lo traemos a *Apuntes*, fundamentalmente, porque en la investigación han desarrollado una labor muy importante varios observatorios amateurs (Gualba, Guadarrama, La Cañada y Murcia). Parece que la Astronomía se mantiene como la principal rama de la ciencia, si no la única, en la que son posibles contribuciones importantes de científicos no profesionales.

## BIOCOMBUSTIBLES: INCONVENIENTES Y POSIBLES ALTERNATIVAS MENOS DAÑINAS

[A.M.A.] Al asunto de los biocombustibles no paran de crecerle los enanos. En el número anterior de *Apuntes*, ya informamos sobre dos estudios publicados recientemente por investigadores estadounidenses en la revista *Science*,<sup>2</sup> que alertaban sobre los efectos secundarios de la producción de dichos biocombustibles, como por ejemplo los relacionados con la reconversión de terrenos para dicha producción, y que apuntaban a que el balance global de generación de gases de efecto invernadero podría resultar desfavorable.<sup>3</sup>

Conviene recordar, en este sentido, que uno de los principales beneficios apuntados inicialmente para este tipo de combustible estaría en su carácter renovable. Y hay que considerar no sólo aspectos relacionados con emisiones de dióxido de carbono sino también las emisiones de óxido nitroso (con un potencial global de efecto invernadero 300 veces superior al del dióxido de carbono) procedentes del empleo de fertilizantes nitrogenados, cuya incidencia depende del tipo de cultivo que se emplee como fuente del biocombustible.<sup>4</sup> Además, son bien conocidos los efectos perversos que está generando el uso de plantas destinadas inicialmente a la alimentación, o el des-

plazamiento de terrenos empleados para este fin, para la producción alternativa de biocombustibles para el transporte; en particular, la subida de precios que afecta a los consumidores, ahogando especialmente a los más pobres.

En este sentido, el artículo de José Olivares también pone límites a la eficiencia de este tipo de cultivos.<sup>4</sup> Así, se apunta que “de una hectárea de colza sólo se obtienen unos 600 kilos de biodiesel y de una de maíz 4.000 litros de etanol, lo que supone el consumo de unos cuantos automóviles por corto tiempo”, considerando además que sólo “se produce algo más de una unidad de energía a partir del maíz por unidad consumida en el cultivo, transporte y fermentación”, si bien “esta eficiencia se incrementa al doble en el caso de la remolacha y ocho veces en la caña de azúcar, el cultivo más eficiente”.

No obstante, y aunque estos aspectos hacen cada vez más insostenible el mantener la etiqueta de “ecológicos” para este tipo de carburantes (argumento recurrente para justificar las subvenciones para su producción), es indudable que sí pueden plantear una competencia, aunque limitada,<sup>5</sup> a la tiranía del petróleo.

<sup>1</sup> Trigo-Rodríguez et al. (2008). *Astronomy & Astrophysics*, DOI: 10.1051/0004-6361:20078666.

<sup>2</sup> (a) Fargione et al. (2008). *Land Clearing and the Biofuel Carbon Debt*. *Science* 319, 1235-1238. (b) Searchinger et al. (2008). *Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change*. *Science* 319, 1238-1240.

<sup>3</sup> Se puede consultar, en el mismo sentido, el reciente artículo de Karmele Llano en *MadrI+D* sobre los importantes efectos perjudiciales del cultivo de palma en Indonesia, no sólo a nivel del balance de gases de efecto invernadero sino también en cuanto a su efecto devastador sobre la flora y fauna. (<http://www.madrimasd.org/informacionIdi/analisis/analisis.asp?id=34836&sec=17&tipo=g>).

<sup>4</sup> Ver, por ejemplo, el artículo de José Olivares Pascual en “El País” de 21/05/2008.

<sup>5</sup> La Unión Europea propone una incorporación de hasta 5 % en 2010 y 10 % en 2020 en los combustibles empleados para el transporte; hay que considerar también, en este sentido, que, como se apunta en el artículo de José Olivares, “se necesitaría dedicar a las plantas para biocarburos cuatro veces la superficie cultivable del planeta para poder sustituir solamente el petróleo y el gas consumido por el transporte.” Actualmente, los biocombustibles suponen aproximadamente el 2 % de los combustibles empleados para el transporte terrestre en todo el mundo.



En cualquier caso, se plantean alternativas para la producción de biocombustibles que podrían resultar menos dañinas, siempre y cuando no terminen desplazando terreno forestal o ya cultivado para otros fines. A este respecto, los citados trabajos de *Science* ya mencionaban que sólo en el caso de que las plantas para la producción de biocombustibles se cultiven en terrenos abandonados o que se utilicen también residuos de biomasa para su producción (considerando etanol en este caso), la deuda de carbono podría ser favorable.<sup>1</sup>

En los últimos meses, se han publicado varios artículos relevantes desde el sector biotecnológico en el sentido de avanzar en los aspectos básicos que podrían producir mejoras, al menos en términos de balance de gases invernadero y sin considerar otros problemas ecológicos, relacionadas con los procesos de síntesis de etanol a partir de celulosa.<sup>2</sup> El objetivo básico es reducir el coste de la despolimerización de la celulosa en azúcares simples, de manera que lo haga más competitivo frente a la producción de azúcares desde materias primas más fácilmente hidrolizables, como por ejemplo el maíz. Para ello, se proponen alternativas

basadas en el uso de microorganismos modificados con mayor capacidad para proporcionar celulosas que mejoren los procesos de hidrólisis, así como iniciativas basadas en ingeniería genética de plantas para producir las enzimas en la propia planta o aumentar la cantidad de polisacáridos producidos en la misma.

Por otro lado, se ha apuntado también el interés sobre plantas oleaginosas que crecen en suelos marginales o en condiciones climáticas inadecuadas, como la *Jatropha curcas*, originaria de América Central y extendida por África y Asia. Ésta presenta también la ventaja de ser tóxica y no competir, por tanto, con plantas destinadas a la alimentación; además, en principio, no requiere agroquímicos para su crecimiento y presenta un alto rendimiento (4.000 kilos de aceite por hectárea durante 50 años).<sup>3,4</sup> En cualquier caso, una prueba de la rentabilidad económica del proceso (hay que considerar también, en este caso, otros aspectos de tipo socioeconómico) es la importante inversión realizada por alguna empresa española para la construcción de fábricas de biodiesel, en la República Dominicana, empleando esta planta como materia prima.<sup>5</sup>

## CAMBIO CLIMÁTICO: GEOINGENIERÍA, CICLO NATURAL Y OTRAS CONSECUENCIAS.

[A.M.A.] Hace un par de años, T. M. L. Wigley lanzó una propuesta desde el ámbito de la geoingeniería para mitigar el calentamiento de la Tierra, causante de las principales consecuencias negativas del cambio climático.<sup>6</sup> El asunto consistía básicamente en la inyección deliberada de cantidades sustanciales de aerosoles precursores de sulfato a nivel estratosférico, y estaría basado en la emulación de los cortos enfriamientos (aproximadamente 2 años) que se han observado tras erupciones volcánicas (como la del Monte Pinatubo en el año 1991), atribuidos fundamentalmente a las emisiones de compuestos de azufre (SO<sub>2</sub> o H<sub>2</sub>S). Dichas emisiones producirían nubes de ácido sulfúrico, capaces de reflejar y devolver al espacio la radiación solar,

con el consiguiente enfriamiento. Sin embargo, un estudio reciente del Centro Nacional de Investigación Atmosférica en Boulder, EE. UU., (en colaboración con la Universidad de Maryland, EE. UU., y el Centro de Investigación Jülich en Alemania) alerta de un importante efecto secundario no deseado de dichas inyecciones continuas de sulfato a la estratosfera: producirían un importante daño al ozono polar.<sup>7</sup> Actualmente, se observa un importante agujero en la zona antártica durante la primavera, debido a que las nubes estratosféricas allí formadas actúan de superficies activas a modo de catalizador heterogéneo para la producción de cloro, que posteriormente destruye catalíticamente la capa de ozono. Tales nubes estratosféricas polares

<sup>1</sup> ver nota 2 página anterior.

<sup>2</sup> (a) L.R. Lynd, et al. (2008). How biotech can transform biofuels. *Nature Biotech.* 26, 169-172. (b) D. Martínez et al. (2008). Genome sequencing and analysis of the biomass-degrading fungus *Trichoderma reesei* (syn. *Hypocrea jecorina*). *Nature Biotech.* 26, 553-560. (c) M.B. Sticklen (2008). Plant genetic engineering for biofuel production: towards affordable cellulosic ethanol. *Nature Rev. Genet.* 9, 433-443.

<sup>3</sup> Ver, por ejemplo, el artículo de José Olivares Pascual en "El País" de 21/05/2008.

<sup>4</sup> K. Prueksakorn & S.H. Gheewala (2008). Full Chain Energy Analysis of Biodiesel from *Jatropha curcas* L. in Thailand. *Environ. Sci. Technol.* 42, 3388-3393.

<sup>5</sup> Maite Vázquez de los Ríos, en "ABC" de 24/04/2008.

<sup>6</sup> T.M.L. Wigley (2006). A combined mitigation/geoengineering approach to climate stabilization. *Science* 314, 452-454.

<sup>7</sup> S. Tilmes, R. Müller, & R. Salawitch (2008). The Sensitivity of Polar Ozone Depletion to Proposed Geoengineering Schemes. *Science* 320, 1201-1204.



se forman cuando la temperatura cae por debajo de los 195 K. La presencia añadida de aerosoles de sulfato (sean provenientes de erupciones volcánicas o por medio de geoingeniería) aumentaría la restricción de temperatura hasta los 200 K, facilitando la generación de una mayor cantidad de superficie en las citadas nubes para la activación del cloro. En el modelo realizado se considera que, aunque los niveles de cloro proyectados podrían descender (siguiendo las restricciones para las emisiones de los correspondientes compuestos y que permitirían la destrucción completa del agujero antártico hacia mitad de siglo), los efectos de las inyecciones de azufre, en cantidades suficientes para mitigar el efecto invernadero producido al doblar la cantidad de CO<sub>2</sub> atmosférico, afectarían de manera apreciable, en particular en inviernos fríos, al agujero de ozono antártico (aparecería todas las primaveras) y ártico (aunque más caliente, aparecería en la mayoría de las primaveras).

Por otro lado, otro estudio de la revista *Science* alerta de que el calentamiento global podría gradualmente dejar sin oxígeno partes de los océanos tropicales, afectando a la pesca y a las economías costeras.<sup>1</sup> Según este estudio, amplias áreas del Atlántico Este y del Océano Pacífico con relativamente baja concentración de oxígeno (en profundidades de entre 300 y 700 metros) se han expandido en los

últimos 50 años, aparentemente en línea con la subida de las temperaturas y considerando las mayores dificultades para la disolución del oxígeno del aire a medida que aumenta la temperatura del agua; el modelo considera también los efectos de la menor velocidad de advección de agua hacia la profundidad así como los posibles cambios en las concentraciones de materia orgánica disuelta, que afectarían también a las concentraciones de oxígeno. Se apunta que peces grandes, como el atún o el pez espada evitan, o no pueden sobrevivir, en regiones carentes de suficiente oxígeno.

Pero no todo son malas noticias. Según un estudio de científicos alemanes del Instituto de Ciencias Marinas de la Universidad de Kiel y el Instituto Max Planck de Meteorología de Hamburgo, se podría producir un enfriamiento temporal (en los próximos 10 años) de la temperatura del agua marina, que afectaría sobre todo al hemisferio norte a ambos lados del Atlántico.<sup>2</sup> El estudio se basa en el análisis, mediante modelos por ordenador, que consideran también la proyección de efectos antropogénicos, de las oscilaciones de las temperaturas de las corrientes atlánticas. El agua del mar y su flujo son grandes distribuidores del calor del planeta y presentan oscilaciones que abarcan periodos de 60 o 70 años; el momento actual coincidiría con un extremo del correspondiente periodo.

## NOx: LIMPIADORES ATMOSFÉRICOS

[M. L-C] Un estudio reciente ha demostrado que los NOx (grandes contaminantes en agricultura) pueden ayudar a producir radicales hidroxilo, conocidos como limpiadores naturales de la atmósfera, aunque al hacerlo pueden también producir ozono que es el mayor componente de la contaminación ambiental. El trabajo, publicado recientemente en la revista *Science*<sup>3</sup>, pretende profundizar en los modelos de química ambiental y explorar nuevas soluciones para evitar la contaminación en las grandes ciudades. El trabajo desarrollado por el grupo de investigación del Dr. Amitabha Sinha de la Universidad de San Diego, California (E.E.U.U.) ha encontrado una pieza fundamental de la química del hidroxilo: la contaminación por NOx puede ayudar en la fabricación de limpiadores atmosféricos. Los NOx, al ser excitados por longitudes de

onda similares a aquellas que se observan cuando el sol se encuentra bajo en el horizonte, pueden romper el agua de la misma forma que el ozono lo hace para producir radicales hidroxilo. Según el Dr. Sinha, a determinadas horas del día, este proceso podría aumentar la producción de estos 'limpiadores atmosféricos' hasta en un 50%. Por su parte, el Dr. Dwayne Heard, químico atmosférico de la Universidad de Leeds (Gran Bretaña), comenta que estos resultados son inesperados, pues están basados sólo en horarios en el que el Sol se encuentra cerca del horizonte. Lo anteriormente expuesto hace difícil de predecir cómo la concentración de radicales hidroxilo y ozono se verán afectados durante el curso del día en las grandes ciudades. Por ejemplo, cuando el Sol se encuentre en el horizonte se producirán muchos radicales hidroxilo,

<sup>1</sup> L. Stramma, G.C. Johnson, J. Sprintall, & V. Mohrholz (2008). Expanding Oxygen-Minimum Zones in the Tropical Oceans. *Science* 320, 655-658.

<sup>2</sup> N. S. Keenlyside et al. (2008). Advancing decadal-scale climate prediction in the North Atlantic sector. *Nature* 453, 84-88.

<sup>3</sup> Li, S., Matthews, J. & Sinha, A. *Science* 319, 1657-1660 (2008).



pero el efecto será mínimo en horas de pleno Sol, como el mediodía. Lo más relevante es el efecto en las zonas polares, en donde el Sol se encuentra durante mucho tiempo cerca del horizonte. El hallazgo podría, además, explicar las discrepancias que se observan hasta ahora

entre los modelos y las medidas experimentales. Lo expertos coinciden en que los modelos atmosféricos, que actualmente toman en consideración miles de reacciones químicas, se verán afectados por la complicación de añadir estas nuevas reacciones<sup>1</sup>.

## CAMBIO CLIMÁTICO Y CAZA HUMANA PROVOCARON LA EXTINCIÓN DEL MAMUT LANUDO

[M.A.C.] Un estudio reciente de un grupo de investigadores liderados por D. Nogués-Bravo, del Museo Nacional de Ciencias Naturales del CSIC, concluye que la extinción del mamut lanudo hace aproximadamente 3.700 años se debió al aumento de la actividad cinegética humana sobre una población en fuerte declive debido al colapso del nicho climático del mamut.<sup>2</sup> La polémica sobre la extinción del mamut y estas dos posibles causas tiene ya décadas, pero la investigación de este grupo combina modelos climáti-

cos y modelos de poblaciones con un tratamiento explícito de las interacciones humano-mamut que podrían haber llevado a la extinción. El análisis se realiza para diferentes períodos y se observa una disminución de las áreas geográficas adecuadas para el mamut, así como una disminución de las poblaciones de esos mamíferos, entre el Pleistoceno tardío y el Holoceno. Ambos efectos hicieron al mamut más vulnerable a una presión cinegética en aumento, hasta su extinción.

## COCHES PLEGABLES Y APILABLES PARA MEGACIUDADES

[M. L-C] El City Car es un vehículo eléctrico plegable y apilable inspirado en las sillas plegables de toda la vida. Ha sido diseñado por científicos del Massachusetts Institute of Technology (EE. UU.) y financiado por General Motors, para resolver los problemas de tráfico y reducir la contaminación en las grandes ciudades.<sup>3</sup> Aunque aún es un prototipo, este automóvil puede reducir sus dimensiones, ya de por sí pequeñas de 2,5 m a tan sólo 1,5 m, una tercera parte de lo que ocupa un coche convencional. El vehículo es "una computadora con ruedas", asegura el director del proyecto, el Dr. William Mitchell. Las principales funciones del automóvil se encuentran distribuidas entre las cuatro ruedas del coche, que es donde radica el secreto del vehículo. Ahí se localiza el motor (eléctrico), el mecanismo de dirección, suspensión y freno. Cuenta con GPS y controles digitales reconfigurables. Está controlado completamente por un ordenador central, lo que evita la necesidad de volante (puede girar 360° con solo utilizar una palanca). La idea del City Car es muy similar a la del Bicing en Barcelona: se espera que pueda haber cientos de ellos acoplados entre sí en diversos puntos de recogida y devolución (como los carros de la compra del

super) y que la gente pueda utilizar al primero disponible para desplazamientos cortos dentro de la ciudad (previo pago). La recarga del automóvil se lleva a cabo en el mismo lugar en donde se aparca a través de una red de suministro eléctrico. Ya que es un coche eléctrico, y debido a su diseño, el City Car no está preparado para carretera pero es ideal para solucionar los problemas de aparcamiento en las grandes ciudades.



Figura: Imagen obtenida de [www.gizmodo.es](http://www.gizmodo.es).<sup>4</sup>

<sup>1</sup> News Nature . Publicado online el 20 de Marzo, 2008

<sup>2</sup> Nogués-Bravo D et al., PLoS Biol 2008, 6(4): e79. doi:10.1371/journal.pbio.0060079.

<sup>3</sup> La vanguardia Digital. Publicado online 26/03/2008..

<sup>4</sup> [http://www.gizmodo.es/2007/11/03/city\\_car\\_proyecto\\_de\\_coches\\_apilables\\_del\\_mit\\_media\\_lab.html](http://www.gizmodo.es/2007/11/03/city_car_proyecto_de_coches_apilables_del_mit_media_lab.html)



## PICTOGRAMAS AZTECAS PARA CALCULAR SUPERFICIES

[M. L-C] Un estudio reciente publicado en la revista *Science* describe cómo, en el siglo XVI, los Aztecas utilizaban una aritmética más compleja de lo que se creía hasta ahora.<sup>1</sup> El trabajo, fruto de años de investigación, ha sido desarrollado por la geógrafa Barbara Williams (University of Wisconsin, U.S.A.) y la matemática María del Carmen Jorge y Jorge (Univ. Nac. Autónoma de México, UNAM). Las autoras demuestran que las superficies registradas eran el resultado de un método indígena de cálculo, desvelado a través del estudio del Códice "María Asunción" y el Códice "Vergara". Estos códices son libros de registro de propiedades y tributos de pequeños pueblos de la región Azteca conocida como Acolhua de Texcoco que contienen más de 2000 dibujos que representan propiedades agrarias. Uno de los aspectos más interesantes del estudio son las descripciones de las propiedades aztecas que incluían el concepto de área y medidas de longitud. Para lograr estos cálculos, los aztecas utiliza-

ron un tipo de aritmética basada en las proporciones entre dos tipos de unidades de medida; una de ellas es la descubierta por las autoras y es conocida como *mónada*. Las unidades *mónadas* son una especie de fracciones indígenas, menores que la unidad de longitud, y su uso implica un mayor grado de desarrollo de pensamiento matemático permitiendo una medición más exacta. Para representar lo anterior se utilizaban símbolos como, por ejemplo, una mano, que medía 1,5 metros; la flecha, 1,25 metros o el corazón que representa un metro, aunque se pueden encontrar un brazo o un hueso que representaban las longitudes más complejas de 0,83 o 0,5 metros respectivamente.<sup>2</sup> En su artículo de *Science*<sup>1</sup> las autoras informan de la posibilidad de reproducir el 60% de los cálculos por medio de ordenadores. En los casos remanentes, la discrepancia entre áreas medidas por ambos métodos fue muy pequeña, lo que sugiere que los Aztecas utilizaron un tipo de aritmética indígena desconocida.

### Apuntes cuenta contigo...

¿Te preocupa el panorama científico y tecnológico del país?, ¿Tienes algo significativo que contar al respecto?, ¿Te gustaría ejercer tu derecho a opinar libremente en nuestra revista?

En Apuntes creemos que tu opinión si importa y estaremos encantados de escucharte y hacer de vehículo para que tu opinión cuente...

Si deseas que publiquemos contenidos sobre alguna temática o problemática concreta, o si deseas opinar o colaborar en alguna de las secciones de la revista, contacta con nosotros en: [rosario.gil@uv.es](mailto:rosario.gil@uv.es)

Tú, ...cuenta con **Apuntes**

## Inserta aquí tu Publicidad

Anuncia tus productos o servicios en *Apuntes* de Ciencia y Tecnología, tu anuncio lo leerán varios miles de investigadores científicos de todas las disciplinas.

**\*Más de 5000 suscriptores electrónicos, que reenvían la revista a amigos y conocidos.**

**\*Más de 9000 descargas desde la web de la AACTE:<http://www.aacte.es>**

Para más información contacta con [rosario.gil@uv.es](mailto:rosario.gil@uv.es)

<sup>1</sup> B. J. Williams & M. Jorge y Jorge (2008). Aztec Arithmetic Revisited. *Science* 230, 72-77.

<sup>2</sup> El País. Edición impresa. Cinco manos de ancho por cuatro flechas de largo. 04/04/2008.

## SOBRE LA NATURALEZA Y LA FABRICACIÓN DE SERES VIVOS

*Juli Peretó*

*Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva  
Departament de Bioquímica i Biologia Molecular  
Universitat de València  
pereto@uv.es - <http://www.uv.es/cavanilles/genevol>*

**Resumen:** Durante el desarrollo de la biología molecular parecía superfluo preguntarse qué es la vida. Sin embargo, en el contexto del estudio del origen de la vida se mantuvo vivo el interés sobre la esencia de la vida. Asimismo, algunos biólogos teóricos proponían modelos de vida mínima o exploraban la lógica de la organización biológica. En la era postgenómica existe un interés renovado en la reflexión sobre la naturaleza de la vida, entre otras razones, por la eclosión de la biología de sistemas o de la biología sintética. La posibilidad de fabricar seres vivos en el laboratorio sigue diferentes estrategias -desde la ingeniería o desde la tradición de la química prebiótica- para alcanzar objetivos biotecnológicos y biomédicos o para simular el origen de la vida. Pero el afán por entender el fenómeno biológico a través de su síntesis tiene más de cien años de antigüedad.

**Palabras clave:** genoma mínimo, biología sintética, definición de vida, origen de la vida.

**Abstract:** The question of what life is, seemed superfluous during the development of molecular biology in the last century, although the essence of life remained as a central question in the context of the study of the origin of life. Furthermore, models of minimal life or explorations on the logic of the biological organization were developed by theoretical biologists. In the postgenomic era, there is a renewed interest in the reflection on the nature of life, among other things, because of the eclosion of systems and synthetic biology. There are two main strategies for life fabrication in the laboratory -the engineering approach and the tradition of prebiotic chemistry- with biotechnological and biomedical aims or for simulating life's origin. But the pursuit of understanding the biological phenomenon throughout its synthesis is more than one hundred years old.

**Keywords:** minimal genome, synthetic biology, life definition, origin of life.

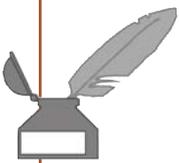
### INTRODUCCIÓN

Puede sonar paradójico, pero a los biólogos les ha interesado poco preguntarse ¿qué es la vida? Se han empeñado mucho más en describir y catalogar seres vivos que en interrogarse sobre la naturaleza del fenómeno vital. Al trazar la historia del concepto de vida algunos autores se han remontado a Aristóteles y más allá [1]. Sin embargo, el primer científico que se planteó las «condiciones esenciales de la organización para que pueda existir la vida» fue J. B. Lamarck, uno de los introductores del término 'biología' y un convencido de que todo en los seres vivos era cuestión de «fenómenos puramente físicos» (v. I, p. 362, [2]). Para Lamarck no bastaba con describir y estudiar las propiedades de

los seres vivos, sino que hacía falta desvelar el carácter esencial que diferencia los seres vivos de la materia inorgánica (v. I, p.191, [2]). Por todo ello, François Jacob sostiene que el 'concepto de vida' realmente no existía antes del siglo XIX [3].

Sin embargo, alguien como Charles Darwin no vio ningún problema en el hecho de que «la ciencia, hasta el presente, no ilumina la esencia o el origen de la vida», del mismo modo que no conocer la esencia de la atracción gravitatoria no impedía el avance de la física [4]. Es decir, para Darwin, era prematuro preguntarse qué es y cómo se originó la vida.

En tiempos más recientes, el despliegue de la biología molecular a lo largo del siglo XX apartó durante décadas



el interés por la definición de vida, como bien han señalado Evelyn Fox Keller [5] y Michel Morange [6]. La vida se describe en términos moleculares y esto parece suficiente para avanzar en su comprensión: según James Watson, Francis Crick entró en el pub Eagle, muy cercano a los laboratorios Cavendish de la Universidad de Cambridge donde construyeron el modelo de la doble hélice del DNA, diciendo en voz alta que habían descubierto el secreto de la vida [7].

Preguntarse 'qué es la vida' fue para los biólogos moleculares un asunto marginal, pese a que algunos de los protagonistas de estos avances reconocieron retrospectivamente la influencia de un librito publicado en 1944 por Erwin Schrödinger titulado, precisamente, *¿Qué es la vida?* [8]. Con todo, Schrödinger buscó la respuesta en el lugar equivocado (la física subatómica) ignorando el mar donde había que bucear: la química (véanse las críticas implacables de Linus Pauling y Max Perutz en [9]).

En cualquier caso, el programa de investigación sobre el origen de la vida, en marcha desde el trabajo pionero de Aleksandr I. Oparin iniciado en la década de 1920, mantuvo viva aquella pregunta marginada por la biología molecular. El bioquímico ruso estableció una conexión estrecha entre la definición de vida y su origen evolutivo, pues para él «una comprensión de la naturaleza de la vida es imposible sin un conocimiento de la historia de su origen» [10].

¿Pero la descripción molecular de la vida bastaba para comprenderla? La era postgenómica nos muestra con toda la crudeza que no es así, que por muchos genomas que acumulemos en las bases de datos, nuestra comprensión de la vida apenas si avanza: demasiada información para tan poco conocimiento. Pues el límite ahora no está en la tecnología necesaria para recoger y acumular datos, sino en nuestra capacidad de llegar a conclusiones relevantes a partir de tanto dato. ¿Cómo superar esta colosal dislocación?

Hoy existe un interés renovado por comprender la esencia del ser vivo y cómo aplicar este avance teórico. Algunos de los frentes abiertos son: (a) el interés creciente en el desarrollo de una biología de sistemas —una forma de *pensar* los sistemas biológicos, un intento de obtener conocimiento a partir de las montañas de datos genómicos o de otro tipo— o en la denominada astro- o exo-biología; (b) la popularización de modelos infrabiológicos, como la hipótesis del mundo del RNA para las etapas tempranas de la evolución celular; (c) el desarrollo de las aproximaciones computacionales a la vida (la llamada vida artificial, ALife); o (d) el entusiasmo que ha desatado la posibilidad de sintetizar, a corto plazo, un ser vivo en el laboratorio, lo que se conoce como *biología sintética*.

En este artículo repasamos algunos avances significativos en el empeño de definir la vida, los antecedentes históricos del interés científico en sintetizar vida y los principales enfoques actuales para hacer realidad esta ambición prometética.

## ¿QUÉ ES LA VIDA?

*¿Qué era la vida? Nadie lo sabía [...] parecía que la vida tenía vedado comprenderse a sí misma.*

Thomas Mann *La montaña mágica* (1924)

Una manera de orientarse en la extensa bibliografía sobre la definición de vida y, sobre todo, en la heterogeneidad de las formulaciones (para ejemplos recientes, véase [11]) es plantearse qué tipo de respuesta se prefiere. Por un lado, puede interesar una definición descriptiva, con el objeto de diseñar criterios demarcadores o métodos diagnósticos que permitan reconocer un objeto como vivo. Tal sería el caso de la exobiología o de la biología sintética: identificar un segundo ejemplo de vida hallado en otro planeta o fabricado en un laboratorio.

Por otro lado, movidos por razones más fundamentales, nos puede interesar una definición esencialista, buscar aquello que comparten todas las formas de vida conocidas, ese mínimo común expresado mediante conceptos tentativamente universales con un alto valor explicativo.

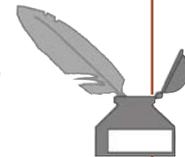
Aunque alguien podría preguntarse, con Evelyn Fox Keller, qué interés tiene realmente saber si algo está vivo o no y si esto tiene que ver más con convenciones humanas que con categorías naturales (p. 285 y ss. en [5], p. 45 y ss. en [11]). Algunos autores incluso han aportado argumentos filosóficos en contra de la mera posibilidad de definir la vida.

### La vida individual y la colectiva

Diversos autores han puesto el énfasis en caracterizar el ser vivo en su vertiente individual. El concepto de autopoyesis propuesto por Humberto Maturana y Francisco Varela nos puede servir de guía. Según estos autores un sistema autopoyético molecular representa la organización viva mínima, entendida como una red de procesos de producción (síntesis y destrucción) de componentes de manera que éstos continuamente regeneran la red que los produce y constituyen el sistema como una unidad claramente separada y diferenciada del medio [12].

A pesar de su nivel de abstracción, fácilmente podemos relacionar el concepto de autopoyesis con el hecho de que los seres vivos sean sistemas termodinámicos abiertos alejados del equilibrio, que en su interior existan redes metabólicas y que haya una frontera física que separe ese interior metabólico del exterior (membrana) que, a su vez, es producto de dicha red metabólica.

En principio, una entidad autopoyética puede crecer y llegar a reproducirse por división. Estos fenómenos se han simulado en experimentos químicos sencillos (recapitulados en [13]). Según esta definición, una vesícula autorreproductiva que generase los componentes de su membrana desde su interior, estaría viva.



Pero es evidente que la autopoyesis no captura todos los aspectos fundamentales de la vida: todos los seres vivos formamos parte de un torrente histórico por donde fluye información digitalizada en forma de polímeros de DNA que pasan de una generación a la siguiente. Somos el resultado de una larga historia evolutiva en la que el tiempo y el azar han ido esculpiendo los genomas.

Este aspecto histórico-colectivo de la vida lo ha tratado de recoger la definición que ha venido usando la NASA en su programa de exobiología desde 1992, una adaptación de la llamada 'definición genética' de Carl Sagan: «la vida es un sistema químico automantenido capaz de evolucionar darwinianamente» (es decir, por selección natural) (véase el prólogo de Gerald F. Joyce en [14]). Las propiedades fundamentales del sistema serán, pues, de acuerdo con el paradigma neodarwinista, la variabilidad de cualidades y su herencia, en contraste permanente con las condiciones ambientales. Según esta definición, una población de moléculas de RNA autorreplicativas estaría viva.

Con el objeto de ser más precisos respecto al tipo de organización que mostraría estos aspectos fundamentales de los seres vivos, individuales e histórico-colectivos, propusimos la siguiente definición: «un ser vivo es cualquier sistema autónomo con capacidades evolutivas abiertas» [15].

Un sistema autónomo está alejado del equilibrio y se mantiene a sí mismo mediante una organización basada en un conjunto de acoplamientos termodinámicos entre los procesos internos de autoconstrucción y los de interacción con su entorno. Por otro lado, la capacidad de evolución abierta es el potencial del sistema para reproducir su dinámica funcional y originar una variedad ilimitada de sistemas equivalentes sin un nivel superior de complejidad organizativa (aparte de las restricciones impuestas por unos recursos finitos y unas leyes fisicoquímicas universales).

Esta definición no sólo nos permite discutir qué tipo de sistemas químicos y qué requerimientos mínimos se necesitan para mostrar estas propiedades fundamentales sino que, siguiendo los postulados de Oparin, nos permite trazar una explicación genealógica de la propia definición (véase el apartado 5 en [15]). De la primera aproximación se pueden derivar protocolos experimentales para analizar muestras de vida putativa. A partir de la segunda se pueden marcar los hitos hipotéticos de la transición de la evolución prebiótica a la biológica, a través de estadios proto- o infrabiológicos [15, 16].

### Estar vivo y ser un ser vivo

Hemos hecho un esfuerzo de reunir en una misma definición la cualidad de subsistir, de *estar vivo* en unas determinadas condiciones y contrarrestar la muerte individual mediante un flujo incesante de materia y energía, y el hecho de ser un *ser vivo*, es decir, pertenecer a una especie con una historia evolutiva, bajo la

amenaza de la extinción colectiva. Somos, pues, materia con dos biografías: la individual, que se despliega en un programa ontogenético, y la colectiva, resultado de una descendencia filogenética.

El biólogo teórico Tibor Gánti ha introducido la idea de criterios de vida y ha distinguido entre criterios absolutos (o reales) y potenciales de lo viviente [17]. No se trata de definiciones de ser vivo sino más bien de una demarcación taxonómica para clasificar objetos. Esto permite separar bien las diversas situaciones (estar y ser vivo) y solucionar los casos situados en la frontera, tan recurrentes: ¿están vivos un animal estéril o las células que no se dividen? ¿y los virus?

Entre los criterios absolutos de lo vivo, Gánti cuenta la individualidad (la unidad que posee un ser vivo con propiedades que no son exhibidas por sus partes), el metabolismo, la estabilidad ante los cambios ambientales, la posesión de un subsistema informativo y la regulación de sus procesos internos. Los criterios potenciales de lo viviente para Gánti son: el crecimiento, la reproducción, la herencia y la mortalidad.

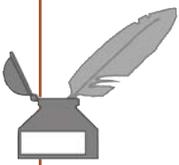
Eörs Szathmáry ha difundido el pensamiento de Gánti y, para refinar su propuesta, ha sugerido la idea de unidades de vida (que cumplen los criterios absolutos de Gánti) y de unidades de evolución (que reúnen las condiciones para evolucionar por selección natural) ([18], p. 107 y ss. en [11]). La intersección entre unidades de vida y de evolución está ocupada por cualquier organismo que cumpla todos los criterios, absolutos y potenciales (por ejemplo, las bacterias de vida libre). Pero podemos encontrar casos de unidades de vida que no pueden evolucionar (un animal estéril) o unidades de evolución que no verifican algunos criterios absolutos (un virus).

En términos genealógicos, nosotros hemos propuesto que, en sus orígenes más remotos, los sistemas químicos automantenidos primero debieron aprender a 'estar' vivos para poder incorporar la evolución por selección natural y llegar a 'ser' seres vivos. [15, 16]

### Despertar del sueño cartesiano

Para René Descartes un animal es una máquina, literalmente (cap. 5 en [1]). No cabe duda que el mecanicismo cartesiano, aliado con el reduccionismo inherente a la biología molecular, ha dado unos frutos científicos notables. Pero hay que reconocer las limitaciones de estas concepciones. Los seres vivos, por razones fundamentales que veremos a continuación, no son como las máquinas y la comprensión completa de su funcionamiento no vendrá del análisis exhaustivo de sus partes, ni siquiera tratando de recomponerlas burdamente.

En su primera obra sobre el origen de la vida, Oparin plantea una lista de propiedades manifestadas por los seres vivos (organización definida, metabolismo, reproducción y excitabilidad), ninguna de las cuales les es exclusiva, pues es posible encontrarlas en la naturaleza inanimada [19]. La conclusión de Oparin es que



«la singularidad, la especificidad de los organismos vivos consiste sólo en que en ellos se han reunido en una combinación extremadamente complicada numerosas propiedades y características que están presentes separadamente en diferentes cuerpos inertes.» (p. 58 en [19]). Para el bioquímico ruso, encontrar las condiciones que permitieron en la Tierra primitiva la combinación especial y específica de propiedades que vemos en los seres vivos equivaldría a explicar el origen de la vida.

Otro modo de verlo es considerar que la naturaleza de la vida está distribuida en diferentes subsistemas, ninguno de los cuales exhibe todas las propiedades atribuidas a los seres vivos. Sólo emergen dichas propiedades cuando se combinan y acoplan todos los subsistemas. Siguiendo el modelo del quimiotón de Gánti [17] y la terminología de Szathmáry [20] podemos establecer tres subsistemas infrabiológicos: el metabolismo, la membrana (*boundary*) y el molde de los registros genéticos (*template*). Como veremos más adelante, la simulación experimental permite cierta combinatoria entre ellos, con el objeto de explorar posibles etapas tempranas de la evolución celular [20].

No podemos acabar este apartado sobre la esencia de la vida sin referirnos a las ideas de Robert Rosen. Aunque su teoría de los sistemas ( $M,R$ ) (metabolismo, reparación o, mejor, reemplazamiento) es muy abstracta e inaccesible, tenemos que agradecer a Athel Cornish-Bowden y sus coautores el esfuerzo que hacen para acercarnos a sus interesantes ideas (para una introducción véase [21] y [22]). Si la idea de autopoiesis pone el énfasis en la organización estructural del organismo y la existencia de una barrera física que separa el interior del exterior, la de los sistemas ( $M,R$ ) incide en la lógica de la organización expresada en términos matemáticos.

Una de las observaciones clave es obvia, aunque nunca se toma en consideración: todos los enzimas necesarios para que un organismo viva tienen que ser producidos por el mismo organismo. Esto conduce a la llamada circularidad metabólica, o dicho en términos más actuales: el metaboloma es un producto del proteoma y, a su vez, éste es un producto del metaboloma.

En efecto, los enzimas tienen una vida finita y tienen que ser permanentemente resintetizados a partir de componentes del propio organismo (desde dentro). Esto nos lleva de inmediato a lo inadecuado que es comparar organismos y máquinas. Todos los artefactos necesitan agentes externos que los diseñen, fabriquen y mantengan. En un organismo, el reemplazamiento de sus componentes (y en buena medida, su construcción) es una función interna, sin ninguna ayuda exterior. Rosen lo expresó así: «Un sistema material es un organismo si y sólo si es cerrado respecto a las causas eficientes» (citado en [21]). Hay, pues, una diferencia esencial entre organismos y máquinas que no se debería obviar en el contexto de la biología sintética.

## LAS VIEJAS PROMESAS DE LA BIOLOGÍA SINTÉTICA

*Resultó que aquella vegetación era de origen completamente mineral [...] resultado de un proceso físico llamado "presión osmótica" [...] me guardaré de decir si aquel espectáculo era digno de reír o de llorar.*

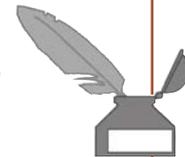
Thomas Mann *El doctor Faustus* (1948)

Si realizamos una búsqueda en Internet usando los términos 'biología sintética' observaremos que en los últimos pocos años se ha producido una verdadera explosión de entusiasmo colectivo alrededor de la posibilidad de la fabricación de vida. Pero ni los términos en sí mismos, ni los anhelos tras los que se desarrollan los proyectos científicos de obtener vida en el laboratorio, son nuevos. Tienen más de un siglo de existencia [23].

Hubo un tiempo en el que el debate sobre la esencia de la vida basculaba entre la importancia de la forma (en la más pura tradición aristotélica) o la de la base material que constituía los seres vivos (el protoplasma de Thomas H. Huxley, por ejemplo). Científicos activos en la transición del siglo XIX al XX, como Stéphane Leduc o Alfonso L. Herrera, perseguían la comprensión del fenómeno vital a través de la generación de la forma, a partir de ingredientes minerales bajo la acción de activadores puramente físicos y químicos. Los jardines químicos de Leduc o la plasmogenia de Herrera son dos ejemplos del empeño de comprender qué es la vida a través de la síntesis, más que del análisis, del reduccionismo que empezaba a cosechar éxitos con el nacimiento de la bioquímica [24]. Es más, en 1912 Leduc tituló uno de sus libros como *La biologie synthétique* [25]. Después de invocar los éxitos de la química orgánica sintética, Leduc interroga al lector: «¿en qué es menos admisible intentar hacer una célula que intentar hacer una molécula?» (p.14 en [25]).

Autores como Herrera o Leduc querían demostrar que no existía una frontera insalvable entre la materia inerte y la viva, pues la generación de formas vivas era un fenómeno estrictamente natural. Y aunque en retrospectiva sus experimentos nos puedan parecer ahora absurdos, en su contexto fueron un episodio notable en la historia de las explicaciones biológicas y una confrontación rigurosa con el vitalismo (cap. 1 en [5]). No hay más que leer las furibundas reacciones desatadas por sus trabajos en los escritos de científicos católicos europeos, como los padres Agostino Gemelli, Jean Maumus o Jaume Pujiula [26].

Sin embargo, el verdadero enemigo para estos sacerdotes biólogos fue Jacques Loeb, descubridor de la partenogénesis artificial (1899) y uno de los fundadores de la química de proteínas. Loeb fue catedrático de fisiología en la Universidad de Chicago y le guiaba un espíritu ingenieril aplicado a la biología: podemos entender las cosas si las podemos fabricar [27]. De hecho, Loeb consideraba que la producción de vida en el laboratorio era el objetivo último de la biología (véase el capítulo de conclusiones en [28]). Un logro científico que él reservaba a los investigadores más jóvenes, únicos capaces de



llevar a cabo tamaña transición de paradigma. Desaparecida esta generación de científicos sin haberlo conseguido, sus biznietos puede que lo logren pronto.

### LOS NUEVOS RETOS DE LA BIOLOGÍA SINTÉTICA

*Tras noches y días de increíble labor y fatiga, conseguí descubrir el origen de la generación y la vida; es más, yo mismo estaba capacitado para infundir vida en la materia inerte.*

Mary Shelley *Frankenstein o el moderno Prometeo* (1818)

*El eobionte que yo pretendía crear tenía que ser la forma de vida independiente más sencilla posible [...] he eliminado una frontera metafísica al borrar el límite entre la química y la biología.*

Harry Mulisch *El procedimiento* (1998)

¿Qué significa 'biología sintética' un siglo después de los empeños de Leduc o Herrera en el laboratorio, o del mensaje visionario de Loeb? No cabe duda que el avance en la descripción de la vida y su manipulación a escala molecular ha sido espectacular [29]. Con estas herramientas y conocimientos, metidos de lleno en la era postgenómica, ha resurgido el interés en la cuestión de la naturaleza y fabricación de la vida. Parece como si, de pronto, un extenso grupo de gente, con formaciones muy diversas, se haya puesto de acuerdo en que la ciencia está ya en condiciones de sintetizar vida en el laboratorio. Pero, ¿se interrumpió por completo este interés científico a lo largo del siglo xx?

A pesar de lo afirmado por Keller [5] y Morange [6] respecto al abandono de la cuestión de la definición de la vida por parte de los biólogos moleculares, sí que hubo una comunidad de científicos que se siguió interrogando 'qué es la vida' y que consideraba fundamental su síntesis: muchos de los que han trabajado en el programa de investigación sobre el origen de la vida han seguido, implícita o explícitamente, este paradigma opariniano.

En su primer libro traducido al inglés, Oparin sostiene que «la síntesis artificial de objetos vivos es una meta remota, pero no inalcanzable,» en el camino hacia el conocimiento definitivo de la naturaleza de la vida (p. 252 en [30]). Del mismo modo Haldane, cofundador del estudio científico del origen de la vida, afirma que todas sus propuestas en este asunto son especulativas, y «lo seguirán siendo mientras no se sinteticen criaturas vivientes en el laboratorio bioquímico» (p. 9 en [31]).

Cuando en 1953 Stanley L. Miller publicó los resultados de sus experimentos de simulación de la síntesis orgánica en la atmósfera primitiva y fundó la química prebiótica, los medios de comunicación también lo presentaron como un logro en el camino de la síntesis artificial de vida, un error que hoy en día se sigue cometiendo [32]. A pesar de estos abusos, es cierto que el objetivo final de la química prebiótica es la simulación de los procesos que darían lugar a seres vivos simples, como una demostración culminante de la plausibilidad química del origen de la vida [33].

Pero en los últimos años, el programa de investigación sobre el origen de la vida se ha visto eclipsado por las propuestas hechas desde diferentes ámbitos, científicos e ingenieriles, que reclaman la biología sintética como un campo propio y emergente. Científicos e ingenieros, convenientemente amplificadas por periodistas (por ejemplo, [34]) e impulsados por agencias de financiación poderosas (por ejemplo, [35]), han proclamado a los cuatro vientos las posibilidades, tal vez exageradas, de la fabricación de organismos a la carta.

Para guiarnos en los proyectos de biología sintética, tanto los que son continuadores de la química prebiótica dentro de la tradición opariniana como los que se presentan como una nueva área de investigación y desarrollo tecnológico, proponemos una metáfora literaria.

### Frankenstein y Werker: dos estrategias para la fabricación de un ser vivo

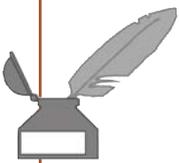
Cuando Mary W. Shelley publicó su famosa novela *Frankenstein o el moderno Prometeo* en 1818 [36] dejó claro que lo que allí se explicaba no era considerado imposible por los científicos de la época y cita, por ejemplo, al doctor Erasmus Darwin, el abuelo del célebre naturalista. Víctor Frankenstein es un científico que investiga sobre la posibilidad de infundir la vida a la materia inerte. Pero para ello utiliza seres muertos, fragmentos de cadáveres. Por tanto, Frankenstein descubre el modo de devolver la actividad vital a materiales que han estado vivos.

Ciento ochenta años después, el novelista holandés Harry Mulisch narró en *El procedimiento* [37] la historia de Víctor Werker, un científico capaz de fabricar células muy simples ('eobiontes') a partir de compuestos químicos, como ciertas arcillas. Mulisch se inspira en investigaciones reales sobre el origen de la vida. Obviamente, ambas novelas nos muestran las consecuencias que sufren aquéllos que 'juegan a ser Dios'. Pero lo que interesa aquí es que tanto Frankenstein como Werker son científicos serios y rigurosos que persiguen un mismo objetivo partiendo de paradigmas diferentes.

Así, por utilizar los términos de Keller [5], Frankenstein persigue la síntesis artificial de vida –un procedimiento artificial para devolver la vida a un ser que estuvo vivo–, mientras que Werker busca la síntesis de vida artificial –una vida artificial de carácter muy simple que se parezca a la que emergió en la Tierra primitiva. Dicho de otro modo, se puede buscar la fabricación de seres vivos usando partes ofrecidas por los seres existentes ('de arriba a abajo') o sintetizar formas elementales de vida implementando químicamente conceptos fundamentales, como la autopoyesis o la autorreplicación ('de abajo a arriba') [23].

### À la Frankenstein: síntesis artificial de vida o de arriba a abajo

Podríamos definir esta biología sintética como la ingeniería genética y metabólica de la era postgenómica [23], es



decir, la ingeniería biológica puesta en el contexto de la biología de sistemas. Así, una diferencia fundamental con la ingeniería genética clásica es que ahora podemos conocer la totalidad del paisaje genético de una célula e inferir las redes metabólicas o de interacción entre proteínas. Una etapa que antes no se daba es la de la simulación computacional, previa a la intervención experimental. En efecto, los modelos teóricos cuantitativos y las simulaciones tienen un notable protagonismo en este tipo de enfoque de la biología sintética hasta convertirse en una seña de identidad [38].

Uno de los casos más llamativos en este ámbito es el de las propuestas de la comunidad de ingenieros del MIT que han lanzado la idea de la estandarización y catalogación de las llamadas 'partes' intercambiables (*BioBricks* <<http://www.biobricks.org>>), que se puedan combinar para diseñar nuevos circuitos genéticos y metabólicos, nuevas propiedades en las células receptoras que actuarían como un mero 'chasis'.

La crítica fundamental que se puede hacer a este enfoque es el abuso de la comparación entre células y computadores (véase, por ejemplo, fig. 1 en [39]). Como hemos visto, hay razones muy profundas que diferencian el funcionamiento de las máquinas y las células vivas. Además, no es de esperar que las 'partes' biológicas (sean proteínas, como factores de transcripción, o secuencias promotoras u otros elementos) tengan un comportamiento totalmente fiable y predecible en cualquier contexto. Es decir, es más que dudoso que sean totalmente intercambiables. Puede que una proteína actúe de una determinada manera en un contexto en el que la hemos caracterizado y manifestar otras propiedades o funciones en un contexto diferente. Si algo está emergiendo con fuerza del análisis postgenómico de la vida celular es que muchas proteínas tienen más de una función (*moonlighting* o pluriempleo) y, en la mayoría de los casos apenas si les atribuimos sólo una. Por tanto, no se puede descartar que emerjan nuevas e inesperadas propiedades al reunir 'partes' que fueron caracterizadas en otro contexto diferente [40].

Otra vía para emular a Frankenstein a escala celular es la tomada por Craig Venter que trata de definir un genoma mínimo sobre el que se puedan añadir a voluntad paquetes de información que reconfiguren las funciones celulares de manera orientada hacia un objetivo biotecnológico. Sin duda, lo más inmediato es hacer listas de genes que constituyan el mínimo conjunto de información genética necesaria y suficiente para la vida celular en unas condiciones determinadas.

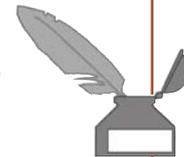
Las bacterias parásitas o las simbioses intracelulares han sufrido un proceso de reducción genómica muy notable. Comparando diversos genomas reducidos y las listas de genes esenciales determinados experimentalmente, hemos propuesto un conjunto de 208 genes para un genoma mínimo de una bacteria en un ambiente químicamente rico [41, 42]. Este genoma contiene la información para un metabolismo heterotrófico mínimo que es estequiométricamente coherente [43].

La dependencia de la complejidad de la red metabólica con la complejidad del entorno hace que realmente no exista un genoma mínimo, sino tantos como ambientes se puedan imaginar. La idea de célula mínima, cuya simplicidad es función de la complejidad ecológica, fue introducida por Harold J. Morowitz [44] y en nuestro grupo estamos desarrollando métodos cuantitativos que permitan establecer una jerarquía de complejidad en redes metabólicas mínimas. Por otra parte, el estudio de más bacterias (y consorcios bacterianos) endosimbiontes puede enriquecer nuestro conocimiento sobre las diferentes maneras por las cuales la evolución ha alcanzado un genoma mínimo en ambientes muy diferentes. Esta información puede ser de gran utilidad en el contexto de esta biología sintética de orientación genómica [45].

El grupo de Venter ha determinado los genes esenciales de una de las bacterias cultivables de genoma más pequeño que existe, *Mycoplasma genitalium*, [46] y ha presentado una patente sobre la lista de 381 genes [47]. Este hecho ha desatado la polémica (nótese cómo el titular del comentario de *Science* [48] confunde 'genoma' con 'organismo'). Por otro lado, el mismo grupo ha conseguido sintetizar químicamente el genoma completo de dicha bacteria de 582.970 pares de bases, bp [49] (éste es el trabajo que desató el entusiasmo periodístico a finales de enero de 2008), una meta más tecnológica que científica. En efecto, si se quiere fabricar *de novo* un genoma, se han de desarrollar técnicas de síntesis química de polidesoxinucleótidos (los polímeros constituyentes de los genomas) que lo hagan cada vez más rápido, fiable y barato posible.

¿Qué más hay que hacer? No sólo hay que fabricar un genoma, suponiendo que sabemos la lista de genes: en qué orden hay que ponerlos, qué secuencias reguladoras ha de contener y en qué posición, etc. También hay que introducir el genoma en una célula sin genoma que actúe de plataforma para su expresión. El grupo de Venter ha conseguido el 'transplante de genomas' en un caso muy especial: el genoma de *M. mycoides* (1,08 millones de bp) fue introducido en células de *M. capricolum*. Por razones desconocidas, las células receptoras pierden su genoma a favor del recibido y manifiestan un fenotipo (por ejemplo, el proteoma) derivado del genoma transferido [50]. No es probable que estas observaciones se puedan generalizar a otros sistemas celulares. Entre otros detalles técnicos, hay que recordar que las Mycoplasmatales son las únicas bacterias que carecen de pared celular, circunstancia que en su caso facilita la entrada del DNA foráneo.

¿Cuál es la meta que se persigue? Si al final disponemos de un sistema celular que admita y exprese genomas sintetizados químicamente, se podrían diseñar combinaciones de genes que confiriesen a la célula artificial propiedades de interés biotecnológico o biomédico. Para esto, obviamente, todavía falta mucho trabajo teórico y experimental. En todo caso, convendría superar esta visión un tanto simplificadora de la



complejidad biológica. Porque no debemos olvidar que *no todo está en los genes*. La complejidad celular se rige por un determinismo impredecible: la propia célula y su interacción con el entorno todavía encierran grandes incógnitas.

### ¿A la Werker: síntesis de vida artificial o de abajo a arriba

Como hemos dicho, existe una larga tradición científica que ha seguido esta estrategia, teórica y experimentalmente. De los postulados de Oparin y Haldane a la química prebiótica fundada por Miller, pasando por modelos como el quimiotón de Gánti. Así, éste puede servir de guía para la construcción de sistemas vivos artificiales (p. 140 en [17]) o algo que se le parezca mucho. Podemos aceptar los tres subsistemas infrabiológicos básicos antes mencionados –metabolismo, membrana y polímeros replicativos– [18], pero el gran reto es configurarlos químicamente y establecer combinaciones entre ellos. Por orden de éxito hasta la fecha: redes químicas que sostengan polímeros autorreplicativos (no tenemos ejemplos), vesículas derivadas de reacciones sencillas ubicadas en su interior [13], o vesículas que contengan polímeros autorreplicativos. Los sistemas experimentales publicados hasta la fecha se acercan mucho a este tercer tipo sin alcanzarlo todavía [51]. Podría incluso establecerse una jerarquía: protocélulas automantenidoas, autorreproductivas o con capacidad de evolución [52] dependiendo del grado de complejidad química implementado. Qué duda cabe que lo más difícil será encontrar la manera en que los tres subsistemas, que podemos simular en el laboratorio por separado, se acoplen armoniosamente entre sí. Como ha reconocido Morange (p. 65 en [11]) siguiendo la estela de Oparin [19], esto sería dar en el clavo de una cuestión clave del origen de la vida.

Jack W. Szostak, David P. Bartel y Pier Luigi Luisi son tres protagonistas destacados de la implementación química de dos de los tres subsistemas infrabiológicos (a saber, ribozimas como modelo de polímeros replicativos y vesículas como modelo de células simples). Invitados por la revista *Nature* publicaron en 2001 un verdadero programa de investigación para la síntesis de vida artificial, de abajo a arriba [33]. Los cimientos experimentales para este logro ya están puestos (véase revisión reciente en [52]), aunque se necesita saber mucho más tanto sobre evolución de RNA en el tubo de ensayo como de biofísica de membranas y vesículas.

En esencia, se trataría de conseguir vesículas autorreproductivas que contuviesen al menos dos ribozimas: una con actividad RNA polimerasa RNA dependiente (es decir, que sea capaz de copiar un molde de RNA, tanto a sí mismo como a la segunda ribozima); otra con una actividad capaz de catalizar la síntesis de las moléculas constituyentes de la membrana de la vesícula.

Por supuesto hay muchos problemas pendientes. Por citar sólo uno: ¿cómo tendrían acceso estas ribozimas

a los monómeros constituyentes del RNA y a los precursores moleculares de los componentes de la membrana, teniendo en cuenta que éstas suelen ser barreras de permeabilidad eficaces? Se entiende que estos precursores están en el exterior y que han de ser suministrados por el experimentador. De llegarse a sintetizar un sistema químico como el anterior, ¿diría usted que estamos ante un ser vivo?

### CONSIDERACIONES FINALES

La biología sintética merece una atención epistemológica crucial en este momento y las primeras reflexiones ya se han publicado [23,53]. El proyecto europeo TARPOL (fecha de inicio, verano de 2008), liderado por Andrés Moya desde la Universitat de València, concentra el esfuerzo de dieciocho grupos de investigación interesados, entre otras cosas, en este enfoque conceptual. TARPOL también contempla las consideraciones éticas y de bioseguridad que ya han empezado a suscitarse [54,55].

Sería un desperdicio intelectual ignorar los beneficios científicos que puede reportar la biología sintética en favor del supuesto beneficio tecnológico a corto plazo. Esta es la opinión de algunos destacados líderes de la biología sintética en la línea más dura de la ingeniería, como es Drew Endy. Sus provocadoras declaraciones menospreciando el avance del conocimiento que pueda suponer la biología sintética (especialmente, pero no sólo, la que va de abajo a arriba) son una muestra del desaliño intelectual que algunos profesan [56].

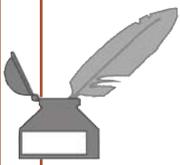
Parece más inteligente aprovecharse de todas las estrategias y repasar un poco la historia. Hay muy buenos ejemplos de aquello que se puede aprender a través de la síntesis y que nos es inaccesible sólo por medio de la observación y el análisis. Uno de los mejores quizás sea la síntesis química de la vitamina B12 que permitió establecer las reglas de Woodward-Hoffmann sobre la simetría de los orbitales moleculares [23].

A la biología sintética todo el mundo le supone el éxito en proyectos biotecnológicos o biomédicos. Pero como ha sugerido Szathmáry [57], ojalá podamos medir también su éxito porque hemos entendido algún aspecto fundamental de la esencia de la vida.

### AGRADECIMIENTOS

El autor agradece las muchas conversaciones de temática histórica o filosófica con Jesús Català, Álvaro Moreno y Kepa Ruiz-Mirazo. Asimismo, agradece a todos sus colegas de Unitat de Genètica Evolutiva del Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva la excelente atmósfera de trabajo y discusión científica y al MEC y la Generalitat el apoyo financiero.





## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Pichot, A. Histoire de la notion de vie. París: Gallimard (1993).
- [2] Lamarck, J. B. Philosophie zoologique. París: Dentu (1809). Trad. catalana, Barcelona: IEC/Pòrtic/Eumo (2007).
- [3] Jacob, F. La logique du vivant. París: Gallimard (1970). Trad. castellana, Barcelona: Tusquets (1999).
- [4] Darwin, C. R. The origin of species. Londres: John Murray. Sexta edición, cap. xv (1872).
- [5] Keller, E. F. Making sense of life. Explaining biological development with models, metaphors, and machines. Cambridge: Harvard University Press (2002).
- [6] Morange, M. La vie expliquée? 50 ans après la double hélice. París: Odile Jacob (2003).
- [7] Crick, F. H. C. What mad pursuit. A personal view of scientific discovery. Nueva York: Basic Books (1988). Trad. castellana, Barcelona: Tusquets (1989), p. 91.
- [8] Schrödinger, E. What is life? Cambridge: Cambridge University Press (1944). Trad. castellana, Barcelona: Tusquets (1983).
- [9] Kilmister, C. W. (ed.) Schrödinger. Centenary celebration of a polymath. Cambridge: Cambridge University Press (1987).
- [10] Oparin, A. I. Life: its nature, origin and development. Nueva York: Academic Press (1961).
- [11] Bersini, H. y Reisse, J. Comment définir la vie? Les réponses de la biologie, de l'intelligence artificielle et de la philosophie des sciences. París: Vuibert (2007).
- [12] Maturana, H. y Varela, F. J. De máquinas y seres vivos. Una teoría sobre la organización biológica. Santiago de Chile: Editorial Universitaria S.A. (1973).
- [13] Luisi, P. L. The emergence of life. From chemical origins to synthetic biology. Cambridge: Cambridge University Press (2006).
- [14] Deamer, D. W. y Fleischaker, G. R. (eds.) Origins of life. The central concepts. Boston: Jones and Bartlett, p. xi-xii.
- [15] Ruiz-Mirazo, K., Peretó, J. y Moreno, A. A universal definition of life: autonomy and open-ended evolution. *Origins Life Evol. Biosph.* 34, 323 (2004).
- [16] Peretó, J. Controversies on the origin of life. *Int. Microbiol.* 8, 23 (2005).
- [17] Gánti, T. The principles of life. Oxford: Oxford University Press (2003).
- [18] Szathmáry, E. The biological significance of Gánti's work in 1971 and today. En [17], p. 157.
- [19] Oparin, A. I. Proiskhozhenie Zhizni. Moscú: Moscovskii Rabotchii (1924). Trad. inglesa reimpresa en [14] V Trad. catalana, València: Publicacions de la Universitat de València (2006).
- [20] Szathmáry, E. Coevolution of metabolic networks and membranes: the scenario of progressive sequestration. *Phil. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* doi: 10.1098/rstb.2007.2070 (2007).
- [21] Cornish-Bowden, A. Putting the systems back into systems biology. *Persp. Biol. Med.* 49, 475 (2006).
- [22] Cornish-Bowden, A., Cárdenas, M. L., Letelier, J. C. y Soto-Andrade, J. Beyond reductionism: metabolic circularity as a guiding vision for a real biology of systems. *Proteomics* 7, 839 (2007).
- [23] Peretó, J. y Català, J. The Renaissance of synthetic biology. *Biol. Theor.* 2, 128 (2007).
- [24] Cornish-Bowden, A. (ed.) New beer in an old bottle. Eduard Buchner and the growth of biochemical knowledge. València: Publicacions de la Universitat de València (1997).
- [25] Leduc, S. La biologie synthétique. París: A. Poinat (1912).
- [26] Peretó, J. Què és la vida i com podem fabricar-la? Lliçó inaugural del curs 2003-2004. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans (2003).
- [27] Pauly, P. J. Controlling life. Jacques Loeb and the engineering ideal in biology. Nueva York: Oxford University Press (1987).
- [28] Loeb, J. Dynamics of living matter. Nueva York: Macmillan (1906).
- [29] Morange, M. Histoire de la biologie moléculaire. París: La Découverte (2003).
- [30] Oparin, A. I. The origin of life. Nueva York: Macmillan (1938). [La edición rusa original es de 1936.]
- [31] Haldane, J. B. S. The origin of life. *Rationalist Annu.*, p. 3 (1929). Reimpreso en [14]. Trad. catalana, València: Publicacions de la Universitat de València (2006).
- [32] Ward, P. Life as we do not know it. Nueva York: Penguin (2005).
- [33] Szostak, J. W., Bartel, D. P. y Luisi, P. L. Synthesizing life. *Nature* 409, 387 (2001).
- [34] Life 2.0: Prepare for synthetic biology. *The Economist*, 2-8 septiembre 2006. I am creating artificial life, declares US gene pioneer. *The Guardian*, 6 de octubre de 2007. Scientists take new step toward man-made life. *The New York Times* 24 de enero de 2008. La ciencia abre la vía para crear la vida artificial. *La Vanguardia*, 25 de enero de 2008.
- [35] Synthetic Biology: Applying Engineering to Biology. NEST reports, European Commission < [ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nect/docs/syntheticbiology\\_b5\\_eur21796\\_en.pdf](ftp://ftp.cordis.europa.eu/pub/nect/docs/syntheticbiology_b5_eur21796_en.pdf) > [consultado el 22-3-2008]
- [36] Sheley, M. W. Frankenstein or the modern Prometheus. Londres: Lackington, Hughes, Harding, Mavor and Jones (1818). Trad. castellana, I. Burdiel (ed.), Madrid: Cátedra (1996).



- [37] Mulisch, H. De Procedure. Amsterdam: De Bezige Bij (1998). Trad. castellana, Barcelona: Tusquets (2001).
- [38] Kaznessis, Y. N. Models for synthetic biology. *BMC Syst. Biol.* 1, 47 (2007).
- [39] Andrianantoandro, E., Basu, S., Karig, D. K. y Weiss, R. Synthetic biology: new engineering rules for an emerging discipline. *Mol. Syst. Biol.* doi:10.1038/msb4100073 (2006).
- [40] Serrano, L. Synthetic biology: promises and challenges. *Mol. Syst. Biol.* 3, 158 (2007).
- [41] Gil, R. Silva, F. J., Peretó, J. y Moya, A. Determination of the core of a minimal bacterial gene set. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 68, 518 (2004).
- [42] Gil, R. En busca del genoma mínimo. *Apuntes de Ciencia y Tecnología* 23, 31 (2007).
- [43] Gabaldón, T., Peretó, J., Montero, F., Gil, R., Latorre, A. y Moya, A. Structural analyses of a minimal metabolic network. *Phil. Trans. R. Soc. Lond., B, Biol. Sci.* 362, 1751 (2007).
- [44] Morowitz, H. J. Beginnings of cellular life. Metabolism recapitulates biogenesis. New Haven: Yale University Press (1992).
- [45] Moya, A., Peretó, J., Gil, R. y Latorre, A. Learning how to live together. Genomic insights into prokaryote-animal symbioses. *Nat. Rev. Genet.* 9, 218 (2008).
- [46] Glass, J. I. et al. Essential genes of a minimal bacterium. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 103, 425 (2006).
- [47] Minimal bacterial genome. Inventors: Glass, J. I. et al. Assignee: J. Craig Venter Institute, Inc. United States Patent Application Serial No. 546364, October 12, 2006.
- [48] Kaiser, J. Attempt to patent artificial organisms draws a protest. *Science* 316, 1557 (2007).
- [49] Gibson, D. G. et al. Complete chemical synthesis, assembly, and cloning of a *Mycoplasma genitalium* genome. *Science* 319, 1215 (2008).
- [50] Lartigue, C. et al. Genome transplantation in bacteria: changing one species to another. *Science* 317, 632 (2007).
- [51] Chen, I. A. The emergence of cells during the origin of life. *Science* 314, 1558 (2006).
- [52] Solé, R. V., Munteanu, A., Rodríguez-Castro, C. y Macía, J. Synthetic protocell biology: from reproduction to computation. *Phil. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* doi:10.1098/rstb.2007.2065 (2007).
- [53] O'Malley, M., Powell, A., Davies, J. y Calvert, J. Knowledge-making distinctions in synthetic biology. *Bioessays* 30, 57 (2007).
- [54] Lazcano, A. The synthesis of minimal cells: new ethical and social issues of contemporary biology. En: *Science and society. New ethical interactions. Proc. Int. Symp.* Milán: Fondazione Carlo Erba (2006).
- [55] Tucker, J. B. y Zilinskas, R. A. The promise and perils of synthetic biology. *The New Atlantis.* Spring, 25 (2006).
- [56] Engineering biology. A talk with Drew Endy. *The Edge: The third culture.* <[http://www.edge.org/3rd\\_culture/andy08/andy08\\_index.html](http://www.edge.org/3rd_culture/andy08/andy08_index.html)> [consultado el 20-2-2008]
- [57] Szathmáry, E. From biological analysis to synthetic biology. *Curr. Biol.* 14, R145 (2004).

## ¡Apuntes abre sus páginas a la publicidad!

Si deseas anunciar tus productos o servicios en las páginas de Apuntes de Ciencia y Tecnología, tu anuncio lo leerán varios miles de investigadores científicos de todas las disciplinas.

Los lectores de *Apuntes* son potenciales clientes de multitud de productos, servicios y equipos relacionados con la investigación científica en todas sus áreas.

Apuntes de Ciencia y Tecnología se distribuye en formato pdf por correo electrónico y a través de la página web de la AACTE, que es la asociación que edita la revista. En el primer caso, se envía directamente a más de 5000 suscriptores. La revista llega a muchas más personas, ya que muchos de esos suscriptores directos se la re-envían a colegas o conocidos, por lo que es difícil hacer estimaciones realistas del número final de lectores. Por otro lado, el número medio de descargas de cada número de la revista desde la página web asciende a más de 9000 por número (se pueden consultar las estadísticas de acceso en <http://www.cica.es/aliens/aacte/accesos.html>). La descarga de la revista es gratuita desde la página web de la AACTE: <http://www.aacte.eu>

El número actual puede descargarse desde la dirección: <http://www.cica.es/aliens/aacte/revista.html>

Para más información sobre la inserción de anuncios en Apuntes de Ciencia y Tecnología, contactar con la directora de la revista, en la dirección [rosario.gil@uv.es](mailto:rosario.gil@uv.es)



# EL RINCÓN PRECARIO

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

Junio de 2008. Esta Redactora ha cambiado su posición de incertidumbre precaria por la carrera funcionarial. Un cambio radical de estatus que no por ello ha cambiado su natural empatía, pero sí su disponibilidad de tiempo. Dejar de ser investigadora profesional para dedicar una buena parte mi tiempo a la docencia, no es moco de pavo, como he empezado a comprobar. Sumado a mis nuevas responsabilidades en *Apuntes*, hace bastante difícil seguir con la misma dedicación los problemas de los investigadores precarios... Así que, necesariamente, va a haber cambios en esta sección, que he visto nacer y crecer bajo el teclado de mi ordenador (algo que, por otra parte, ya he ido dejando entrever en anteriores entregas). En los próximos números, una buena parte del peso de este Rincón va a recaer en las manos de Salomón Aguado Manzanares (si él no se cansa de mí) y de aquellos que quieran contribuir con su visión precaria de la investigación española. Es por ello que la sección aparece mayoritariamente compuesta por textos escritos por Salomón con la colaboración puntual de Roke Oruezabal (gracias también, Roke, por tus contribuciones a la lucha precaria desde [uamblogger.blogspot.com](http://uamblogger.blogspot.com)) y David Fairén. Pero como me cuesta tener la boca cerrada, no he podido reprimirme de hacer algún breve comentario. Y, por supuesto, ¡no iba a dejaros sin un nuevo capítulo de "El final de la cuenta atrás"!

Por cierto... que parece que ya sabemos de dónde salen las decenas de miles de nuevos investigadores contabilizados por el Gobierno Zapatero. Básicamente, del Sistema de Seguimiento Institucional (SISE), dependiente de la FECYT, a su vez dependiente del Ministerio, que elabora los documentos de seguimiento y evaluación general. En sus indicadores del año 2007 se incluye como personal investigador a los "estudiantes de postgrado con implicación en I+D". Es decir, que para sus grandes números sí que cuentan a todo el mundo, pero para el reconocimiento laboral sólo a quien les da la gana....

Ahora os dejo con algunas de las noticias precarias reflejadas en los comunicados de prensa de la FJI-Precarios ([http://www.precarios.org/tiki-list\\_file\\_gallery.php?galleryId=21](http://www.precarios.org/tiki-list_file_gallery.php?galleryId=21)) y espero que los artículos que le siguen os gusten a los fans del Rincón Precario. Las cutre-becas las dejaremos para el próximo número de *Apuntes*.

## COMUNICANDO, COMUNICANDO...

**Martes, 25 de marzo.** El Ministerio contrata por fin a los investigadores post-doctorales en el extranjero, pero reduce el número de ayudas a la mitad. Parece que llega a su fin la situación de ilegalidad de las ayudas postdoctorales para los investigadores españoles que desarrollan su labor en el extranjero. Sin embargo, la medida llega con dos años de retraso, y además no tiene carácter retroactivo. Por otra parte, el Ministerio no convocó las ayudas de movilidad postdoctoral el pasado año lo que duplicará el número de solicitantes sin que se haya aumentado el número de contratos convocados.

Parece ser que, en realidad, no se han saltado una convocatoria (como temía la FJI), sino que, como se había retrasado la del 2007, va a haber dos este año, la próxima en septiembre... Lo malo es aprender a organizarse con tanto descontrol, y los plazos burocráticos no suelen tener "retrasos acordes". Una cruz para los presentes o futuribles agraciados, vamos.

**Martes, 15 de abril.** Comienza el juicio contra el Ministerio de Educación y Ciencia. 24 investigado-

res postdoctorales contra el MEC. El próximo día 17 de abril tendrá lugar el juicio contra el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) como consecuencia de la demanda interpuesta por 24 doctores en el extranjero. La Federación de Jóvenes Investigadores, FJI-Precarios, ha organizado una concentración ese día para mostrar su apoyo.

Ya ha tenido lugar, así que podéis leer los pormenores de la primera parte de este culebrón en el texto titulado "Los doctores denuncian al Ministerio (primera parte)" que encontraréis unas páginas más adelante.

**Miércoles, 7 de mayo.** Muere otro joven investigador sin contrato. Pablo Barbadillo Maestre hallado muerto en la selva de Perú.

Desgraciada noticia que nos sobrecogió el ánimo a principios de mayo. A continuación se recoge un homenaje al joven investigador fallecido, bajo el título "Jóvenes ante el precipicio".

**Martes, 13 de mayo.** ¿Hecha la ley, hecha la trampa? El Gobierno deja a los Investigadores post-doctorales en el extranjero en la precariedad por una ley mal formulada.



Este comunicado de la FJI hace referencia a la sentencia del juicio antes mencionado contra el MEC. No hago ningún comentario adicional, porque a ella dedicaremos una segunda parte en el próximo número de *Apuntes*, ya que se está planteando un recurso al respecto.

**Miércoles, 21 de mayo.** Investigadores sin remuneración regulada: la “incómoda” realidad. *El primer estudio sobre los investigadores “sin papeles” arroja números preocupantes: entre el 8% y el 10% de investigadores de España cobra de manera irregular.*

¿Cómo contar a quienes no existen? Es la pregunta que se plantea al principio de este comunicado, en el que se nos presenta el **Informe ISRR** (Investigadores sin remun-

neración regulada), elaborado por la FJI. Los más precarios entre los precarios merecen una reflexión profunda. Hay que preguntarse dónde va un sistema de I+D en el que casi el 10% de los recursos humanos está compuesto por investigadores sin un sueldo regulado por un contrato laboral o un programa específico de ayudas predoctorales. ¿No es esta una forma de explotación? ¿Cómo se pretende, entonces, atraer a nuestros jóvenes hacia las carreras de ciencia y tecnología?



## JÓVENES ANTE EL PRECIPICIO

### Homenaje a Pablo Barbadillo Maestre - Descanse En Paz

**Roke Iñaki Oruezabal Guijarro<sup>1</sup>**

*Biólogo y Profesor Ayudante  
Universidad Autónoma de Madrid*

**Salomón Aguado Manzanares**

*Actuario e Investigador en Formación  
Universidad Politécnica de Madrid*

Este es el artículo que uno nunca quisiera escribir, la noticia que te deja mirando apesadumbrado por la ventana, el comentario en el que coges aire, frunces los labios y respiras con fuerza.

**6 de junio de 2001.** No fue un día cualquiera para J.M.S.D., licenciado en Bioquímica de 29 años, que como becario trabajaba en el Instituto de la Grasa de Sevilla. Aquel fatídico día había mudanza, y el personal de mantenimiento se negó a trasladar los productos químicos... Pero eso no era un problema para jefa del laboratorio: “*Eso lo hacen mis niños*” Su compañero, J.S.P, con título de Doctor, trabajaba sin ninguna vinculación laboral ni académica (su beca había finalizado hacía 6 meses) “*iba sin cobrar porque si él faltaba, la investigación se paraba*”. Ambos hicieron el transporte de unas sustancias químicas sin etiquetar, pero el joven se llevó la peor parte: uno de los botes **le explotó en la cara y quedó ciego**, ceguera irreversible.

Presentó una demanda, pero la retiró al llegar a un acuerdo para recibir una indemnización económica. Sin embargo, la fiscalía mantuvo el procedimiento y el Juzgado de lo Penal número 8 de Sevilla celebró el juicio el 8 de enero de 2008, donde declararon todos los afectados. Las conclusiones son desgarradoras: el becario quedó ciego porque “*estaba allí para todo*”

**2 de julio de 2005.** Mientras realizaba tareas de investigación, José Luis Garrido Sánchez, un biólogo que trabaja sobre ecología vegetal, sufrió una grave caída

desde varios metros de altura mientras realizaba trabajo de campo. Durante días se bebió su orina, tosiendo exhausto, afónico de aullar de dolor **con dos piernas rotas en el fondo de un barranco**. Estaba sin contrato. Estaba realizando tareas de investigación para el Departamento de Biología de la Universidad de Santiago, la cual se lavó las manos tras el accidente. El joven investigador está pendiente de que no le rebanen las dos piernas. Es inadmisibles que una Universidad pública se permita tener trabajando a una persona sin estar dada de alta y sin ningún seguro.

**6 de septiembre de 2004.** Fallece accidentalmente en Ateca (Zaragoza), César Ballester Pinilla, investigador de 23 años que trabajaba como becario de la Universidad de Zaragoza. Se **quedó encerrado en una cámara frigorífica con atmósfera cero** mientras desarrollaba su trabajo de investigación mediante una beca de la OTRI –Oficina de Transferencia de Resultados de la Investigación–.

Lo lamentable es comprobar cómo el Gobierno, dando respuesta a una pregunta formulada por el parlamentario Ángel Pérez a raíz del suceso anterior, afirmaba sin rubor alguno que cuando los becarios no estén afectados al Estatuto del Personal Investigador en Formación (antes Estatuto del Becario de Investigación) tendrán la protección del seguro escolar, resaltando el uso fraudulento e indebido de la figura del becario (Boletín Oficial de las Cortes Generales 184/014801).

<sup>1</sup> Redactor de <http://uamblogger.blogspot.com>



**12 de junio de 2007.** Margarita Burón Barrio **fallece en un trágico un accidente de automóvil en Debre Birham (Etiopía)** mientras trabajaba en un proyecto de cooperación de la Universidad Politécnica de Madrid. Marga desarrollaba un proyecto de recuperación forestal de las tierras altas de Etiopía, vivero y primeras repoblaciones. La Universidad Politécnica de Madrid enseñada se puso a disposición de la familia y realizó un sentido homenaje.

Margarita Burón era Ingeniera Técnica Forestal; sin embargo, a sus 34 años, estaba contratada con una categoría inferior y a tiempo parcial. La representante legal de los trabajadores preguntó por las condiciones de esta trabajadora y las autoridades académicas se sintieron ofendidas, ofrecerían todo su apoyo. Pero, el tiempo pasó y las palabras se olvidaron. ¿Dónde quedaron las promesas? ¿A dónde fueron a parar las buenas intenciones?

Todas estas tragedias tienen un punto en común, les ocurrieron a jóvenes investigadores, quizás sea porque los jóvenes investigadores asumen más trabajo de campo o también porque están más expuestos a riesgos laborales, o quizás porque asumen investigaciones más peligrosas que sus mayores. Más allá de las razones, el panorama queda oscurecido por una triste realidad: a pesar de los riesgos laborales manifiestos, muchos de ellos no tenían el menor amparo o cobertura laboral. En los medios aparecían como estudiantes, como cooperantes o como becarios, nunca como lo que realmente eran... **TRABAJADORES**, jóvenes investigadores que deberían haber estado contratados y cubiertos por una seguridad laboral y social.

**13 de Abril de 2008.** Pablo Barbadillo Maestre se interna y **desaparece en la selva de Madre de Dios (Perú)**. Era la última vez que se tendrían noticias de él. Su ausencia

a una reunión con su director de Tesis, 10 días después, hizo saltar las alarmas. El 26 de abril, las fuerzas de seguridad peruanas iniciaron su búsqueda y los medios de comunicación se hicieron eco de la desaparición.

El joven investigador de la Universidad Autónoma de Madrid, estaba realizando un proyecto etno-ecológico sobre caimanes. Pablo tenía 23 años, era licenciado en Ciencias Ambientales y con su investigación pretendía crear un proyecto de desarrollo sostenible para la zona.

El 29 de abril fue hallado su cadáver y fue ese mismo día cuando la Universidad Autónoma de Madrid emitió un comunicado en el que daba explicaciones sobre la desaparición del joven – ¿demasiado tarde? –, en que consideraba a Pablo Barbadillo como estudiante.

¿Cómo se puede decir que un **Titulado Superior** que está realizando un proyecto etno-ecológico sobre caimanes entrando solo a la selva es un “estudiante”? No. No, señores que legislan o gobiernan, Pablo era un ambientólogo y joven investigador predoctoral, que bajo las recomendaciones europeas debería haber sido un investigador predoctoral **CONTRATADO**.

**BASTA YA** de falsas acepciones y vinculaciones.

**BASTA YA** de precarizar al que arriesga su vida.

**BASTA YA** de infantilizar al profesional y a la persona.

**BASTA YA** de emborronar los recuerdos con falacias.

El sistema de becas que sostiene el sistema español de I+D+i pone a los pies de los caballos a los jóvenes investigadores. **¿Hasta cuándo? ¿Hasta cuántos?**



## Los doctores denuncian al Ministerio

(Primera parte)

[S.A.M.] **“Más vale un mal acuerdo que un buen juicio”**. Eso es lo que debieron pensar los becarios adjudicatarios del programa de becas postdoctorales del Ministerio de Educación y Ciencia (MEC), incluidas las becas MEC/Fulbright. Por eso han transcurrido más de dos años de continuos contactos entre la Federación de Jóvenes Investigadores (FJI-Precarios) y el Gobierno de José Luis Rodríguez Zapatero, concretamente con la Subdirección General de Formación y Movilidad del Personal Investigador del MEC, para hacer cumplir la ley. Ley que ellos mismos elaboraron incumpliendo lo firmado ¡Cuán poco valor tiene la firma de un Secretario de Estado!

El 4 de febrero de 2006 entró en vigor del Real Decreto 63/2006, de 27 de enero, por el que se aprueba el Estatuto del Personal Investigador en Formación (EPIF). La Disposición Adicional Sexta establece que aquellas personas con el título de Doctor deberán de tener un contra-

to laboral, por obra o servicio determinado, con aquellas entidades a las que se adscriban y, según las Disposición Transitoria Única, esto afecta a los doctores financiados con fondos públicos.

Pero no todos los doctores han sido marginados; no todos los doctores han visto esfumarse la posibilidad de tener su contrato de trabajo; no todos los doctores han sido degradados a la categoría de becarios. Entonces, ¿qué delito cometieron?, ¿cuál fue su falta? Su error, decidir perfeccionar su destreza y capacidad de investigar en un centro de trabajo, universidad o centro de investigación, situado allende nuestras fronteras. Esa fue su falta, su delito, su torpeza.

El problema estriba en que el Gobierno de España no puede plantear una legislación como el EPIF sin pararse a pensar en cómo va a implementarla, ni en las consecuencias que puede acarrear. En lo que respecta a la contrata-



ción de doctores, no es hasta la Resolución de 7 de diciembre de 2006, en la que establece que para los beneficiarios del programa postdoctoral con destino en un centro de trabajo en el extranjero será la Dirección General de Universidades (DGU) quien gestionará el contrato formalizándolo a través de una entidad colaboradora.

Esta parecía una solución razonable y los becarios-doctores quedaron a la espera de aplicar su propia solución. Sin embargo, vista la constante negativa del Ministerio en aplicar el EPIF, veinticuatro doctores de las convocatorias de 2004 (17/09/2004) y 2005 (13/09/2005) decidieron plantar cara a esta injusta situación y para ello contrataron los servicios jurídicos del Colectivo Ronda

**Reclamación Previa.** El primer paso fue presentar una reclamación previa a la vía laboral ante el Ministerio de Educación y Ciencia – Dirección General de Universidades, para exigir el Reconocimiento de Derecho. Como era de esperar, el Ministerio dio la callada por respuesta y hubo de acudir a los tribunales.

Para evitar la demanda o por la proximidad de las elecciones, el 13 de febrero, en las VI Jornadas de Jóvenes Investigadores (ver número anterior de *Apuntes* de Ciencia y Tecnología), un representante del MEC anunció la contratación inminente de los becarios-doctores en el extranjero a través de la FECYT —Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología—. Esto no hizo más que exacerbar los ánimos de los demandantes pues el Ministerio daba solución ¡con dos años de retraso! a un problema que él mismo había generado

**Demanda.** A pesar de que, a partir del 1 de marzo, los afectados con convocatoria vigente formalizaron contrato de trabajo con la FECYT, veintitrés de los afectados decidieron interponer una demanda en los juzgados de lo social de Madrid el 29 de febrero de 2008. Ésta recayó en el juzgado número 33, presidido por el Magistrado-Juez José Pablo Aramendi Sánchez. La demanda presentada contra el MEC y la FECYT, solicitaba el reconocimiento de la relación laboral existente y la regularización y cotización en el Régimen General de la Seguridad Social desde la entrada en vigor del EPIF.

**Juicio.** El juicio se celebró el 17 de abril, donde José Luis Condado fue el abogado representante de los demandantes y, por parte de la Abogacía del Estado (AE), Ana Belén San Martín representó al MEC. Antes de comenzar, el magistrado hubo de dirimir la pretensión de la AE de que se suspendiese el juicio puesto que el día anterior había presentado un escrito alegando un supuesto conflicto de intereses por parte de la Letrada al defender a ambas entidades, solicitando que se designara un nuevo letrado. Es más, añadió que, como se solicitaba la regularización en la Seguridad Social, se debía nombrar otro letrado más, en total tres, para defender los intereses de la Tesorería General de la Seguridad Social. Los demandantes argumentaron que se trataba de una mera cuestión procesal, pues la demanda contra la FECYT era porque era la entidad colaboradora a través de la cual se habían instrumentalizado los contratos de trabajo con los becarios en el extranjero y que por tanto podían retirarla como demandante además de la solicitud a la Seguridad Social.

De ese modo sólo quedaba como parte demandada el Ministerio y el juicio hubo de celebrarse.

El juicio se desarrolló con normalidad. En su turno, la AE hizo tres grupos, a saber: (1) demandantes cuya beca había finalizado antes del 31/12/2007 —4 afectados—; (2) demandantes pertenecientes a la convocatoria de 2004 —5 afectados—; y (3) demandantes pertenecientes a la convocatoria de 2005 —14 afectados—.

Para los primeros argumentó caducidad, esto es, que había transcurrido el plazo marcado en la ley (20 días hábiles) para interponer demanda por despido. A lo cual interpeló el abogado de los demandantes que lo que se pide es precisamente el reconocimiento de la existencia de vinculación laboral, por tanto, no ha lugar la caducidad.

En cuanto al segundo grupo, la fundamentación fue más peregrina aún si cabe que la anterior y fue el hecho de que en el momento de la concesión no estaba en vigor el EPIF, ignorando por completo el texto del Estatuto que establece un plazo de cuatro meses para adaptarse y contratar, como sí hicieron a los doctores cuyo centro de trabajo estaba en España.

Para “despachar” al tercer grupo, justificó que el EPIF no establece que sea de aplicación a los doctores en el extranjero y que, por tanto, es voluntario, esto es, como un compromiso, que el Ministerio contrate o no a los investigadores que estén en el extranjero. Y que en ningún caso se podía considerar que existió vinculación laboral con el Ministerio. Es más, relató el procedimiento realizado por la administración para tratar de obtener una entidad contratante, poniendo como ejemplo a las universidades Autónoma y Complutense de Madrid, que se negaron a contratar a doctores que no prestaban servicios en sus centros.

El abogado demandante rechazó la razón dada por la AE, citando la Orden ECI 3769/2006 que obliga a las convocatorias anteriores a adaptarse al EPIF. Además, recalcó que en ningún caso se había aducido falta de interés o legitimación de los demandantes respecto a la causa objeto de litigación.

Finalizado el alegato, el juez inquirió a la AE a explicar porqué se ha formalizado con los demandantes en activo un contrato de trabajo con la FECYT de forma que se regularizaba la situación ilegal. La Letrada representante del MEC excusándose dijo: que no representaba a la FECYT, que se había desistido de la demanda contra la FECYT, que no había tenido tiempo para mirárselo, y que *no entendía qué tipo de contrato de trabajo habían suscrito con la Fundación porque no hay relación laboral.*

Una vez revisada la documentación, las partes reiteraron su argumentos en los alegatos finales, en el que la Abogacía del Estado insiste en que el EPIF no es de aplicación a los becarios en el extranjero, que no hay vinculación laboral con el MEC, que, en cualquier caso, se debería ejercer una demanda por responsabilidad patrimonial del Estado, y que la culpa de no tener contrato de trabajo es de los investigadores que no eligieron adecuadamente los centros de investigación en los que desarrollar su período postdoctoral. El juicio quedó **visto para sentencia.**

**Nota:** En el próximo boletín se dará cumplido detalle de la sentencia y, en su caso, de los recursos de suplicación.



## El Ministerio amenaza a los becarios

### Sin dinero, sin derechos y sin empleo

[S.A.M.] El Estatuto del Personal Investigador en Formación (EPIF), RD 63/3006 de 27 de enero, establece un modelo dual en la relación de los jóvenes investigadores y los centros de investigación. El EPIF consolida el denominado "modelo 2+2", dos años de beca y dos años de contrato, que es de obligatorio cumplimiento para todas las entidades financiadas con fondos públicos.

El pasado 17 de abril de 2008, el mismo día que se celebrara el juicio de los doctores contra el Ministerio por la inaplicación del EPIF (ver artículo "Los doctores denuncian al Ministerio (primera parte)" en este número de *Apuntes*), la Dirección General de Investigación culminaba lo que parecía una venganza. Bajo el título de "Recomendaciones", Eloy Monje, Jefe del Servicio de Ayudas FPI, enviaba un amenazante mensaje a los becarios beneficiarios de ayudas FPI.

La gestación de todo esto se produce meses atrás (ya se sabe que la venganza es un plato que se sirve frío). El 27 de febrero se publicó en el BOE una Resolución de la extinta Secretaría de Estado de Universidades e Investigación (SEUI) por la cual se hacía pública la convocatoria anual del programa de Formación de Personal Investigador (FPI-MEC). Dentro del apartado de disposiciones generales, la SEUI estableció que:

*"Si al término del periodo de beca el beneficiario no cumpliera con los requisitos para formalizar el contrato en prácticas, tendrá un periodo máximo de **cuatro meses** para poder acreditarlo y durante el mismo el beneficiario **no percibirá ninguna de las dotaciones de la ayuda**. Dicho periodo no será recuperable en el periodo de contrato.*

*Si al término de dicho periodo de cuatro meses no acreditara los requisitos para poder ser contratado, **perderá los derechos a la continuidad de la ayuda.**"*

Debido a que este precepto no aparece en el apartado específico de la convocatoria FPI-MEC, el 17 de abril el Sr. Monje se sirve enviar la mencionada circular informativa en la que la amenaza se hace más patente, aún si cabe, diciendo que transcurrida la 24ª mensualidad (dos años) el Ministerio "*procederá a **darlos de baja de forma automática en la nómina y en la Seguridad Social con independencia de si han firmado o no el contrato FPI***".

Sin embargo, lo más indignante es que ofrece un plazo para acceder al contrato, un periodo máximo de **cuatro meses** durante los cuales el becario deberá seguir trabajando pero **no cobrará, ni tendrá ningún tipo de protección laboral**.

El propio Estatuto establece en el artículo 5.2 como derecho de los Investigadores en Formación percibir en plazo la ayuda económica. Pero no es que esta medida vaya contra el EPIF, sino que **es anticonstitucional**. Mientras la Constitución Española otorga a "*todos los españoles [...] el derecho al trabajo, [...] y a una remuneración suficiente*" (artículo 35.1), y que "*los poderes públicos promoverán las condiciones favorables para el progreso social y [...] velarán por la seguridad e higiene en el trabajo*" (artículo 40), el nuevo gobierno y su recién estrenado Ministerio de Ciencia e Innovación fomentan la desprotección social y laboral de los jóvenes investigadores que son el futuro del sistema de I+D+i de España.

¡Apaga y vámonos!



## DOCTOR EN ALASKA, INVESTIGADORES SIN DERECHOS

### Campaña "Apadrina a un Postdoc"

*David Fairén Jiménez*

*Universidad de Granada  
Coordinador de la Campaña*

Doctor en Alaska es el nombre con el que se conoce a la serie televisiva *Northern Exposure*. Esta estrafalaria, surrealista y original serie narra las aventuras y desventuras de un joven doctor —médico en este caso—, urbanita y neoyorquino, obligado a pasar varios años de su vida ejerciendo su profesión en el remoto pueblo de Cicely, Alaska. En España, la situación de los investigadores doctores que amplían su

experiencia trabajando en el extranjero, recuerda muchas veces esta historia. Así, investigar fuera de España llega a convertirse, en ocasiones, en un exilio surrealista donde se carece de uno de los derechos más elementales: un contrato laboral. Esto, unido a la falta de reconocimiento y de diseño de la carrera investigadora, la endogamia y el amiguismo en España, repercute en la fuga de cerebros.



### **Estatuto del Personal Investigador en Formación**

En febrero de 2006 se aprobó el Estatuto del Personal Investigador en Formación (EPIF, RD 63/2006), que, entre otras cosas, establecía la obligación de contratar a los investigadores doctores. Durante las primeras convocatorias, la solución que aportó el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC) para los investigadores posdoctorales en el extranjero, fue que el contrato se firmase por parte de las universidades donde se había realizado el doctorado. Además de los problemas asociados a esta solución —por ejemplo: doctores que realizaron su tesis fuera de España—, no todas las universidades aceptaron realizar estos contratos. En resumen, el retraso de dos años en la aplicación del EPIF provocó que los investigadores posdoctorales en el extranjero financiados por el MEC se viesen perjudicados, al recibir su remuneración mediante becas en lugar de contratos.

A raíz de esta situación, la Federación de Jóvenes Investigadores, FJI-Precarios, organizó una demanda colectiva entre aquellos afectados que quisieron denunciar su situación. La demanda exigía al MEC el reconocimiento del derecho a la contratación de estos investigadores desde la entrada en vigor del EPIF; ya que, aunque el EPIF entró en vigor en el año 2006, el MEC mantuvo sus ayudas a la investigación posdoctoral en el extranjero en forma de becas hasta el 1 de marzo de 2008. De esta manera, el MEC anunció en febrero de 2008 la formalización de los contratos a todos aquellos beneficiarios de una ayuda postdoc en el extranjero cuya duración aun se prolongase por más de un mes. Más aun, en la última convocatoria, a falta de un centro que se ofrezca a firmar un contrato, el MEC se comprometió a que la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT, actuase como centro de adscripción.

### **Hecha la ley, hecha la trampa**

Tras meses de espera, el pasado mes de abril se dictó sentencia en el juicio contra el Ministerio de Educación y Ciencia (MEC). La sentencia desestimó la demanda de reconocimiento de relación contractual entre el MEC y los demandantes, al considerar que la labor ejercida por el MEC es solamente de ‘mecenazgo’ de estos investigadores. Sin embargo, sí reconoció la existencia de una laguna legal en la formulación del EPIF, desde el momento en que se establece la obligación de contratar a los doctores, pero sin poder imponer dicha contratación a los centros en el extranjero.

Desde la FJI-Precarios se lamentó que la demanda se hubiese desestimado debido a la existencia de esta laguna legal, que no fue prevista cuando se promulgó el EPIF. De esta manera se amplía el colectivo de investigadores que quedan fuera de esta legislación, lo que implica trabajar sin derechos sociales y laborales, incumpliendo el acuerdo firmado entre la FJI y el MEC el 16 de junio de 2005. Desde el primer momento, los becarios con cargo a proyectos de investigación quedaron fuera del EPIF. Además, se une el colectivo de doctores que reciben ayudas para investigar en centros extranjeros.

La falta de previsión por parte del MEC en su política científica y legislación demuestra una vez más la falta de interés respecto al factor humano en la investigación. Más aun cuando esta dejadez provoca un agravio comparativo entre beneficiarios —en territorio nacional frente a en el extranjero— de una misma ayuda. Por todo esto, los demandantes van a presentar un recurso de suplicación contra esta sentencia ante el Tribunal Superior de Justicia de Madrid.

### **Consecuencias: campaña “apadrina un postdoc”**

En cualquier caso, la demanda presentada por estos investigadores ya ha tenido consecuencias positivas: a día de hoy, la contratación de los beneficiarios de ayudas posdoctorales por parte del nuevo Ministerio de Ciencia e Innovación (MICINN) está garantizada. Podemos afirmar, por lo tanto, que el gesto de estos demandantes ha beneficiado a todo el colectivo de investigadores, al forzar a que el Ministerio comience con la contratación de los investigadores posdoctorales en el extranjero desde marzo de 2008.

Desde la FJI-Precarios hemos buscado la manera de ayudar a personas individuales, los demandantes, además de incentivar iniciativas que mejoren las condiciones laborales de todos los investigadores y, a la larga, el entramado científico del país. Para ello, hemos organizado una campaña de apadrinamiento para ayudar económicamente a los posdoctorales que se atrevieron a denunciar su situación.

El coste de la demanda asciende a más 300 euros para cada una de las 24 personas implicadas, a lo que hay que añadir gastos de procuradores, poderes notariales, etc. En total, la demanda alcanzará cerca de los 10,000 €. Por tanto, todas las personas interesadas en realizar una donación individual o colectiva “apadrinando a un postdoc”, pueden realizar un ingreso o transferencia (indicando en el concepto “Apadrinamiento postdoc”) en la cuenta:

2100 2124 64 0200245060

La campaña pretende, por un lado, recaudar fondos para pagar la demanda y, por otro, dar a conocer la situación de este colectivo de investigadores a través de comunicados, charlas en universidades, etc. Con este tipo de acciones, está en nuestras manos no sólo empujar, sino insistir en la necesidad del apoyo de todos —investigadores e instituciones—, para conseguir un nuevo renacimiento de la ciencia y la cultura. Y, de esta manera, poder superar incluso el proceso que se inició a comienzos del siglo XX durante la edad de plata española.

Más información sobre la campaña:

<http://www.precarios.org/apadrina/apadrina@precarios.org>





## MANIFIESTO EN DEFENSA DE LA FIGURA DEL PROFESOR AYUDANTE

*D-Recerca, (Asociación de doctorandos y becarios de investigación de Cataluña)*

*Abridoc, (Asociación de becarios de investigación y doctorandos de la UPC)*

*Asamblea Contra la Precariedad de la UAB*

*UdG.do, (Asociación de investigadores en formación vinculados a la U. de Girona)*

*FJI-Precarios*

Según la Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril, por la cual se modifica la Ley Orgánica 6/2001, de Universidades (LOU), la figura del profesor ayudante no doctor ha visto disminuido a 60 su número máximo de horas de docencia anuales. Esta asignación docente coincide con la máxima legalmente permitida a los investigadores predoctorales adheridos al Estatuto del Personal Investigador en Formación (EPIF), Real Decreto 63/2006. Este hecho, junto con la eliminación de la necesidad de estar en posesión de la Suficiencia Investigadora para acceder a una plaza de profesor ayudante (artículo 49 LOM-LOU), ha igualado las tareas y los requisitos de acceso de la plaza de profesor ayudante a los de las ayudas predoctorales que cumplen el EPIF.

Ante este hecho, desde **D-Recerca, Asociación de doctorandos y becarios de investigación de Cataluña**, pedimos que el trabajo de los doctorandos, docentes o no, en los departamentos universitarios, se cubran contratándolos mediante la figura de profesor ayudante, y no con la creación de nuevas modalidades de ayudas predoctorales, aunque estas cumplan el EPIF. El motivo es que, a pesar de realizar el mismo trabajo, las condiciones laborales que tienen los profesores ayudantes, con contratos laborales que pueden llegar a alargarse durante 5 años, son mucho mejores de las que ofrecen las ayudas EPIF, que únicamente permiten disfrutar de un máximo de 2 años de contrato y, durante la fase de beca:

- la cotización a la seguridad social se da según una base de sueldo inferior a la real,
- no se respeta ningún salario mínimo, y
- no se contempla el derecho a paro.

En este sentido, desde D-Recerca denunciaremos la reciente decisión del equipo de gobierno de la **Universitat Autònoma de Barcelona** de no convocar nuevas plazas de profesor ayudante, sino de ir sustituyendo esta figura por una equivalente pero con sueldo y condiciones laborales inferiores: la de becario según la nueva modalidad de "*Becas para personal investigador en formación para departamentos*".

De la misma manera, también alertamos contra la propuesta de creación por parte del equipo de gobierno de la **Universitat Politècnica de Catalunya** de una nueva modalidad de "*Becas de formación de profesorado universitario para departamentos, centros e institutos de la UPC*", la cual se equipararía con las tareas a desarrollar por un profesor ayudante según la nueva LOU.

Por otro lado, nos vemos abocados a hacer una muy enérgica protesta contra todas las instancias de las universidades catalanas que, basándose en la posición de inferioridad de los doctorandos, les obligan a impartir más docencia que la que la Ley permite. No hay ninguna figura predoctoral, becaria o contractual, que por Ley pueda hacer más de 60h de docencia anuales. Esta medida pretende mejorar tanto la calidad de la docencia en las universidades como la de la investigación de los doctorandos, que se están formando como investigadores, y debe ser respetada estrictamente.

En la misma línea, desde D-Recerca denunciaremos toda decisión y estrategia de las universidades de Cataluña que vaya en la dirección de ofrecer al personal no doctor, por una misma tarea docente o investigadora, condiciones laborales inferiores a las que se contemplan en la LOU para la figura del profesor ayudante, ya que creemos que eso no contribuye más que a profundizar la precariedad laboral de los jóvenes investigadores en las universidades.

Por todos estos motivos, exigimos:

1. Que el equipo de gobierno de la **Universitat Autònoma de Barcelona** respete la ley, y con ella el máximo de 60 horas anuales de docencia que estipula para el profesorado ayudante. Así mismo, creemos necesario que se retire la decisión de sustituir la creación de nuevas plazas de profesorado ayudante por plazas de becarios EPIF para cubrir horas de docencia en los departamentos. Pedimos que mantenga esta figura contractual contemplada y reconocida por la Ley Orgánica de Universidades y por el Convenio de Personal Docente e Investigador Laboral de las Universidades Públicas Catalanas.
2. Que, por los mismos motivos, el equipo de gobierno de la **Universitat Politècnica de Catalunya** priorice un plan de contratación de personal docente no-doctor utilizando la figura del profesor ayudante que se contempla en la LOM-LOU, en vez de utilizar la figura de las nuevas "*Becas de formación de profesorado universitario para departamentos, centros e institutos de la UPC*", velando por la no utilización de esta nueva modalidad de becas para sustituir la figura del profesor ayudante y que utilice la figura del profesor ayudante para cubrir las tareas en investigación y docencia del personal no doctor.
3. Que la **Universitat de Barcelona** priorice un plan de contratación del personal docente no-doctor utilizando la figura del profesor ayudante que se contempla



en la LOM-LOU, en vez de utilizar la figura de becarios propios de la UB para el mismo trabajo, que reciben unos sueldos y condiciones laborales inferiores.

4. Que los gobiernos de Cataluña y de España acompañen la obligatoriedad en el cumplimiento de la nueva LOU con un aumento de los presupuestos para las universidades que permita asumir la inversión en contratación de personal docente no doctor, ya que supone un gasto superior al de la figura de investigador predoctoral EPIF.

Finalmente, animamos a todos los investigadores de las universidades y centros de investigación catalanes a que no toleren la reducción de sus derechos laborales, y que se organicen para hacer sentir su voz ante cualquier medida que vaya en contra.

## Referencias

Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades. <http://www.boe.es/boe/dias/2007/04/13/pdfs/A16241-16260.pdf>

Ley Orgánica 4/2007, de 12 de abril, por la cual se modifica la Ley Orgánica 6/2001, de 21 de diciembre, de Universidades.

[http://www.boe.es/boe\\_catalan/dias/2007/04/16/pdfs/A02063-02082.pdf](http://www.boe.es/boe_catalan/dias/2007/04/16/pdfs/A02063-02082.pdf)

Real Decreto 63/2006, de 27 de enero, por el cual se aprueba el Estatuto del Personal Investigador en Formación.

<http://www.boe.es/boe/dias/2006/02/03/pdfs/A04178-04182.pdf>

Documento Nueva Carrera Académica UAB.

<http://www.uab.es/servlet/Satellite?blobcol=urldocument&blobheader=application%2Fpdf&blobkey=id&blobtable=iDocument&blobwhere=1096482643583&ssbinary=true>

Documento de la convocatoria de concesión de becas de formación de profesorado universitario para Departamentos, Centros e Institutos de la Universitat Politècnica de Catalunya.

<http://www.upc.es/catala/la-upc/govern/bupc/hemeroteca/2007/b102/14-112007.pdf>

Carta Europea del Investigador y Código de Conducta para la Contratación de Investigadores.

[http://ec.europa.eu/eracareers/pdf/eur\\_21620\\_es-en.pdf](http://ec.europa.eu/eracareers/pdf/eur_21620_es-en.pdf)



## EL FINAL DE LA CUENTA ATRÁS

### Divide y vencerás

**No cabe duda que la política de disgregación del colectivo de investigadores RyC en diferentes subgrupos (los del CSIC, los de las diferentes universidades, los de los hospitales...; dentro de ellos, los I3 negativos o positivos; dentro de los positivos, los que han pasado comités internos y los que no... etc, etc) ha funcionado a la perfección. No sé si fue una maniobra calculada o fruto de la casualidad, pero desde luego ha servido para la desmovilización del colectivo y ha salido muy baratita para la Administración.**

Les hemos permitido aplicar unos "parámetros de excelencia" que para nada tuvieron que cumplir ninguno de los que ahora los imponen y que no son exigidos a ningún otro profesional de nuestro país (al menos por 30 mil euros). En cambio, a pesar de los bajos presupuestos de los que hemos "disfrutado" durante tantos años, en investigación sólo la excelencia es aceptable. Y ya se sabe, si abres la boca es porque no tienes suficiente nivel o eres un vago que quiere aprovecharse del sistema. Y todo ello es un problema, porque con cada investigador ninguneado por el sistema, nuestra capacidad de influir en la investigación del futuro en nuestro país disminuye. A toro pasado, podría decirse que la postura del colectivo debería haber sido más ambiciosa, exigiendo la búsqueda de una salida conjunta como única solución aceptable. No hay ninguna otra profesión donde, tras tanta formación y procesos de selección, un trabajador pueda estar cinco años en prácticas y luego ser echado sin alguna razón grave que lo justifique.

Y pasa lo que pasa, nos vamos quedando atrás. Muchos RyC-2001 ya se han estabilizado vía oposiciones, pero otros han dejado de ser contratados RyC para volver a una cuasi-precariedad y otros sencillamente han tirado la toalla. Vemos compañeros que han de optar a contratos FIS o de menor categoría que no les permite pedir proyectos (¡¡¡¡tras el Cajal!!!), cuando por otro lado sólo es precisa una mínima selección para contratar gente de forma indefinida por los CIBERs, por ejemplo. Tiene gracia que un RyC en prácticas contrate como indefinido a post-docs. ¡Igual el próximo año ellos podrán pedir proyectos y el ex-RyC no!

Lo cierto es que a base de ir preocupándonos cada uno de lo suyo, hemos conseguido estar donde estamos. Y lo peor puede estar por llegar, porque si nadie protesta en los centros cuando ha quedado gente fuera o con contratos de menor categoría o mayor inestabilidad, los siguientes no creo que vayan a tener más apoyos.



## SEGUIMIENTO DEL PROGRAMA RAMÓN Y CAJAL

*Resumen publicado en la página web de la ANIRC (<http://www.anirc.es/>).*

*Datos correspondientes a la primera promoción de contratados (RyC-2001), recogidos a lo largo de Enero y Febrero de 2008.*

Si bien existe ya un compromiso con el MEC para la creación de una Comisión de Seguimiento del programa RyC, en la ANIRC hemos pensado que un buen criterio de excelencia es el del trato que reciben sus investigadores Ramón y Cajal. Como son los gobiernos autonómicos los responsables de las universidades, a falta de los datos completos sobre la convocatoria RyC02, la siguiente lista agrupa las universidades por comunidad autónoma.

El CSIC recibe un trato especial pues no depende de los gobiernos autonómicos. Salvo en el caso de contadas universidades, los equipos rectorales se escudan en que la decisión corresponde al departamento, que, como antaño, continúa teniendo la llave de la estabilización. Las razones más comunes que pretenden justificar que no se haya estabilizado a un investigador son la saturación docente, el conflicto con el departamento o, en el caso del CSIC, la existencia de otros candidatos que opten a la misma plaza.

Finalmente, y, puesto que los números no son personas, no está de más recordar que la falta de estabilización puede tener las siguientes consecuencias: paro/abandono, pérdida de poder adquisitivo al tener que aceptar un contrato de nivel inferior, traslado de centro o ciudad, regreso al extranjero, y depresión.

### CSIC:

- 177 incorporados en la plantilla del CSIC como CT ó IC (80% aproximadamente)
- 4 estabilizados en el CSIC por sentencia judicial
- 21 en otras instituciones, con diferentes categorías laborales
- 14 aún en situación inestable
- 2 no incorporados
- 4 abandonos de la ciencia

### Andalucía, Aragón, Asturias, Baleares, Canarias, Cantabria, Castilla – La Mancha, Castilla y León, La Rioja:

Según nuestros datos, no quedan RyC01 sin estabilizar en estas CCAA.

### Cataluña:

La situación es variada: a alturas de Febrero de 2008 hay al menos 2 RyC01 sin estabilizar que continúan con cargo a proyecto y otros 2 RyC02 en similar situación. También hemos recogido al menos un abandono. La universidad más problemática es la UB.

### Comunidad Valenciana:

En la Comunidad Valenciana hay al menos 3 RyC01 y 3 RyC02 sin estabilizar todavía. Las universidades más problemáticas son la UPV y la UMH, donde algunos departamentos se escudan en la saturación docente para no estabilizar a sus investigadores.

### Extremadura:

Según nuestros datos, un RyC-2001 abandonó la Ciencia en Extremadura.

### Galicia:

En Galicia la USC tiene un compromiso de estabilización de sus RyC, a pesar de lo cual hay un RyC01 sin estabilizar. También en el Hospital Juan Canalejo hay un RyC01 sin estabilizar.

### Madrid:

En Madrid hay 6 RyC sin estabilizar de las convocatorias 2001, 2002 y 2003, todos ellos distintas en instituciones (CEDEX, IMIDRA, INIA, UAM, URJC, UAH). Las razones van desde el conflicto con el departamento hasta la saturación docente.

### Murcia:

En Murcia queda un RyC01 sin estabilizar en un OPI (ajeno a la universidad)

### Navarra:

Desafortunadamente el equipo rectoral de la Universidad de Navarra no ha acertado en la estabilización de ningún investigador RyC del 2001 que escogió esa universidad para desarrollar su labor. Del 2001 hemos contabilizado tres abandonos y un RyC en paro.

### País Vasco:

En el País Vasco quedan todavía demasiados RyC01 sin estabilizar. Sin embargo se les han concedido prórrogas y se espera que todos ellos se estabilicen a lo largo de este año.





# CRÍTICA DE LIBROS

## “MARIE CURIE. UNA MUJER HONORABLE”

Françoise Giroud

Germán Sastre

*Instituto de Tecnología Química UPV-CSIC, Valencia.  
socio de la AACTE. corr-ele: gsastre@itq.upv.es*

**Título:** Marie Curie, una mujer honorable  
**Autora:** Françoise Giroud  
**Editorial:** Argos Vergara, 1982  
**ISBN:** 84-7178-36-49  
**Páginas:** 272

La autora del libro es una mujer concienzuda y concienciada con la causa de la mujer en Francia, para la cual dedicó muchos servicios. Este libro es uno de ellos, porque la figura de Marie Curie es un referente para la ciencia y para la mujer. De las muchas virtudes de esta excepcional investigadora, resaltan la tenacidad y la capacidad de sacrificio.

Marie Sklodowska se matriculó en el otoño de 1891 en el curso de ciencias de la Universidad parisiense de La Sorbona a la edad de veinticinco años, tras una infancia y juventud transcurridas en su Polonia natal, donde trabajó varios años como institutriz. No poseía una buena formación científica, pero se aplicó por entero a los estudios y sobrevivió con poquísimos recursos durante sus primeros años en París. En los fríos inviernos, para ahorrar carbón no encendía el calentador, y pasaba horas y horas escribiendo números y ecuaciones sin apenas enterarse de que tenía los dedos entumecidos y de que sus hombros temblaban de frío. Llegó a pasar semanas enteras sin tomar otro alimento que té con pan y mantequilla. Cuando quería festejar algo compraba un par de huevos, una tableta de chocolate o algo de fruta. En julio de 1894 Marie ya se había licenciado en físicas (número 1 de su promoción) y en matemáticas (número 2 de su promoción). Conoció a Pierre Curie cuando pensaba en los temas que podría abordar durante sus estudios de doctorado. Pierre era un gran físico francés, tenía treinta y cinco años, era soltero y, al igual que Marie, estaba dedicado en cuerpo y alma a la investigación científica. Era inteligente y distinguido y -a diferencia de muchos de sus coetáneos- trataba a sus pocas compañeras de profesión de igual a igual. Pierre reconoció de inmediato el talento de la que pronto sería su esposa y respaldó su vocación y dedicación al trabajo científico. Al principio, la situación económica del joven matrimonio era precaria y pese a la mejoría posterior, nunca llegó a ser boyante. La luna de miel

consistió en un recorrido en dos bicicletas que pudieron comprar a través de un cheque recibido como regalo de bodas: comían frugalmente y se contentaban con un régimen de pan, fruta y queso; paraban al ocaso en posadas desconocidas, y por el reducido precio de varios millares de golpes de pedal y unos pocos francos para pagar el alojamiento en los pueblos, comenzaron a disfrutar el inicio de lo que sería un feliz matrimonio hasta la trágica muerte de Pierre. Marie Curie nunca descuidó su casa ni la atención de las dos hijas que nacerían del matrimonio en los años venideros. Aprendió a optimizar el tiempo de maneras inverosímiles y se sacrificó felizmente por su familia a la vez que realizaba una durísima labor científica.

Mientras buscaba un proyecto de investigación que le sirviera de tema para la tesis, se interesó por una reciente publicación de Antoine Henri Becquerel, quien había descubierto que las sales de uranio emitían espontáneamente, sin exposición a la luz, ciertos rayos de naturaleza desconocida capaces de velar una placa fotográfica. Era la primera observación del fenómeno al que Marie bautizaría después con el nombre de radiactividad; pero la naturaleza de la radiación y su origen seguían siendo un misterio. El descubrimiento de Becquerel fascinaba a los esposos Curie. Se preguntaban de dónde provenía la energía que los compuestos de uranio irradian constantemente. Se enfrentaban con un absorbente tema de investigación, un salto al reino de lo desconocido, y fueron ambos quienes llevaron a cabo los estudios.



Marie logró permiso para utilizar un pequeño laboratorio que había en el sótano de la Escuela de Física donde enseñaba Pierre. La investigación científica en aquel cuartucho no era nada fácil y el ambiente, fatal para los sensibles instrumentos de precisión, no lo fue menos para la salud de la investigadora. Mientras se hallaba enfrascada en el estudio de los rayos de uranio, Marie descubrió que los compuestos formados por otro elemento, el torio, también emitían espontáneamente rayos como los del uranio. Por otra parte, en ambos casos la radiactividad era mucho más fuerte de lo que podía atribuirse lógicamente a la cantidad de uranio y torio contenida en los productos examinados. ¿De dónde provenía esta radiación anormal? Sólo había una explicación posible: los minerales estudiados debían contener, aunque en pequeña cantidad, una sustancia radiactiva muchísimo más poderosa que el uranio y el torio. En sus experimentos, Marie había examinado todos los elementos químicos conocidos sin encontrar el causante. Por tanto, los minerales examinados debían contener una sustancia radiactiva que por fuerza tenía que ser un elemento químico hasta entonces desconocido.

El mineral que mostraba esta radiactividad era la peblenda del que comercialmente por entonces sólo se extraía el uranio. Separando y midiendo pacientemente la radiactividad de todos los elementos de la peblenda, sus hallazgos indicaron la existencia de dos elementos nuevos en vez de uno. En julio de 1898 los esposos Curie pudieron anunciar el descubrimiento de un nuevo elemento al que llamaron Polonio, y en diciembre del mismo año revelaron la existencia de un segundo elemento químico nuevo en la peblenda, al que bautizaron con el nombre de Radio, elemento de enorme radiactividad. Tendrían que pasar aún cuatro años antes de que los esposos Curie pudieran probar la existencia del polonio y el radio, ya que, aun cuando conocían bien el método que les permitiría aislar los dos elementos, les era preciso disponer de grandes cantidades de material en bruto de donde extraerlos. Marie consiguió varias toneladas de residuos de peblenda (de las minas de St. Joachimsthal, situadas en Bohemia) desde las cuales poder llegar a obtener una cantidad significativa de los nuevos elementos radiactivos en una barraca abandonada, cercana al cuartucho donde Marie había realizado sus primeros experimentos. La barraca no tenía suelo, unas desvencijadas mesas de cocina, un pizarrón y una cocinilla de hierro viejo constituían todo el mobiliario. *“A pesar de todo - escribiría Marie, tiempo después-, en aquella miserable barraca pasamos los mejores y más felices años de nuestra vida, consagrados al trabajo. A veces me pasaba todo el día batiendo una masa en ebullición con un agitador de hierro casi tan grande como yo misma. Al llegar la noche estaba rendida de fatiga.”* En estas condiciones trabajó el matrimonio Curie desde 1898 a 1902. Finalmente, en 1902, a los cuarenta y cinco meses de haber anunciado los esposos Curie la probable existencia del radio, Marie obtuvo la victoria: había logrado, al fin, preparar un decigramo de radio puro, y había determinado el peso atómico del nuevo elemento. Los químicos tuvieron que rendirse ante la eviden-

cia de los hechos. A partir de aquel momento el radio existía oficialmente.

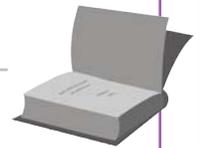
Desgraciadamente, los esposos Curie tenían que luchar con otros problemas. El sueldo de Pierre en la Escuela de Física no era muy holgado, y con la llegada de Irène hubo de emplear una niñera, lo que aumentó considerablemente sus gastos. Había que buscar más recursos. En 1898 quedó libre en La Sorbona la cátedra de química, y Pierre decidió presentarse como candidato. Su candidatura fue, sin embargo, rechazada. Sólo seis años después, en 1904, cuando ya el mundo entero proclamaba la fama del hombre de ciencia, logró Pierre Curie formar parte del claustro de profesores del renombrado centro. Entretanto, Marie logró obtener empleo como profesora de un colegio de señoritas cercano a Versalles.

Apremiados por sus dos ocupaciones, la enseñanza y la investigación científica, a menudo se olvidaban de comer y aun de dormir. En varias ocasiones Pierre tuvo que guardar cama con fuertes dolores en las piernas. Los nervios sostenían a Marie en pie, pero sus amigos estaban seriamente alarmados por la palidez y delgadez de su rostro. Mientras la investigación de la radiactividad progresaba, la pareja de sabios que le había dado vida se iba agotando poco a poco.

Purificado en forma de cloruro, el radio aparecía como un polvo blanco similar a la sal de mesa; pero sus cualidades eran extraordinarias. La intensidad de sus radiaciones sobrepasó todo lo esperado, pues era dos millones de veces mayor que la del uranio. Los rayos que despedía atravesaban las sustancias más duras y más opacas, y solo una gruesa plancha de plomo era capaz de resistir su penetración destructora. El último y más maravilloso milagro era que el radio podía convertirse en un aliado del hombre en su lucha contra el cáncer. Tenía pues, una utilidad práctica, y su extracción había dejado de tener un simple interés experimental. Iba a nacer la industria del radio.

En varios países se habían hecho ya planes para la explotación de minerales radiactivos, principalmente en Bélgica y en los Estados Unidos. Sin embargo, los ingenieros sólo podrían producir el “fabuloso metal” si dominaban el secreto de las delicadas operaciones a que había de someterse la materia prima. Cierta mañana de domingo, Pierre leyó a su esposa una carta de unos ingenieros estadounidenses que querían utilizar el radio. Tras una conversación, los esposos renunciaron a patentar su técnica para que todo el mundo pudiera utilizarla libremente en favor de la mejora de la salud.

Tras una gran oleada de premios y honores que no les quitaron las ganas de trabajar, el 10 de diciembre de 1903, la Academia de Ciencias de Estocolmo anunció que el Premio Nobel de Física correspondiente a aquel año se dividiría entre Antoine Henri Becquerel y los esposos Curie, por sus descubrimientos relacionados con la radiactividad. Con el dinero del Nobel, Pierre pudo dejar la pesada carga de sus muchas horas de clase y salvar así su salud. Marie se dio el gusto de ins-



calar un baño moderno en su casa y de renovar el papel de una habitación; pero no se le ocurrió comprarse un sombrero o un vestido nuevo, y continuó con sus clases, aunque insistió en que Pierre dejara su trabajo en la Escuela de Física.

Hacia las dos y media de la tarde del jueves 19 de abril de 1906, un día opaco y lluvioso, Pierre se despidió de los profesores de la Facultad de Ciencias, con quienes había almorzado, y salió bajo la lluvia. Al atravesar la calle Dauphine, pasó distraído detrás de un coche de caballos y se interpuso en el camino de un pesado carro que, tirado por un caballo, avanzaba con rapidez. El enorme carro, con todo el peso de sus seis toneladas, avanzó y pasó por encima de Pierre que murió en el acto. Marie quedó petrificada al oír la noticia y tardó en recuperarse, pasando duros años de soledad y alguna fuerte depresión, hasta su posterior relación con el también físico francés Paul Langevin. En mayo de 1906 el Consejo de la Facultad de Ciencias, por decisión unánime, otorgó a la viuda Curie la cátedra que había desempeñado su esposo en La Sorbona. Era la primera vez que se concedía tan alta posición en la enseñanza universitaria de Francia a una mujer.

Marie acudió a pronunciar su primera lección ante una audiencia multitudinaria en medio de una tempestad de aplausos. Cuando se hizo el silencio, Marie, mirando al frente, inició así su lección: *“Cuando consideramos los progresos logrados en los dominios de la Física durante los diez últimos años, nos sorprende el gran avance de nuestras ideas en lo concerniente a la electricidad y a la materia...”*. Madame Curie había reanudado el curso con la misma frase con que había terminado el suyo Pierre Curie. Terminada la lección, la profesora se retiró tan rápidamente como había entrado.

La fama de Marie Curie fue enorme: recibió diplomas y honores de distintas academias extranjeras, aunque no fue admitida como miembro de la Academia Francesa de Ciencias. La Academia Nobel volvió a galardonarla,

esta vez con el de Química, el año 1911. Durante más de cincuenta años no hubo nadie, hombre o mujer, que mereciera esta recompensa por segunda vez.

La Sorbona y el Instituto Pasteur fundaron conjuntamente el Instituto Curie del Radio, dividido en dos secciones: un laboratorio de radiactividad, dirigido por Madame Curie, y otro dedicado a las investigaciones biológicas y al estudio del tratamiento del cáncer, dirigido por un médico eminente. Contra el parecer de su familia, Marie regaló al Instituto un gramo de radio que ella y su marido habían aislado con sus propias manos, cuyo valor podría estimarse en un millón de francos. Hasta el final de su vida hizo de este laboratorio el centro de su existencia.

La radiactividad acabó haciendo grave mella en su salud. Durante treinta y cinco años había estado manejando el radio y respirando el aire viciado de sus emanaciones, y durante los cuatro años de la guerra se había expuesto frecuentemente a las radiaciones, todavía más peligrosas, de los aparatos de Rayos Röntgen. Marie no le dio importancia a una ligera fiebre que comenzó a molestarla en mayo de 1934, pero la gripe consiguiente la obligó a guardar cama. Ya no volvió a levantarse. El viernes 6 de julio de 1934, a mediodía, sin discursos ni desfiles, sin que estuviera presente ni un político, ni un solo funcionario público, Madame Curie fue enterrada en el cementerio de Sceaux, en una tumba inmediata a la de Pierre Curie. Sólo los parientes, los amigos y los colaboradores de su obra científica, que le profesaban entrañable afecto, asistieron al discreto sepelio. Desde 1995 los restos del matrimonio Curie reposan bajo la ilustre cúpula del Panteón de París. De ella dijo Einstein: *“Es la única persona a quien la gloria no ha corrompido”*.



## Publicamos tu reseña

**Si quieres ver publicada tu reseña sobre algún libro científico que hayas leído recientemente, y te haya parecido interesante envíanosla a la dirección:**

**[gsastre@itq.upv.es](mailto:gsastre@itq.upv.es)**

**O si quieres recomendar algún libro o algún enlace de internet relacionado con algún tema científico, aunque no desees escribir ninguna reseña, comunícanoslo igualmente.**

