

Apuntes de Ciencia y Tecnología

nº 35, Julio 2010

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

Sumario

pág

NOTICIAS DE LA AACTE 04

Balance económico del año 2009: 04. Resumen económico año 2009: 04. Nuestro blog en Madri+d: 05.
La AACTE y la Ley de la Ciencia: 05.

OPINIÓN

La carrera científica por Juan F. Gallardo 06

Biodiversidad: El problema de la introducción de especies exóticas, por José A. Cuesta 07

Los investigadores en la ciencia 2.0: El caso de PLoS One, por Álvaro Cabezas Clavijo 10

Biorremediación en vertidos de petróleo en el mar, por Jorge Alonso, Beatriz Novoa y Antonio Figueras ... 13

FUEGO CRUZADO:

¿Existen datos para afirmar que se está produciendo un cambio climático de origen antropogénico?

Sí, por Josep Enric Llebot 14

No, por M^a Eugenia Pérez González y Juan José Sanz Donaire 18

NOTICIAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Rompiendo el techo de cristal: 22. *Homo Sapiens* y hombre de Neanderthal en el décimo aniversario del genoma humano: 23. La cuestión de la célula artificial: 26.

EL RINCÓN PRECARIO

Resumen, 28

Análisis de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales: Aplicación al personal investigador
en formación, por Jacinto Contreras Vázquez 30

CRÍTICA DE LIBROS

La Teoría del todo, por Germán Sastre 33

INSTRUCCIONES PARA LOS AUTORES 35

AACTE



AACTE

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

<http://www.aacte.eu>

ISSN:1577-6794 © 2010 AACTE

Apuntes

FUNDADOR Y DIRECTOR HONORÍFICO

Alejandro Gutiérrez

DIRECTOR

Daniel Aguilar

REDACTORES JEFE

Daniel Farias (Artículos científicos)

Germán Ignacio Sastre (Crítica de Libros)

José A. Cuesta (Correspondencia/Opinión)

José Manuel Pérez de la Lastra (Noticias de la AACTE)

José Tapia y María Paz Martín Esteban (Noticias de Ciencia y Tecnología)

Salomón Aguado (El Rincón del Precario)

CONSEJO EDITORIAL

Arcadi Navarro

José A. Cuesta

Joseba Pineda

Juan de la Figuera

Juan F. Gallardo

Luís Santamaría

Rafael Rodríguez

Ruth Rama

CORRECCIÓN EDITORIAL

Xosé Alfonso Álvarez

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Belén Cañada

JUNTA DIRECTIVA DE LA AACTE

Presidente: Juan de la Figuera

Vicepresidenta: Arantzazu Mascaraque

Secretario: José Manuel Pérez de la Lastra

Tesorero: Mark J. van Raaij

Vocal asociado a Presidencia: Xosé Alfonso Álvarez

Vocal asociado a Secretaría: José Tapia

Vocal asociado a Tesorería: Narciso Benítez

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

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

Las fotografías obtenidas de Flickr se pueden copiar y distribuir libremente de acuerdo con las condiciones establecidas por sus autores.

Se ha substituido el signo @ por la expresión (arroba) en las direcciones de email para evitar el correo basura.

Para cualquier asunto relacionado con la revista, contactar mediante correo electrónico con el Director, en la dirección daniel.aguilar@upf.edu.

Los números atrasados de la revista pueden consultarse en:
<http://www.aacte.eu/Apuntes/pagina-de-apuntes>

Los contenidos de Apuntes de Ciencia y Tecnología están sujetos a una licencia Creative Commons by-nc-sa



El pasado 7 de mayo, el Consejo de Ministros aprobó el anteproyecto de la Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, que incorporaba algunas de las sugerencias de la AACTE (como se explica en la sección Noticias de la AACTE de este número de *Apuntes de Ciencia y Tecnología*). Fue una aprobación discreta, casi de trámite, a la que apenas se dedicó tiempo en la rueda de prensa posterior. Todo lo contrario a lo que ocurrió hace dos años, cuando el Ministerio de Ciencia e Innovación anunció a bombo y platillo que su prioridad era elaborar una Ley de la Ciencia que substituyese el marco regulador vigente desde 1986.

Y es que en el anteproyecto de Ley hay aún inconcreciones de envergadura. Se han dejado para otro día (para la tramitación parlamentaria, suponemos) cuestiones tan importantes como la forma del organismo que ha de gestionar la financiación del sistema científico y cómo articular una carrera científica “estable, predecible y basada en méritos” (según la nota de prensa de la Presidencia del Gobierno). Respecto a la primera cuestión, los choques con el ministerio de Hacienda no presagian nada bueno. Respecto a la segunda, pese a la introducción de nuevos tipos de contratos en los niveles más bajos y la unificación de las escalas funcionariales de los organismos públicos de investigación, el concepto funcional de la carrera científica no queda modificado con la nueva Ley. Mucho nos tememos que este va a ser un túnel muy difícil de iluminar.

Es cierto que en una época de bonanza económica las cosas podrían estar yendo de otra manera, pero el bollo científico nunca ha tenido demasiado espacio en el horno de la administración pública española. Desde siempre ha existido la percepción de que España es un país predestinado a importar ciencia, no a exportarla. El “que inventen ellos” está aún muy arraigado no sólo entre los políticos, sino en la misma sociedad. ¿Se puede arreglar eso simplemente con una ley?

Por otro lado, hace tres semanas en Gobierno anunció la aprobación de una nueva Estrategia Estatal de Investigación. El anuncio vino acompañado de la intención de crear 500.000 puestos de trabajo (¿se les habrá colado un cero por error?) mediante la inversión de 2.600 millones de euros, mayoritariamente en programas de investigación de empresas. De nuevo, las mejores intenciones.

Por último, no podemos dejar de señalar por su pintoresquismo el Reto 2030, la bienintencionada iniciativa de la Unión Europea organizada por la FECYT para implicar a la sociedad en el desarrollo científico del continente. Quien dedicase unos minutos a ojear su sitio web podía ver cómo el cocinero Ferran Adrià o el arquitecto Norman Foster proponían líneas de investigación que los internautas podían votar. Al final, un 0,02% de la población europea depositó su voto por alguno de los 14 *retos científicos*. ¿Las líneas ganadoras serán las que se promocionarán, en términos de inversión pública, en el 2030? Esperemos que este Reto 2030 haya sido sólo un ejercicio de marketing y que los criterios europeos de inversión en I+D sean más serios.

Para finalizar, mencionar que en este número 35 de *Apuntes de Ciencia y Tecnología* arranca una nueva sección, Fuego Cruzado, en la que investigadores con opiniones opuestas defenderán sus puntos de vista respecto a algún tema científico de actualidad. El tema que estrenará la sección es el cambio climático antropoinducido.



NOTICIAS DE LA AACTE

Balance económico del año 2009

El pasado día 20 de mayo, nuestro tesorero Mark van Raaij hizo público el estado de las cuentas de la AACTE correspondiente al año 2009, que reproducimos más abajo. En resumen, durante el año pasado hemos tenido más gastos que ingresos. Sin embargo, esta situación se debería corregir para este año debido a que ha habido cambios en dos capítulos de

gastos:

- El coste del contrato de maquetación de Apuntes de Ciencia y Tecnología, que para 2010 se verá reducido a unos 2.000 €.
- El banco (Cajasol) en adelante dejará de cobrar una de las comisiones (Soldirecto) tras una queja formalizada por parte de la Asociación.

Resumen económico año 2009

INGRESOS

En efectivo, en oficina	30,00 €
Mediante transferencia	47,50 €
Mediante domiciliación	3.087,50 €
Cuotas devueltas	-60,00 €
Intereses	0,00 €

Ingreso cuotas total **3.105,00 €**

GASTOS

Comisión mantenimiento CajaSol	-12,00 €
Comisión SolDirecto	-24,04 €
Comisión cobro cuotas	-22,97 €
Comisión devolución de cuotas	-2,08 €
Comisión transferencias	-8,97 €

Total comisiones CajaSol **-70,06 €**

Factura gestores del contrato	-182,35 €
Sueldo maquetación Apuntes	-2.327,40 €
Seguridad social	-846,88 €

Total coste contrato maquetación Apuntes total **-3.356,63 €**

Saldo a 1 de enero de 2009 2.636,39 €

Saldo a 1 de enero de 2010 2.314,70 €



Nuestro blog en Madri+d

Recientemente han tenido lugar dos nuevas entradas en nuestro blog¹, que han recibido varios comentarios. Desde aquí os hacemos un breve resumen y sobre todo os animamos a que ojeéis el blog, escribáis alguna entrada y a que realicéis algún comentario.

La entrada titulada *Otra ley de la Ciencia es posible: propuestas de la AACTE* hace referencia a una serie de propuestas sobre el anteproyecto de Ley de la Ciencia presentado por el Ministerio de Ciencia y Tecnología en marzo de 2010. Esta serie de propuestas se refiere por una parte a los artículos concretos del anteproyecto actual, para paliar en lo

posible los problemas más flagrantes del mismo; por otra parte presenta propuestas generales que convertirían esta ley en el referente a escala internacional para impulsar la investigación, la tecnología y la innovación en España.

En este mismo sentido, la entrada titulada *Salen las propuestas de la AACTE sobre la Ley de la Ciencia II (junio 2010)* destaca una serie de propuestas para que se modifique el proyecto para convertir a la Ley de la Ciencia en una herramienta con capacidad para la mejora de la investigación y la tecnología en nuestro país.

¹ <http://weblogs.madrimasd.org/aacte/>

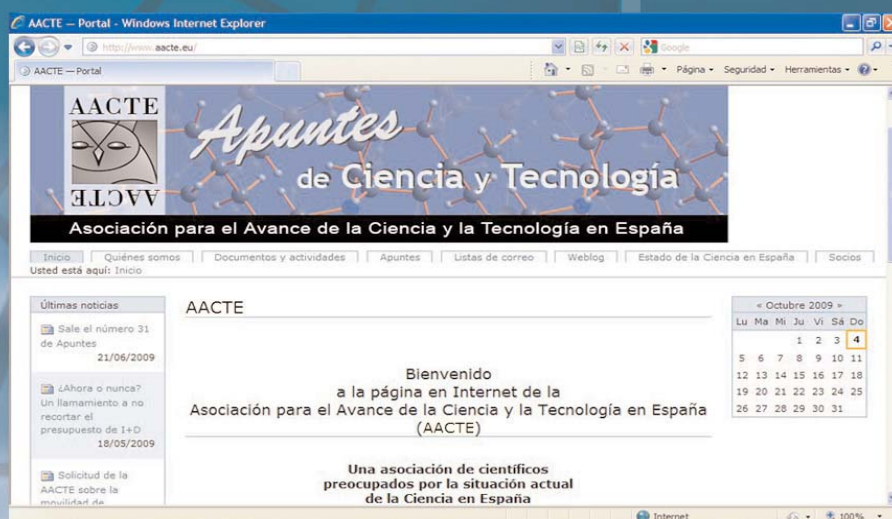
La AACTE y la Ley de la Ciencia

Con motivo de la tramitación de la ley de la Ciencia, la AACTE ha redactado un documento que recoge nuestra postura ante el Proyecto de la Ley de la Ciencia, Tecnología e Innovación, que podéis consultar en nuestra página web². Sin embargo, dado que el texto

ha tenido poca repercusión mediática, hemos creído oportuno hacer una pequeña revisión del mismo para adaptarlo al texto enviado al Congreso y enviarlo a los grupos políticos para que lo tomen en consideración a la hora de hacer enmiendas.

² http://www.aacte.eu/documentos-y-actividades/documentos-elaborados-por-aacte/modificaciones-propuestas-a-la-ley-de-la-ciencia-2010/AACTE_Ley%20de%20la%20Ciencia_junio_2010.pdf

VISITE LA PÁGINA WEB DE LA AACTE:



<http://www.aacte.eu>



OPINIÓN

LA CARRERA CIENTÍFICA

Juan F. Gallardo

Instituto de Recursos Naturales y Agrobiología de Salamanca

Consejo Superior de Investigaciones Científicas

juanf.gallardo@irnsa.csic.es

Como ya expuse en otras ocasiones, es absurdo legislar haciendo brindis al sol, por ejemplo, establecer departamentos (para luego funcionar con grupos), o funcionarizar investigadores (para luego tener que *mendigar* dineros, algo que no está establecido entre sus funciones; véase nº. 34 de *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, pp. 4-5). Vuelvo a la carga con respecto a lo dicho acerca de la carrera científica en los Organismos Públicos de Investigación (OPIs). Todavía más oportuno, cuando las discusiones posteriores se enzarzan en “qué hay de lo mío”, si “yo soy Científico Titular y quiero y debo dirigir proyectos, o qué tiene ese Prof. de Investigación que decirme a mí, si tengo más sexenios que él y, además, no quiere ser Director del Departamento, ni tiene pajolera idea de lo que hago”.

En este *pim-pam-pum* sin sentido, todos y nadie tienen razón, porque parece ser que de lo que se trata es de legislar como sea, aunque se olvide lo principal: ¿qué se quiere hacer con los OPIs y qué cometidos van a tener?

Yo, si fuera político y legislador (cosa imposible, ya lo sé), empezaría por pensar qué deseo hacer, por ejemplo, con el C.S.I.C. (CSIC en adelante) para que sea más útil para la sociedad. Pienso que hay dos alternativas: a) que el CSIC siga siendo lo que ya es, esto es, un remedo o extensión de la Universidad, con la cual compite por proyectos de investigación básica (si se quiere, más básica u orientada que aplicada, a gusto del propio investigador); o b) una empresa de investigación que sólo realice investigación aplicada y desarrollo, incluso innovación, totalmente incardinada en el sistema productivo de la sociedad.

Vayamos a lo más fácil y posible, la posibilidad a), que el CSIC continúe como está. Esto es, que cada becario *post-* que consigue una plaza quiera su propio laboratorio y sus propios proyectos y se ponga a competir con los demás porque desea hacer su propio currículum, establecer su propia línea de investigación y

ascender cuanto antes en la escala de méritos mediante *papers indexados*, reconocidos o no de forma pecuniaria. Es decir, además de poder dirigir sus propios proyectos, que nadie se meta con él (libertad de investigación), porque lo único que importa es colocar dichos *papers* en las revistas internacionales del primer percentil. Los investigadores, en general, desean que les hablen de grupos (no de Departamentos con jefaturas, ni siquiera con mando de mero papel) y sin más relaciones con los demás que las que surjan espontáneamente. O yo vivo en otro planeta o que me digan si esto no es la realidad actual, con total beneplácito de las autoridades de la elegante calle Serrano. Si la nueva legislación es lo que se lee, opino que no hace falta en absoluto retocar nada de lo que ya hay legislado, dado que casi lo mismo se decía en la anterior Organización, aunque sin llegar nunca a cumplirse (en el mejor de los casos, se simulaba). Los Profesores de Investigación (PI) maduros y los recién entrados Científicos Titulares (CT) del CSIC hacían exactamente lo mismo, sin ninguna distinción salvo la del sueldo. Entonces, ¿para qué se crearon o se perpetúan unas escalas que, en la realidad, salvo el citado sueldo, no se distinguen en nada (ni en derechos, ni en deberes)? Reconózcase esa realidad y déjese una única escala con iguales derechos y deberes en la que se ascienda salarialmente por *sexenios*, evaluados externamente (si acaso, fíjense niveles automáticamente conseguidos según el número de sexenios logrados, con una mínima burocracia destinada a cumplir formalmente con los requisitos exigidos por la Función Pública). Adáptese la legislación a la realidad y no se toque ni un ápice el actual remedo universitario, con sus ventajas e inconvenientes. Pero no poca gente duda de que una estructura de tal guisa sea de utilidad para el desarrollo de la sociedad. No se debe esperar demasiado del voluntarismo ácrata y caótico que caracteriza el modelo universitario transportado al CSIC; salvo las excepciones de ciertos Institutos muy



técnicos, es difícil admitir que en el resto se origine realmente algún aporte significativo al sistema productivo español (eso sí, se seguirán publicando no sé cuántos *papers* en el contexto internacional, pero inútiles en casi su totalidad para el desarrollo hispano).

Y ahora veamos la alternativa. Si en realidad se desea cambiar el modelo del CSIC, para que su aportación se vierta al sistema productivo hispano, entonces reconózcase (y dígame) que lo que existe no funciona, o no lo hace como se desearía para este nuevo contexto. Y dígame que se van a establecer escalas definidas, cada una con sus funciones; y si se dice que sólo el Investigador Científico (IC) tiene capacidad de dirigir proyectos y que los CT deben estar bajo su órbita, cúmplase de veras. Y dígame que se acabó con la investigación libre y los grupitos voluntaristas de investigación. En este sentido, los anunciados y actuales Planes Estratégicos del CSIC no son nada más que buenas intenciones orientativas; obviamente, las metas de los Planes se alcanzan o no en función de la opinión de los responsables de Áreas, que suele depender de los intereses de su *carrera* política o su apreciación del nivel del agua en la botella (medio llena, medio vacía). Y establézcase que el Director (que tendría que abandonar totalmente la investigación al ser designado directamente por la cúpula del CSIC, en neta línea empresarial) es la autoridad que ordena a cada investigador sobre qué debe trabajar tal o cual Departamento, con los fondos previamente obtenidos mediante acuerdos firmados. Es obvio que lo indicado exige una férrea política científica y una conexión directa con los problemas industriales, que contemple incluso desarrollo o servicios, pues serían las organizaciones empresariales, individuales o mancomunadas, las que, junto con la Agencia fomentadora correspondiente, deberían aportar los fondos para el

desarrollo de cada investigación aplicada, sobre la cual cada Departamento (así entendido) se debería volcar. En este caso, nada mejor que seguir con las Divisiones que se intentaron establecer en previos borradores, dejando que se extinga la División Humanística, no aplicada, para potenciar la División Tecnológica. Esto es, ir hacia un CSIC incardinado en el desarrollo industrial y de servicios (y ahora que se están eliminando organismos duplicados o no necesarios, un macro-CSIC que englobara de alguna forma el INIA, IGME, CIEMAT, etc.).

¿Que no se va a ir a éste último modelo porque es imposible su aplicación real? Pues no se toque nada y dejen (¡por favor!) de marear la perdiz de una vez.

¿Entonces, se va a reproducir y consagrar el modelo que viene funcionando? Pues déjense las cosas como están, es decir, en el *sálvese quien pueda*. Sigamos en la realidad actual de que un CT pueda dirigir proyectos o ser Director de un Instituto y tener, o no, más *sexenios* que el PI de al lado. O también que a este último nadie le haga el mínimo caso, ensimismado en su nirvana (o que él mismo rehuya los cargos como gato escaldado), a pesar de su sólida experiencia acumulada en proyectos, *papers* y relaciones internacionales.

Por tanto, mucho me temo que la prometida Ley, llena de buenas intenciones, no aporte absolutamente nada al ineficiente sistema I+D español por querer contentar a tiros y troyanos; eso sí, habrá calmado el clima de protestas en ese área durante una temporada, justo hasta las nuevas elecciones que ya se reclaman por varios foros, con la excusa de la delicada situación económica.



BIODIVERSIDAD: EL PROBLEMA DE LA INTRODUCCIÓN DE ESPECIES EXÓTICAS

José A. Cuesta

Instituto de Ciencias Marinas de Andalucía
Consejo Superior de Investigaciones Científicas
[jose.cuesta\(arroba\)icman.csic.es](mailto:jose.cuesta(arroba)icman.csic.es)

En el año internacional de la biodiversidad se hace necesario echar un vistazo a las causas principales de pérdidas de la misma para, lamentablemente, darnos cuenta que tras ellas siempre nos encontramos con la acción del hombre. En el *ranking* de

las circunstancias que afectan negativamente a la biodiversidad destaca en primer lugar la pérdida de hábitats y en el segundo la introducción de especies exóticas. En este breve artículo de opinión voy a centrar mis comentarios en esta última causa y en los



aspectos que conciernen a su gestión desde las administraciones.

En primer lugar, me gustaría explicar que yo siempre llamo a estas especies *introducidas* (con o sin el adjetivo *exóticas*) pero nunca *invasoras*, que es como más se las puede encontrar citadas en diferentes medios, y en especial en los programas de erradicación que se ocupan de éstas desde las administraciones. Mis razones son claras: no son términos iguales, no es lo mismo una palabra que otra por las connotaciones que tienen. La mayor parte de estas especies exóticas son *introducidas* voluntaria o involuntariamente por la acción del ser humano. Una vez introducidas sólo un tanto por ciento de ellas se establecen en su nuevo hábitat y llegan a proliferar, ahí ya sí quizás adoptando un carácter invasor, que es uno de los rasgos que influye en el éxito de estas especies. Pero cuando se las califica como *invasoras*, de lo que se trata, desde ciertas instancias, es de *culpabilizar* a estas especies por su presencia, por comportarse como lo hacen y por los perjuicios que suelen ocasionar, minimizando de este modo la gran parte de culpa y responsabilidad que tiene el ser humano en la difusión de estas especies fuera de su distribución original, y desviando así la atención sobre la causa del problema.

Las principales vías de introducción de especies exóticas son: a) el transporte accidental junto a diferentes tipos de materiales (maderas, comestibles, etc.) que pueden llevar asociados semillas de plantas o propágulos, así como fases larvarias o adultos de animales; b) transporte accidental en el agua de lastre de los barcos; c) individuos que escapan de granjas o zonas de cría fuera de su lugar de origen; d) rotura de barreras geográficas que permiten la difusión de las especies (por ejemplo la apertura de canales); y e) sueltas incontroladas de ejemplares, bien para poblar zonas con especies objeto de caza o pesca o para liberar especímenes exóticos que se han tenido como animales de compañía.

Como puede verse, en todos los casos se trata de hechos que pueden ser prevenidos. Bien dice el dicho “más vale prevenir que curar” y más en estos casos en los que muchas de las veces no hay cura, pues la erradicación de una especie bien establecida es prácticamente imposible, o tan costosa que no resulta rentable el acometer la empresa.

En función del tipo de introducción, y según se trate de una especie animal o vegetal, terrestre o acuática, sería diferente el tipo de prevención y, por supuesto, el problema que causa tiene a su vez

diferente posibilidad de solución (cuando la tiene).

Responsables de las causas y de las soluciones

En este tema hay que distinguir a los actores implicados en el problema que supone la introducción de especies exóticas. Por un lado están los causantes, los que de forma accidental o voluntaria introducen a estas especies, y por otro los que deberían velar para que estas introducciones no se produzcan y, llegado el caso, encargarse de la erradicación. Entre los causantes los hay por intereses económicos, aquellos a los que poner medidas de control les supone molestias y gastos que disminuyen sus beneficios, y los hay por ignorancia (entre estos hay que destacar a los que liberan a sus mascotas una vez que se han cansado de ellas o no se pueden seguir haciendo cargo de su cuidado). Sobre ambos grupos puede actuar el tercer actor, el responsable de cuidar que no se produzcan introducciones y de erradicar las que se observen: la administración. En ambos casos puede actuar imponiendo normas claras, velando porque se cumplan y sancionando a los infractores (de acuerdo con la Ley 8/2003 de Flora y Fauna Silvestre se pueden imponer sanciones económicas de hasta 300.500 €), y sobre todo con campañas de concienciación que ayuden a prevenir.

Como decía antes, en este tema es más importante invertir en prevención y velar para que no se produzcan las introducciones, que tratar más tarde de erradicarlas. En esto juegan un papel principal las administraciones públicas. Desde luego, el problema se considera como tal no por lo que afecta a la biodiversidad, ya un motivo *per se*, sino por lo que supone en muchos casos de perjuicio económico, incluyendo los costos que suponen las tareas de erradicación.

No soy partidario de criticar sin más, sin ofrecer soluciones, así que aquí van algunos comentarios a problemas concretos y lo que, desde mi humilde opinión, se debería hacer.

Entre las introducciones más difíciles de erradicar están las de las especies acuáticas. El medio acuático, por sus características propias (y más si es abierto, como ríos y mares), hace que, en primer lugar, se tarde mucho en detectar una nueva especie introducida. Esto ya de por sí es un problema, porque si existe una posibilidad, aunque sea remota, de poder erradicar un especie acuática, ésta depende sobre todo de la celeridad de la actuación. Posteriormente es muy difícil el realizar una acción de control y erradicación sobre una especie sin que afecte a las especies nativas, algo que puede ser más fácil en el medio terrestre. Por lo tanto, en el medio acuático los esfuerzos se deben centrar en prevenir las intro-



ducciones, pues una vez establecida una especie sólo queda acostumbrarse a convivir con ella y, a lo sumo, tratar de paliar los efectos de su presencia con medidas de control (por ejemplo, con campañas periódicas de control en las que se actúa sobre las hembras reproductoras).

Las introducciones en el medio acuático se suelen producir por tres vías principales: la accidental a través del agua de lastre de los barcos, la accidental por escape de especies exóticas objeto de cultivo, y la intencionada de los propietarios de mascotas. Como comentaba anteriormente sobre todos estos casos la mejor medida es actuar e invertir en prevención, ya que la erradicación es una lucha perdida de antemano si se considera que no se va al centro del problema: evitar la introducción. *Quitar* especies sin poder evitar que sigan entrando es un trabajo baldío.

La prevención de la introducción a través del agua de lastre requiere de una política general a nivel europeo, pues de nada sirve que un país o región gestione el tratamiento de las aguas de lastre si no se está haciendo en el país o región vecina, ya que las especies podrán seguir llegando como introducciones secundarias de acuerdo con sus mecanismos de dispersión. Por tanto, en este asunto lo que se debería plantear desde la administración central es elevar propuestas a la Unión Europea para legislar sobre este tema a nivel europeo. Existen modelos por los que guiarse, desarrollados por países que ya han comprobado el problema de no controlar este tipo de vías de introducción, por ejemplo Nueva Zelanda y Australia, o las directrices marcadas desde la Organización Marítima Internacional (OMI), donde se aconsejan una serie de medidas como las contenidas en las resoluciones A.774 (18) de 1993 y A.868 (20), aprobadas en 1997 y dirigidas al control y gestión de las aguas de lastre para reducir al mínimo el transporte de organismos perjudiciales y patógenos. O simplemente se podría hacer cumplir el Convenio Internacional para el Control y Gestión del Agua de Lastre y Sedimentos de los Buques adoptado por la OMI el 13 de febrero del 2004.

En el caso de las especies exóticas liberadas por los propietarios de mascotas se puede llevar a cabo una doble actuación. Por un lado sobre los vendedores de estos animales, ya que resulta cuando menos chocante al comprar un electrodoméstico, por pequeño que sea, siempre venga acompañado de un manual de instrucciones en el que se explica la forma correcta de deshacernos de él, y que, sin embargo cuando uno compra un animal en un establecimiento de mascotas (ya sea un pez, una ardilla, una iguana, una tortuga, un hamster, una cotorra o una boa) no se

nos dé un *libro de instrucciones* y mucho menos se nos instruya sobre como *deshacernos* del animal cuando, por los motivos que sean, ya no podamos seguir teniéndolo en casa. Por tanto, en primer lugar, se debería desde la administración obligar a estos establecimientos a acompañar la venta de cada animal con un manual propio para cada especie, en el que se indicase todo lo referente a su cuidado y alimentación y dónde depositarlo cuando no se lo quisiera seguir teniendo. Incluso la *recompra* de los animales (subvencionada por la administración) sería a la larga mas económica que los costos que genera el tenerlos que erradicar una vez liberados en el medio. En el mejor de los casos, la verdadera medida para evitar estos problemas sería el prohibir la venta de animales exóticos que se pudiesen establecer en el medio natural del país o región donde se venden, limitando por tanto la venta a las especies que sean incapaces de sobrevivir sin los cuidados del propietario o a las especies autóctonas que no se encuentran especialmente protegidas. Oportunas campañas publicitarias pueden modificar los gustos y hábitos del consumidor y mostrar lo interesante y atractivo de la fauna nativa frente a la exótica.

Con respecto a los escapes de las granjas de especies acuáticas, se deberían hacer controles más rigurosos de las medidas de seguridad de las instalaciones de las empresas que solicitan permisos para el cultivo de especies exóticas que podrían sobrevivir en el caso de liberación accidental al medio circundante. Este control no sólo atañe a la liberación de los animales, sino también a sus patógenos y parásitos, que podrían escapar al medio (si las aguas que salen de las instalaciones no están debidamente tratadas) y afectar a las especies nativas. Muchas veces conviene tener en cuenta que dar un permiso de estas características puede significar beneficios a un grupo reducido de personas, pero que una afección por una introducción de estas especies que escapase perjudicaría a muchas más.

Así pues, hay que hacer un esfuerzo para que la sociedad entienda que en un mundo globalizado significaría un gran empobrecimiento el tener una fauna y flora también globalizada, unificada, formadas tan sólo por especies cosmopolitas, con distribuciones limitadas por los requerimientos de sus hábitats y, por lo tanto, diferenciadas únicamente por las distintas regiones climáticas. Lamentablemente, si no ponemos remedio, es hacia donde nos encaminamos.





LOS INVESTIGADORES EN LA CIENCIA 2.0: EL CASO DE PLOS ONE

Álvaro Cabezas Clavijo

EC3: Evaluación de la Ciencia y la Comunicación Científica, Departamento de Biblioteconomía y Documentación, Universidad de Granada

[acabezasclavijo\(arroba\)gmail.com](mailto:acabezasclavijo(arroba)gmail.com)

La Ciencia 2.0

La web 2.0, entendida como la evolución de la web que permite la colaboración y participación de los usuarios en aplicaciones y servicios *online*, ha sido uno de los fenómenos más interesantes que se han desarrollado en los últimos años. El surgimiento de blogs y *wikis* en primera instancia, y de servicios de redes sociales en una segunda oleada, la han situado en el centro del debate informativo. Su impacto en las formas de relacionarse de los jóvenes, sirviendo como medio de publicación de información para todo tipo de personas sin especiales conocimientos informáticos, ha generado una explosión de contenidos nunca vista antes en la sociedad. El periodismo, la política o los negocios, por citar sólo algunos ámbitos, han abierto su ventana al mundo 2.0. Pero, ¿qué ocurre con los científicos en el mundo 2.0? ¿Están utilizando sus posibilidades para compartir información con los colegas, participan en las aplicaciones específicas desarrolladas para ayudarles en sus labores investigadoras, están valiéndose de las plataformas de nueva generación para darse a conocer?

Por analogía con la web social, se puede definir a la ciencia 2.0 como el conjunto de servicios y aplicaciones basados en la colaboración y la participación del usuario dentro del campo científico¹. Siguiendo el ciclo de actividad científica, podemos distinguir en esencia dos tipos de herramientas y aplicaciones en el marco de la ciencia 2.0: servicios para la adquisición y producción de conocimientos y servicios para la difusión del mismo. En el primer aspecto, las aplicaciones 2.0 permiten ser más eficientes en las fases de elaboración de la investigación, tales como adquisición de la información, procesamiento, gestión colaborativa del manuscrito, mientras que en el segundo apartado permitirá maximizar la visibilidad de los resultados, ampliando su popularidad.

Los sitios de etiquetado social, los gestores de referencias bibliográficas o las redes sociales científicas son herramientas, construidas a partir de la agregación de contenidos y valoraciones realizadas por los usuarios, que guardan, puntúan, valoran o critican una pieza científica, permitiendo localizar información relevante a un tema de interés. También ofrecen indicadores de popularidad, que se pueden considerar

una alternativa a los tradicionales indicadores de reconocimiento como las citas, y que permiten detectar temas candentes, de actualidad o de impacto en la comunidad usuaria de las distintas herramientas 2.0. Algunas aplicaciones que se enmarcan en esta perspectiva son Citeulike, Zotero, Connotea o Mendeley, por citar las más conocidas. La elaboración colaborativa de documentos con herramientas como Google Docs, por ejemplo, permiten agilizar el proceso de producción científica y suponen una emigración de los procesos tradicionales al entorno *online*. En el extremo de la cadena, la difusión de las actividades mediante blogs especializados, o a través de algunos de los servicios citados, permite ejercer una comunicación directa con los potenciales lectores de un documento, a la vez que se publicita la actividad científica desarrollada, conformando así una verdadera estrategia de difusión 2.0 de la investigación². Los repositorios científicos, como Arxiv, pueden considerarse como una tipología de estas aplicaciones, ya que se basan en la labor de miles de científicos que suben sus *papers* a los servidores de la aplicación. En un ámbito más especializado hay que mencionar las aplicaciones para almacenar y compartir datos de investigación (*data sharing*), o aquellas que permiten gestionar los datos de laboratorio de una manera abierta.

En este sentido hay que señalar el interés de los principales editores científicos por situarse en la punta de lanza de la web 2.0 para científicos. Las principales revistas científicas como *Nature*, *BMJ* o *Science* disponen de opciones para exportar artículos a aplicaciones 2.0 o para compartirlos con colegas. Algunas de las *majors* han desarrollado sus propias iniciativas: Connotea, un gestor social de referencias bibliográficas es un producto de *Nature*, mientras que la multinacional Elsevier es la propietaria de 2collab y Springer, patrocina la web Citeulike.

Sin embargo, pese a la gran variedad de aplicaciones existentes, su uso por parte de los científicos es muy reducido. Si bien hay pocos estudios al respecto, indicadores como el número de personas que han valorado los artículos más populares en aplicaciones como Connotea induce a pensar en la escasa participación que se está dando en estos servicios. En sitios de redes sociales científicas como Academia.edu ape-



nas se pueden encontrar a un puñado de personas de la universidad de uno, en su mayoría becarios y estudiantes en prácticas. No hay que molestarse en buscar al catedrático del departamento.

El caso *PLoS One*

Sin duda el mascarón de proa de las innovaciones 2.0 en el ámbito de la ciencia lo representa el editor Public Library of Science (PLOS), en especial con su revista estrella *PLoS One*. Esta revista, saludada como la competencia a las grandes publicaciones establecidas como *Nature* o *Science* es, además de una revista en acceso abierto, una publicación 2.0 ya que permite toda una serie de funciones sociales tales como puntuar los artículos, comentarlos, o compartirlos con otras personas. Además, permite seguir las repercusiones que un artículo ha cosechado en blogs científicos, sitios especializados y aplicaciones de la web 2.0. Sus editores también han desarrollado una política muy crítica con las medidas bibliométricas como el factor de impacto, elaborado anualmente por Thomson Reuters, al considerarlo poco representativo del impacto de los artículos individuales publicados en una revista. Esto es un problema bien conocido en la literatura del área³, por lo que PLoS ha desarrollado una serie de métricas que miden diversas dimensiones de la popularidad y visibilidad de un artículo, principalmente a través del uso que se hace de ellos. Estas métricas se complementan con las de tipo social, es decir, la puntuación media que los usuarios han otorgado a un artículo, así como los comentarios que ha generado. Por cierto, pese a sus críticas a Thomson, *PLoS One* ha recibido su primer factor de impacto en junio de este año, mostrando que en cuanto a repercusión está muy lejos de las grandes revistas multidisciplinarias.

En un admirable ejercicio de transparencia, los editores de PLoS ofrecen los datos de citación y diversas medidas de popularidad para todos los artículos publicados en sus revistas. Este archivo descargable⁴ permite constatar la escasa participación de los científicos en las diversas funcionalidades de carácter social que se les ofrece de cara a la valoración individual de los artículos. Una de las posibilidades que se ofrece a los lectores de *PLoS One* es puntuar la calidad de los artículos que leen. Puede parecer una cuestión anecdótica, pero no deja de ser muy representativo que, de los casi 9.000 artículos publicados en *PLoS One* desde su lanzamiento a finales de 2006, más del 90% no han sido nunca puntuados (tabla 1), y que el porcentaje de artículos valorados por al menos dos usuarios diferentes sea un paupérrimo 1,6%. Si bien es cierto que sólo los usuarios registra-

puntuaciones	artículos	%
0	8.199	91,66
1	600	6,71
2	103	1,15
3	21	0,23
4	11	0,12
5	4	0,04
6	2	0,02
7	2	0,02
8	2	0,02
22	1	0,01
	8.945	100,00

Tabla 1. Número de artículos según puntuaciones recibidas.

Fuente: elaboración propia a partir de de datos de *PLoS One*.

dos pueden emitir puntuaciones, no deja de ser sorprendente que la revista más publicitada de la era 2.0, que cuenta con personal dedicado en exclusiva a su promoción en las redes sociales, y que ha desarrollado un amplio sistema para evaluar de la manera más exhaustiva y completa posible sus artículos, goce de estas tasas de participación. Otros indicadores de participación de la comunidad científica a través de las herramientas 2.0 de la misma revista se sitúan en cifras parecidas. Hay que resaltar que esta baja participación en las funcionalidades 2.0 no se refleja en el uso de la revista por parte de los investigadores, ya que cada artículo de *PLoS One* es descargado 215 veces, y recibe 2,6 citas de media, tomando la base de datos Scopus como fuente. Los editores de la revista, en respuesta a una dura crítica en que se dudaba de los métodos aplicados en la selección de artículos y en la rigurosidad de las revisiones por los pares⁵, también mencionaban que el 84% de los artículos publicados en 2008 habían sido citados a fecha de mayo del presente año⁶, lo que muestra que su presencia dentro de la comunidad investigadora es muy destacable.

En un análisis previo, publicado en *Nascent*, uno de los blogs de *Nature*, en febrero de 2009⁷ se analizaban los comentarios a los artículos de *PLoS One*. Un 18% de los artículos tomados en la muestra habían recibido algún comentario de los lectores o de los autores del *paper*, lo que si bien no son grandes cifras contrastaba con el pobre 2% de artículos con comentarios en las revistas del editor Biomed Central, publicado en un estudio anterior en la misma fuente.



Uso de los investigadores de la web 2.0

Pese a las múltiples aplicaciones y desarrollos 2.0 en el ámbito científico, hay pocos datos empíricos acerca del comportamiento y uso de los investigadores de estas herramientas. Un informe publicado hace unos meses en el Reino Unido cifraba en un 12% los investigadores que consideraban los blogs como un medio importante o muy importante para comunicar y diseminar sus resultados⁸. Una nota aparecida en fechas recientes sitúa en un 33% los científicos que hacen uso de los blogs, ya sea como autores, como lectores de los mismos, o que lo utilizan como cuaderno de laboratorio⁹. Precisamente un proyecto en marcha en el Reino Unido pretende arrojar algo de luz a la relación entre científicos y web 2.0¹⁰. Esta iniciativa, de la que se esperan resultados para el otoño de 2010, tiene como uno de sus principales objetivos establecer qué tipo de relación se puede establecer entre el uso de la web social y el reconocimiento o incentivo de la investigación. Precisamente hallar si existen vínculos entre las nuevas formas de comunicación y el comportamiento de los investigadores en su forma de adquirir y comunicar la información es otro de los análisis relevantes que efectúa este estudio.

Por su parte, en nuestro país no hay proyectos o iniciativas específicas encaminadas a estudiar el comportamiento de los investigadores en la web social, debido a la fase aún embrionaria de la conceptualización de la ciencia 2.0, y a la escasa aceptación de estas tecnologías para usos académicos en los departamentos universitarios. En definitiva, y a modo de conclusión, podemos afirmar que la utilización por parte de los investigadores de las tecnologías de la web 2.0 para fines científicos es muy baja, y poco relevante, pese al éxito relativo de algunas de sus aplicaciones, como Zotero. A ello se suma la pobre acogida obtenida por otras iniciativas innovadoras, como el *open peer review* que probó la revista *Nature*, y que proporcionan un panorama poco esperanzador de cara a la adopción de estas tecnologías. Como una de las causas principales de este compor-

tamiento aparecen los recelos de los investigadores por dar a conocer sus investigaciones en curso (*research in progress*) mediante notas en blogs, comentarios en artículos o mediante otras plataformas tecnológicas por desconfianza hacia el uso que se pueda hacer de esta información. Esta lógica prudencia se complementa con la falta de incentivos que se ofrecen desde las agencias evaluadoras y centros investigadores. Las dinámicas de recompensa y estímulo de la actividad académica se sustentan principalmente en la publicación en cauces de comunicación de reconocido prestigio, y es muy poco probable que las administraciones modifiquen estos mecanismos. A ello hay que añadir que esto no es una demanda inmediata de la comunidad científica, aunque en ciertos ámbitos comienza a incubarse la idea de que, por ejemplo, el establecimiento de blogs podría valorarse convenientemente dentro de los aspectos de divulgación en los currículums académicos. Junto a las medidas institucionales, el otro factor clave que puede determinar la adopción de tecnologías 2.0 por parte de los investigadores es la percepción de utilidad de estas herramientas. La organización de cursos formativos para científicos, que ya se están realizando en algunas universidades es una buena medida para *predicar* las bondades del mundo 2.0.

Así pues, las tecnologías 2.0 dentro del ámbito científico no han trastocado las metodologías de trabajo de los equipos de investigación, generalmente bien engrasadas y asentadas en la mayor parte de las ciencias experimentales, y no parece que lo vayan a hacer en un futuro próximo. A menos que se tomen medidas de calado al respecto, la participación de los científicos en la web social dentro de unos años será tan testimonial como lo es ahora.



- 1 Cabezas-Clavijo Á, Torres-Salinas D, Delgado-López-Cózar E. (2009). Ciencia 2.0: catálogo de herramientas e implicaciones para la actividad investigadora. *El Profesional de la Información* 18: 72-80
- 2 Torres-Salinas D., Delgado-López-Cózar E. (2009). Estrategia para mejorar la difusión de los resultados de investigación con la Web 2.0. *El profesional de la información* 18, 534-539
- 3 Seglen PO. (1997). Why the impact factor of journals should not be used for evaluating research. *BMJ* 314, 497
- 4 <http://www.plosone.org/static/plos-alm.zip>
- 5 Anderson K. (2010). PLoS' Squandered Opportunity — Their Problems with the Path of Least Resistance. *The Scholarly Kitchen*.
- 6 Binfield P, Patterson M. (2010). PLoS ONE: Editors, contents and goals. *Public Library of Science*.
- 7 Audie E. (2009). Commenting on scientific articles (PLoS edition). *Nascent*
- 8 Research Information Network (2009). Communicating knowledge: How and why UK researchers publish and disseminate their findings. *JISC*.
- 9 Kamalski J. (2010). Blogging about science. *Research Trends*
- 10 http://www.stis.ed.ac.uk/research_projects/use_and_relevance_of_web2.0_resources_for_researchers



BIORREMEDIACIÓN EN VERTIDOS DE PETRÓLEO EN EL MAR

Jorge Alonso
Beatriz Novoa
Antonio Figueras

Instituto Investigaciones Marinas (CSIC)

jorgealonso@iim.csic.es

virus@iim.csic.es

antoniofigueras@iim.csic.es

Un vertido accidental de petróleo en el mar, a pesar de su espectacularidad e impacto ecológico y socio-económico, es un proceso reversible que la propia naturaleza, tarde o temprano, se encargará de restaurar. La intervención humana debe ir encaminada, por tanto, a facilitar estos procesos, intentando no causar más daños al ecosistema que los que ya ha causado el vertido. A pesar de la presión de la opinión pública para acelerar las labores de limpieza, un primer criterio básico es el de no precipitarse en la toma de decisiones. El proceso de restauración es un proceso lento y si por esperar unos días más se toma la medida adecuada, se puede evitar un daño mayor.

La biorremediación consiste en la potenciación de aquellos microorganismos naturales, principalmente bacterias, que se *comen* los compuestos contaminantes transformándolos en moléculas de agua y dióxido de carbono, inocuas para los seres vivos. La aplicación de estas técnicas no daña en absoluto la estructura del ecosistema y elimina la polución sin provocar efectos secundarios. Una de las vías de acción para acelerar la biorremediación es la adición de fertilizantes (N, P, Fe) que equilibren el exceso de carbono aportado al medio por el petróleo, facilitando su degradación por la microbiota petroleolítica. Dicha microbiota puede limitarse a la que coloniza espontáneamente el espacio afectado o reforzarse con siembras procedentes de cultivos masivos preparados *ad hoc* con recursos muy simples. A su vez, el refuerzo puede contener únicamente especies autóctonas o incluir algunas alóctonas que cumplan las siguientes restricciones: no estar modificadas genéticamente, no ser fotosintéticas, no ser parásitas y no ser productoras de esporas u otras formas de resistencia.

La biorremediación es aplicable a roquederos, así como a sustratos arenosos una vez agotada la eficacia de los métodos de recogida. En este último caso es posible que, aún aparentemente limpia, la arena contenga restos no detectables visualmente de los hidrocarburos más persistentes (poliaromáticos), con efectos nocivos aún a niveles sólo detectables por métodos analíticos finos.

En nuestro grupo, con motivo del vertido del Prestige,

hemos realizado investigaciones sobre la microbiota asociada a los procesos de biorremediación (microorganismos autóctonos que tienen la propiedad de utilizar los componentes del petróleo como nutrientes). Además, con la información obtenida en el estudio (tal como las condiciones óptimas para activar el metabolismo de las poblaciones degradadoras) se podrá diseñar futuros tratamientos, más eficaces, para la biorremediación de las costas de Galicia.

Estudiamos diferentes matrices ambientales muestreadas en diferentes momentos tras la catástrofe del Prestige empleando una combinación de técnicas moleculares (PCR, DGGE, bibliotecas genómicas y técnicas de hibridación *in situ*) con técnicas de cultivo clásicas. Combinando estas técnicas pretendíamos evaluar la estructura de las comunidades bacterianas indígenas y su capacidad potencial o real de biodegradación.

Los trabajos se llevaron a cabo en dos ambientes representativos de la costa gallega afectada por el vertido del Prestige: la ría de Vigo y la Costa da Morte. Son dos zonas con características distintas y con estrategias de respuesta diferentes frente al derrame de fuel del Prestige.

Las rías gallegas son ecosistemas muy especiales afectados por episodios de afloramiento que suministran nutrientes necesarios para el desarrollo de actividades biológicas incluida la biodegradación. La ría de Vigo representa un ecosistema marítimo de gran importancia económica y ecológica. En un primer momento, ante la llegada de fuel a la ría de Vigo, se optó por una respuesta primaria (colocación de barreras *booming*, recogida de fuel a mano, etc.) pero gran parte del fuel pesado se hundió y enterró. Nuestros trabajos permitieron constatar la existencia de una comunidad autóctona preadaptada a la degradación de hidrocarburos en la ría de Vigo que puede utilizar los contaminantes como fuente de carbono y energía. En estos ecosistemas acuáticos es posible confiar en la capacidad natural de atenuación (capacidad de auto-limpieza) como alternativa a la limpieza manual o la adición de fertilizantes, cuya aplicación sería económicamente inviable.



En cuanto a la Costa da Morte, la retirada de fuel por los métodos de limpieza mecánica habituales fue poco efectiva debido a las dificultades de acceso. Como alternativa, se utilizaron técnicas de biorremediación consistentes en la adición de fertilizantes en base oleofílica para potenciar la actividad degradadora de petróleo llevada a cabo por las comunidades bacterianas autóctonas presentes de manera natural en estos ecosistemas. En esta zona, sólo las fracciones más recalcitrantes (difícilmente biodegradables) estaban presentes en las zonas del supramareal, alejadas de la acción del oleaje y por lo tanto de la fuente de nutrientes, oxígeno, etc. Allí las poblaciones de bacterias eran diferentes pero, de nuevo, con un alto potencial de biodegradación. Las comunidades bacterianas estaban dominadas por actinobacterias, principalmente del género *Rhodococcus*, caracterizadas por tener una pared celular altamente hidrofóbica que les confiere la capacidad de crecer pegadas al fuel y así acceder a sus fracciones más recalcitrantes e insolubles. El aislamiento de cepas autóctonas pertenecientes a este grupo ha permitido avanzar en conocimientos básicos sobre su metabolismo degradador de hidrocarburos. Para tratar el fuel del Prestige en esta zona lo más adecuado es la adición de fertilizantes y ácidos micólicos sintéticos (componentes de la pared celular de las actinobacterias y capaces de potenciar su actividad degradadora) a los actuales métodos de biorremediación.

Sin embargo, las técnicas de biorremediación aplicadas hasta el momento han demostrado no ser igual de eficaces para cada tipo de vertido y cada tipo de medio. Esta ineficacia viene dada en parte por la falta de información acerca de las especies y procesos bacterianos que llevan a cabo esta degradación. Cada ecosistema

posee diferentes variables abióticas (exposición a la luz, temperatura, humedad, etc.) y bióticas (diferentes especies bacterianas degradadoras y no degradadoras) que es necesario conocer para poder diseñar nuevos y más eficaces biorremedios. A pesar de que en España este tipo de vertidos se dan de forma bastante habitual, poco se conoce acerca de las comunidades bacterianas degradadoras autóctonas de nuestras costas. El desconocimiento que se tiene sobre la gran diversidad de especies bacterianas marinas que llevan a cabo el proceso natural de biodegradación hace que sea necesario conocer qué especies están degradando el fuel de manera natural y qué necesitan para llevar a cabo este proceso.

La biorremediación constituye una buena alternativa para la limpieza del fuel depositado en zonas de alto valor ecológico, aunque su eficacia es variable entre diferentes aplicaciones en función de las características ambientales del sitio contaminado, el tipo de petróleo derramado y el potencial de biodegradación de la población microbiana autóctona. En zonas ricas en nutrientes, como las rías gallegas, no parece aconsejable ni necesario aportar fertilizantes para favorecer el crecimiento de bacterias degradadoras mientras que el uso de biorremediación es bastante efectivo en el caso de la Costa da Morte. En ningún caso sería efectivo el añadir más bacterias que las que ya hay en el propio medio puesto que ha sido más que comprobado que estas bacterias exógenas serían desplazadas por competencia con las autóctonas.



FUEGO CRUZADO

¿EXISTEN DATOS PARA AFIRMAR QUE SE ESTÁ PRODUCIENDO UN CAMBIO CLIMÁTICO DE ORIGEN ANTROPOGÉNICO? SÍ

Josep Enric Llebot

Departament de Física, Universitat Autònoma de Barcelona

[enric.llebot\(arroba\)uab.cat](mailto:enric.llebot(arroba)uab.cat)

La crisis económica ha ocultado en los medios de comunicación y en revistas especializadas el desconcierto que produjeron los resultados de la COP 15, la Conferencia de las Partes de la Organización de las Naciones Unidas que tuvo lugar en Copenhague el pasado mes de diciembre de 2009.

Desconcierto porque la senda tímidamente iniciada con el protocolo de Kioto el año 1997, y que de alguna manera se quería reproducir y actualizar en Copenhague, quedó interrumpida de forma sutil pero firme en lo que acordaron un grupo de países entre los que se cuentan Estados Unidos, China, India y Brasil.



El comentario que puede hacerse desde una perspectiva un tanto maliciosa, y a partir del análisis del texto acordado, es que la vaguedad de los acuerdos, e incluso el hecho de que éstos no sean vinculantes, se debe a que el contexto científico del problema del cambio climático no es claro y suscita muchas dudas entre los expertos. Nada más lejos de la realidad, a mi juicio, cuando la rotundidad de los hechos no deja más que indicios de urgencia para gestionar con firmeza y eficiencia las contribuciones de todos a las emisiones a la atmósfera, ya que la atmósfera es de todo el mundo y todos tenemos la responsabilidad, y la obligación, de gestionarla.

Otro elemento importante a considerar, cuando se evalúa el escenario científico-político de los temas relacionados con el calentamiento de la atmósfera, es que en el intrincado juego de influencias y presiones para conseguir acuerdos favorables a una u otra orientación todo vale, incluso argumentar episodios de fraude o falsificación de los datos, lo que se ha llamado el *climategate*. Aunque puede argumentarse que el mundo de la ciencia tiene unas características específicas que hacen que las personas que se dedican a trabajar en ella sean un tanto especiales, este argumento no sirve para negar que, al igual que en el resto de actividades humanas, algunos científicos no intenten usar trucos, influencias y trampas para ganar notoriedad, conseguir contratos y subvenciones, o éxito y prestigio personal. Sin embargo, a diferencia de otras actividades humanas, el mundo de la ciencia tiene sistemas de control, el mismo método científico, que evita las posibilidades de fraude, aunque no de errores o de cambios de interpretación. El *climategate* no deja de ser una frívola acusación, formulada al atisbo de la notoriedad pública que se formó alrededor de la conferencia de Copenhague pero que no ha resistido el análisis de las comisiones independientes que se han organizado a instancias de las organizaciones en las cuales trabajan los científicos puestos en tela de juicio¹.

Por lo tanto, ante la pregunta: “¿Existen datos para afirmar que se está produciendo un cambio climático de origen antropogénico?”, la única respuesta que se puede dar, a mi juicio, es que sí y que, además, son rotundos. Los argumentos son bien conocidos y en general se basan en la constatación del aumento de la concentración atmosférica de los gases con efecto invernadero, en el análisis de series de la temperatura media superficial, en la medición y el cálculo de los balances radiativos (y, por lo tanto, del forzamiento radiativo al que está sometida la atmósfera) y de los cambios fenológicos de múltiples especies de plantas y de los cambios en la extensión de los glaciares. Estos hechos se complementan por la constatación de

la presencia de carbono fósil en la atmósfera y por la constante disminución del oxígeno en la atmósfera que, aunque muy pequeña dada la gran cantidad atmosférica de este gas, confirma el aumento de los procesos de combustión y, en cualquier caso, de los efectos de las actividades humanas en la atmósfera. Un buen complemento a todo este escenario es la medida y el cálculo de los balances de carbono, bien contrastados por un buen bagaje de medidas y de resultados de modelos². Esto proporciona un buen conocimiento de la evolución de los sumideros naturales y su efecto en la concentración atmosférica de gases efecto de invernadero a causa de las retroalimentaciones que inducen.

El efecto de todos los gases con efecto de invernadero en la atmósfera supone el 96% de todo el forzamiento radiativo, aunque el CO₂ es, con mucho, el componente más importante, ya que ha contribuido al 80% del crecimiento del forzamiento radiativo durante el periodo 2000-2008³. El CO₂ es responsable también del 63% de la perturbación humana en el balance energético de la Tierra, según los datos más recientes de 2008². Su concentración crece continuamente como atestigua el registro del observatorio de Mauna Loa en Hawái, que es el registro instrumental más largo que se dispone⁴. Así, según esta serie, la concentración de CO₂ ha aumentado un 38% respecto a la concentración de periodos preindustriales.

Un elemento importante para la cuestión del calentamiento de la atmósfera, y el consiguiente cambio de las condiciones ambientales (el llamado cambio climático), es que el CO₂ tiene un tiempo de residencia en la atmósfera muy largo. Éste es un hecho que, aunque se conoce desde hace tiempo, no ha sido apreciado hasta hace poco debido a la complejidad del cálculo concreto de esta característica. El CO₂ emitido por las actividades humanas se equilibra entre los diversos reservorios de carbono que son la atmósfera, los ecosistemas terrestres, el suelo y los océanos durante periodos de tiempo que oscilan entre pocos segundos y miles de años. Estos procesos incluyen la extracción por la fotosíntesis de las plantas del CO₂ atmosférico y su emisión durante la respiración. Normalmente, estos procesos en ciclo corto resultan en una fijación de carbono como resultado de la productividad primaria, aunque a largo plazo, cuando la planta muere y su materia orgánica es degradada, se establece un cierto balance. Otro proceso importante es la difusión, lenta pero constante, de CO₂ de la atmósfera hacia el océano y los suelos. La difusión hacia los océanos es lenta pero mucho más rápida de lo que se produce en los cambios de la estructura de la vegetación y en procesos litológicos que requieren miles de años. Con esta multiplicidad de procesos,



aquí simplemente esbozados, se estima que una buena parte del CO₂ emitido a la atmósfera será absorbido por el océano, aunque en una escala de 2 a 20 siglos. Aún suponiendo que se alcanzara la situación de saturación, todavía quedaría entre el 20% y el 35% del CO₂ adicional emitido a la espera de los procesos litológicos. Esto indica que, a escala humana, se puede afirmar que el CO₂ procedente de actividades humanas ejerce un efecto en el clima que se puede calificar de permanente⁵. Por otro lado, los modelos corroboran estos datos mediante experimentos computacionales, un tanto artificiales respecto a las situaciones reales pero inequívocos respecto a los resultados. Los sumideros naturales son, pues, incapaces de absorber entre un 30% y un 40%, como mínimo, de los gases con efecto de invernadero emitidos hasta pasados uno o varios milenios⁶.

En una atmósfera con más dióxido de carbono se da, en términos generales, una mayor retención de la radiación emitida por la superficie terrestre y un calentamiento de la superficie. Este hecho ha sido medido en numerosos observatorios meteorológicos esparcidos por todo el globo. La señal del aumento de la temperatura ha sido más intensa durante el último cuarto del siglo XX y durante el comienzo del siglo XXI. El calentamiento es superior en el hemisferio norte que en el hemisferio sur, debido a la mayor proporción de superficie continental emergida en el hemisferio norte. Con respecto al aumento de la temperatura media superficial, hay dos aspectos analizados que singularizan el proceso en el cual estamos inmersos.

Por un lado, a partir de medidas indirectas, las denominadas medidas *proxy*, se han reconstruido evaluaciones de la temperatura durante los dos últimos milenios. Contextualizada en estas reconstrucciones, la evolución de la temperatura durante los últimos decenios ha sido singular y anómalamente alta comparada con los regímenes térmicos de los últimos 2.000 años⁷. Por este motivo, se ha afirmado que la temperatura superficial es la más alta de los dos últimos milenios. Este comportamiento singular asociado al contenido más alto de gases con efecto de invernadero también está acorde con el enfriamiento de la estratosfera, medido de forma independiente y constatado sin ninguna duda.

Por otro lado hay un argumento de peso obtenido a partir de los modelos, que ya aparecía esbozado en el tercer informe del IPCC de 2001 y que ha sido corroborado en el cuarto informe de 2007⁸. El argumento se basa en el uso de los modelos para *reproducir* la temperatura superficial de la superficie de la Tierra durante el siglo XX. Si se hace retroceder los modelos hacia el pasado, con los cambios de la composición atmosférica del siglo XX producidos únicamente por la

variabilidad natural (cambios en la energía solar, erupciones volcánicas, etc.), se puede representar de forma aceptable la evolución de la temperatura superficial medida hasta, aproximadamente, la década de los setenta. Más allá, la evolución de la temperatura ha seguido un camino que los modelos no reproducen. Si, en cambio, se utilizan los modelos teniendo en cuenta la variabilidad natural y, además, los cambios en la composición atmosférica debidos a las emisiones humanas, los modelos reproducen bastante bien cómo ha ido evolucionando la temperatura superficial durante el siglo XX. De este *experimento* se pueden sacar dos conclusiones: que los cambios de la temperatura superficial no se pueden explicar sin tener en cuenta las emisiones y que hasta el último cuarto del siglo XX estos cambios de temperatura podían atribuirse a causas naturales, pero que desde entonces sólo pueden explicarse atendiendo a las emisiones resultado de las actividades humanas.

En este mismo contexto los análisis y medidas llevadas a cabo por numerosos grupos de científicos⁹ sobre el balance energético global de la Tierra muestran que hay un desequilibrio entre la radiación recibida procedente del Sol y la emitida hacia el espacio exterior, que durante el período 2000-2004 se contabiliza en 0,9 Wm⁻². Aunque este desequilibrio es pequeño, si se mantiene y, como se predice, va aumentando, mostrará cómo la atmósfera se ve sometida a cambios en la energía que contiene, consecuencia de variaciones en sus patrones de funcionamiento debido al exceso de energía que continuamente va absorbiendo. Estos cambios no son ni serán homogéneos, ya que los desequilibrios son distintos a escala local y regional. Un ejemplo de esta última afirmación lo ofrecen los territorios árticos. Allí se constata un debilitamiento del grosor de la capa de hielo y, a la vez, una disminución de su extensión. Este último hecho hace que queden al descubierto extensiones de mar que antes estaban cubiertas por el hielo. La superficie de hielo refleja mucho mejor la radiación que la superficie de agua libre, con lo que la fusión de una fracción de la superficie de hielo supone en el aumento de la temperatura superficial del mar y, en consecuencia, del aire circundante. Este hecho se ha medido y observado sin ninguna duda al respecto⁷.

Por último, mencionaremos otro tipo de procesos como son los cambios fenológicos en plantas y las variaciones en las migraciones de determinadas especies de aves¹⁰. En diversos estudios llevados a cabo en distintas regiones del globo se ha visto cambios en la fecha de la salida y la caída de las hojas, de la floración y de la maduración de los frutos. Estos cambios representan un avance de la salida de las hojas y un retraso de su caída, es decir, el alargamien-



to del periodo de crecimiento. También se han observado variaciones en las migraciones de distintas especies de aves asociadas a cambios de las condiciones ambientales. Aunque, en términos generales, es difícil atribuir a una única causa estos cambios, el hecho de que se produzcan en distintas regiones del globo y que en todos ellos el elemento común sea el calentamiento de la atmósfera parece dar sustento a esta interpretación. Lo mismo puede decirse respecto a la extensión de los glaciares, cuya evolución se puede comprobar a partir de los datos que se aportan en el World Glacier Monitoring Service (WGMS), donde se constata la continua disminución de su extensión, reconocida ésta como un indicador de confianza respecto la evolución del clima y que se atribuye, por otro lado, al calentamiento de la atmósfera¹¹.

No obstante, aún hay aspectos científicos relacionados con el cambio climático que no se conocen con exactitud. Uno de ellos es la representación de las nubes en los modelos climáticos, que es deficiente y que incide en la proyección de la pluviosidad en el futuro. Otro aspecto que no está resuelto de forma satisfactoria es la relación entre una determinada concentración de gases con efecto de invernadero en la atmósfera y las variaciones de la temperatura superficial. Consecuencia de éste último hecho es la indeterminación, dentro de una horquilla de valores, de las proyecciones de la sensibilidad climática, que dependen demasiado de los modelos utilizados.

Estos dos hechos tienen importancia respecto a las trayectorias de estabilización que se pueden definir para conseguir que no se sobrepase el aumento de los 2°C acordados hace unos años por la Unión Europea y ratificados en los acuerdos de Copenhague. Esto es importante para saber responder a las preguntas clave: ¿cuáles son las implicaciones de las emisiones pasadas y actuales de CO₂ sobre el comportamiento

futuro de la atmósfera? ¿Cuáles son las implicaciones de las dinámicas de los procesos naturales que emiten y absorben CO₂? Y, ¿cuál es el nivel de mitigación necesario para no exceder los objetivos de una determinada temperatura superficial global?

Aunque las implicaciones de la primera pregunta son obvias, frecuentemente no se considera el papel de los sumideros, en parte por la dificultad de gestionarlos y, en parte, por el desconocimiento preciso de su funcionamiento. Recientemente se ha planteado un método novedoso que analiza, desde una perspectiva probabilística, el techo total sobre las emisiones de CO₂ que un determinado acuerdo respecto la temperatura puede ocasionar. Concretamente, si se puede definir cuál es el incremento máximo admisible de la temperatura superficial global por encima de la temperatura media reinante en periodos preindustriales, de forma que se eviten interferencias peligrosas en el sistema climático, se puede calcular, en valor absoluto, la cantidad máxima de gases con efecto de invernadero que se pueden emitir bajo condiciones de incertidumbre que corresponden a la diversidad de respuestas que proyectan los modelos. Con este tipo de análisis se ha llegado a mostrar, con un nivel de incertidumbre del 50% que, contando desde el inicio de la era industrial, si se emiten 1000 Pg de carbono (de los cuales se han emitido ya 500 Pg) se llegará a un aumento de 2°C de la temperatura¹². La ventaja de analizar la situación desde esta perspectiva es que, para alcanzar el objetivo deseado, pueden elaborarse trayectorias para las emisiones globales que prevean un cierto crecimiento de las emisiones, de manera que se pueda establecer un periodo de transición en que se acometan los cambios institucionales y estructurales que hagan posible una mitigación más intensa durante las próximas décadas.



- 1 <http://www.realclimate.org>
- 2 Le Quéré C et al. (2009). Trends in the sources and sinks of carbon dioxide. *Nature Geoscience*, 2: 831-836
- 3 Butler J. (2010). The NOAA Annual Greenhouse Gas Index (AGGI). Disponible en: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi> (se accedió al sitio web el 13 de junio de 2010)
- 4 <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/> (se accedió al sitio web el 13 de junio de 2010)
- 5 Archer D, Eby M, Brovkin V, Ridgwell A, Cao L, Mikolajewicz U, Caldeira K, Matsumoto K, Munhoven G, Montenegro A, Kathy Tokos K. (2009). Atmospheric Lifetime of Fossil Fuel Carbon Dioxide. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 37:117-34
- 6 Solomon S, Plattner G, Knutti R, Friedlingstein P. (2009). Irreversible climate change due to carbon dioxide emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106: 1704-1709
- 7 Mann M, Zhang Z, Hughes M, Bradley R, Miller S, Rutherford S, Ni F. (2008). Proxy-based reconstructions of hemispheric and global surface temperature variations over the past two millennia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105: 13252-13257
- 8 IPCC (2007). Climate change 2007. The Physical Science Basis. Cambridge University Press 2007
- 9 Trenberth K, Fasullo J, Kiehl J. (2009). Earth's global energy budget. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 9: 311-323
- 10 Peñuelas J, Filella I. (2001). Responses to a warming world. *Science*, 294: 793-794
- 11 <http://www.geo.uzh.ch/wgms/> (se accedió al sitio web el 14 de junio de 2010)
- 12 Allen MR, Frame D, Huntingford C, Jones C, Lowe J, Meinshausen N. (2009). Warming caused by cumulative carbon emissions towards the trillion tone. *Nature*, 458:1163-1166



FUEGO CRUZADO

¿EXISTEN DATOS PARA AFIRMAR QUE SE ESTÁ PRODUCIENDO UN CAMBIO CLIMÁTICO DE ORIGEN ANTROPOGÉNICO? NO

M^a Eugenia Pérez González

Juan José Sanz Donaire

Departamento de Análisis Geográfico Regional y Geografía Física, Universidad Complutense de Madrid

*meperez(arroba)ghis.ucm.es**jjsanzdo(arroba)ghis.ucm.es*

Se nos ha planteado la defensa o justificación de una postura crítica al cambio climático antropointducido y así intentaremos darle respuesta. Adelantamos algo que debería ser obvio, pero que, con frecuencia, se asocia a puntos de vista contrarios. Nuestra postura no se opone a la defensa y empeño por un planeta más limpio, menos contaminado y con modelos de consumo racionales, pero no a cualquier precio.

¿Puede alguien entonces negarse a que se produce un cambio del clima? Evidentemente no, pues tanto el clima como el tiempo cambian continuamente; el segundo, a diario, y, el primero, en un largo período de años. Probablemente este hecho exija que el cambio sea significativo estadísticamente hablando, al menos si está referido a los datos instrumentales, tomados en condiciones estándar, y por ende, comparables.

¿Puede alguien negar la contribución del hombre a los cambios del clima? Si la pregunta inicial tenía fácil respuesta, ésta ya no es tan obvia. De otro modo el Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC) no hubiese variado su propia definición de cambio climático recientemente. En los tres primeros informes (de 1990, 1995 y 2001) entendía sólo los cambios que el hombre hacía sobre el clima y, a partir del 4º informe, de 2007, se define cambio climático como “cualquier cambio en el clima a lo largo del tiempo, ya sea debido a la variabilidad natural o resultado de la actividad humana”. La modificación no carece de importancia, pues ante el cambio climático natural no hay tanta justificación a los miles de proyectos financiados, gabinetes temáticos, agencias y reuniones nacionales e internacionales, políticas en marcha en decenas de países, presupuestos millonarios para su posible mitigación o el cambio hacia nuevos modelos energéticos y tecnológicos. Todo ello no tendría sentido si no viniese avalado por una sólida hipótesis, la idea inicial, convertida después en una realidad irrefutable. Entonces, ¿por qué dudar?

Veamos más de cerca el problema de la definición. El Diccionario de la Real Academia Española define el clima como “conjunto de condiciones atmosféricas que caracterizan una región”. ¿Cuáles son las condiciones? Suelen restringirse a la temperatura y la precipitación, dado que son los dos parámetros más importantes para la vida, más fácilmente mensurables y desde hace más tiempo. También hay largas series instrumentales de presión atmosférica. ¿Cuándo sabemos que estas condiciones han cambiado? ¿Cualquier cambio es suficiente para hablar de cambio climático? Sobre este aspecto no hay consenso, si bien suele citarse un cambio significativo. ¿Cómo se caracteriza climáticamente una región? Por unos valores centrales y de dispersión, normalmente referidos a un período largo de tiempo. Son necesarios 30 años para definir el clima, según acuerdo de los científicos en el Congreso Internacional de Washington de 1927, y este postulado fue posteriormente asumido por la Organización Meteorológica Mundial sin que haya sido sustituido por otros. Tampoco son baladíes los 30 años a los que debemos referir el clima: se estableció que serían “climatológicos normales” (abreviados a CLINO) los treintenios 1901-1930, 1931-1960, y así sucesivamente (también en orden retrógrado), necesidad impuesta por la propia variabilidad de los parámetros climáticos. Esta definición tiene numerosas implicaciones, pero, básicamente, hay que considerar dos: 1) se precisan al menos 90 años (tres treintenios) para hablar de cambio climático; 2) no existen tantos lugares en la Tierra que cumplan este requisito. Estas dos carencias se han intentado subsanar de diferentes modos. En primer lugar, se ha argumentado que no son necesarios estos treintenios, sino que se han elegido otros, que ofrecen resultados diferentes. Incluso son habituales los trabajos que no alcanzan el treintenio (cuando menos la comparación entre varios), lo que, para nosotros, significa negar su categoría de *climáticos*. Invitamos al lector a que compruebe que esta realidad es la más frecuente en los trabajos del tema^{1, 2}. Más tarde entraremos en el asunto de cómo llenar datos ante la carencia de registro.



¿Es necesario esperar a la finalización del treintenio en curso, 1991-2020, para afirmar algo sobre la actualidad? Por lo general se publican adelantos, se mueve el treintenio a los años 1980-2009, si bien sólo al término del corriente podrá afirmarse algo comparable con los períodos CLINO previos.

Veamos, brevemente, algunas de las características de las series de datos. Probablemente la más conocida (y accesible en gratuidad en la red) sea la GHCN (Global Historical Climatological Network) de la National Oceanic and Atmospheric Administration estadounidense, que se nutre de los datos mensuales aportados por los organismos meteorológicos oficiales de los países. Además presenta la ventaja de que somete los datos a una serie de controles para evitar inhomogeneidades producidas por los cambios de lugar o del instrumental de algunas estaciones³. Una simple ojeada a los datos permite apreciar que las lagunas se multiplican en los últimos 30 años, lo que es tanto más sorprendente cuanto que, a veces, las series están completas desde comienzos del siglo XVIII. Se supone que con el transcurso del tiempo la calidad de los datos habrá mejorado, se habrá unificado el modo de tomarlos, etc., pero el resultado es que muchos años recientes son inservibles a efectos de cómputo. Evidentemente esto obliga a indagar en otros repertorios, pero se tiene la impresión de que se evita dar la información más cercana. Existe un número no despreciable de estaciones con datos desde el siglo XVIII, que, cuando se estudian, presentan variaciones que en nada desdichan las que se realizan en la actualidad. Sin embargo, son muy pocos los observatorios como para que se tilde un trabajo de “global”.

Téngase en cuenta que aproximadamente el 75% del globo está cubierto por mares y océanos, en donde no existen registros continuos, sino sólo fragmentarios (tomados por navíos en ruta a lo largo de escasos pasillos) y difícilmente comparables con los continentales e insulares. En efecto, únicamente cuando se lanzan satélites de seguimiento al espacio, a comienzos de la octava década del siglo XX, comenzamos a tener una cobertura *mundial*. Esta afirmación tampoco es del todo cierta, dado que las áreas polares se incorporaron años más tarde, ni los satélites unificaron la toma de datos, en cuanto que han cambiado de sensor en los pocos años de vida, o han variado de algoritmo de cálculo, pues se necesita convertir la reflectancia en temperatura, a efectos de compatibilidad con los datos terrestres.

Pero volvamos a la fuente principal de datos el GHCN. Existen dos versiones de los datos, pues la

actual, la número 2, sustituyó a la primera en 2001. Cuando se comparan ambas se observa que los datos iniciales se han rebajado entre 1880 y 1980, con lo que se realza la subida actual. La número 2 admite que “our approach to adjusting historical data is to make them homogeneous with present-day observations, so that new data points can easily be added to homogeneity-adjusted time series”. No deja de ser sorprendente, por las consecuencias que acarrea, que se tome como referencia el período que con más alta probabilidad ha podido estar afectado por la huella humana. Es una práctica que contradice los modos de actuar usuales en la ciencia.

Para obviar la carencia de datos que impediría el trabajo global se recurre a una malla de 5° por 5° de latitud y longitud respectivamente, en la cual se halla la temperatura a partir de los observatorios presentes. Como se comprenderá, la malla es de superficie decreciente hacia los Polos, donde el trapecio se convierte en triángulo en la esfera. Cuando se hace cartografía de estas latitudes altas se suele distorsionar la realidad hasta el punto de que no son infrecuentes las representaciones del Polo (un punto singular de la esfera terráquea y, por lo tanto, adimensional) con la misma longitud que el Ecuador, que alcanza unos 40.000 kilómetros de desarrollo. Y no entramos en la falta de precisión en cuanto que por “Polos” se da a entender muy imprecisamente las regiones polares o el casquete polar (con una superficie de algo más de 21 millones de kilómetros cuadrados, esto es, 2,1 Europas), una superficie en la que apenas se registran datos en superficie. En concreto, el observatorio más próximo al casquete antártico, con datos desde 1903, y por tanto útiles para un trabajo de cambio climático, es la base militar argentina de las Islas Orcadas del Sur. En la Antártida continental los registros se efectúan desde 1958, a raíz de la declaración del Año Geofísico Internacional. Por cierto: allí los datos obtenidos (que no alcanzan los tres períodos de treinta años necesarios para estudios de cambio climático) muestran un claro y continuado descenso de temperaturas, salvo en la llamada Península Antártica, donde aumentan.

Pero el cálculo global de la temperatura con la malla también tiene otro inconveniente: los datos medios que arroja, aunque se pidan para un período largo (por ejemplo, 1880 a la actualidad) están basados en las series existentes, muchas de las cuales tienen su comienzo en pleno siglo XX. Además, la inmensa mayoría están basadas en las cuatro últimas décadas (incluida la superficie oceánica, merced a los datos de satélite), por lo que mezclan datos de distinta longitud,



aparentando una subida mayor de la real. Así se construyeron las curvas con aspecto de palo de hockey.

Sí es cierto que en los últimos 40 años se ha producido un incremento notorio de la temperatura media en amplias regiones del Planeta. Sin embargo, también debe comentarse que aumentos similares en la temperatura se han producido en otros momentos de la historia reciente (a mediados del siglo XVIII o en las décadas de los veinte, treinta o cuarenta del pasado siglo), con menos cantidad de CO₂ y niveles de industrialización mucho más bajos. Tampoco debe desprejiciarse que en estos últimos años es cuando se produce el cambio mundial de los termómetros tradicionales a las estaciones automáticas: el cálculo de la temperatura media diaria ya no se realiza como media de la máxima y la mínima (o a partir de tres o cuatro lecturas diarias) sino a partir de las 144 lecturas (cada 10 minutos). La incorporación de los diferentes organismos a este nuevo proceder depende, entre otros, de los fondos que a ello se destinen, y es previsible que continúe en el futuro inmediato. Al propio tiempo se está reduciendo considerablemente el número de estaciones de medida y, esto también influye en los resultados globales.

¿Por qué se suele argumentar que los datos disponibles sólo son fiables desde 1880 a la actualidad? Esta decisión obvia uno de los períodos cálidos constatados en las estaciones de registro más largo. Así ocurre con la estación holandesa De Bilt, la francesa París, la alemana Berlín, etc., que atenúan e incluso invierten la tendencia de la temperatura desde el siglo XVIII a la actualidad. Ante estos casos, ¿tiene sentido que confiemos más en los datos *proxy*, obtenidos de indicios a partir de otras mediciones, que no de los registrados por los termómetros, por muy rudimentarios que éstos fueran en el pasado?

La labor de depuración de los datos es absolutamente imprescindible. Recordemos el lamentable episodio que el Instituto de Economía ruso sacó a la luz en noviembre pasado⁴ en el que admitía que los datos oficiales termométricos de la antigua URSS estaban disminuidos porque de ellos dependía el combustible suministrado (para las calefacciones), que luego la corrupción se encargaba de convertir en dinero a través de su venta fraudulenta. La URSS tiene una dimensión continental (2,2 Europas) y un peso grande en el cómputo total de la Tierra. Del tratamiento de los datos de series largas se suele obtener la sorprendente conclusión de que los valores actuales no son, en muchos lugares, los más altos registrados, ni las subidas más enérgicas se localizan en el tiempo presente.

Junto al problema planteado de la extensión temporal de las series de temperatura se suma otro, no menos despreciable, que es el de su representación espacial. Es frecuente que los modelos globales de temperatura extrapolen los resultados de un punto (una estación meteorológica, en el caso de las terrestres), a 1.200 kilómetros. Estos resultan muy sensacionalistas en su información visual, pero muestran grandes debilidades de interpretación o incluso se alejan de la realidad. De realizarse de otro modo no se cubrirían grandes zonas de la Tierra (caso de las regiones polares, grandes desiertos subtropicales o gran parte del hemisferio sur), y los resultados obtenidos serían menos rotundos. Con esto se quiere destacar que una sola variable climática, la temperatura, presentada en numerosos foros con una tendencia clara y difícilmente reversible, puede ofrecer interpretaciones dispares según los datos seleccionados, el tipo de tratamiento realizado o la forma de representarlos. Si ampliáramos el estudio del clima al segundo parámetro, la precipitación, los conocimientos actuales, predicciones o modelos al respecto son mucho más imprecisos. Por último, ¿qué agudeza se tiene en los pronósticos de otras variables o formas de estudiar el clima: nubosidad, evaporación, albedo, tipos de tiempo, etc.?

Por nuestra parte existen grandes dudas de que el cambio observado en las temperaturas durante los últimos 40 años no sea reversible, pues no puede considerarse invariable la radiación solar, motor principal de la distribución de climas de la Tierra. Tampoco conocemos con precisión el importante papel de los océanos, con superficie y volumen con gran inercia térmica y ciclos poco precisos en la actualidad. De ahí la dificultad en predecir la intensidad o duración de los fenómenos ENOS (El Niño - Oscilación Sur), NAO (Oscilación del Atlántico Norte), OA (Oscilación Ártica), entre otros, que tanta vinculación presentan con el tiempo y el clima.

Quizás deberían enfocarse los problemas producidos por el hombre sobre el sistema terrestre sin el amparo de una amenaza climática global, pues es evidente que notables alteraciones en el medio con frecuencia incrementan los ya de por sí recurrentes riesgos climáticos. Algunos problemas son:

- Cambios en los ciclos y calidades del agua, superficial (captación del agua de los ríos, desvíos de cauces, canalizaciones, contaminación de sus aguas, sellado u obstrucción de parte del curso y un largo etc.) y subterránea (sobreexplotación, salinización, contaminación, etc.).
- Demanda creciente de agua muy por encima de los



recursos pluviométricos disponibles, lo que conduce al incremento de las carencias de agua para usos agrícola, urbano o industrial, que no de las sequías meteorológicas (que llueva menos o cambie su frecuencia o intensidad).

- Contaminación de la atmósfera con gases que le son ajenos (hidrocarburos, compuestos nitrogenados, con azufre, cloro, etc.), e incremento de otros gases no contaminantes que pudieran cambiar su composición (CO₂, principalmente). El gran desconocido es el vapor de agua, muy difícil de modelizar.

nuevo un no, aunque sí profundas dudas. Porque, a pesar de las incertidumbres, incluso en el caso de que no se registrase un cambio climático estadísticamente significativo, no se podría negar que el hombre estuviera afectando al clima, en el supuesto de que la tendencia natural del clima provocase una bajada de las temperaturas, a la que se sobreimpusiera un alza atribuible al ser humano. Pero, también, resulta más sencillo argumentar que, a falta de respuesta térmica positiva, ésta simplemente no existe: es la aplicación del principio de la navaja de Ockham.

¿Negación del cambio climático antropoinducido? De



- 1 Liu B, Henderson M, Zhang Y, Xu M. (2010). Spatiotemporal change in China's climatic growing season: 1955–2000. *Journal of climatic change*, 99: 1-2
- 2 Sajjad SH, Hussain B, Ahmed Khan M, Raza A, Zaman B, Ijaz A. (2009). On rising temperature trends of Karachi in Pakistan. *Journal of climatic change*, 96, 4: 539-547
- 3 <http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>
- 4 <http://spanish.larouchepac.com/news/2009/12/19/investigadores-rusos-desenmascaran-el-fraude-clim-tico-de-lo.html>

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.es>



NOTICIAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

ROMPIENDO EL TECHO DE CRISTAL

El 8 de marzo de 1910, se aprobó una Real Orden¹ que autorizó a las mujeres a matricularse en la Universidad:

Ilmo. Sr: la Real orden de 11 de junio de 1888 dispone que las mujeres sean admitidas á los estudios dependientes de este Ministerio como alumnas de enseñanza privada, y que cuando alguna solicite matrícula oficial se consulte á la Superioridad para que ésta resuelva según el caso y las circunstancias de la interesada.

Considerando que estas consultas, si no implican limitación de derecho, por lo menos producen dificultades y retrasos de tramitación, cuando el sentido general de la legislación de Instrucción pública es no hacer distinción por razón de sexos, autorizando por igual la matrícula de alumnos y alumnas.

S.M. el Rey (q.D.g.) se ha servido disponer que se considere derogada la citada Real Orden de 1888, y que por los jefes de los Establecimientos docentes se concedan, sin necesidad de consultar á la Superioridad, las inscripciones de matrícula en enseñanza oficial ó no oficial solicitadas por las mujeres, siempre que se ajusten á las condiciones y reglas establecidas para cada clase y grupo de estudios.

De Real orden lo digo á V.I. para su conocimiento y demás efectos. Dios guarde á V.I. muchos años. Madrid, 8 de marzo de 1910.

ROMANONES.

Señor Subsecretario de este Ministerio.

De acuerdo con Consuelo Flecha García, hasta entonces se habían matriculado en las universidades españolas 77 mujeres, de las que sólo 36 habían conseguido licenciarse². Sin embargo, obtener un título no garantizaba poder ejercer la profesión. Por ello, otra importante fisura en el techo de cristal se produjo a los pocos meses de la primera (septiembre 1910), cuando una segunda Real Orden

autorizaba a las mujeres a presentarse a las oposiciones del ministerio de Instrucción Pública para acceder a puestos de profesoras de institutos, de universidad o trabajar en bibliotecas y archivos³.

Un siglo después, los buenos resultados académicos y profesionales de las mujeres no se traducen, en un marco igualitario, en cargos de verdadera responsabilidad o de prestigio profesional, aunque su acceso a ellos esté legalmente reconocido. Por ejemplo, según datos de la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE)⁴, sólo hay 11 rectoras en las 77 universidades españolas. Sin embargo, tal y como indica Ana Guil Bozal, Dra. en Psicología Social, Vicepresidenta de la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas (AMIT) en 1910-2010: *cien años buscando la igualdad en la Universidad*, el 60% del alumnado universitario y el 50% de quienes obtienen el grado de doctor son mujeres⁵. Por ello, se siguen denunciando obstáculos para el acceso de las mujeres a puestos de decisión, ya que, en muchos casos, funciona el principio de cooptación: designar por elección a alguien y no por reglamento o méritos. Así, hace unos 10 años, durante una celebración del Día de la Mujer Trabajadora, un grupo de investigadoras hizo notar al entonces Presidente del CSIC el desequilibrio de género en los tribunales de oposición y el bajo número de investigadoras que accedían a la escala de profesores de investigación. En 2002 se creó la Comisión de Mujeres y Ciencia del CSIC y con la Orden de la Presidencia del Gobierno del 8 de marzo de 2005 se estableció la normativa de la paridad en los tribunales de evaluación, que empieza a dar sus frutos. Por ejemplo, tal y como se aprecia en la gráfica de personal investigador, en 2008 el número de profesoras de investigación del CSIC alcanzó el 21,99%⁶. Sin embargo, tampoco la promoción de igualdad de oportunidades alcanza a todos los ámbitos en la actual Agencia Estatal CSIC. Así, existe un total desequilibrio de género en la composición de algunas de las ocho áreas científico-técnicas en las que se estructura este organismo, como en la de Recur-



ses Naturales, de cuyos nueve miembros sólo uno es mujer.

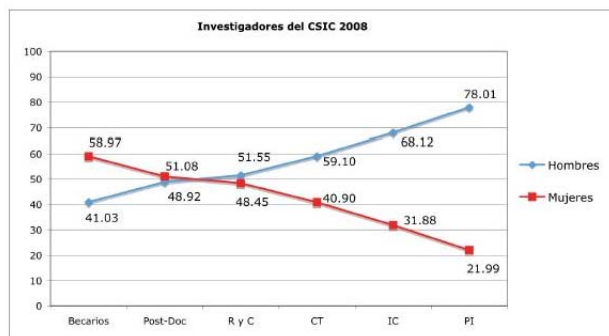
Tal y como comentaban Concha Colomer y Rosana Peiró en un artículo sobre desigualdades de género y estrategias de cambios en la Sociedad Española de Salud Pública y Administración Sanitaria⁷, aunque se hayan abierto pequeñas brechas en el techo de cristal, las escaleras de acceso son resbaladizas y se podría retroceder escalones.

María P. Martín

Departamento de Micología, Real Jardín Botánico (CSIC)

Socia de la Asociación de Mujeres Investigadoras y Tecnólogas

GRÁFICA TIJERA PERSONAL INVESTIGADOR EN %



Gráfica de porcentajes del personal investigador del CSIC en 2008. Se indican: becarios predoctorales (becarios), post-doctorales (Post-Doc), contratados Ramón y Cajal (R y C), Científicos Titulares (CT), Investigadores Científicos (IC) y Profesores de Investigación (PI).)

1 Gaceta de Madrid del 9 de marzo de 1910, tomo I, N. 68: 497-498

2 Flecha C. (1996). Las primeras universitarias en España, 1872-1910. Ediciones Narcea. Madrid

3 <http://www.rtve.es/noticias/dia-internacional-mujer/universidad/>

4 <http://www.crue.org/UNIVERSIDADES/>

5 Guil A. (2010). 1910-2010: Cien años buscando la igualdad en la Universidad. *Aequalitas*, 26: 16-19

6 http://www2.csic.es/documentos/mujerCiencia/informe_mujeres_2009.pdf

7 Colomer C., Peiró R. (2002). ¿Techos de cristal y escaleras resbaladizas? Desigualdades de género y estrategias de cambio en SESPAS. *Gaceta sanitaria*, 16: 4

HOMO SAPIENS Y HOMBRE DE NEANDERTAL EN EL DÉCIMO ANIVERSARIO DEL GENOMA HUMANO

El 26 de junio del 2000, Francis Collins, director del Proyecto Genoma Humano (el programa con financiación pública internacional para secuenciar el ADN humano) y J. Craig Venter, en representación de la empresa privada Celera Genomics, anunciaron en Washington, D. C. la finalización del proyecto cuyos objetivos eran determinar la secuencia de pares de bases que componen el genoma humano e identificar y cartografiar sus unidades funcionales, los genes. A la gala asistieron los entonces primeros mandatarios de Estados Unidos y el Reino Unido, Bill Clinton y Tony Blair. Pareció entonces que el mundo iba a ser diferente y que la longevidad de los seres humanos y su calidad de vida podrían incrementarse significativamente mediante la prevención o la terapia genética de una larga lista de enfermedades, que serían tratables individualmente. La afirmación del presidente Bill Clinton en aquel acto ("la humanidad está a punto de conseguir un inmenso poder curativo") es probablemente ilustrativa de las muchas expectativas que ese primer bosquejo del genoma humano creó.

Hoy, diez años después, no parece que esas expecta-

tivas se hayan materializado en avances prácticos concretos. De momento, no hay aplicación clara de la secuenciación del genoma humano en la prevención o el tratamiento de enfermedades significativas: ni las enfermedades tradicionales de la pobreza que sufren millones en el mundo desheredado (paludismo, tuberculosis y otras infecciones respiratorias y digestivas), ni las enfermedades de la afluencia (trastornos cardiovasculares, cáncer, hipertensión, diabetes, obesidad) que mortifican a las sociedades ricas. Quizá, como ha dicho el mismo Francis Collins, ahora director de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos, para darle un margen al optimismo habría que citar la Primera Ley de la Tecnología, a saber, que las consecuencias de las nuevas tecnologías siempre se sobrestiman a corto plazo mientras que las consecuencias a largo plazo se subestiman¹.

Pero si los avances prácticos de momento no parecen haber sido los esperados, el avance científico y las implicaciones en nuestras ideas acerca de los mecanismos de la evolución sí han sido considerables. La evolución empieza a verse en términos de biología



molecular y, como Sydney Brenner señaló con motivo de los inicios de este proyecto², “la biología pronto será una disciplina teórica y su reto será reconstruir el pasado”.

Para empezar hemos aprendido que la vida es mucho más complicada de lo que se pensaba. El esqueleto de los 38.000 genes que conforman nuestros 23 pares de cromosomas está compuesto de 3.200 millones de pares de bases y las diferencias de densidad (número de genes por unidad de ADN) son enormes entre cromosomas y entre distintos fragmentos de un mismo cromosoma (el gen del interferón no llega a 1kb y el de la distrofina tiene 2.500 kb³). Todo ello para sintetizar 250.000 proteínas distintas. Pero al margen de los números, lo más importante es que, como dice Mel Greaves, investigadora del Instituto Oncológico de Sutton (Reino Unido), muchos investigadores se engañaron pensando que el genoma iba a ser un *plano* más o menos grande pero fácil de interpretar⁴. Pero no lo es. El 35% del genoma que se denominaba *basura*, formado por secuencias repetidas que se consideraban inútiles, tiene un papel importantísimo en la regulación de otros genes. El nuevo esquema que aparece no solo supone un cambio funcional muy importante, sino que tiene unas implicaciones evolutivas trascendentales. Una idea que según Erika Check Hayden parece surgir es que “todos los organismos, desde la mosca de la fruta hasta los seres humanos, organizan su desarrollo a partir de *módulos* de genes, con las interacciones de un módulo aisladas de las de otro, lo que permite que la evolución retuerza los módulos por separado sin comprometer la integridad del proceso”⁴. Como dice Eric Davidson, especialista en biología del desarrollo del Instituto de Tecnología de California, “un principio biológico básico que no teníamos hace pocos años es que el sistema regulador genómico subyace todos los eventos del desarrollo del plan corporal y que los cambios de este sistema regulador probablemente están en la base de la evolución del diseño corporal”⁴. Va a resultar entonces que la *basura* tiene una misión fundamental en toda la historia evolutiva.

Técnicamente, los diez años transcurridos desde que se estableció el genoma humano han sido de enorme avance en la velocidad de secuenciación de material genético, que según Venter ha aumentado en unos ocho órdenes de magnitud. Lo que tardó en hacerse 10 años con el trabajo de múltiples equipos de investigación y aportaciones enormes de dinero, actualmente puede hacerse en un día por mil dólares⁵. Esto permite una rapidísima acumulación de información de numerosas especies y de individuos de cada una de ellas. Esas comparaciones también están deparando sorpresas.

Nuestro lugar en la naturaleza sigue relativizándose. El número de genes del genoma humano, 38.000, es sorprendentemente pequeño. Estimaciones anteriores lo situaban en 300.000⁵, número similar al del genoma de algunas lombrices y gusanos, y solo dos veces mayor que el genoma —tan estudiado por su *simplicidad*— de la mosca del vinagre; y mucho menor que el de algunas especies del reino animal o vegetal (por ejemplo, en algunos peces el número de pares de bases es 40 veces mayor). No parece haber relación entre la complejidad evolutiva de los organismos y la dimensión del material genético. Compartimos además 223 genes con algunas bacterias, y estos son genes que no se encuentran en ancestros humanos, por lo que probablemente hayan pasado a nuestro material directamente a partir de infecciones bacterianas⁶.

Por otra parte, sabemos ahora que coincidimos genéticamente en un 98% con otros primates y que dos individuos humanos, independientemente de su origen étnico, comparten el 99,99% de su código genético. Los seres humanos de hoy somos, además, el producto del cruce entre dos especies humanas (véase más adelante).

Las mayores expectativas suscitadas por la secuenciación del genoma humano eran sin embargo las relacionadas con la salud. En un artículo conmemorativo de su décimo aniversario, Francis Collins ha escrito que las consecuencias de la revolución genómica para la medicina clínica han sido hasta ahora modestas¹ y que, a pesar de que el acceso gratuito y libre a los datos genómicos ha tenido enormes efectos positivos sobre el progreso científico, la consecuencia más profunda que cabría esperar, el desarrollo de terapias focalizadas, basadas en el conocimiento de los mecanismos patogénicos específicos, está todavía lejos de conseguirse debido a los enormes esfuerzos de investigación que implica, los muchos intentos fallidos que conlleva y los altos costos asociados.

Diez años después de la secuenciación todo parece indicar que las expectativas sobre los posibles beneficios a corto plazo que la humanidad podría obtener de tal logro fueron exageradas. Al fin y al cabo, secuenciar el genoma humano fue como descifrar una serie de documentos escritos en un lenguaje hoy desaparecido. Entendemos ahora que esos documentos están constituidos por instrucciones para sintetizar determinadas moléculas. Pero falta mucho para entender cómo interactúan esas moléculas entre sí una vez sintetizadas y por qué partes de esos documentos no parecen ser instrucciones para sintetizar molécula alguna.

Descubrir los fundamentos genéticos de enfermedades frecuentes, como el cáncer o la enfermedad de Alzhei-



mer, y obtener tratamientos eficaces era el objetivo principal de la inversión de 3.000 millones de dólares en el Proyecto Genoma Humano, y la realidad es que en ese sentido se ha avanzado poco o nada⁷. Por ejemplo, docenas de estudios sobre conexiones entre variantes del genoma humano y las enfermedades cardíacas han llevado a la conclusión de que las variantes genéticas asociadas con presencia de cardiopatía no tienen validez para predecir el desarrollo de enfermedad cardíaca y que a tal efecto funcionan mejor los antiguos métodos de indagar los antecedentes familiares⁸.

Cuando se inició el Proyecto Genoma Humano, la idea era definir los 3.000 millones de unidades químicas que componen nuestro genoma. Ahí se encontrarían las causas de las enfermedades. Pero como secuenciar todo el genoma de los pacientes de una enfermedad era muy caro, el proyecto adoptó la estrategia de investigar solo las partes del ADN en las que muchas personas tienen variantes. Se pensaba que, como las cardiopatías o la diabetes son enfermedades comunes, las variantes genéticas asociadas a ellas serían variantes frecuentes. Así se inició el proyecto HapMap de los Institutos Nacionales de Salud de Estados Unidos para catalogar las variantes genómicas comunes. El paso siguiente fue ver si algunas de esas variantes eran más frecuentes en pacientes con una enfermedad dada. Se hicieron unos 400 de esos estudios y se hallaron cientos de variantes genéticas comunes asociadas a enfermedades frecuentes, pero en la mayor parte de las enfermedades estudiadas las variantes comunes solo explicaban una pequeña fracción del riesgo genético. Podría ser que una parte considerable del riesgo genético estuviera asociado a una combinación de varias variantes no comunes.

Casi mil localizaciones del genoma humano se han asociado a enfermedades, lo cual significaría para algunos investigadores que el proyecto está dando resultados. Pero la mayor parte de los puntos del genoma asociados con enfermedades no están en un gen sino en fragmentos de la cadena de ADN que no tienen función biológica conocida, por lo que muchos genetistas piensan que la asociación con una enfermedad es espuria⁸.

La industria farmacéutica ha invertido miles de millones de dólares en el desarrollo de investigación genómica para producir nuevos medicamentos, pero lo que a juicio de Nicholas Wade hoy parece claramente demostrado es que la genética de la mayor parte de las enfermedades es mucho más compleja de lo que se pensaba y que tendrán que pasar muchos años para que puedan obtenerse medicamentos a partir de la investigación farmacogenómica y ganancias comerciales a



Anima, Jim Sanborn. Foto: Dollar Bin.

partir de la venta de esos medicamentos⁷.

La enorme brecha que se ha abierto entre la capacidad de obtener información sobre el material genético y la escasa capacidad para entender la función de ese material deberá menguar progresivamente con el desarrollo del proyecto Proteoma Humano¹. Como son las proteínas las que en última instancia causan los ajustes o desajustes en los organismos, para controlar las enfermedades quizá haya que actuar sobre los genes, pero para entenderlas puede ser más importante saber qué hacen las proteínas que los genes codifican. Este proyecto probablemente será mucho más largo que el anterior, ya que la cantidad de material genético del genoma humano, relativamente similar al de otras especies, no implica que en términos de proteínas la complejidad sea similar. La razón proteínas a genes varía de unos organismos a otros. En las bacterias oscila entre una y dos por gen, en las levaduras son tres y en los humanos cada gen codificante da origen a un promedio de siete proteínas. Mientras que no parece haber relación entre el número de genes y la complejidad de un ser vivo, las dimensiones del proteoma sí parecen ser mayores a mayor complejidad.

El décimo aniversario de la secuenciación del genoma humano ha coincidido con dos noticias científicas importantes que tienen mucho que ver con la capacidad de secuenciar códigos genéticos: la creación del primer ser vivo artificial, protagonizada de nuevo por Venter⁹ y la comprobación por medio de técnicas genómicas de que el moderno *Homo sapiens* tiene material genético procedente de *Homo neanderthalensis*.

La secuenciación de 4.000 millones de pares de bases (el 60% de su material genético) de neandertales fósiles de yacimientos de El Sidrón (España), Feldhofer (Alemania), Vindija (Croacia) y Mezmaiskaya (Rusia), y su comparación con el material genético de seres



humanos actuales ha evidenciado sus grandes similitudes y ha mostrado la identidad genética de una pequeña fracción (entre 1% y 4%) del material. Al parecer, los cruzamientos, que podrían haber sido unos pocos miles, se habrían producido en Oriente Próximo hace entre 60.000 y 100.000 años. Desde allí la población resultante de *Homo sapiens* se habría extendido al resto del continente euroasiático y norte de África, encontrando como única barrera infranqueable el desierto del Sahara, ya que solo las poblaciones actuales de la mitad meridional del continente africano carecen de esa aportación.

Los últimos neandertales desaparecieron del Sur de la península Ibérica hace unos 28.000 años, después de una coexistencia en todo el continente euroasiático con el *Homo sapiens* de unos 250.000 años. Lo que sugieren estos primeros estudios es que los cruzamientos solo habrían tenido lugar en el Oriente Próximo y durante poco tiempo, siendo de escasa relevancia para el devenir del ser humano actual. Sin embargo, estos estudios dan respuesta a uno de los interrogantes sobre el origen de la humanidad, plante-

ado desde hace décadas. La conexión de este descubrimiento con la secuenciación del genoma humano hace un decenio muestra cómo los avances científicos se apoyan unos en otros y pasan de un campo a otros, en este caso, de la genética molecular a la antropología biológica.

El descubrimiento de que somos en parte descendientes del hombre de Neandertal no parece que tenga ninguna relevancia práctica. Tampoco parece que de ese conocimiento pueda la humanidad del siglo XXI derivar ninguna receta concreta para mejorar su suerte. Quizá pueda, sin embargo, hacernos más prudentes en cuanto a lo que pueda pasarnos como especie. En cualquier caso, ésta solo ha sido una de las muchas repercusiones que se han derivado de la secuenciación del genoma humano para la ciencia básica.

Benigno Asensio Nistal

Organismo Autónomo Parques Nacionales, Madrid

José A. Tapia

Universidad de Michigan, Ann Arbor

¹ Collins F. (2010). Has evolution arrived? *Nature* 464, 674-675

² Sampedro J. (1999). Entrevista: Sydney Brenner. *El País*, 1 de diciembre.

³ 1kb = 1.000 pares de bases

⁴ Check Hayden E. (2010). Human genome at ten: Life is complicated. *Nature* 464: 664-667

⁵ Venter JC. (2010). Multiple personal genomes await. *Nature* 464: 676-677

⁶ International Human Genome Sequencing Consortium. (2001). Initial sequencing and analysis of the human genome. *Nature* 409, 860-921

⁷ Wade N. (2010). A Decade Later, Genetic Map Yields Few New Cures. *The New York Times*, 13 de junio

⁸ McClellan J, King MC. (2010). Genetic Heterogeneity in Human Disease. *Cell* 141: 201-217

⁹ A lo que se dedica otro texto de en este número de *Apuntes de Ciencia y Tecnología*

LA CUESTIÓN DE LA CÉLULA ARTIFICIAL

El pasado 20 de mayo, la revista *Nature*, prácticamente coincidiendo con el décimo aniversario de la publicación del genoma humano¹, publicaba un artículo en el que el equipo de investigación del J. Craig Venter Institute (JCVI) anunciaba la "creación de una bacteria controlada por un genoma sintetizado químicamente". Inmediatamente, los medios de comunicación informaron de "la creación de vida artificial".

¿Es esto una exageración? ¿Qué hizo realmente el equipo de Craig Venter? El artículo de *Nature* detalla cómo se sintetizó una copia del genoma de *Mycoplasma mycoides* con suficiente precisión para que fuese totalmente funcional una vez trasplantada a una especie cercana, *Mycoplasma capricolum*. Las células de *M.*

capricolum comenzaron entonces a expresar las proteínas codificadas en el nuevo genoma y a multiplicarse de forma exponencial. Como curiosidad, a este genoma se le habían añadido unas secuencias adicionales que han de servir para detectar su uso no autorizado². Diversos medios han publicado que esas secuencias contienen los nombres de los integrantes del equipo de investigación, convenientemente traducidas a codones³.

El logro técnico de Venter y su equipo es incuestionable. La metodología utilizada para esta investigación, que en parte utiliza y mejora técnicas ya existentes, aumenta enormemente las posibilidades de la tecnología del ADN recombinante. Ello, naturalmente, pre-



senta tanto oportunidades de aumentar nuestro conocimiento sobre el funcionamiento de la vida como sobre su aplicación a la mejora del bienestar humano (entendiendo que nuestro bienestar está asociado necesariamente al *bienestar* del propio planeta).

¿Pero ha conseguido Venter un avance conceptual, además de uno tecnológico? Seguramente no⁴. Venter y su equipo no crearon un genoma artificial *ex novo*, tan sólo copiaron artificialmente un genoma biológico. Menos de un 1% del peso seco del organismo *artificial*, su ADN, es realmente artificial. En este sentido, el *dictum* de William Harvey sobre el origen de la vida, *omne vivum ex ovo*, todo ser vivo procede de otro ser vivo, sigue siendo cierto (¿aunque quizá no por mucho tiempo?).

También es incuestionable la visión empresarial de Venter, que ya ha solicitado la patente sobre algunas de las técnicas utilizadas en su investigación (como intentó en su día patentar miles de genes del genoma humano⁵). Algunos de sus colegas, alarmados, han visto un intento por parte de Venter de obtener el monopolio sobre este nuevo ámbito de la investigación. Un portavoz del JCVI ha declarado que “hay un buen número de empresas que trabajan en el campo de la genómica y la biología sintética, y también muchos centros académicos. Muchos, si no todos ellos, seguramente han solicitado algún tipo de patente sobre diferentes aspectos de su trabajo, así que parece poco probable que un sólo grupo, centro académico o empresa pueda hacerse con el monopolio de algo”⁶.

Y es incuestionable, por último, que Craig Venter es un científico que, a diferencia de muchos de sus colegas, ha entendido perfectamente la naturaleza de los *mass media* y cómo aprovecharla en su propio beneficio. De ahí la fulminante amplificación mediática de la noticia. Declaraciones del propio Venter en conferencia de prensa, como que su célula es “la primera especie autoreplicativa del planeta cuyo padre es un ordenador”⁷ chirriarían en los oídos de muchos científicos pero fueron una perla para muchos periodistas. La mayoría de medios de comunicación generalistas, tomando las palabras de Venter, no dudaron en explo-



Modelo de una doble hélice en el museo de la ciencia de Ann Arbor (Estados Unidos). Foto: A. Hermida.

tar la etiqueta de la “vida artificial”, a veces con sutiles tintes catastrofistas.

Ante el terremoto mediático, algunos científicos prominentes han tratado de poner en perspectiva el logro de Venter ante la sociedad. Algunos han calificado al *M. capricolum* modificado como un organismo “semi-sintético”⁸. “No ha creado vida, sólo la ha simulado”, se ha dicho también⁷. David Deamer ha afirmado que si pudiera sintetizarse un ARN que catalizase su propia reproducción en el interior de una membrana artificial se habría creado realmente vida en el laboratorio (quizás en condiciones similares a las de las primeras formas de vida)⁸.

Seguramente estamos aún lejos de crear vida completamente artificial *sensu stricto*, pero, en cualquier caso, los avances en las técnicas de bioingeniería han de ir acompañados de un debate ético y legal que Venter ha ayudado a promover. Las ondas sísmicas de todo este asunto han llegado hasta la Casa Blanca, donde el propio presidente Barack Obama ha pedido a la comisión de bioética de la Casa Blanca un informe sobre la cuestión, que estará listo en seis meses⁹.

Daniel Aguilar

Departamento de Ciencias Experimentales y de la Salud, Universidad Pompeu Fabra

- 1 Gibson DG, Glass JI, Lartigue C, Noskov VN, Chuang RY, Algire MA et al. (2010). Creation of a Bacterial Cell Controlled by a Chemically Synthesized Genome. *Science*.
- 2 Sin autor. Patenting synthetic life will hamper research, Nobel-winner warns. *The Sunday Times*, 25 de mayo
- 3 Bourzac K. (2010). How to make an artificial cell. *Technology Review*, 14 de junio
- 4 Sin autor. Life after the synthetic cell. *Nature*, 465: 422-424
- 5 Sin autor. (1999). Human genes patent defended. *BBC news*, 25 de octubre
- 6 Cressey D. (2010). Fight the patents. *Nature Blogs*, 25 de mayo
- 7 Wade N. (2010). Researchers Say They Created a ‘Synthetic Cell’. *The New York Times*, 20 de mayo
- 8 Varios autores. Life after the synthetic cell. *Nature* 465: 422-424
- 9 <http://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/Gutmann-Letter.pdf>



EL RINCÓN PRECARIO

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

Las grandes mareas suelen ir seguidas de grandes resacas. Lo normal es que lo mismo hubiera ocurrido con la marea naranja del pasado mes de marzo. Pero la crisis deja poco tiempo para el descanso y la meditación. Las espadas siguen en alto, en todos los frentes. Como suele suceder, la crisis se ceba en los más débiles. Y la Ciencia española no estaba precisamente pasando buenos momentos, dado que los recortes en este campo se anunciaron antes de los recortes en los salarios de los funcionarios. Bueno, eso es un extraño eufemismo. Una lectura no demasiado pausada del BOE correspondiente deja ver enseguida que habla de “empleados públicos”, no de funcionarios. Y ahí le duele. Un recorte de presupuestos en las administraciones está, por tanto, recortando también los salarios de aquellos investigadores en fases iniciales que tanto han luchado para ser considerados trabajadores, porque ahora son empleados públicos. Y lo que es peor: al no ser funcionarios, sus empleos pueden estar en la cuerda floja, así que no se pueden quejar si sólo les bajan el salario. ¡Qué poco dura la alegría en casa del pobre!

Sin embargo, este ha sido un trimestre sin apenas comunicados oficiales desde la Federación de Jóvenes Investigadores (FJI). El trabajo de la FJI se ha centrado más en la celebración de su asamblea anual, los días 10 y 11 de abril. Una asamblea muy especial porque en ella se debatió el futuro de la Federación, replanteando su estructura para tratar de hacerla más operativa y funcional. El objetivo de la Junta Directiva es plantear un referéndum que decida cuál va a ser el camino a seguir. La forma de realizarlo se está debatiendo desde las listas de socios y representantes. Lo que sí puedo anunciar es que de esa asamblea surgió la nueva directiva, que os indico a continuación:

Presidencia: Elisa García García

Vicepresidencia: Bego Cambor Pandiella

Secretaría: Nadia Martínez Espinar

Tesorería: Pilar Navas-Parejo

Vocal Coordinador de Asociaciones Locales: Javier Contreras Becerra

Vocal Coordinador de Comisiones y Campañas (CCC): Floren Cabello

Mucha suerte a tod@s ell@s... a quienes, por cierto, alguien debería haberles advertido que no han cumplido con el precepto de la paridad (-;-)

Han sido los recortes presupuestarios los que han promovido alguno de los comunicados de prensa recientes, como el promovido desde INNOVA-Sala-

manca, denunciando el pasado 24 de mayo el recorte del 50% en el número de ayudas de la convocatoria predoctoral y de movilidad de la Junta de Castilla-León. Un recorte que seguía a la supresión de la Convocatoria de Proyectos de Excelencia. Y no es un caso aislado, seguro que vendrán más desde los cuatro puntos cardinales de nuestra España de las autonomías.

Por otra parte sigue la batalla contra los puestos de trabajo encubiertos, con la campaña *No+Becasx Trabajo*. A este respecto, tal vez la reforma laboral pueda ser aprovechada para evitar desmanes, pero yo no sería muy optimista.

Ramón y Cajal

En lo que a la Asociación Nacional de Investigadores Ramón y Cajal (ANIRC) se refiere, tampoco abundan las noticias. Todo sigue más o menos igual, con la salvedad de que cada día cuesta más que los centros de investigación quieran acoger a estos investigadores de excelencia, porque nadie quiere comprometerse a nada. Recientemente modernizaron su sitio web y cambiaron a un nuevo servidor¹ desde donde nos informan de los movimientos en la asociación. Uno de los más recientes ha sido la realización de una encuesta en abril para elaborar un mapa de la estabilización de los RyCs. Ahora mismo, lo que más pica es saber si también les va a pillar la bajada de salarios,



como empleados públicos que son. Bueno, al menos, no han eliminado sus puestos de trabajo ni el programa en sí, pero crucemos los dedos.

Retrasos en convocatorias

Continúan las reuniones con las altas esferas, desde el presidente de la Conferencia de Rectores de Universidades Españolas al Secretario General de Universidades, pasando por el mismísimo Ministro de Educación. Pero ni así se consigue que las ayudas predoctorales y las ayudas para estancias de investigación en el extranjero salgan a su hora, de forma ordenada. Todos los años la misma cantinela: retrasos, falta de transparencia e información, avisos de última hora de que están al salir, retrasos de más última hora debido a problemas con Hacienda que se espera se resuelvan inmediatamente, etc. Como la cosa siga así, empezaremos a reciclar mis comentarios en números anteriores de *Apuntes*.

Ley de la Ciencia y Agencia de Investigación

Durante el trimestre que acabamos de terminar, se analizó con detenimiento el borrador de la Ley de la Ciencia que, tras la última revisión sube al carro del borrador la *i* y ha pasado a llamarse Ley de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación. Pero parece que el Consejo de Ministros hizo más bien oídos sordos a las recomendaciones de los diversos colectivos que se implicaron en dicho análisis. Demasiados frentes desde los que cada uno intentaba llevar el agua a su molino, me temo. Y muy pocas ganas de ganar en efectividad a costa de enemistarse con las *fuerzas vivas* de este país (entre las que incluyo la macroestructuras burocráticas y los sindicatos, aunque estos andan muy menguados en cuanto a sus fuerzas últimamente). No está el horno para bollos ni el país para más tribulaciones que las impuestas por los mercados. Una vez más, haya o no reforma de la Ley de la Ciencia, quedará en agua de borrajas, diluida en palabras ambiguas, porque no hay tiempo que dedicarle a esos menesteres. Una vez más, la Ciencia será la Cenicienta de esta pesadilla, lo reconozcan o no, porque se la volverá a usar de bandera pero sin invertir en ella.

Eso sí, la *estrella* de la Ley, que es la creación de la *Agencia Estatal de Investigación*, va viento en popa. Según las últimas declaraciones de la, de momento, ministra Cristina Garmendia, lo que se plantea es transformar una Dirección General del Ministerio en Agencia. ¡Tachán! Ese es su gran plan para mejorar la financiación de la ciencia de nuestro país. Cuán cortas

son las miras de quien piensa que cambiando la forma jurídica de parte de la Administración General del Estado se solucionan los problemas. ¿Tan poco confía la ministra en sus funcionarios que tiene que crear una nueva estructura para que gestionen *los dineros de la ciencia*? No nos equivoquemos: transformar un brazo del ministerio en agencia no sirve de nada si no se aligera la pesada burocracia y se aumentan los fondos.

Para colmo, Garmendia pone como ejemplo a seguir el modelo finlandés de los años noventa. En plena crisis, Finlandia optó por invertir en Educación e Investigación como motores que impulsaron el cambio de su modelo productivo. Suponemos que, mientras no presente su dimisión o sea cesada en el cargo, trabajará denodadamente en incrementar los fondos destinados a I+D+i para llegar al 3% del PIB que destina Finlandia, todavía muy lejos de nuestro 1,35%. ¿O eso también lo soluciona con una agencia?

Real Decreto de Doctorado

Y sin tener cerrada una guerra, ya tenemos al frente la siguiente. El próximo caballo de batalla es, sin duda, el nuevo Real Decreto de Doctorado, también en fase de borrador. Por fin parece que vamos a readaptarnos al Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). Y digo readaptarnos, porque nuestro país incorporó los Másteres de Postgrado antes que los Grados, y de aquellos polvos vienen estos lodos. Vamos así a conseguir un récord histórico: en menos de seis años se habrán modificado en tres ocasiones los planes de estudio de Doctorado.

Una de las principales novedades del borrador inicial es que sólo optarán al *cum laude* el 20% de las tesis doctorales defendidas. Sin embargo, parece que esto se ha caído de la última versión. Debe de ser que no ha sentado bien y que optamos por la famosa fórmula "café para todos". En vez de potenciar la excelencia, haremos tabla rasa y nos igualaremos en mediocridad. Veremos en qué queda el asunto. Sinceramente, no creo que lo puedan empeorar (para una vez que soy optimista, espero no descalabrarme).

Ahora os dejamos con una colaboración que trata la aplicación de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales al Personal Investigador en Formación.



¹ <http://www.anirc.es/>



ANÁLISIS DE LA LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES: APLICACIÓN AL PERSONAL INVESTIGADOR EN FORMACIÓN

Jacinto Contreras Vázquez

*Ingeniero Técnico Químico - Técnico de Seguridad e Higiene en el Trabajo
y padre de doctorando*

In Memoriam Pablo Barbadillo Maestre† (2º aniversario)

Actualmente en la Universidad Española existe un grupo numeroso de graduados universitarios que, una vez finalizados sus estudios, han decidido continuar su vocación profesional a través de los estudios oficiales de Doctorado. Uno de estos jóvenes, llamado Pablo Barbadillo Maestre, madrileño de 23 años, estudiante de doctorado de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid, fue hallado muerto el día 29 de abril de 2008 en la selva del Perú, donde se encontraba realizando la investigación *Etno-ecología de grandes reptiles. Conservación y desarrollo local en el ámbito de un posible corredor ecológico en la región de Madre de Dios (Perú)*, proyecto enmarcado en el tema de su tesis doctoral. Este desdichado accidente nos trae a colación la pregunta siguiente: ¿cuál es la situación del personal investigador universitario en formación, desde la perspectiva de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales? Pues bien, a continuación vamos a dar respuesta a esta pregunta a través de un análisis técnico-jurídico en materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

El personal investigador universitario en formación está sujeto a un régimen jurídico establecido por el Ministerio de la Presidencia a través del Real Decreto 63/2006, de 27 de enero, por el que se aprueba en Estatuto del personal investigador en formación (BOE nº 03-02-2006, págs. 4178-4182). En el Artículo 4 de esta norma se establecen las situaciones jurídicas del personal investigador en formación: de Beca y de Contrato:

Artículo 4. Situaciones jurídicas del personal investigador en formación.

1. Las situaciones jurídicas en las que el personal investigador en formación podrá encontrarse son las siguientes:

- a) De beca, que comprenderá los dos primeros años desde la concesión de la ayuda.
- b) De contrato, que, una vez superado el período de beca y obtenido el Diploma de Estudios Avanzados o documento administrativo que lo sustituya de acuerdo con la nueva estructura de ense-

ñanzas adaptada al Espacio Europeo de Educación Superior, comprenderá, como máximo, los dos años siguientes. Para esta etapa, el personal investigador en formación formalizará un contrato laboral con el organismo, centro o institución al que esté adscrito.

En aquellos supuestos en que el beneficiario de una ayuda hubiera obtenido el DEA con anterioridad a la finalización de los dos primeros años de beca, no accederá a la contratación laboral o fase de contrato hasta que complete el período de dos años de beca.

2. No obstante lo establecido en el apartado anterior, las entidades convocantes de ayudas podrán establecer otros requisitos que sustituyan el DEA o documento administrativo que lo sustituya de acuerdo con la nueva estructura de enseñanzas adaptada al Espacio Europeo de Educación Superior, para acceder a dicha fase de contrato.

Pues bien, conocidas estas dos situaciones jurídicas, vamos a analizar si estos dos tipos de personal investigador en formación están comprendidos o no bajo la cobertura de la Ley 31/1995, de 10 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales (LPRL) (BOE 10-11-1995). Para ello hay que acudir al ámbito de aplicación de la LPRL, recogido en su Artículo 3 y Disposición Adicional 3ª, donde se dice:

Artículo 3. Ámbito de aplicación.

1. Esta Ley y sus normas de desarrollo serán de aplicación tanto en el ámbito de las relaciones laborales reguladas en el texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores, como en el de las relaciones de carácter administrativo o estatutario del personal civil al servicio de las Administraciones públicas, con las peculiaridades que, en este caso, se contemplan en la presente Ley o en sus normas de desarrollo. Ello sin perjuicio del cumplimiento de las obligaciones específicas que se establecen para fabricantes, importadores y suministradores, y de los derechos y obligaciones que puedan derivarse para los trabajadores autónomos.



Igualmente serán aplicables a las sociedades cooperativas, constituidas de acuerdo con la legislación que les sea de aplicación, en las que existan socios cuya actividad consista en la prestación de su trabajo personal, con las particularidades derivadas de su normativa específica.

Cuando en la presente Ley se haga referencia a trabajadores y empresarios, se entenderán también comprendidos en estos términos, respectivamente, de una parte, el personal civil con relación de carácter administrativo o estatutario y la Administración pública para la que presta servicios, en los términos expresados en la disposición adicional tercera de esta Ley, y de otra, los socios de las cooperativas a que se refiere el párrafo anterior y las sociedades cooperativas para las que prestan sus servicios.

2. La presente Ley no será de aplicación en aquellas actividades cuyas particularidades lo impidan en el ámbito de las funciones públicas de:

Policía, seguridad y resguardo aduanero.

Servicios operativos de protección civil y peritaje forense en los casos de grave riesgo, catástrofe y calamidad pública.

Fuerzas Armadas y actividades militares de la Guardia Civil.

No obstante, esta Ley inspirará la normativa específica que se dicte para regular la protección de la seguridad y la salud de los trabajadores que prestan sus servicios en las indicadas actividades.

3. En los centros y establecimientos militares será de aplicación lo dispuesto en la presente Ley, con las particularidades previstas en su normativa específica.

En los establecimientos penitenciarios, se adaptarán a la presente Ley aquellas actividades cuyas características justifiquen una regulación especial, lo que se llevará a efecto en los términos señalados en la Ley 7/1990, de 19 de julio, sobre negociación colectiva y participación en la determinación de las condiciones de trabajo de los empleados públicos.

4. La presente Ley tampoco será de aplicación a la relación laboral de carácter especial del servicio del hogar familiar. No obstante lo anterior, el titular del hogar familiar está obligado a cuidar de que el trabajo de sus empleados se realice en las debidas condiciones de seguridad e higiene.

Disposición adicional tercera. Carácter básico.

1. Esta Ley, así como las normas reglamentarias que dicte el Gobierno en virtud de lo establecido en el artículo 6, constituyen legislación laboral, dictada al amparo del artículo 149.1.7ª de la Constitución.
2. Respecto del personal civil con relación de carácter administrativo o estatutario al servicio de las Administraciones públicas, la presente Ley será de aplicación en los siguientes términos:

Los artículos que a continuación se relacionan constituyen normas básicas en el sentido previsto en el artículo 149.1.18ª de la Constitución: 2; 3, apartados 1 y 2, excepto el párrafo segundo; 4; 5, apartado 1; 12; 14, apartados 1,2, excepto la remisión al capítulo IV, 3, 4 y 5; 15; 16 ; 17 ;18, apartados 1 y 2, excepto la remisión al capítulo V; 19, apartados 1 y 2, excepto referencia a la impartición por medios propios o concertados; 20; 21; 23; 24, apartados 1, 2 y 3; 25 ; 26; 28, apartados 1, párrafos primero y segundo, 2, 3 y 4, excepto en lo relativo a las empresas de trabajo temporal; 29; 30, apartados 1, 2, excepto la remisión al artículo 6.1.a), 3 y 4, excepto la remisión al texto refundido de la Ley del Estatuto de los Trabajadores; 31, apartados 1, excepto remisión al artículo 6.1.a), 2, 3 y 4; 33; 34, apartados 1, párrafo primero, 2 y 3, excepto párrafo segundo; 35, apartados 1, 2, párrafo primero, 4, párrafo tercero; 36, excepto las referencias al Comité de Seguridad y Salud; 37, apartados 2 y 4; 42, apartado 1; 45, apartado 1, párrafo tercero; Disposición adicional cuarta. Designación de Delegados de Prevención en supuestos especiales;

Disposición transitoria, apartado 3º.

Tendrán este mismo carácter básico, en lo que corresponda, las normas reglamentarias que dicte el Gobierno en virtud de lo establecido en el artículo 6 de esta Ley.

- b) En el ámbito de las Comunidades Autónomas y las entidades locales, las funciones que la Ley atribuye a las autoridades laborales y a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social podrán ser atribuidas a órganos diferentes.
- c) Los restantes preceptos serán de aplicación general en defecto de normativa específica dictada por las Administraciones públicas, a excepción de lo que resulte inaplicable a las mismas por su propia naturaleza jurídico-laboral.



3. El artículo 54 constituye legislación básica de contratos administrativos, dictada al amparo del artículo 149.1.18ª de la Constitución.

Esto nos indica que el personal investigador en formación de situación jurídica “de Contrato”, al estar sujeto a la formalización de un contrato laboral, está bajo la cobertura de la Ley del Estatuto de los Trabajadores, por lo cual le es de aplicación la LPRL y su desarrollo reglamentario, al tenor del Artículo 3.1, párrafo 1º y Artículo 5.3 del Real Decreto 63/2006, de 27 de enero.

Ahora bien, ¿qué pasa con el personal investigador en formación de situación jurídica “de Beca”, y que, según la Exposición de Motivos del Real Decreto 63/2006, de 27 de enero, en ellos no concurren los elementos exigidos para el nacimiento de una relación laboral (es decir, que no estarían bajo la cobertura de la Ley del Estatuto de los Trabajadores)? A pesar de ello, entendemos que estarían comprendidos en el Artículo 3.1, párrafo 2º, como personal civil

de carácter estatutario, cuyos deberes y derechos están recogidos en el Artículo 6 y Artículo 7 del Real Decreto 63/2006, entre los cuales resaltaremos el estar tutelados por un Doctor (Profesor o Catedrático Universitario) para la coordinación y orientación de su actividad y permitir su integración en los departamentos. A favor de esta interpretación viene el Artículo 3.2 de la LPRL, donde se recogen las actividades específicas en el ámbito de las Administraciones Públicas a las que no le es de aplicación la LPRL, y, en ella, no se menciona como excluido al personal comprendido en el Estatuto del personal investigador en formación.

En conclusión, por ello, se puede afirmar que al personal investigador en formación le son de aplicación la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales y todas las normas de su desarrollo reglamentario.



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.eu>**

Para más información contacta con rosario.gil@uv.es



CRÍTICA DE LIBROS

LA TEORÍA DEL TODO

Stephen W. Hawking

Germán Sastre

Instituto de Tecnología Química, UPV-CSIC

gsastre(arroba)itq.upv.es

Año: 2009

Título: La teoría del todo

Autor: Stephen W. Hawking

Editorial: Debolsillo

ISBN: 978-84-8346-891-3

Páginas: 150



Puede no parecer evidente, pero lo es. La teoría de la atracción gravitatoria de Newton, aplicada a un Universo finito poblado de estrellas, lleva a la conclusión de que, en algún momento, todas las estrellas deberían confluír en un punto. Ante la aparente contradicción entre esta predicción y la realidad, Newton sólo pudo objetar (así lo afirmaba en una carta a Richard Bentley en 1691) que quizás la razón por la que dicho colapso gravitatorio parecía no observarse era que el número de estrellas era infinito, ya que eso llevaba a la conclusión de un Universo más estático. Quiero apreciar con esta observación varios puntos con los que creo que se puede resumir el libro que nos ocupa: la excelente finura del autor para extraer conclusiones excepcionales a partir de hechos y razonamientos sencillos, el gran conocimiento de la historia de la física en lo que se refiere a las teorías de la gravitación y la relatividad, y, por último, el gran acierto para explicar con sencillez las ideas más abstrusas sobre la teoría de los agujeros negros.

El libro está dividido en conferencias, que, de menor a mayor dificultad, van tratando sobre temas concernientes a las teorías astrofísicas del Universo. En la segunda conferencia, sobre la expansión del Universo y el modelo *big bang*, el autor indica que el ritmo de expansión es del 5-10% cada mil millones de años, y que al Universo (sea cual sea la teoría que consideremos) le quedan al menos diez mil millones de años de vida.

En la tercera conferencia, en la que se abordan los agujeros negros, sorprende conocer que fueron considerados en 1783 por un profesor de Cambridge, John Mitchell, basándose en la teoría corpuscular de la luz, que trata los corpúsculos de luz como balas de cañón. Pero,

con la teoría de la relatividad, la luz pasa a tener una velocidad constante y parecería imposible que los agujeros negros pudieran formarse. Sin embargo, la luz puede quedar atrapada y a la vez mantener una velocidad constante, curvada gravitatoriamente en una órbita cerrada.

En el colapso gravitatorio que precede a un agujero negro, hay una segunda *fuerza*, cuya consideración original se debe a Subrahmanyan Chandrasekhar en 1928. Dos partículas elementales ordinarias, por el principio de exclusión de Pauli, no pueden tener posiciones y velocidades arbitrariamente próximas de modo simultáneo. Durante el colapso gravitatorio sus posiciones relativas se van acercando, así que sus velocidades deben hacerse más y más diferentes; por tanto, se alejan unas de otras, y esa *fuerza*, opuesta a la gravitación, tiende a producir una expansión. Sin embargo, las diferencias de velocidades tienen un límite fijado por la velocidad de la luz, por lo que al final la gravedad se impone, antes o después, dependiendo de una masa límite, aproximadamente 1.5 veces la del Sol. De la distribución entre masas y tamaños surgen los posibles estados finales y la clasificación entre enanas blancas (radio de pocos miles de km y densidad de cientos de toneladas por cm^3) y estrellas de neutrones (radio de pocas decenas de km y densidad de cientos de millones de toneladas por cm^3). No abundaremos aquí en explicar qué es lo que detiene el colapso gravitatorio en cada uno de estos casos, pero sí destacaremos que ambos tipos de estrellas fueron posteriormente descubiertas conforme a las predicciones del sabio indio. Pero había un tercer caso, resuelto por Robert Oppenheimer en 1939, en el que el principio de exclusión



nunca puede igualarse a la gravedad y la estrella parece contraerse indefinidamente, de tal manera que su radio se hace menor al radio del “horizonte de sucesos”, por debajo del cual la luz no puede escapar.

En la cuarta conferencia, *Los agujeros negros no son tan negros*, la idea original es una propiedad del horizonte de sucesos resultante de la fusión de dos agujeros negros, según la cual el área de dichos horizontes aumenta tras la fusión, en modo similar a como lo hace la entropía de dos sistemas que se unen, un excepcional resultado obtenido por el autor en 1970. La similitud parecía indicar que un agujero negro, al igual que la entropía, debería tener una temperatura asociada y, por tanto, radiar energía, algo que no parecía compatible con la negrura del agujero. Este resultado acabó comprendiéndose mejor en 1973, cuando Hawking concibió la emisión de radiación de acuerdo al principio de incertidumbre, por el cual los agujeros negros crean y emiten partículas a un ritmo estacionario, cuyo espectro coincide con el de emisión de un cuerpo negro a la temperatura definida a raíz de la similitud entrópica anteriormente mencionada. A medida que el agujero negro pierde masa, el área de su horizonte de sucesos se hace menor, pero este decrecimiento de la entropía del agujero negro está sobradamente compensado por la de la radiación emitida, de modo que la segunda ley de la termodinámica queda a salvo y la entropía global va en aumento. Cuanto menor es la masa del agujero negro, mayor es su temperatura, de modo que conforme pierde masa, su temperatura y su ritmo de emisión aumentan. Pero incluso con una masa varias veces la del Sol, la temperatura que cabe esperar de un agujero negro es de tan sólo una diezmillonésima de grado por encima del cero absoluto, más frío que la radiación de

fondo de microondas de 2.7 grados, por lo que cabe esperar que un agujero negro absorba más energía de la que emite, así que esto compensa la pérdida de masa del agujero negro, salvo para futuros muy lejanos en los que la expansión del Universo haga disminuir la temperatura de la radiación de fondo por debajo de la temperatura del agujero negro. En tal caso, su evaporación parecería segura, pero incluso con este fenómeno, el ritmo de pérdida de masa sería tan lento que llevaría 100000000... (¡sesenta y seis ceros!) años.

Podría haber otro tipo de agujeros negros con una masa tan inferior a la arriba indicada que su temperatura fuese realmente alta, pero eso indicaría –si se crearon en las fases iniciales del Universo– que su masa original debería haber sido varios miles de millones de toneladas, de lo contrario se habrían evaporado ya. Contando con la existencia de dichos agujeros negros, llamados “primordiales”, se deduce que deberían emitir radiación al ritmo de diez mil megavatios y, por tanto, serían los únicos que podrían detectarse, algo importante no sólo para el propio Hawking, que vería recompensados sus esfuerzos con un más que probable Nobel, sino para poner sobre terreno firme una buena parte de la astrofísica reciente.

Si has podido llegar hasta aquí con la sensación de cierta comprensión, entonces te apasionará leer el libro completo, cuyas restantes conferencias llevan por título *El origen y el destino del Universo*, *La dirección del tiempo* y *La teoría del todo*. En cualquier caso, estamos ante un fascinante libro de astrofísica que reúne profundidad y simplicidad, de la mano de una de las máximas autoridades mundiales en el tema.

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\(arroba\)itq.upv.es](mailto:gsastre(arroba)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.





INSTRUCCIONES PARA AUTORES

Objetivos y política editorial de *Apuntes de Ciencia y Tecnología*

Son contenidos aceptables para *Apuntes de Ciencia y Tecnología* los relacionados con la política científica, la relación ciencia-sociedad y los temas científicos de actualidad. Esto incluye:

Las cuestiones relacionadas con la calidad de la investigación científica y tecnológica, su financiación, su relación con la administración y su transparencia.

Lo referido a la formación, la situación laboral y la deontología profesional de los que se dedican a la investigación, ya sea en centros de investigación o en universidades.

También son aceptables contenidos relacionados con las implicaciones sociales de la ciencia y con controversias o temas de actualidad científica.

Tendrán preferencia aquellos contenidos que reflejen cuestiones que afectan a la comunidad científica española.

Estilo

Las contribuciones a *Apuntes de Ciencia y Tecnología*, salvo que se especifique lo contrario, tendrán un estilo divulgativo y estarán dirigidas al público culto general.

Tipos de contribuciones

Sección Correspondencia

Las contribuciones a esta sección deberán contener **experiencias personales**. Se dará prioridad a las que tengan relación con algún contenido publicado en números anteriores de la revista, así como aquellas relacionadas con algún tema debatido en cualquier foro promovido por la AACTE. Una modalidad alternativa de carta es un chiste o viñeta sobre algún tema científico o de política científica. Los textos de esta sección no deberán exceder las 1500 palabras. Los autores podrán suministrar una imágenes para acompañar su contribución si así lo desean.

Sección Opinión

Las contribuciones a esta sección deberán contener **opiniones y reflexiones**. Se dará prioridad a las que tengan relación con algún contenido publicado en números anteriores de la revista, así como aquellas relacionadas con algún tema debatido en cualquier foro promovido por la AACTE. Su longitud no deberá exceder las 2500 palabras y se aceptan textos breves (a

partir de 300 palabras). Es importante que estas contribuciones aporten críticas constructivas y no sólo la exposición de una situación o un problema. Los autores podrán suministrar imágenes para acompañar su contribución si así lo desean.

Sección Fuego Cruzado

A esta sección contribuirán dos autores con **opiniones opuestas** sobre una cuestión determinada. Cada autor argumentará su postura a favor o en contra en un artículo que no deberá exceder las 2500 palabras. Seguidamente, cada autor recibirá el artículo del otro, al que podrá responder con un texto que no deberá exceder las 1000 palabras. Los textos de respuesta se publicarán en el mismo número que los artículos originales o bien en el número siguiente. Los autores podrán suministrar una imágenes para acompañar su contribución si así lo desean.

Sección Artículos Científicos

Las contribuciones a esta sección deberán contener los resultados de **una investigación realizada por el autor o revisiones (reviews)** de un determinado tema. La investigación no tiene por qué ser original (es decir, puede ser una versión divulgativa de un artículo publicado por el autor en otro medio). Estas contribuciones deberán incluir las siguientes secciones:

Título

Nombre del autor

Afiliación del autor o autores¹

Resumen (máximo 150 palabras)

Cuerpo del artículo

Lista de referencias

La longitud total del artículo no deberá exceder las 2500 palabras. El estilo del texto ha de ser de alta divulgación, comprensible por científicos no especialistas en el tema. Los artículos de investigación podrán incluir tablas y figuras. Para ajustar la longitud del artículo, se considerará que 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.

En el caso de reproducir resultados ya publicados será responsabilidad exclusiva del autor obtener los permisos correspondientes de las revistas o libros donde hayan sido publicados. El contenido de estos artículos



será revisado por al menos un especialista de la misma área de conocimiento o de un área afín, quien aconsejará sobre su publicación.

Sección Crítica de Libros

Las contribuciones a esta sección deberán ser **reseñas sobre libros de temática científica**. Su longitud no deberá exceder las 2500 palabras.

Envío

Las contribuciones deberán enviarse por correo electrónico al redactor jefe de cada sección en formato MS-Word o rtf. Los ficheros gráficos podrán estar en cualquier formato de uso común.

Criterios generales de aceptación

Como criterio general para la aceptación de cualquier contribución, la dirección de la revista vigilará que su contenido se adapte a unas normas éticas y de estilo elementales y que no resulte ofensivo o falto de respeto para personas o instituciones.

No se aceptará la reproducción literal de contenidos

previamente publicados en otro medio sin el permiso de la dirección de la revista. En el caso de las imágenes suministradas por los autores, será su responsabilidad obtener el permiso para su publicación.

Todas las menciones a opiniones o investigaciones de otras personas tendrán que ir acompañadas de la correspondiente referencia.

La dirección de la revista no comparte necesariamente las opiniones vertidas en los artículos que publica, que expresan la posición personal de sus autores. Así se hará constar en la revista.

Direcciones de correo electrónico

Dirección de la revista: Daniel Aguilar
(daniel.aguilar@upf.edu)

Sección de Correspondencia/Opinión/Puntos de vista:
José A. Cuesta (jose.cuesta@icman.csic.es)

Sección de Artículos Científicos: Daniel Farias
(daniel.farias@uam.es)

Sección de Crítica de libros: Germán Ignacio Sastre
(gsastre@itq.upv.es)

¹ La afiliación ha de incluir el centro donde trabajan, investigan o ejercen la docencia. Es especialmente importante que conste la afiliación profesional cuando el artículo pueda tener implicaciones comerciales. La revista recomienda que la afiliación no incluya grados académicos ("licenciado", "doctor") o profesionales ("catedrático", "director del departamento de...") a menos que lo justifique el contenido del artículo.