

## Ciencia y pseudociencias 2008

### Módulo I: Un panorama de la ciencia contemporánea

#### Resúmenes de las conferencias y currículos de los conferenciantes

## Contenidos

Qué es esa cosa llamada Ciencia .....	1
Los arquitectos de la Ciencia Moderna .....	4
La evolución de los organismos vivos .....	6
Paleoantropología: en busca de nuestros orígenes .....	8
El sistema operativo de los seres vivos .....	10
El camino hacia el ADN .....	13
Transgénicos: ciencia y opinión pública .....	15
¿Es posible curar con genes? .....	17
Clonación: Frankenstein redimido .....	19
Neurociencia cognitiva: mente, cerebro y computación .....	21
Las emociones y las creencias: ¿están en el cerebro? .....	24
Rayos X, antenas, móviles y salud .....	26
Amenazas del cielo .....	28
Exoplanetas: ¿una nueva revolución copernicana? .....	30
Nuclear en la guerra, nuclear en la paz .....	32
Nanotecnología: la complejidad de lo diminuto .....	35
Ecólogos y ecologistas .....	37
¿Estamos cambiando el clima? .....	39
El poder de los números: verdades y mentiras .....	41
La comunicación de los resultados científicos .....	44

### Qué es esa cosa llamada Ciencia

Inés Rodríguez Hidalgo

Doctora. Profesora Contratada Doctora Tipo I. Departamento de Astrofísica.  
Universidad de La Laguna (ULL)

Investigadora. Instituto de Astrofísica de Canarias

Jueves, 27 de marzo de 2008. 17:30 – 19:00

Vivimos inmersos en la Ciencia, disfrutando sus logros, temiendo sus riesgos, influidos por sus ideas, conceptos y métodos, bombardeados por mensajes publicitarios del tipo 'científicamente probado'... En nuestra sociedad actual coexisten muy diversas opiniones y actitudes ante la Ciencia: hay quienes la critican por encontrarla fría y ajena a toda sensibilidad humana; quienes la temen y rechazan por considerarla origen de todos los males derivados de la tecnología; otros la acusan de rígida e inmovilista, de deshonesto y vendida a intereses políticos o económicos; algunos la idealizan como solución universal, creadora de bienestar, sanadora de enfermedades, portadora de esperanzas, mientras que es considerada por otros como una nueva religión de masas

cuyos sacerdotes son esos 'locos científicos de bata blanca'; frecuentemente se la menciona con esa mezcla de temor y admiración que provoca en el común de los mortales lo complejo e inaccesible. Porque curiosa (y lamentablemente) en nuestra sociedad 'de la Ciencia y la Tecnología y la Comunicación', el analfabetismo científico es casi una epidemia, y muchas personas supuestamente cultas, incluyendo líderes sociales o políticos, tienen un paupérrimo conocimiento de la Ciencia y se sienten incómodos ante ella. Parece evidente, sin embargo, que la solución a graves problemas como el hambre, la superpoblación o el déficit de energía requieren la combinación de diversos avances científicos y tecnológicos; y que la formación de la opinión pública acerca de temas de actualidad (como la clonación, los transgénicos, la contaminación o la eutanasia...) implica, además de consideraciones éticas, un mínimo de formación científica. En esta situación, hoy más que nunca es necesario aproximar la realidad científica a toda la sociedad. Y una adecuada forma de comenzar esta tarea divulgativa es tratar de responder a la pregunta: ¿qué es esa cosa llamada Ciencia, componente esencial de la cultura, que invade nuestro mundo, de la que hablamos inevitable y continuamente, pero que tan poco conocemos y comprendemos?, ¿qué tiene de especial, qué le proporciona su prestigio y su éxito?

Pues bien, la Ciencia puede definirse como una *cuidadosa, disciplinada y lógica búsqueda del conocimiento acerca del mundo que nos rodea, obtenida tras examinar la mejor evidencia disponible, siempre sujeta a refutaciones, correcciones y mejoras si se encuentran pruebas más concluyentes*. Ésta es la completa descripción de James Randi, famoso ilusionista fundador en Estados Unidos, junto con Paul Kurtz o Carl Sagan, entre otros, del Committee for the Scientific Investigation of Claims of the Paranormal, CSICOP. O la asombrosamente precisa definición del célebre médico y divulgador mejicano Dr. Ruy Pérez Tamayo, *Ciencia es una actividad creativa cuyo objetivo es la comprensión de la naturaleza y cuyo producto es el conocimiento* (es difícil decir más con menos palabras). Conviene insistir en que la Ciencia se define, mucho más que por su contenido o resultados, por su procedimiento: ninguno de los avances científicos y tecnológicos de los que disfrutamos habría sido posible sin antes haber recorrido el camino del método (método significa precisamente camino). Nos referimos, claro, al método científico, característica esencial de cualquier disciplina o actividad que haya de ser calificada como científica. Por eso es natural que cualquier panorama de la Ciencia comience hablando del método científico, que ha demostrado desde hace algo más de cuatrocientos años ser capaz de proporcionar un conocimiento contrastado, veraz y universal cuyas consecuencias filosóficas y prácticas condicionan sin lugar a dudas nuestra vida.

La primera parte de la conferencia es una invitación a reflexionar sobre la Ciencia con objeto de definirla, desmitificarla y descubrir sus engranajes. Tras revisar los métodos inductivo y deductivo, se explicará con mayor detenimiento el método hipotético-deductivo, con especial énfasis en el criterio de falsabilidad de las hipótesis y teorías científicas y en el uso de la navaja de Ockham. Hoy día resulta especialmente necesario aprender a distinguir la Ciencia de las pseudociencias (escrito a propósito con minúsculas), esas variopintas actividades que se hacen pasar por Ciencia sin cumplir sus

requisitos ni utilizar su método ni compartir su rigor. Esta delimitación constituye un modo adicional de definir la Ciencia por oposición.

La segunda parte presenta un ejemplo emblemático de aplicación del método científico. Se trata de una reconstrucción, más didáctica que estrictamente histórica, de la determinación de las posiciones y movimientos de la Tierra, la Luna, el Sol y los planetas (obviamente, sin profundizar en los aspectos físicos del problema). Desde los antiguos griegos hasta la revolución einsteniana, se revisarán los avances, retrocesos y traspiés de este largo y a veces tortuoso recorrido por el camino del método, que ha conducido desde la observación curiosa, asombrada, y a menudo atemorizada del cielo por parte de nuestros ancestros hasta la actual capacidad para poner en órbita los múltiples satélites meteorológicos o de comunicaciones, e incluso una gran Estación Espacial Internacional en la que se vive y se trabaja.

## **Bibliografía**

CHALMERS, A.F.: *Qué es esa cosa llamada Ciencia*. Tercera edición. Siglo XXI de España Editores. Madrid. 2000

ECHVERRÍA, J.: *Introducción a la metodología de la Ciencia*. Ed. Barcanova Temas Universitarios. Barcelona. 1989

RODRÍGUEZ HIDALGO, I., DÍAZ VILELA, L., ÁLVAREZ GONZÁLEZ, C.J., RIOL CIMAS, J.M.: *Ciencia y pseudociencias: realidades y mitos*. Equipo Sirius. Madrid. 2004

ZIMAN, J.: *Introducción al estudio de las ciencias*. Ed. Ariel S.A. Barcelona. 1986

## **Información en Internet**

PÉREZ TAMAYO, RUY: *¿Existe el método científico? Historia y realidad*, 1998  
<http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen3/ciencia3/161/html/metodo.html>

**Inés Rodríguez Hidalgo** es Doctora en Física (Astrofísica), profesora del Departamento de Astrofísica de la ULL y miembro del IAC. Desarrolla una intensa labor como divulgadora científica y ha dirigido el Museo de la Ciencia y el Cosmos durante tres años. Es autora de numerosas publicaciones de investigación, así como de artículos divulgativos para revistas, prensa e internet. Ha escrito varios capítulos en libros y es editora científica de *Ciencia y pseudociencias: realidades y mitos* (Equipo Sirius, 2004). Imparte frecuentemente conferencias y cursos de divulgación, algunos de los cuales ha dirigido o coordinado; de 2000 a 2004 escribió y presentó la sección semanal *Un tiempo para el espacio* del programa *Canarias innova* de RNE. Es miembro de ARP-Sociedad para el Avance del Pensamiento Crítico y se implica activamente en la difusión del escepticismo y la lucha contra las pseudociencias. Participa en este curso desde su primera edición, como profesora y coordinadora.

## Los arquitectos de la Ciencia Moderna

José María Riol Cimas

Doctor. Profesor Titular de Universidad. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. ULL

Jueves, 27 de marzo de 2008. 19:00 – 20:30

Entre los siglos XVI y XVII tuvo lugar, en una buena parte de los países europeos, un proceso social extraordinario que introdujo dos cambios fundamentales para el posterior desarrollo de la humanidad. Por un lado la larga transición desde el feudalismo hasta la implantación del capitalismo, como nuevo y más evolucionado modo de producción, sustentado por la nueva clase emergente: la burguesía. Por otro lado, en el que probablemente ha sido el período revolucionario en el campo de las ideas más fructífero de la historia, tiene lugar el establecimiento de las bases de lo que, posteriormente, conoceríamos como Ciencia Moderna. La íntima relación de ambos cambios, en perfecta simbiosis, hace que no se pueda entender el progreso de uno sin la existencia del otro.

Frecuentemente se asocia el comienzo del proceso que dio lugar al nacimiento de la Ciencia Moderna, conocido como Revolución Científica, a la publicación por Nicolás Copérnico, en 1543, de un libro fundamental: *Sobre las Revoluciones de las Esferas Celestes*. Con esta obra se liquidaba la visión geocéntrica del universo, mantenida desde los tiempos de Tolomeo. Asimismo diversos autores dan por concluida la Revolución Científica en 1687, cuando Isaac Newton publica el que, para muchos, sigue siendo el mayor trabajo científico de la historia: *Principios Matemáticos de la Filosofía Natural*, una obra integradora, unificadora de los grandes descubrimientos de las décadas anteriores, en la que se exponen las tres leyes del movimiento y la ley de la gravitación universal.

La Revolución Científica de los siglos XVI y XVII resultó ser un proceso fundamental para el posterior desarrollo de la humanidad, puesto que significó el nacimiento de la Ciencia Moderna y suministró, por primera vez, las herramientas necesarias para una comprensión racional del mundo. Pero cuando se habla de la Revolución Científica parece que sólo se piensa en los padres de la Astronomía moderna: Copérnico, Kepler, Galileo, Newton...y se piensa bastante menos en otros grandes científicos que, también en esos años, establecieron las bases de muchas otras ciencias, como Vesalio (Anatomía), Harvey (Fisiología y Embriología), van Leeuwenhoek (Microbiología), Hooke (Citología), y una larga serie de científicos que forman el ejército más pacífico de la historia, aunque también el que más guerras ha ganado a la irracionalidad, la ignorancia, el miedo, el hambre, la enfermedad...

Antes del siglo XVI la escasa Ciencia medieval cristiana se hacía casi exclusivamente a título individual y, en muchos casos, con fines religiosos, como el intento de demostración de la existencia de Dios o de un supuesto orden divino del universo. Eran los hombres sabios de cada época, por lo general al servicio de los obispos o de algún príncipe, los que producían la raquítica Ciencia de esos siglos. Por la propia naturaleza de esta relación los

contactos de unos científicos con otros eran prácticamente inexistentes. La Revolución Científica venía a alterar los viejos papeles e imponía la necesidad del contraste de las hipótesis y los resultados experimentales pero, para esto, era necesaria la existencia de instituciones científicas, es decir, lugares donde los científicos pudieran agruparse con iguales para someter su trabajo a la crítica y la discusión. La institucionalización de la Ciencia sería uno de los grandes logros derivados directamente de la Revolución Científica. Así, por aquellos años fueron creadas unas instituciones básicas para entender el posterior desarrollo de la Ciencia, las academias científicas, entre las que destacaron la *Accademia dei Lincei* de Roma, la *Royal Society* de Londres y la *Académie Royale des Sciences* de París. Estas instituciones se convirtieron en el lugar de encuentro de los profesionales de la nueva Ciencia y, de ellas, aparte de las actividades académicas, surgieron iniciativas de gran importancia en nuestros días como la divulgación científica o la publicación de las primeras revistas científicas.

Si hay una academia científica que puede considerarse como paradigma de las creadas en el siglo XVII esa es, sin duda, la *Royal Society*, que fue siempre una sociedad financiada exclusivamente por sus miembros, sin apoyo económico alguno de la Corona, de manera que su escasez de recursos les condujo a la asociación con el *Gresham College*, la institución londinense para la enseñanza de la nueva Ciencia, creada por Sir Thomas Gresham casi un siglo atrás y en cuyos salones se reunían. Y también, en esos salones, los miembros más activos de la *Royal Society*, como Robert Hooke, el descubridor de las células, impartirían conferencias científicas gratuitas para el público londinense.

Tras la Revolución Científica, la tradición académica y divulgadora de las instituciones británicas se vería enriquecida, entre finales del siglo XVIII y principios del XIX, con dos nuevas que irrumpen con gran fuerza: *Royal Institution of Great Britain* y *British Association for the Advancement of Science* que, como la *Royal Society*, siguen activas todavía hoy.

## **Bibliografía**

GRIBBIN, J.: *Historia de la Ciencia, 1543-2001*. Editorial Crítica. Barcelona. 2002

BERNAL, J. D.: *Historia social de la Ciencia*. Ediciones Península. Barcelona. 1979

LÓPEZ PIÑERO, J.M., NAVARRO, V. y PORTELA, E.: *La Revolución Científica*. Biblioteca Historia 16. Madrid. 1989

KUHN, T.: *La estructura de las revoluciones científicas*. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 1975

**José María Riol Cimas** es Licenciado y Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de La Laguna (ULL). Ha sido Investigador posdoctoral en la Universidad Complutense (Madrid), en la Unidad de Metabolismo de los Laboratorios Farmacéuticos Wellcome (Beckenham, Londres) y en la

Universidad Técnica de Viena. Autor de publicaciones internacionales sobre el metabolismo de hidratos de carbono y sobre mecanismos de transporte de nutrientes a través de la membrana celular. Ha publicado más de setenta artículos en libros, revistas y prensa diaria sobre divulgación de la ciencia y de su historia. Conferenciante en las siete ediciones anteriores de este curso, coordinador en las dos primeras y director de la tercera y la séptima edición. Editor científico del libro *Ciencia y pseudociencias: realidades y mitos* (Equipo Sirius, Madrid, 2004). Es Profesor Titular de Universidad del Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la ULL y director del Aula Cultural de Divulgación Científica de la ULL.

### **La evolución de los organismos vivos**

Carolina Martínez Pulido

Doctora. Profesora Titular de Universidad. Departamento de Biología Vegetal.  
ULL

Martes, 1 de abril de 2008. 17:30 – 19:00

La publicación, en 1859, del más que célebre trabajo del científico británico Charles Darwin, *El origen de las especies*, constituyó, como es por todos conocido, un acontecimiento fundamental en la historia de la Biología moderna. La característica más sobresaliente de la evolución biológica es, sin duda, su enorme capacidad para conectar todos los estudios de la vida en la Tierra, y puede definirse como 'un proceso por el que los organismos cambian con el paso del tiempo, de tal forma que los descendientes difieren de los antepasados'. El proceso evolutivo puede justificar las enormes diferencias y también las sorprendentes semejanzas observables entre los organismos. Ante la paradójica pregunta de por qué los seres vivos son tan distintos y, al mismo tiempo, tienen tanto en común, la respuesta más aceptada señala: porque son el resultado del proceso evolutivo, de una serie de cambios sufridos por los organismos y sus descendientes que, a lo largo de vastísimos períodos de tiempo, han llevado a la gran diversidad biológica del mundo actual. Darwin, no sólo propuso un modelo de la naturaleza en el que las especies tienen la capacidad de transformarse unas en otras, sino que además, introdujo la idea de que los humanos también hemos evolucionado de acuerdo a principios que operan en el resto del mundo viviente. En la sociedad de la segunda mitad del siglo XIX, la publicación de las ideas darwinianas provocó un gran impacto. Científicos, políticos, clérigos y diversas personas de mayor o menor notoriedad se vieron inmersos en largos y acalorados debates. Sin olvidar que la teoría darwiniana tiene una gran complejidad, aquí sólo expondremos brevemente las aportaciones fundamentales del notable naturalista. Uno de los pilares principales del concepto evolutivo está representado por la teoría del origen común y la diversificación de las especies; esta noción sostiene que cada grupo de seres vivos desciende de un antepasado común y todos se remontan a un único origen de la vida en la Tierra. La enorme diversidad orgánica se explica porque las especies se diferencian en especies hijas cuando las poblaciones se quedan geográficamente aisladas y de ellas surgen nuevas especies. 'Los seres organizados conforman un árbol irregularmente ramificado', afirmaba Darwin al

tiempo que dibujaba varios esquemas de árboles, en los que incluso distinguía las especies vivientes y las extintas con diferentes símbolos. Con la metáfora del árbol de la vida Darwin fue capaz de sugerir un modelo que vinculaba a todo el mundo vivo.

Asimismo, otro importante soporte de la teoría de la evolución está constituido por el mecanismo de cambio evolutivo concebido por Darwin, esto es, la selección natural. En un mundo en el que los individuos han de competir entre ellos para sobrevivir, sólo tienen posibilidad de llegar a adultos y reproducirse los dotados de ciertas características ventajosas, que sus crías probablemente heredarán. Esta desigual proporción de supervivencia, en la que los mejor dotados para un entorno dado acaban por superar a los peor dotados, es la selección natural que, si se cumple con intensidad suficiente y durante un tiempo adecuadamente prolongado, acarrea cambios muy perceptibles en una población y culmina en la aparición de una nueva especie. El éxito procreador es la piedra angular de la selección natural.

La concepción darwiniana, al basarse exclusivamente en fenómenos empíricamente demostrados, proporcionó la primera explicación realmente científica de la evolución; el proceso podía entenderse sin recurrir a ninguna fuerza sobrenatural. Este fue el valioso legado que dejó el gran naturalista inglés: el mundo vivo también está gobernado por leyes naturales. No obstante, a pesar del poderoso valor científico de la obra de Darwin, cabe apuntar que su libro *El origen del hombre*, publicado en 1871, contribuyó en gran medida a la proliferación de una pseudociencia que trataba de 'probar', a partir de la teoría de la evolución, la inferioridad de las mujeres. En efecto, en las últimas décadas del siglo XIX se dedicaron grandes esfuerzos al intento de convertir en 'verdad científica' un prejuicio con profundas raíces históricas: las mujeres son intelectual y moralmente incapaces del trabajo científico. En esta línea hasta el biólogo más célebre de la historia, al igual que sus predecesores y la gran mayoría de sus sucesores, colocaba a las mujeres en una posición subordinada a los hombres. Se apoyaba para tal conclusión en las diferentes funciones que en la reproducción desempeña cada sexo. Las mujeres eran inferiores a los hombres porque la naturaleza las había consagrado a la única labor de parir y criar a su prole.

Llegados a este punto, y para concluir, sólo nos queda subrayar las contradicciones que asolan hasta el pensamiento más brillante. La extraordinaria capacidad de razonamiento de Darwin le permitió defender al mismo tiempo una teoría científica que revolucionó al mundo y una serie de ideas que forman parte de la más burda pseudociencia.

## **Bibliografía**

BOWLER, P.: *Charles Darwin, el hombre y su influencia*. Alianza editorial. Madrid. 1995

GOULD, S. J.: *La vida maravillosa*. Crítica. Barcelona. 1991

MARTÍNEZ PULIDO, C.: *El papel de la mujer en la evolución humana*. Biblioteca Nueva. Madrid. 2003

MAYR, E.: *Darwin y el darwinismo, una eterna controversia*. Crítica. Barcelona. 1992

**Carolina Martínez Pulido** es Doctora en Biología y Profesora Titular del Departamento de Biología Vegetal. Ha publicado diversos trabajos de investigación en la especialidad de Biotecnología Forestal. Ha estado becada durante dos años en la Universidad de Calgary, Canadá. Ha disfrutado de dos estancias en el Centro de Investigaciones Agrobiológicas de Galicia (CSIC, Santiago de Compostela). Ha impartido diversos Seminarios sobre Biología Evolutiva. Ha impartido diversas conferencias sobre pensamiento biológico e Historia de la Biología y colaborado con la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina. Miembro del CEM (Centros de Estudios de la Mujer) de la ULL. Actualmente desarrolla una línea de trabajo acerca del papel de la mujer en las Ciencias Biológicas. Ha publicado cuatro libros de divulgación científica sobre este tema: *También en la cocina de la Ciencia* (Servicio de Publicaciones de la ULL, 2001); *El papel de la mujer en la evolución humana* (Biblioteca Nueva, Madrid, 2003); *Gestando vidas, alumbrando ideas* (Minerva ediciones, Madrid, 2004) y *La presencia femenina en el pensamiento biológico* (Minerva ediciones, Madrid, 2006).

### **Paleoantropología: en busca de nuestros orígenes**

María Dolores Garralda Benajes

Doctora. Profesora Titular de Universidad. Departamento de Zoología y Antropología Física. Universidad Complutense. Madrid

Martes, 1 de abril de 2008. 19:00 – 20:30

El contenido de esta conferencia, respondiendo al marco del curso en el que va a impartirse, va a consistir en una exposición, que contribuya a hacer comprender lo complejo del tema, y a la superación de unas cuantas ideas muy comunes y de gran arraigo popular cuando se habla de evolución humana. Pero, a diferencia de otros años, esta vez vamos a exponer brevemente diversos aspectos sobre cómo se aborda, en este siglo XXI, el estudio de la evolución del hombre. Aunque extremadamente resumidos, los diferentes puntos expondrán nuestra perspectiva de científicos que disponen de nuevos métodos y de una gran cantidad de información procedente de campos tan distintos como la Prehistoria, la Genética Humana, la Geología, etc...

Comenzaremos la exposición insistiendo en la necesaria perspectiva multidisciplinar con que actualmente se enfocan estos temas, pasando luego a explicar dónde se hallan y cómo se obtienen los fósiles, cómo se forman los equipos multidisciplinarios, detallando después los distintos tipos de yacimientos (primarios, secundarios, haciendo especial énfasis en las sepulturas) y las cuidadosas técnicas de excavación y manejo de los hallazgos. Posteriormente detallaremos los diversos trabajos que se realizan en los laboratorios, primero de limpieza, consolidación y reconstrucción, para



proceder después a los análisis métricos y morfológicos, comparando siempre con otros fósiles o restos bien identificados; todo eso nos permitirá estimar el sexo del individuo o la edad al fallecimiento, así como asignarlo a un grupo taxonómico descrito, o quizás a uno nuevo.

Hoy en día tenemos instrumentos cruciales para analizar muchos detalles de los fósiles, como por ejemplo las importantes aportaciones de las antiguas y nuevas técnicas de análisis de imágenes que expondremos con varias fotografías. Otros varios ejemplos ilustrarán sobre la reconstrucción del estado de salud (enfermedades, traumas...) que podemos deducir del estudio de numerosos restos tanto de niños como de adultos, o de las paleodietas, inferidas, sobre todo, mediante las proporciones existentes entre algunos de los componentes químicos o minerales de los huesos.

También hablaremos de los estudios que tratan de reconstruir el comportamiento, tanto de los primates ancestrales como de cualquiera de los diferentes grupos humanos a través de su historia inicial; este tipo de trabajos requiere no solo determinados datos que pueden proporcionar los fósiles, sino también de las necesarias aportaciones de la Prehistoria. Cuando se trata, sobre todo, del comportamiento de los homínidos más antiguos, resultan muy importantes los numerosos y ahora bien conocidos datos sobre la etología de los grandes primates en libertad (gorila, orangután y, sobre todos, los chimpancés); y en el caso de la reconstrucción de sociedades humanas, existen muchísimos estudios sobre las poblaciones subactuales o contemporáneas, sobre todo de sociedades cazadoras-recolectoras, que siempre pueden ilustrar sobre la complejidad del comportamiento humano, muchas veces inexplicable si carecemos de documentos que lo interpreten.

Citaremos también la cuestión del origen del lenguaje, tema de una complejidad que supera los análisis de las diferentes regiones de los moldes del cerebro que obtenemos de los fósiles, sobre el que existen muchas más polémicas que puntos claros. Y, por último, abordaremos la problemática de los estudios genéticos, tanto de los realizados sobre muestras de poblaciones actuales, como de los pocos hasta ahora factibles a partir de fragmentos óseos.

En la exposición resumiremos no sólo los logros para algunos de los puntos principales, sino que insistiremos también en el hecho de que, en Paleoantropología, hay que ser conscientes de las numerosas lagunas y dudas existentes que aconsejan una prudencia, lejos de ser respetada en el campo profesional, y totalmente ignorada en la divulgación.

El tiempo disponible obliga a tratar sólo algunos temas, como queda indicado, aunque podríamos ampliar cada uno de ellos o abordar muchos más. El interés que las gentes en general tienen por conocer algo sobre la evolución del hombre ha causado que haya muchos libritos, panfletos o revistas de divulgación con errores increíbles, y aseveraciones que hacen sonrojar, o enojarse, a los profesionales del tema. Como en otras muchas ciencias del campo de la Biología, actualmente sabemos que hemos avanzado enormemente en los conocimientos sobre nuestra propia historia evolutiva, pero que lo que ignoramos es mucho más de lo que sabemos, y todo lo que

hemos aprendido nos permite vislumbrar ante nosotros un panorama mucho más complejo del imaginado hace algún tiempo. En el esfuerzo por seguir desvelando esta historia hay que proseguir con criterios y métodos serios, a la vez que con trabajos multidisciplinarios, si queremos realmente hacer Ciencia y no paleopoesía.

## **Bibliografía**

BOYD, R. y SILK, J.: *Cómo evolucionaron los humanos*. Ariel Ciencia. Barcelona. 2001

COHEN, C.: Histoire de la Paléanthropologie, en DUTOUR, O., HUBLIN, J. J. y VANDERMEERSCH, B.: *Objets et méthodes en Paléanthropologie*. C.T.H.S. Paris. 2005. pp. 21-50

READER, J.: *Eslabones perdidos*. Fondo Educativo Interamericano. 1982

STRINGER, C. y GAMBLE, C.: *En busca de los Neandertales: la solución al rompecabezas de los orígenes humanos*. Crítica. Barcelona. 1996

**María Dolores Garralda Benajes** ha impartido cursos de Licenciatura o Doctorado sobre Antropología Física, Biología de las Poblaciones Humanas, Biología Evolutiva del Hombre y El Hombre: Origen y Evolución, en las enseñanzas de la Facultad de Biología, así como cursos o seminarios en diversas universidades españolas o extranjeras. Ha publicado más de cien trabajos de investigación en revistas internacionales o nacionales, así como en diferentes libros. Los temas abordan siempre el estudio de diversos aspectos de las poblaciones del pasado, desde los neandertales a la Edad Media. Es miembro de diversas sociedades científicas españolas y extranjeras. Ha realizado numerosos viajes de estudios por diversas universidades y museos europeos, americanos, africanos y asiáticos, para analizar el registro fósil del hombre y sus ancestros. Asimismo ha participado en diversas excavaciones arqueológicas como las de los yacimientos clave de las cuevas de El Castillo (Santander), Qafzeh (Israel) o El Salt (Alicante).

## **El sistema operativo de los seres vivos**

Antonio Rodríguez del Castillo

Doctor. Profesor Titular de Universidad. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. ULL

Miércoles, 2 de abril de 2008. 17:30 – 19:00

Una vez descubierta la estructura del ADN y descifrado el código genético, quedaba claro que muchos secretos biológicos estaban contenidos en la secuencia de bases del ADN. Pero la identificación de éstas y la posibilidad remota de modificarlas parecía un sueño imposible. Sin embargo, en la década de los setenta-ochenta una avalancha de descubrimientos tecnológicos cambió esta perspectiva y condujo a los sorprendentes adelantos de la ingeniería genética durante los últimos veinte años.

Este desarrollo espectacular en la tecnología del ADN recombinante ha causado un gran impacto en la opinión pública y propiciado no pocas polémicas en torno al uso de esta tecnología. Tal es así, que la genética ha saltado de las monografías especializadas y libros de texto a la televisión, los periódicos, las tertulias e incluso hasta el parlamento. En los medios, la ingeniería genética se nos presenta, bien como la solución a todos nuestros problemas, o por el contrario, como la peor amenaza tecnológica desde la invención de las armas nucleares. Pero aún dejando de lado el sensacionalismo y la ciencia-ficción, no cabe duda que la culminación del Proyecto Genoma y la reprogramación celular constituyen el principio de una nueva era para las ciencias de la vida. Conceptos como clonación, transgénicos, armas biológicas, células madre y prueba de ADN aparecen continuamente en los medios, por lo que podemos decir que “la ingeniería genética está de moda”. En la actualidad, oímos constantemente que los genes son responsables de enfermedades como el cáncer, el Alzheimer, etc., y que además éstos determinan, en gran medida, lo que somos.

Sabemos que hay genes, ¿pero sabemos realmente lo que es un gen? Cuando Mendel acuñó el concepto (factor hereditario) no tenía ni idea de su localización o de la naturaleza que podían tener; sin embargo, formuló las leyes matemáticas que explicaban su transmisión de cada individuo a su descendencia. Esto se debe a que los genes son objetos tangibles y la base física de éstos es la molécula de ADN. Para hacer énfasis en este hecho y desmitificar la genética, se tratará de presentar a) la estructura y función de los genes y b) su manipulación de forma asequible.

a) Una introducción, lo más sencilla posible, a los conceptos básicos de la transmisión de la información genética y su regulación ADN → ARN → Proteínas (dogma central de la biología molecular). Se muestra cómo la célula se comporta igual que una maquina compleja formada a partir de moléculas que ella misma sintetiza. Los genes contienen, la información necesaria para construir cada una de esas piezas, cuando hay que fabricarlas y también el destino celular definitivo del producto. Así, los genes son mucho más que los 'planos' de un individuo; son también el programa que dirige su funcionamiento durante su existencia. El genoma de una célula (todos sus genes + ADN espaciador), es un conjunto de programas que cooperan entre sí para definir el comportamiento de la célula frente a cada situación. Como ha dicho HAMILTON SMITH “El genoma es a la célula lo que el sistema operativo a un ordenador. El sistema operativo por sí solo no hace nada, pero cuando se instala en un ordenador, hace que éste funcione. Es lo mismo con el genoma (software): es el sistema operativo de la célula. El citoplasma es el hardware que hace falta para ejecutar el genoma. Los dos juntos hacen una célula funcional”.

b) Breve introducción a la tecnología del ADN recombinante. Como los ordenadores, una célula se puede “piratear”, como hacen los virus, o incluso reprogramar. El concepto básico de la ingeniería genética es subvertir la maquinaria celular para que realice una función distinta a la habitual y aunque hay muchas formas de hacerlo, algunos elementos resultan imprescindibles: ADN, enzimas, vectores y genes marcadores.

En conclusión, una célula se comporta como una máquina muy compleja a cuyo software podemos acceder mediante las técnicas que la ingeniería genética pone a nuestra disposición. Así, por ejemplo, se han creado plantas que brillan en la oscuridad o se defienden más eficientemente de sus predadores, bacterias capaces de producir proteínas humanas y muchas otras aplicaciones tecnológicas pero ¿donde está el límite? El mayor desafío de la actualidad está en comprender cómo los genes actúan conjuntamente para realizar tareas complejas. El manual del usuario del software celular que son los genes aún está por escribir.

El objetivo que se ha pretendido cumplir con esta conferencia ha sido proveer al alumno de los conocimientos y vocabulario básico de estos procesos para ayudarle a entender otras conferencias de este mismo ciclo e iniciar su propia búsqueda de información.

### **Bibliografía**

MARÍN SANGUINO, A.: El sistema operativo de los seres vivos. En RIOL CIMAS, J.M. y CAPOTE PÉREZ, L.J.: *Ciencia y pseudociencias 2007*. La Laguna. 2007. pp. 29-30

NELSON, D. y COX. M.: *Lehninger. Principios de Bioquímica*. Cuarta edición. Editorial Omega. Barcelona. 2005

### **Información en Internet**

[http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Celulas/madre/embriones/elpepusoc/20071121elpepisoc\\_1/Tes](http://www.elpais.com/articulo/sociedad/Celulas/madre/embriones/elpepusoc/20071121elpepisoc_1/Tes)

<http://perionotas.com.mx/2008/01/25/un-paso-mas-hacia-la-creacion-de-seres-vivos-en-laboratorio/3/>

**Antonio Rodríguez del Castillo** es Doctor en Ciencias Biológicas por la ULL. Comenzó su formación en investigación en el Departamento de Bioquímica de la Facultad de Veterinaria de la Universidad Complutense de Madrid (1987-88), donde trabajó sobre el metabolismo de los dinucleótidos polifosfatos. La continuó, entre 1989 y 1994, en el Departamento de Farmacología de la Facultad de Medicina de la Universidad de Ottawa (Canadá), estudiando los mecanismos moleculares implicados en la exocitosis. Es autor de publicaciones internacionales sobre temas como: regulación de la ingesta, conducta sexual, transporte de iones, metabolismo de dinucleótidos polifosfatos, proteínas reguladoras del citoesqueleto o genes implicados en el mantenimiento del genoma. Actualmente es profesor Titular de Universidad en el Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la ULL. Imparte docencia en las facultades de Biología y Química. En el campo de la investigación está interesado en el estudio del envejecimiento en general, y en los sistemas de reparación del ADN en particular.

## **El camino hacia el ADN**

José María Riol Cimas

Doctor. Profesor Titular de Universidad. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. ULL

Miércoles, 2 de abril de 2008. 19:00 – 20:30

Hace cincuenta y cuatro años se proponía un modelo de estructura tridimensional para el ácido desoxirribonucleico (ADN). Este descubrimiento científico, considerado por muchos el más importante del siglo XX, contribuyó decisivamente a la emergencia de la moderna Biología Molecular, que representa la gran revolución científica de nuestros días, equiparable a la provocada por Charles Darwin en 1859 con la publicación de *El Origen de las Especies*.

Hoy, metidos ya en el siglo XXI, los avances de la Biología Molecular y, más concretamente, de la ingeniería genética, una de sus aplicaciones prácticas, forman parte de nuestra vida cotidiana. Pero los grandes logros que hoy sorprenden a todos, como la clonación, los organismos transgénicos o la terapia génica, no son más que la continuación lógica de los acontecimientos que tuvieron lugar, sobre todo, en los años cuarenta y cincuenta del pasado siglo. Y el gran salto adelante, que sirve para dar un impulso irreversible a la Biología Molecular, tiene lugar precisamente con el descubrimiento de la estructura del ADN, la molécula de la vida mediante la que todos los seres vivos transmiten a su descendencia su información genética gracias a la capacidad de autorreproducción de la molécula. Este acontecimiento clave, y no sólo para la Historia de la Ciencia, ocurre en la primavera de 1953 en el laboratorio Cavendish de Cambridge, y los principales protagonistas del descubrimiento son dos personajes peculiares desde cualquier punto de vista: el biólogo estadounidense de veinticinco años James Dewey Watson y el físico británico de treinta y seis Francis Harry Compton Crick.

Pero realmente la historia había empezado mucho tiempo atrás, puesto que el ADN no era ninguna novedad: se conocía desde 1869, cuando el médico suizo Johann Friedrich Miescher consigue aislar de núcleos celulares una sustancia, a la que llama nucleína, formada por una fracción ácida (ADN) y otra fracción básica (proteína). A partir de aquí, y generalizada la sospecha que ya flotaba en el ambiente de que el núcleo, y por ende la nucleína, tenía algo que ver con la herencia, surgieron dos tendencias científicas que perduraron más de setenta y cinco años, marcados por la polémica acerca de la naturaleza del material genético de la célula: ¿proteínas o ácidos nucleicos?

Durante éste dilatado período de tiempo cabe citar varios hitos en el largo camino de la investigación proclive a los ácidos nucleicos como responsables de la herencia. El primero cobra cuerpo cuando, en 1923, el bacteriólogo inglés Frederick Griffith hace una serie de ingeniosos experimentos con neumococos, los microorganismos causantes de la neumonía, y consigue transformar unos neumococos inoocuos en otros virulentos, por lo que deduce que parece imprescindible la presencia de alguna molécula portadora de la información necesaria para realizar la transformación: sólo había que encontrarla.

A ello se dedica Oswald T. Avery, del Instituto Rockefeller para la Investigación Médica de Nueva York, quien, a partir de 1935, junto a Colin Macleod y Maclyn McCarty, comienza a resolver el inquietante enigma del factor transformante. Al fin, en 1944 y una vez descartadas las proteínas, llegaron a obtener dicho factor en estado puro: se trataba del ADN.

Así que, ahora con pruebas contundentes, se ponen tras su pista Max Delbrück y Salvador Luria, fundadores de un grupo esencial para el posterior desarrollo de la Biología Molecular, el denominado 'grupo del fago', llamado así por la dedicación de sus integrantes al estudio de los fagos, los virus más simples, de los que se sospechaba que no eran más que una forma de genes. Fueron los resultados de Avery y su grupo los que terminaron por convencer a Luria del papel fundamental del ADN como depositario de la información genética. Así que decidió enviar a su joven discípulo Watson, con sólo veintidós años, a aprender Química con un químico del ADN interesado por la Genética. Tras diversos avatares, y casi por casualidad, Watson fue a parar al laboratorio Cavendish, donde trataría de desentrañar la estructura del ADN mediante la mejor técnica posible: la difracción de rayos X. En el Cavendish le enseñarían a 'leer' las fotografías obtenidas cuando los rayos X eran dispersados tras chocar con la molécula de ADN, de manera que, en el otoño de 1951, llega Watson a Cambridge, donde hacía su tesis doctoral Francis Crick, con el que formaría la pareja científica más famosa del pasado siglo.

Con buenas (y malas) artes ellos supieron conjugar los resultados de muchos especialistas. Como escribe John Gribbin, el autor de *En Busca de la Doble Hélice*: '...en realidad Crick y Watson no podían considerarse expertos en ninguna de las áreas científicas reunidas para ofrecer la imagen de la doble hélice (...). Pero la aportación de Watson, en particular, fue esa capacidad de captar la perspectiva general, de tomar lo necesario de las diversas disciplinas, especializadas, y construir algo nuevo, superior a la suma de las partes, que no logró percibir ninguno de los especialistas, a los que los árboles no dejaban ver el bosque'.

## **Bibliografía**

WATSON, J.: *La doble hélice*. Plaza y Janés. Barcelona. 1978

CRICK, F.: *Qué loco propósito*. Tusquets. Barcelona. 1989

GRIBBIN, J.: *En busca de la doble hélice*. Salvat. Barcelona. 1989

RIOL CIMAS, J. M.: ADN: la molécula de la vida. *Historia y Vida*. 421. 2003. pp. 88-92

**José María Riol Cimas** es Licenciado y Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad de La Laguna (ULL). Ha sido Investigador posdoctoral en la Universidad Complutense (Madrid), en la Unidad de Metabolismo de los Laboratorios Farmacéuticos Wellcome (Beckenham, Londres) y en la Universidad Técnica de Viena. Autor de publicaciones internacionales sobre el metabolismo de hidratos de carbono y sobre mecanismos de transporte de

nutrientes a través de la membrana celular. Ha publicado más de setenta artículos en libros, revistas y prensa diaria sobre divulgación de la ciencia y de su historia. Conferenciante en las siete ediciones anteriores de este curso, coordinador en las dos primeras y director de la tercera y la séptima edición. Editor científico del libro *Ciencia y pseudociencias: realidades y mitos* (Equipo Sirius, Madrid, 2004). Es Profesor Titular de Universidad en el Departamento de Bioquímica y Biología Molecular de la ULL y director del Aula Cultural de Divulgación Científica de la ULL.

### **Transgénicos: ciencia y opinión pública**

Ángel Gutiérrez Navarro

Doctor. Catedrático de Universidad. Departamento de Microbiología y Biología Celular. ULL

Jueves, 3 de abril de 2008. 17:30 – 19:00

Un organismo transgénico es aquél al que se le han transferido uno o varios genes de un organismo diferente que pasan a formar parte de su patrimonio genético. El gen transferido confiere al organismo una característica nueva que antes no poseía. Por ejemplo, se puede insertar en el genoma de una levadura el gen que codifica la insulina humana, y a partir de ese momento esa levadura es transgénica y capaz de producir una insulina en todo idéntica a la producida por el hombre. En la actualidad se dispone de técnicas que hacen posible transferir genes entre cualesquiera tipos de organismos: de animales a bacterias, de bacterias a plantas, de plantas a animales, etc. Hay que resaltar que no se crean nuevos organismos, sino que se modifican las propiedades de organismos ya existentes. En ocasiones, la manipulación genética no consiste en añadir un nuevo gen a un organismo determinado, sino impedir que un gen existente en él se exprese. Por ello, es preferible utilizar la expresión “organismos genéticamente modificados” (OMG) que expresa con mayor exactitud.

¿Para qué se usan los organismos transgénicos?: para investigación, para obtener proteínas humanas de interés terapéutico y en la agricultura. Las plantas transgénicas son el grupo de OGM que ha recibido mayor oposición y rechazo por parte de diversos sectores. Actualmente, los cultivos de plantas transgénicas más importantes a nivel mundial son: la soja 50%, algodón 20%, colza 15% y maíz 10 %. Se cultivan principalmente en Estados Unidos, Canadá, Argentina, China, India, Brasil y Sudáfrica. En la Unión Europea el desarrollo y cultivo de plantas transgénicas estuvo muy limitado por la existencia de moratorias, que fueron retiradas en el 2004. Aunque el número de plantas modificadas supera el centenar, los genes utilizados para la transformación son muy pocos. Un 70% de ellas han recibido un gen que las hace resistentes a los herbicidas, mientras que un 20% han sido transformadas con un gen que les confiere resistencia a los insectos. El 10% se lo reparten genes que dan resistencia a virus, hongos, bacterias, que retrasan la maduración de los frutos, etc.

En los últimos años, sobre todo en las sociedades industrializadas, hemos sido espectadores de una intensa polémica sobre los OMG, centrada en los posibles riesgos medioambientales derivados del cultivo de plantas transgénicas, o relacionada con los efectos sobre la salud humana como consecuencia de la ingestión de alimentos obtenidos a partir de ellos: ¿pueden inducir los alimentos transgénicos la resistencia bacteriana a los antibióticos? o ¿qué papel juegan en la aparición de determinadas alergias? han pasado a ser preguntas cada vez más frecuentes.

En la mayoría de los casos el debate sobre los alimentos modificados genéticamente ha estado presidido por la escasez de argumentos científicos, la retórica excesiva de los defensores y detractores de la biotecnología y la desinformación de la opinión pública, lo que ha supuesto un campo abonado para la aparición de teorías catastrofistas que han conseguido tener un gran eco en los medios de comunicación social.

Con esta conferencia se pretende aportar una visión científica del problema y pasar revista a los posibles riesgos medioambientales, económicos y de salud pública derivados del cultivo y utilización de las plantas transgénicas y los alimentos derivados de ellas.

¿Son peligrosas las plantas transgénicas para la salud o el medio ambiente? La respuesta es clara: no. No plantean ningún peligro especial. En cuanto a la salud humana, una planta transgénica sería peligrosa si: a) la proteína producida es directamente tóxica; b) la proteína produce alergias y c) como resultado de la manipulación genética la planta activa genes silenciosos y se transforma en perjudicial. No ha habido casos ni en cultivos experimentales ni en cultivos comerciales que permitan suponer que estas plantas sean peligrosas. Durante todo el tiempo que llevan en cultivo no se ha presentado un solo caso documentado en el que se hayan encontrado problemas de toxicidad o de alergia, con una excepción en una variante de soja experimental que produjo alergia en una persona sensible a la nuez de Brasil, y que no se llegó a comercializar. El grado de control de las plantas transgénicas es muy superior al de los cultivos tradicionales: en Estados Unidos se llevan consumiendo bastantes años, sin que haya habido problemas de ningún tipo. Por consiguiente, la prevención del consumidor europeo frente a estas plantas no tiene justificación científica o sanitaria, y es un ejemplo claro de manipulación de la opinión pública. En este sentido, las actuaciones de las autoridades sanitarias, permitiendo la comercialización de estos productos con un etiquetado adecuado son lógicas y razonables.

En cuanto a sus efectos sobre el medio ambiente o la economía de los países en desarrollo, los problemas que ocasionan -que los hay- son básicamente los mismos de cualquier monocultivo agrícola masivo, sea o no transgénico.

## **Bibliografía**

CORZO VARILLAS, J.: *Transgénicos: Ciencia y opinión pública*. Resumen de la conferencia presentada en el curso Ciencia y Pseudociencias 2006  
Información en Internet



<http://cls.casa.colostate.edu/CultivosTransgenicos/>

<http://elmundosalud.elmundo.es/elmundosalud/2004/04/19/dieta/1082357695.html>

<http://www.arp-sapc.org/alojadas/transgenicos.html>

[http://www.bcn.cl/carpeta\\_temas/temas\\_portada.2005-10-20.6359648402/documentos\\_pdf.2005-10-20.0953712051](http://www.bcn.cl/carpeta_temas/temas_portada.2005-10-20.6359648402/documentos_pdf.2005-10-20.0953712051)

**Ángel Gutiérrez Navarro** es Doctor en Ciencias (sección de Biológicas) por la Universidad de Sevilla. Desde agosto de 1981 es Catedrático de Microbiología de la Universidad de La Laguna en la que ha sido Director del Departamento de Microbiología (1981-1995), Decano de la Facultad de Biología (1995-2001), Vicerrector de Investigación y Relaciones Internacionales (2001-2003) y Rector Magnífico (2003-2007). Es autor de unos ochenta trabajos de investigación publicados en revistas nacionales e internacionales y de más de un centenar de comunicaciones a congresos, relacionados todos con el campo de la Microbiología Agrícola. Ha sido Investigador Principal de proyectos financiados por el Plan Nacional de Investigación y Desarrollo y por el Gobierno de Canarias sobre Microbiología Agrícola. Su línea de investigación es el estudio de la biología de las bacterias fijadoras de nitrógeno simbiotes con vegetales. Es miembro de la Academia Canaria de Ciencias.

### **¿Es posible curar con genes?**

Néstor V. Torres Darias

Doctor. Profesor Titular de Universidad. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. ULL

Jueves, 3 de abril de 2008. 19:00 – 20:30

Se denomina Terapia Génica (TG) a aquella técnica de ingeniería genética mediante la cual se introduce material genético exógeno en seres humanos con el fin de corregir deficiencias del material cromosómico (genoma) y proporcionar así alguna ventaja terapéutica. Frente a la terapia tradicional que se basa en el uso de drogas (medicamentos) que actúan sobre los productos de los genes (las proteínas) o son ellos mismos productos de los genes, la TG está dirigida a actuar sobre los genes mismos.

Se distinguen distintos tipos de TG. La germinal consiste en la intervención sobre el genoma de las células reproductoras (espermatozoides, óvulos), orientada a la curación de enfermedades hereditarias y que actúa en beneficio de la descendencia, no sobre el individuo sobre el que se actúa. La somática actúa sobre células no reproductoras para restablecer en el tejido una función no operativa debido a algún defecto de los genes responsables de su control.

La aplicación de las TG requiere la identificación de los genes implicados en la patología, el desarrollo de técnicas para la clonación de los mismos y disponer

de mecanismos eficaces de transferencia y expresión. Por otra parte es necesario garantizar la transferencia de los genes deseados a las células elegidas y que estos se expresen suficientemente. Dado que en general un gen no puede ser directamente insertado en las células de una persona se requiere de un vehículo, el "vector". Se han desarrollado varios tipos, siendo los más socorridos los virus y los liposomas. Los primeros tienen la capacidad de insertar su ADN en el de una célula mientras que los liposomas consisten en vesículas de grasa que se fusionan con las membranas celulares. Un tercer grupo lo constituyen los retrovirus que son virus con ARN como material genético. Algunas de sus aplicaciones más importantes hasta el momento han sido el tratamiento de la deficiencia en adenosina deaminasa, de la fibrosis cística y de algunos tipos de cáncer.

Son numerosos los riesgos que conlleva la utilización de las TG. Los virus pueden infectar a más de un tipo de células causando la modificación de células distintas de las objetivo. La posible inserción errónea del gen en el ADN puede provocar cáncer u otros daños; dado que es imprescindible la eliminación de los genes víricos responsables de su multiplicación, existe la posibilidad de mutaciones o de que tomen fragmentos de ADN de la célula huésped e infecten al paciente. Es posible la inserción del gen en las células reproductoras, lo que provocaría cambios hereditarios. El exceso de expresión de los genes podría producir un exceso dañino de la proteína. El virus vector puede causar problemas de toxicidad, reacción inmune e inflamación y finalmente existe el riesgo de la transmisión del virus a otras personas o al medio ambiente.

Otros problemas que debe afrontar el uso de las TG están relacionados con los retos técnicos que se le plantean. Así, se requiere el desarrollo de métodos más sencillos y eficaces de introducir genes en el organismo; disponer de vectores específicos para las células diana y mejorar la eficacia en la inserción de los genes en las posiciones correctas del ADN humano. Pero estas no son las únicas limitaciones que presenta. Los tratamientos repetidos, necesarios para que sean eficaces a largo plazo, plantean el problema de la respuesta inmune que se produce siempre que un elemento extraño se introduce en un tejido. Por otra parte el ADN terapéutico introducido en las células debe permanecer funcional y las células que lo contienen ser estables y de vida larga. Las interacciones posibles con el genoma celular y la división rápida de las células de muchos tejidos impiden que la TG rinda beneficios a largo plazo.

Relacionada con la aplicación de las TG está el concepto de la eugenesia. Esta se define como la aplicación de las leyes biológicas al perfeccionamiento de las cualidades propias de la especie, incluidas la humana y aquellas que se desarrollan de forma óptima. Existen dos tipos de eugenesia: la negativa, destinada a la eliminación de una descendencia no deseada o que padece graves malformaciones; y la positiva, destinada a la selección de algunas características fisiológicas deseadas. La TG germinal no terapéutica abre la puerta a la eugenesia positiva: la modificación del patrimonio genético no patológico y la manipulación genética con fines no terapéuticos que es considerada inaceptable y contraria a la dignidad humana y debe excluirse expresamente en la legislación.

El desarrollo de las técnicas de ingeniería genética (terapias génicas, clonación, transgénicos), plantea los mismos conflictos éticos y morales que cualquier nuevo y poderoso desarrollo tecnológico. Pueden significar un gran bien para la humanidad o grandes males, según el uso que se haga de ellas, pero es necesario aumentar los conocimientos actuales sobre transferencia génica y asegurar que los tratamientos no estarán reservados a una minoría privilegiada.

## **Bibliografía**

KOLATA, G.: *Clone: The Road to Dolly, and the Path Ahead*. William Morrow and Company Inc. New York. 1998

NUSSBAUM, M. and SUNSTEIN, C. (Eds): *Clones and Clones: Facts and Fantasies About Human Cloning*. W.W. Norton & Company. 1998

**Néstor V. Torres Darias**, Licenciado y Doctor en Química, es Profesor de Bioquímica y Biología Molecular en la Universidad de La Laguna. Ha sido investigador en las universidades de Edimburgo (Gran Bretaña), Complutense (Madrid), Técnica de Viena (Austria) y Michigan (Estados Unidos). Dirige un grupo de investigación dedicado a la ingeniería metabólica mediante el empleo de técnicas de modelización matemática y la optimización de sistemas bioquímicos. Ha sido y es Investigador Principal de varios proyectos de investigación, autor de más de cuarenta trabajos de investigación en revistas especializadas internacionales, autor de un libro sobre modelización matemática y optimización de sistemas biotecnológicos y evaluador de proyectos y artículos de numerosas revistas y agencias de investigación internacionales. Ha dirigido cursos de divulgación científica e impartido conferencias sobre estos temas. Ha sido Director de la Agencia Canaria de Evaluación de la Calidad y Acreditación Universitaria del Gobierno de Canarias.

## **Clonación: Frankenstein redimido**

Néstor V. Torres Darias

Doctor. Profesor Titular de Universidad. Departamento de Bioquímica y Biología Molecular. ULL

Martes, 8 de abril de 2008. 17:30 – 19:00

Un clon es un organismo con idéntica constitución genética que otro, obtenido por métodos asexuales. Clonación es por tanto el proceso de producción de clones. Un caso bien conocido de clones naturales son los gemelos monocigóticos. Pero el hecho de que dos clones sean genéticamente idénticos, no significa que sean idénticos. El medio ambiente, tanto natural como cultural, determinará diferencias entre ellos. Esto quiere decir que un clon de Einstein no tendría por qué tener el mismo coeficiente intelectual, personalidad y carácter que el Einstein original. El clon de Einstein, desarrollado en unas determinadas condiciones, podría llegar a ser más inteligente y genial que el original, o por el contrario, ser un disminuido mental. Para que dos clones sean

idénticos deberían desarrollarse exactamente en las mismas condiciones, desde la composición de nutrientes y hormonas en el útero materno hasta la educación o el ambiente familiar. Y puesto que esto no es posible, dos clones nunca serán idénticos.

La posibilidad de clonar seres humanos es un hecho técnicamente posible. Por otra parte, este desarrollo tecnológico abre expectativas y debates inusitados en temas centrales como son la identidad humana, la procreación, la salud, la calidad de vida, la ética o las creencias religiosas. Como resultado de la combinación de estos factores la sociedad se ve impelida a autorregularse a un ritmo superior a su capacidad de asimilación. El debate, la reflexión y la subsiguiente toma de decisiones en un tema en el que subyacen conceptos científicos y éticos, requiere conocer bien aquello de lo que estamos tratando.

Existen dos tipos de clonación: la reproductiva y la terapéutica. La clonación reproductiva está dirigida al nacimiento de individuos completos genéticamente idénticos. Implica la implantación del embrión clonado en el útero de una madre, el desarrollo del mismo y el nacimiento de un individuo. La clonación terapéutica por su parte está limitada a la fase celular y tiene como principal finalidad la obtención de las denominadas células madre. Estas son células capaces de reproducirse indefinidamente y que, estimuladas adecuadamente, pueden evolucionar y diferenciarse hacia cualquier tipo de tejido (piel, neuronas o músculo cardíaco). Estos tejidos se podrían utilizar para tratar a pacientes con una gran variedad de enfermedades sin problemas de rechazo.

La técnica de clonación por excelencia es la transferencia nuclear (TN). En el caso de la oveja Dolly se extrajeron células de glándula mamaria de una oveja. Éstas contenían todos los genes del organismo, pero al estar especializadas sólo están activos aquellos que son necesarios para la función de la mama. Una vez extraídas y cultivadas en un medio de cultivo adecuado, donde cesaron de dividirse, una de estas células se transfirió a un óvulo sin fertilizar de otra oveja al que previamente se le extrajo el núcleo. Esto se consiguió mediante un débil pulso eléctrico. Al conjunto así obtenido se le sometió a una segunda descarga eléctrica que sirvió para desencadenar los mecanismos que inician la formación del embrión.

Es indiscutible que la utilización de embriones clonados como fuente de células madre tiene una utilidad cierta en el desarrollo de terapias regenerativas que permitirán tratar una amplia gama de enfermedades humanas hoy incurables como la diabetes, el cáncer, el SIDA, el Parkinson o el Alzheimer. Igualmente es cierto que la clonación humana reproductiva es prácticamente posible. Ante este panorama compuesto a partes iguales de riesgos y posibilidades, ¿debe la comunidad renunciar a los beneficios potenciales por el rechazo ético que generan las cuestiones asociadas con la clonación humana en cualquiera de sus modalidades? Este es el debate que se ha abierto, en el que todos tenemos derecho a intervenir. Pero la participación exige conocimiento e información. Sólo así estaremos a salvo de las manipulaciones a las que, por motivos religiosos, ideológicos, económicos o por prejuicios basados en la ignorancia vamos a estar expuestos.

En cualquier investigación científica y en sus posibles aplicaciones siempre hay riesgos. Nuestra sociedad y nuestra cultura, basadas en los principios de democracia y respeto a la libertad individual, han resuelto este antiguo dilema a través del debate democrático y del análisis ético. Y en ningún caso la solución ha sido quemar el laboratorio, matar a Frankenstein y condenar a su criatura. Por el contrario, la respuesta ha sido conocer las consecuencias de lo que se investiga en él y aceptar y limitar sus riesgos. Lo que nos lleva a que la actividad científica debe estar regulada por la sociedad a través sus instituciones y de la representación política. Instituciones y representación en las que las únicas fuerzas y argumentos no deben ser las puras del mercado y del beneficio económico o las creencias de algunos. El miedo nunca debería limitar la libertad y el progreso.

## **Bibliografía**

KOLATA, G.: *Clone: The road to Dolly, and the path ahead*. William Morrow and Company Inc. New York. 1998

NUSSBAUM, M. and SUNSTEIN, C. (Eds): *Clones and clones: facts and fantasies about human cloning*. W.W. Norton & Company. 1998

**Néstor V. Torres Darías**, Licenciado y Doctor en Química, es Profesor de Bioquímica y Biología Molecular en la Universidad de La Laguna. Ha sido investigador en las universidades de Edimburgo (Gran Bretaña), Complutense (Madrid), Técnica de Viena (Austria) y Michigan (Estados Unidos). Dirige un grupo de investigación dedicado a la ingeniería metabólica mediante el empleo de técnicas de modelización matemática y la optimización de sistemas bioquímicos. Ha sido y es Investigador Principal de varios proyectos de investigación, autor de más de cuarenta trabajos de investigación en revistas especializadas internacionales, autor de un libro sobre modelización matemática y optimización de sistemas biotecnológicos y evaluador de proyectos y artículos de numerosas revistas y agencias de investigación internacionales. Ha dirigido cursos de divulgación científica e impartido conferencias sobre estos temas. Ha sido Director de la Agencia Canaria de Evaluación de la Calidad y Acreditación Universitaria del Gobierno de Canarias.

## **Neurociencia cognitiva: mente, cerebro y computación**

Horacio Barber Friend

Doctor. Investigador "Ramón y Cajal". Departamento de Psicología Cognitiva, Social y Organizacional. ULL

Martes, 8 de abril de 2008. 19:00 – 20:30

El objetivo último de la Ciencia debe ser no sólo conocer el universo que nos rodea, sino describir y explicar nuestra propia naturaleza. El intento de entender la mente humana es seguramente un elemento intrínscico a su propia existencia. Nuestra capacidad de pensar y comunicarnos depende directamente de nuestra habilidad para reconocernos a nosotros mismos

como entes autónomos que pueden interpretar la conducta de sus semejantes. Por lo tanto, podemos decir que desde que el hombre es *sapiens*, e incluso antes, gran parte de sus pensamientos han ido encaminados a aprehender el origen y la esencia de los mismos. Resulta llamativo entonces que, a pesar de haber sido un desafío central y prioritario en nuestra sed de conocimiento, la mente se haya revelado como un objeto de estudio tan escurridizo y difícil de abordar de forma objetiva. Las razones han sido tanto de tipo pragmático como filosófico. Por un lado, su complejidad ha hecho que la madurez de otros campos del saber sea una *conditio sine qua non* para el comienzo de su análisis sistemático y cuantitativo. Por otro lado, las implicaciones morales y religiosas que conlleva la aceptación de cualquier axioma relativo a nuestra propia identidad han sido un obstáculo para el acercamiento ingenuo que requiere el método científico. Ambos tipos de razones se relacionan con un hecho que aún hoy no ha sido enteramente asimilado: el hecho de que *la mente es el resultado de cambios físicos de carácter bioquímico que tienen lugar en nuestro cerebro*. De esta manera, la aceptación de que la mente no es cualitativamente diferente del resto de nuestro mundo conocido, y que por lo tanto se rige por sus mismas leyes físicas, ha sido, o más bien está siendo, la última etapa del lento y doloroso proceso por el cual nos estamos ubicando sin privilegios especiales en nuestro universo.

Actualmente, el desarrollo de las diferentes ramas de la Ciencia nos está permitiendo avanzar considerablemente en el estudio de la mente, entendida como reflejo funcional de la actividad cerebral. Para ello, no basta con el desarrollo de una disciplina concreta, sino que se requiere la integración de métodos y conocimientos provenientes de muy diversos campos. Aunque históricamente diferentes subdisciplinas han servido como puente entre la Psicología y la Biología, en las dos últimas décadas ha surgido la Neurociencia Cognitiva como un campo interdisciplinar más amplio en el que se pretenden integrar las diferentes tradiciones que han estudiado la mente y el cerebro, entre las que destacan las Neurociencias, la Psicología Cognitiva y las Ciencias de la Computación.

Desde el punto de vista biológico, el cerebro ha sido extensamente estudiado atendiendo a su anatomía, su fisiología, o su desarrollo ontogenético y filogenético. Actualmente el gran reto consiste en integrar los datos sobre funcionamiento molecular y celular en modelos que abarquen sistemas más complejos de procesamiento de la información. Por su parte, la Psicología Cognitiva utiliza métodos experimentales que permiten la validación empírica de modelos teóricos funcionales. En términos generales, dicha experimentación se basa en la medición precisa de las reacciones conductuales que se producen en respuesta a estímulos concretos, manipulados bajo condiciones controladas. Finalmente, las Ciencias de la Computación, y más concretamente la Inteligencia Artificial, diseña programas de ordenador que imitan funciones mentales. Estas simulaciones pueden entenderse como implementaciones lógico-matemáticas de los modelos teóricos cognitivos y biológicos, y por lo tanto constituyen una herramienta muy útil a la hora de validar o refutar dichos modelos.

Aunque los avances teóricos en los campos implicados en el estudio del cerebro han abonado el terreno para el nacimiento de la Neurociencia Cognitiva, su desarrollo ha sido finalmente posible gracias a una serie de avances tecnológicos, los cuales han permitido estudiar en tiempo real la actividad cerebral asociada a procesos cognitivos. Técnicas de neuroimagen funcional como la resonancia magnética funcional o la tomografía por emisión de positrones, hacen posible la localización exacta de grandes poblaciones de neuronas que se activan de forma contingente a tareas cognitivas concretas. Estas técnicas de baja resolución temporal se complementan con otras como la electroencefalografía o la magnetoencefalografía que aportan información crucial sobre el curso temporal de los procesos.

En esta conferencia, tras algunas consideraciones filosóficas e históricas sobre la Neurociencia Cognitiva, se describirán algunas de las principales técnicas de neuroimagen funcional empleadas en este campo y el tipo de diseño experimental que requieren. Finalmente, y a modo de ejemplo, se expondrá cómo la investigación sobre un proceso cognitivo concreto, el reconocimiento visual de palabras, supone actualmente un esfuerzo conjunto de las diferentes disciplinas citadas anteriormente.

## **Bibliografía**

WARD, J.: *The student's guide to Cognitive Neuroscience*. J. Ward. Psychology Press. 2006

DRIVER, J., HAGGARD, P. AND SHALLICE, T. (Eds): *Mental processes in the human brain. Philosophical Transactions of Royal Society B*. 2007 (en prensa)

O'REILLY, R. Y MUNAKATA, Y.: *Computational explorations in Cognitive Neuroscience: understanding the mind by simulating the brain*. The MIT Press. 2000

CABEZA, R. Y KINGSTONE, A. (Eds): *Handbook of functional neuroimaging of cognition*. The MIT Press. 2001

BARBER, H. Y KUTAS.: Interplay between Computational Models and Cognitive Electrophysiology in Visual Word Recognition. *Brain Research Reviews*. 2007. 53 (1). pp 98-123.

**Horacio Barber Friend** realizó su tesis doctoral en la Universidad de La Laguna. Posteriormente realizó estancias posdoctorales en el Departamento de Ciencia Cognitiva de la Universidad de California en San Diego (UCSD), en el Departamento de Psicología de la Universidad Hebrea de Jerusalén, y en el Instituto de Neurociencia Cognitiva del University College de Londres (UCL). Sus temas de investigación giran en torno a los procesos de comprensión del lenguaje utilizando técnicas electrofisiológicas, y ha publicado sus trabajos en revistas destacadas dentro del campo de la Neurociencia. Actualmente es investigador contratado del programa *Ramón y Cajal* en la Universidad de La Laguna, y participa en diferentes proyectos que abarcan temas como el procesamiento del lenguaje en bilingües, la percepción parafoveal durante la

lectura, o la representación semántica de las palabras en el cerebro. Asimismo, imparte docencia en la Universidad de La Laguna en los programas de doctorado de Neurociencia y Neurociencia Cognitiva.

### **Las emociones y las creencias: ¿están en el cerebro?**

José Barroso Ribal

Doctor. Profesor Titular de Universidad. Departamento de Psicobiología y Metodología de las Ciencias del Comportamiento. ULL

Miércoles, 9 de abril de 2008. 17:30 – 19:00

El problema de la relación entre el cerebro y la mente es un tema clásico dentro de la Filosofía de la Ciencia. El hecho de ser clásico solo quiere decir que sus orígenes se remontan a fechas muy antiguas, el problema cuerpo-alma, pero en absoluto puede hacernos entender que esté resuelto. De forma muy esquemática, dos posiciones resumen el eje central del debate: por un lado, la posición monista y, por otro, la dualista. Desde la perspectiva monista, la relación es un continuo y, por lo tanto, la actividad mental es el resultado de la actividad cerebral. Desde el dualismo se plantea que, aunque hay cierta relación entre el cerebro y la mente, la mente es una realidad independiente en la que se dan los estados y procesos mentales. Para los primeros la mente es algo material, mientras para los segundos es inmaterial. A su vez, dentro de cada una de estas posiciones existen matices que en algunos casos las aproximan y en otros las alejan radicalmente.

En la presente conferencia pretendemos aportar algunos apuntes al problema desde una perspectiva neuropsicológica. La Neuropsicología es la rama de la Psicología o de las Neurociencias que trata de establecer las relaciones entre los procesos psicológicos complejos (cognitivos y emocionales) y el cerebro (la corteza y sus conexiones mediante los circuitos córtico - corticales y córtico - subcorticales). Para ello, presentaremos de forma resumida una visión actualizada del funcionamiento cerebral que nos permita entender su relación con dichos procesos, esto es, que nos permita entender cómo es posible que todo cuanto somos, pensamos y sentimos está en nuestro cerebro.

Partimos de que el cerebro está formado por unas diez elevado a once billones de neuronas y cada una de ellas puede establecer entre mil y diez mil conexiones neurales. Esto permite configurar una gran red que se va desarrollando a medida que se desarrolla nuestra vida (factores hereditarios, educación, experiencias, etc.).

Posteriormente explicaremos el recorrido que va desde la percepción y reconocimiento de nuestro medio a través de las diferentes modalidades sensoriales, a la integración plurimodal y, por último, a la planificación, elaboración y ejecución de nuestras respuestas. Explicaremos cómo la información que llega al cerebro, primero va a las áreas primarias de proyección donde se detectan los estímulos recibidos a través de la vista, el tacto o el oído, etc. Son áreas altamente específicas desde el punto de vista funcional, así ante una lesión en estas áreas podría ocurrir, por ejemplo, que se



deje de ver aunque los ojos estén perfectamente (el que “ve” es el cerebro). Después de estas áreas, la información pasa a las áreas asociativas unimodales, que es donde se produce el reconocimiento de los estímulos. Así, por ejemplo, ante una lesión en estas áreas el paciente puede describir lo que ve, pero no ser capaz de reconocer el objeto que ve o decir para lo que sirve, lo que se denomina “agnosia”. Las siguientes áreas son las asociativas plurimodales o asociativas de alto nivel, que son las zonas de integración de las diferentes modalidades sensoriales. Paralelamente, a través de la amígdala y del sistema límbico, a toda la información que va entrando en nuestro cerebro se le asigna un determinado significado emocional. Finalmente, en cuanto a la elaboración de nuestra respuesta, los responsables son las áreas anteriores del cerebro, fundamentalmente el lóbulo frontal, en concreto las asociativas plurimodales o de alto nivel del lóbulo frontal (corteza prefrontal). En gran medida, se podría afirmar que el lóbulo frontal es el “director” del cerebro, es quien establece los objetivos, planes, estrategias y los lleva a cabo. En él se produce la confluencia y síntesis de los componentes cognitivos, emocionales y comportamentales, modulando nuestro carácter y personalidad.

En la última parte de la conferencia, partiremos de evidencias provenientes de la Neuropsicología Clínica, es decir, de aquella parte de la Neuropsicología que aplica los conocimientos del funcionamiento cerebral a la evaluación y recuperación de funciones de pacientes con daño cerebral, tanto en lo referente a los componentes cognitivos como de los emocionales y/o comportamentales. En este sentido, presentaremos algunos casos de pacientes, que tras sufrir algún tipo de lesión en determinadas regiones cerebrales experimentaron pérdidas significativas en algunas de sus capacidades. Estas pérdidas no solo se refieren a la esfera cognitiva, (lenguaje-afasia, memoria-amnesias, prefrontal-funciones ejecutivas), sino que también incluyeron, en algunos casos, cambios drásticos en la esfera emocional, como la pérdida de la capacidad para querer - amar, o la esfera de las creencias religiosas, con la pérdida de sus creencias, sentimientos y práctica.

## **Bibliografía**

BUNGE, M.: *El Problema mente-cerebro. Un enfoque psicobiológico*. Editorial Tecnos. Madrid. 1985

ECCLES, J. C. Y ZEIER, H.: *El cerebro y la mente. Reflexiones biológicas sobre la prehistoria, naturaleza y porvenir del hombre*. Ed. Herder. Barcelona. 1985

MORA, F.(Ed.): *El problema cerebro-mente*. Alianza Editorial. Madrid. 1995

**José Barroso Ribal** es Doctor en Psicología por la Universidad de La Laguna, Profesor Titular de Universidad del Área de Psicobiología y director de Unidad de Neuropsicología Clínica de la Facultad de Psicología. Su docencia está dedicada por completo a contenidos neuropsicológicos, tanto en la licenciatura de Psicología como en los estudios de post-grado, habiendo sido director del Programa de Doctorado de Neuropsicología de la ULL. Su investigación se ha desarrollado en dos líneas: por un lado, el estudio de la asimetría cerebral para

el procesamiento lingüístico y no verbal; por otro, el estudio de la afectación neuropsicológica de diversas patologías neurodegenerativas, como las ataxias cerebelosas, las esclerosis múltiples, la enfermedad de Parkinson y las demencias. Sobre estos temas ha dirigido diversas tesis doctorales y ha publicado artículos en revistas nacionales e internacionales.

### **Rayos X, antenas, móviles y salud**

José Hernández Armas

Doctor. Catedrático de Universidad. Departamento de Medicina Física y Farmacología. ULL

Miércoles, 9 de abril de 2008. 19:00 – 20:30

Las radiaciones electromagnéticas son, esencialmente, energía transportada en forma de ondas electromagnéticas con una velocidad que, en el vacío, es de unos 300.000 km/segundo. Se caracterizan con los valores de unos parámetros propios de las ondas: longitud de onda, frecuencia y periodo, amplitud y velocidad de propagación. Su ordenación, considerando por ejemplo la frecuencia, es el espectro electromagnético. Aunque todas las ondas electromagnéticas tienen la misma naturaleza, el uso que de ellas se hace y los efectos que pueden hacer en la materia que alcanzan, están determinados por la frecuencia que determina la energía que transportan. Una clasificación muy frecuente de las ondas (o radiaciones) electromagnéticas se realiza atendiendo a si son capaces (o no) de producir ionizaciones en los átomos de la materia con la que interaccionan. Así se habla de radiaciones ionizantes y radiaciones no ionizantes.

La parte del espectro electromagnético de mayor frecuencia y, consiguientemente, de mayor energía (los rayos X y rayos gamma, y en alguna medida los rayos ultravioleta de clase C) constituye el grupo de radiaciones ionizantes. Su capacidad de ionizar es la causa de los beneficios que pueden derivarse de su utilización, pero es también la responsable de los daños que estas radiaciones pueden ocasionar en la materia viva. Estas radiaciones ionizantes tienen claros efectos sobre la salud humana, como se conoce desde la fecha, ya algo lejana, en que el hombre descubrió cómo producirlas y aprendió a usarlas de forma masiva, precisamente en el ámbito médico. Aunque se conoce mucho sobre los efectos de la radiación electromagnética ionizante queda aún mucho por conocer. Debido a ello, se puede asegurar que hay un gran bloque de conocimiento científico sobre radiaciones que permite su utilización en multitud de actividades humanas: medicina, investigación, agricultura, industria, etc. Como hay mucho que aún no se conoce, y como las radiaciones se popularizaron con el uso bélico de las mismas (Hiroshima y Nagasaki), se ha generado una actitud no científica ante las radiaciones: radiofobia. Es muy frecuente oír como se achaca a las radiaciones la culpabilidad de efectos que no son debidos a ellas.

El organismo humano está formado por agrupaciones de células constituidas, a su vez, por macromoléculas biológicas que, a modo de soluto, se encuentran disueltas en agua formando una disolución que está encerrada en una

membrana celular. Los átomos de las moléculas, por la acción de ciertas radiaciones, pueden ser ionizados y, como consecuencia, se modifican las moléculas de las que forman parte, generando cambios en las células y en todo el organismo en su conjunto, en definitiva, alterando la salud. Esto evidencia la relación entre radiaciones ionizantes y salud.

Ahora bien, la mayor parte del espectro electromagnético está constituido por aquéllas ondas con frecuencias inferiores a las de las radiaciones ionizantes. Entre ellas se encuentran la radiación ultravioleta, la luz visible, la radiación infrarroja, las microondas, las ondas de radar, televisión y telefonía y las ondas de frecuencias extremadamente bajas ligadas a los campos eléctricos y magnéticos que se generan, por ejemplo, alrededor de las líneas de alta tensión usadas para la transmisión de energía eléctrica. Este gran conjunto de ondas se denomina radiaciones electromagnéticas no ionizantes.

¿Puede asegurarse que las radiaciones electromagnéticas no ionizantes no tienen capacidad para actuar sobre los seres vivos y que no ocasionan efectos apreciables sobre la salud de los seres humanos? En absoluto. Todas las radiaciones electromagnéticas no ionizantes tienen capacidad para producir efectos en los seres vivos mediante mecanismos diferentes a los conocidos para las radiaciones ionizantes. Estos efectos son, principalmente, producir elevaciones locales de temperatura, modificar la velocidad de migración de iones a través de membranas celulares, etc. Es cierto que, hasta el momento presente, no se ha podido establecer una relación causal entre estas radiaciones y uno de los efectos más dramáticos ligados a la palabra radiación: el cáncer. Pero está bien reconocida la existencia de un gran conjunto de diversos efectos sobre la salud, que ha ocasionado la producción de normas legales. El propósito de las mismas es disminuir dichos efectos mediante medidas preventivas.

Actualmente existe una cierta inquietud social por los posibles efectos nocivos para la salud, ligados al hecho de vivir cerca de cables o líneas de alta tensión así como por la utilización masiva de telefonía móvil, o por vivir cerca de antenas de telefonía. ¿Está basada en conocimientos científicos esta actitud o de nuevo se está generando una radiofobia como la que persigue a las radiaciones ionizantes?

## **Bibliografía**

COMISIÓN INTERNACIONAL DE PROTECCIÓN RADIOLÓGICA: *Recomendaciones 1990. ICRP-60*. Sociedad Española de Protección Radiológica. (Apolonio Morales, 27-28036 Madrid)

*Radiological Protection of Patients in Diagnostic and Interventional Radiology, Nuclear Medicine and Radiotherapy*. International Atomic Energy Series. Viena. 2001

*Normas básicas internacionales de seguridad para la protección contra la radiación ionizante y para la seguridad de las fuentes de radiación*. Colección Seguridad nº 115. Organismo Internacional de Energía Atómica. Viena. 1997

Real Decreto 783/2001, de 6 de julio, por el que se aprueba el Reglamento sobre protección sanitaria contra radiaciones ionizantes. (Boletín Oficial del Estado num. 178, de 26 de julio de 2001)

**José Hernández Armas** es Catedrático de Física Médica (Área de Radiología y Medicina Física) de la ULL desde 1989. Fundador y Director del Laboratorio de Física Médica y Radiactividad Ambiental de Canarias, incluido en la Red Espaciada para la Vigilancia Radiológica Ambiental de España del Consejo de Seguridad Nuclear. Fundador y Jefe del Servicio de Física Médica del Hospital Universitario de Canarias (HUC). Jefe de Protección Radiológica del HUC. Facultativo Especialista en Radiofísica Hospitalaria. Director de seis tesis y nueve tesis doctorales en la ULL. Miembro de los comités editoriales de las revistas españolas *Física Médica* y *Radioprotección*. Autor o coautor de cincuenta y cinco trabajos en revistas especializadas y ciento cinco comunicaciones en congresos nacionales e internacionales. Actividad docente universitaria desde 1972, impartiendo enseñanza en Física Médica, Protección Radiológica, Instrumentación Electromédica y Bases Físicas de la Audición y Fonación. Áreas de interés en investigación: radiación natural, Radón en viviendas y dosimetría de pacientes en radiodiagnóstico.

### **Amenazas del cielo**

Oswaldo González Sánchez

Licenciado. Técnico de Planetario. Museo de la Ciencia y el Cosmos (Cabildo de Tenerife – Instituto de Astrofísica de Canarias). La Laguna. Tenerife  
Jueves, 10 de abril de 2008. 17:30 – 19:00

El ser humano siempre ha mirado al cielo con curiosidad, dejando en las estrellas sus alegrías, esperanzas y miedos. Algunos fenómenos astronómicos concretos, como la visión de un eclipse, una lluvia de estrellas o la observación de un cometa, atemorizaron a reyes y plebeyos de todas las épocas. ¿Debemos realmente temerlos en la actualidad, o sólo es una creencia más sin fundamento científico? En la aparentemente relajada vida del siglo XXI donde ya apenas se observan las estrellas, ocultas tras la luz derrochada por nuestras orgullosas ciudades, encontramos que quizás existe algo de razón en estos temores arcaicos.

Muchos de los miedos por la visión de eclipses o conjunciones planetarias no dejan de ser supersticiones ancestrales sin sentido. No obstante, nuestro sistema planetario está compuesto de pequeños cuerpos, asteroides y cometas, que suponen un peligro real. Algunos de ellos pueden ser muy peligrosos para la vida en la Tierra y de hecho existen probabilidades reales de colisión con nuestro planeta. Actualmente no tenemos un censo completo de todos esos diminutos y esquivos cuerpos que deambulan por el Sistema Solar. ¿Qué son exactamente los cometas y las asteroides? ¿Ha impactado alguno en tiempos pasados? ¿Dónde están y cómo se puede prevenir una catástrofe de este tipo? Aún después del gran avance científico y tecnológico desarrollado

durante el último siglo, ¿seríamos ahora capaces de detener el impacto de uno de estos cuerpos?

En esta conferencia intentaremos dar respuesta a estas preguntas. Comenzaremos realizando una clara distinción entre las amenazas ficticias (conjunciones planetarias, eclipses de sol o de luna, o fechas mágicas del calendario) y las amenazas reales (impacto de un asteroide o cometa sobre la Tierra) que se ciernen sobre nuestro planeta. A continuación, detallaremos qué es lo que conocemos actualmente de cometas y asteroides, realizando una concisa definición de estos términos. Un cometa es una bola de hielo sucio (gas y polvo) que proviene de las zonas externas de nuestro sistema planetario (del cinturón de Kuiper o de la Nube de Oort) mientras que un asteroide es sólo un cuerpo rocoso localizado normalmente entre las órbitas de Marte y Júpiter. Estudiaremos la estructura, clasificación, composición química y localización en el Sistema Solar de estos cuerpos, así como las misiones espaciales que se han realizado para saber más de ellos.

En 1994 se pudo observar con detalle el impacto de un cometa, el Shoemaker-Levy 9, con el planeta Júpiter. El acontecimiento sirvió para avisar a científicos de todo el mundo de que, aunque las colisiones en el Sistema Solar son raras, realmente ocurren. En la Tierra parece que en 1908, no hace ni un siglo, colisionó en Tunguska (Siberia Central) un cometa de baja masa, provocando desastrosas consecuencias.

La Luna, Marte, Mercurio y los satélites de los planetas gaseosos muestran multitud de cráteres de impacto, alguno bastante reciente. En nuestro planeta son más difíciles de detectar (sólo se conocen unos ciento cincuenta) porque la vegetación y los océanos, junto con los potentes agentes erosivos, los esconden y borran. Incluso puede que el origen de la Luna sea consecuencia de una brutal colisión entre la Tierra y un gran asteroide hace cuatro mil millones de años. La extinción de los dinosaurios también pudo haber sido provocada por el choque de un asteroide hace sesenta y cinco millones de años. Los científicos se basan en varios indicios, como la detección de iridio (metal raro en la Tierra pero frecuente en asteroides) entre las capas que separan el cretácico del terciario o el hallazgo del cráter Chicxulub, de ciento ochenta kilómetros de longitud, en la península del Yucatán. No obstante, la desaparición de los dinosaurios no ha sido la única extinción masiva que se ha producido en nuestro planeta sino la última de una serie de ellas. ¿Serían también provocadas por choques de asteroides o cometas?

Así, el peligro astronómico más real para la Tierra es la colisión con un cometa o asteroide, siendo éstos los más preocupantes por su localización y abundancia. Actualmente hay más de trece mil asteroides catalogados con órbitas definidas, pero se descubren unos ciento treinta más cada mes. Los más pequeños son los más numerosos, desconociéndose el número total de ellos que realmente existe. A finales de 2004 había catalogados más de tres mil cien asteroides potencialmente peligrosos para la Tierra. Estos objetos reciben el nombre de NEOs (*Near Earth Objects*) y su localización, clasificación e identificación es de enorme importancia para el futuro. Veremos qué proyectos internacionales están realizando este trabajo, así como qué ideas reales (y no

las provenientes de las películas cinematográficas) se tienen para intentar evitar, en un futuro cercano, que alguno de estos cuerpos choque con nuestro planeta.

## **Bibliografía**

CLARKE, A. C.: *El martillo de Dios*. Editorial Ediciones B. Colección VIB Nº 17-8. 1997

TRIGO, J. M.: *Meteoros: fragmentos de cometas y asteroides*. Editorial Sirius. 1996

SAGAN, C. y DRUYAN, A.: *El Cometa*. Segunda edición. Ed. Planeta. 1986

## **Información en Internet**

<http://neo.jpl.nasa.gov/index.html>

<http://seds.lpl.arizona.edu/nineplanets/nineplanets/meteorites.html>

**Oswaldo González Sánchez** es Licenciado en Física, especialidad Astrofísica, por la Universidad de La Laguna. Astrónomo aficionado desde que empezó a caminar, ha pertenecido a diferentes asociaciones como la Liga Iberoamericana de Astronomía, agrupaciones astronómicas de Sabadell, Gran Canaria y Tenerife, y actualmente al Grupo de Observadores Astronómicos de Tenerife. Descubridor del aspecto arqueoastronómico del almogaren del Bentayga, en Gran Canaria. Es coautor del libro oficial de texto para la asignatura optativa de Astronomía aprobado por la Consejería de Educación del Gobierno de Canarias. Colabora frecuentemente en programas de radio y televisión. Desde 1995 trabaja en el Museo de la Ciencia y el Cosmos como técnico de planetario y divulgador de Astronomía. Astrofotógrafo y perseguidor de eclipses, colabora en la telemetría de la posición de satélites artificiales. Es un amante de la observación de todo fenómeno celeste y su sueño es descubrir un cometa que impacte con la Luna.

## **Exoplanetas: ¿una nueva revolución copernicana?**

Manuel Vázquez Abeledo

Doctor. Investigador. Coordinador de Proyectos. Instituto de Astrofísica de Canarias

Jueves, 10 de abril de 2008. 19:00 – 20:30

Desde sus inicios la Humanidad se ha preguntado por la existencia de otros mundos y durante muchos siglos la respuesta se centró únicamente en el terreno filosófico. La invención del telescopio permitió afrontar la cuestión desde el punto de vista de la ciencia empírica. La revolución de Copérnico nos señaló que nuestro planeta no era el centro del Universo entonces conocido, indicando que otros mundos similares al nuestro deberían existir.

Poco a poco se fue entendiendo el proceso de formación de las estrellas y cómo éstas se distribuyen en objetos de diferentes masas, situándose nuestro Sol en un plano intermedio, ni muy grande ni muy pequeño. A principios del siglo XX se propone el mecanismo de generación de energía en su interior mediante la fusión nuclear, con lo que se puede explicar la evolución temporal de las estrellas a la escala de miles de millones de años. Las estrellas menos masivas son más numerosas y permanecen en la fase de estabilidad durante períodos de tiempo más prolongados.

Una estrella se produce por el colapso gravitatorio de una nube de gas y polvo en rotación. En el centro de dicha nube se acumula suficiente masa para dar lugar a una o varias estrellas, mientras que en su derredor tenemos un disco en donde se forman los planetas. Observaciones recientes nos indican que tan sólo un 30% de dichos discos tienen suficiente masa para dar lugar a planetas.

Nuestro Sistema Solar nos muestra dos grandes clases de planetas, los *gigantes gaseosos*, como Júpiter y Saturno, con extensas atmósferas ricas en hidrógeno y helio y los más pequeños *planetas rocosos* a los que pertenece la Tierra, con atmósferas más reducidas y en donde predominan sustancias como el dióxido de carbono.

El avance de las técnicas de observación ha permitido que desde 1995 se hayan descubierto unos trescientos planetas girando alrededor de otras estrellas, los llamados exoplanetas. Las técnicas actualmente disponibles sólo nos permiten detectar aquellos con masas similares o mayores que las de Júpiter, es decir planetas gigantes. La afortunada observación de algunos tránsitos de planetas más pequeños por delante de su estrella, ha posibilitado detectar unos pocos planetas rocosos, si bien todos ellos con masas unas seis veces mayores que la Tierra. Al igual que sucede con las estrellas, se espera también que los planetas menos masivos sean los más numerosos.

Mientras llega el tiempo de detectar otros planetas similares a la Tierra, podemos especular sobre sus posibles características, estudio que nos prepara ante posibles sorpresas. Su masa condicionará su estructura y la composición de su atmósfera vendrá también influida por la distancia a que el planeta se encuentre de la estrella. No menos importante para la estabilidad de su órbita resultará la arquitectura del sistema planetario, es decir cómo están ordenadas espacialmente sus poblaciones de planetas gigantes y rocosos.

La Tierra y nuestro Sistema Solar constituirán nuestra piedra de Rosetta para interpretar las observaciones de los exoplanetas. Hemos de tener en cuenta que nuestro propio planeta ha sufrido una evolución importante, apareciendo con caras diferentes a lo largo de sus 4.500 millones de años de vida y lo mismo sucederá con las exotierras por descubrir.

En estos momentos estamos en condiciones de balbucear una respuesta a la pregunta: ¿Es nuestro Sol, sus planetas y la Tierra algo común o excepcional? La aparente estabilidad de nuestro Sistema Solar se explica fundamentalmente por su edad. Los procesos violentos que acompañaron las primeras fases de

su evolución y determinaron su futuro, han transcurrido hace ya tiempo. Al final, los vencedores de tales batallas dominan su parcela del sistema planetario.

Sin embargo, algo fundamental queda por resolver. La existencia de vida en el tercer planeta del Sistema Solar es el rasgo más peculiar de nuestro entorno y mientras no tengamos información sobre posible vida extraterrestre habremos de recurrir nuevamente a principios filosóficos. El nuevo Copérnico necesitará interrelacionar los esfuerzos en todas las ramas de las Ciencias Naturales.

## **Bibliografía**

ANGUITA, F. y CASTILLA, G.: *Crónicas del Sistema Solar*. Editorial Sirius. Madrid. 2003

KNOLL, A.H.: *La vida de un joven planeta*. Editorial Crítica. Barcelona. 2003

MARGULIS, L. y SAGAN, D.: *¿Qué es la vida?* Colección Metatemas. Tusquets. Barcelona. 1996

MAYOR, M. y FREI, P.Y.: *Los nuevos mundos del cosmos: En busca de exoplanetas*. Editorial Akal. Madrid. 2006

VÁZQUEZ, M. y MARTÍN GUERRERO, E.: *La búsqueda de vida extraterrestre*. Mc Graw Hill Interamericana. Madrid. 1999 (reimpreso en 2006)

**Manuel Vázquez Abeledo** es Doctor en Ciencias Físicas por la ULL y Coordinador de Proyectos de la plantilla del IAC, institución en la que trabaja desde 1970. Su campo de trabajo es la Física Solar. Ha publicado más de setenta trabajos en revistas especializadas, organizado siete conferencias internacionales, liderado diez proyectos de investigación y dirigido ocho tesis doctorales. Fue Coordinador de Investigación del IAC desde 1986 a 1991. Interesado en la divulgación científica en diferentes niveles, ha publicado los siguientes libros: *La Historia del Sol y el Cambio Climático*, 1998, Editorial Mc Graw-Hill / Interamericana, Madrid; *La Búsqueda de Vida Extraterrestre*, 1999, Editorial Mc Graw-Hill / Interamericana, Madrid (junto con E. Martín Guerrero de Escalante); *El Sol: algo más que una estrella*, 2004, Editorial Sirius, Madrid; *Ultraviolet Radiation in the Solar System*, 2005, Springer (junto con A. Hanslmeier) y en la actualidad esta preparando dos nuevos libros para Springer. Ha impartido conferencias en el curso *Ciencia y pseudociencias* desde su primera edición en 2001.

## **Nuclear en la guerra, nuclear en la paz**

Luis Vega Martín

Doctor. Profesor Titular de Universidad. Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas. ULL

Martes, 15 de abril de 2008. 17:30 – 19:00



Desde la mitad del siglo XX la Humanidad ha vivido bajo el miedo a que un conflicto bélico pueda destruir o transformar completamente nuestro modo de vida en la Tierra. No es un temor de tipo milenarista, de los que cíclicamente propagan la ignorancia, las creencias religiosas o la mera superstición. Hay razones objetivas, bien fundamentadas en el conocimiento del formidable poder destructivo que almacenan los arsenales de bombas nucleares, que se había mostrado en toda su crudeza sobre Hiroshima y Nagasaki en 1945 cuando esa tecnología era aún incipiente. El sustantivo “Nuclear”, por lo anterior, está, en la imaginación colectiva, estrechamente ligado al terror.

Importa conocer qué serie de acontecimientos científicos y tecnológicos, políticos y éticos, llevaron al uso de las llamadas bombas atómicas, y a desencadenar posteriormente la carrera armamentística durante el largo período conocido como la Guerra Fría, que nos situó cerca del Armagedón apocalíptico en ocasiones como la crisis de los misiles en Cuba o alguna de las guerras en Oriente Medio.

En los años setenta del siglo pasado los países productores de petróleo subieron bruscamente los precios por motivos relacionados con el conflicto bélico árabe-israelí. El mundo en general, y especialmente el Occidente industrializado comprobó de un modo dramático hasta qué punto todo su sistema vital dependía de los combustibles fósiles, cuya producción estaba en mano de unos pocos estados. La reacción siguió dos líneas de actuación: intentar controlar políticamente (y en su caso militarmente) a los países productores y el intento de diversificación de las fuentes de energía. Significativamente, la única que garantizó una producción eficiente a gran escala fue la nuclear y en pocos años generaba el 20% de la electricidad del planeta.

Las centrales nucleares plantearon pronto nuevos motivos para el miedo. En términos generales no está resuelto el problema de la eliminación de los desechos radiactivos. Existe además el temor a que pueda producirse un accidente de consecuencias fatales y gran alcance. Lo cierto es que, a pesar del altísimo nivel de eficiencia y seguridad de la tecnología nuclear, han ocurrido al menos dos accidentes destacables: el de la Isla de las Tres Millas (Estados Unidos) y el de Chernobil en la antigua URSS, aunque sólo en el último hubo víctimas mortales. En los países avanzados, y muy especialmente en Europa, diferentes países optaron por paralizar la construcción de nuevas centrales nucleares, planteándose su eventual desaparición.

Mientras todo esto ocurría, el principio del milenio ha traído nuevos temores apocalípticos. De un lado, la población mundial aumenta de modo espectacular, duplicándose en los últimos cuarenta años. Las previsiones estiman que se alcanzará un máximo por encima de los 10000 millones de personas a mediados del presente siglo. De, otro lado, los cálculos indican que la producción mundial y las reservas de petróleo y gas natural han tocado techo, de modo que serán progresivamente más escasos y caros. Es relativamente simple concluir que la energía por habitante no va a poder seguir aumentando al ritmo que permitiría a las nuevas y pujantes economías de los

países más poblados del planeta (China, India) situar a sus habitantes en niveles de vida similares a los que disfrutamos en el Occidente avanzado.

El más reciente de los grandes temores es el llamado Cambio Climático de origen antropogénico. En lo que aquí importa, esta hipótesis sostiene que el origen del aumento de temperatura del planeta se relaciona directamente con la emisión de los residuos de la combustión de combustibles fósiles a la atmósfera.

En este escenario global ha surgido con fuerza, de nuevo, la Opción Nuclear como alternativa. De un lado, sólo ella garantiza, al menos por un periodo largo, un importante aumento de la cantidad de energía disponible. De otro, es la única fuente energética de gran escala que no genera gases de efecto invernadero.

El debate sobre la energía y la sostenibilidad es el gran debate de nuestro tiempo. Se trata de dar solución un problema complejo –complejísimo– que a menudo se aborda sin datos, a partir de ideas preconcebidas y con motivaciones más cercanas a lo emocional que lo racional: pobre bagaje en una cuestión en que nos jugamos la supervivencia como especie. Aún peor, tras cada postura, subyacen intereses políticos y económicos de proporciones colosales que demasiado frecuentemente se desconocen o se ocultan.

La conferencia pretende aportar elementos de juicio para poder abordar, desde la razón y el conocimiento, este gran debate. Se trata de saber hasta dónde la ciencia puede avanzar certezas que orienten la actuación de los humanos según las opciones que libremente deseen tomar.

## **Bibliografía**

BARNABY, F.: *Cómo construir una bomba nuclear y otras armas de destrucción masiva*. Paidós. Buenos Aires. Barcelona. Méjico DF. 2004

HAYES, D.: *Rayos de esperanza: Transición a un mundo sin petróleo*. Tres Tiempos. Buenos Aires. 1987

HOYLE, F.: *¿Energía o extinción? En defensa de la energía nuclear*. Alianza. Madrid. 1981

MORENO, J.E. y ALONSO, A.: *Energía Nuclear: una mirada abierta al futuro energético*. Prentice-Hall. Madrid. 2007

STRATHERN, P.: *Oppenheimer y la bomba atómica*. Siglo XXI de España Editores. Madrid. 1999

**Luis Vega Martín** nace en La Laguna en 1956 y cursa los estudios de Física en la Universidad Complutense de Madrid, licenciándose en 1979. Desde 1981 es Profesor de Física en la ULL, donde obtuvo el grado de Doctor en 1985, y una plaza de Titular de Universidad en el área de Física Aplicada en 1987. Es especialista en Física Molecular, con especial interés en el estudio de las

interacciones moleculares de sustancias de importancia biológica, especialmente de las que presentan comportamiento quiral. Ha ocupado diversos cargos en la administración universitaria, y desarrolla una notable actividad en el campo de la divulgación de la ciencia, en particular, en la comprensión y la explicación precisa de las teorías físicas. Ha sido conferenciante en todas las ediciones anteriores del curso sobre *Ciencia y pseudociencias* de la ULL.

### **Nanotecnología: la complejidad de lo diminuto**

Vicente Rodríguez Armas

Doctor. Catedrático de Universidad. Departamento de Física Fundamental y Experimental, Electrónica y Sistemas. Universidad de La Laguna

Martes, 15 de abril de 2008. 19:00 – 20:30

La Nanotecnología tiene como objetivo el desarrollo de materiales, dispositivos y sistemas funcionales a través del control de la materia a escala entre 1 y 100 nanómetros. Teniendo en cuenta que un nanómetro, la millonésima parte de un milímetro, es algo mayor que los diámetros atómicos, estaríamos hablando de trabajar con tal nivel de precisión que se llegue a manipular átomos uno a uno.

El premio Nóbel de Física Richard FEYNMAN planteó por primera vez la posibilidad de desarrollar materiales a escala nanométrica, fue en una conferencia impartida en 1959 en el Instituto Tecnológico de California. FEYNMAN hizo referencia a un mundo futuro que no había sido imaginado hasta entonces, anticipando la posibilidad de desarrollar dispositivos controlando átomo a átomo. Entre sus predicciones adelantó que los veinticuatro tomos que ocupaba la Enciclopedia Británica se podrían reducir al volumen de una cabeza de alfiler. Para valorar adecuadamente lo que esto representaba basta tener en cuenta que en aquel entonces un ordenador ocupaba una habitación entera.

El término Nanotecnología fue introducido por primera vez en 1974 por Norio TANIGUCHI, profesor de la Universidad de Ciencias de Tokio. Hacía referencia a una tecnología de producción mediante métodos de mecanizado con una precisión del orden de pocos nanómetros. TAGINUCHI esperaba que la tendencia a mejorar la precisión de fabricación permitiera alcanzar una precisión de un nanómetro hacia el año 2000.

Posteriormente, Eric DREXLER publicó diferentes libros, como *Máquinas de la creación* que contribuyeron a profundizar y también a popularizar las posibilidades de la Nanotecnología.

Sin embargo, el desarrollo de la Nanotecnología y la Nanociencia no empezó hasta principios de la década de los ochenta con la invención, en primer lugar de la Microscopía de Efecto Túnel (*Scanning Tunneling Microscope, STM*), y unos años después del Microscopio de Fuerza Atómica (*Atomic Force Microscope, AFM*). Estos equipos se basan en detectar la interacción entre una punta extremadamente delgada y la superficie del material en estudio. Su

utilización permitió hacer realidad la visión de FEYNMAN de manipular y visualizar átomos individuales sobre una superficie.

Desde sus comienzos la Nanotecnología incluye dos campos bien diferenciados, de acuerdo con la forma en que se obtienen los materiales nanoestructurados, que son la 'Nanotecnología de Arriba a Abajo' (*Top-down*) y la 'Nanotecnología de Abajo a Arriba' (*Bottom-up*). Los procedimientos técnicos más utilizados para proceder de Arriba a Abajo son: el mecanizado ultrapreciso, técnicas litográficas tales como: fotolitografía, litografía por haces de electrones, etc. Cabe mencionar que los nuevos microprocesadores se fabrican con tecnología de integración que ya está por debajo de la escala de 100 nanómetros. En el enfoque de 'Abajo a Arriba' se trata de ir ensamblando objetos átomo a átomo o molécula a molécula. En este sentido, la Microscopia de Fuerza Atómica se emplea, no sólo para obtener imágenes a escala atómica de diferentes estructuras materiales, sino también para recoger y reemplazar átomos en una superficie, o desplazarlos de un lado a otro mediante pulsos eléctricos. De esta manera se han obtenido las moléculas de carbono conocidas como fullerenos,  $C_{60}$ .

En la actualidad se están sentando las bases para un desarrollo futuro de aplicaciones en muy diversas áreas. Cabe pensar que el desarrollo de la Nanotecnología nos llevará a una segunda revolución industrial en el siglo XXI. Su impacto socio-económico puede llegar a ser mayor que el producido por el desarrollo de los circuitos integrados de silicio debido a que su influencia abarca un mayor número de campos.

Haciendo un rápido repaso por las aplicaciones de la Nanotecnología, en Biología y Medicina se puede hacer uso de los nanomateriales en muy diferentes aplicaciones como son: dispositivos de diagnóstico, contrastes para la obtención de imágenes de células, herramientas analíticas y tratamientos para el cáncer, administración de fármacos y reconstrucción de tejidos.

En el campo de la Química y el medio ambiente, la Nanoquímica puede jugar un papel relevante en depuración de aguas y purificación de aire mediante el desarrollo de filtros con poros de tamaño nanométrico compuestos por nanotubos. Las nanopartículas tienen gran interés en Catálisis Química debido a la alta relación entre superficie y volumen que presentan. Las aplicaciones potenciales incluyen pilas de combustible y dispositivos fotocalíticos.

En cuanto a los proyectos en Nanotecnología relacionados con el Sector de la Energía, abarcan el almacenamiento, la conversión, el ahorro y también las fuentes de energía renovables.

En el sector de la Información y las Comunicaciones, se encuentra la incorporación de dispositivos optoelectrónicos donde tiene interés la utilización de cristales fotónicos y nanopartículas semiconductoras (*'quantum dots'*), los avances en la escala de integración en circuitos integrados y el desarrollo de los ordenadores cuánticos.

Diferentes sectores industriales se verán afectados, como los productos de consumo, alimentación, textil, cosméticos, óptica, etc. En particular las industrias aeronáutica y del automóvil se verán beneficiadas por la disposición de materiales nanoestructurados más ligeros y resistentes.

### **Información en Internet**

<http://nextwave.universia.net/salidas-profesionales/nano/index.htm>

<http://www.portalciencia.net/nanotecno/>

<http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia.htm>

<http://www.geocities.com/capecanaverl/campus/9468/nanotec2002/index.htm>

**Vicente D. Rodríguez Armas** es Profesor del Área de Conocimiento de Física Aplicada en la Universidad de La Laguna, donde viene desarrollando un trabajo de investigación de carácter experimental en el estudio de nuevos materiales para el desarrollo de dispositivos ópticos, como láseres y amplificadores de estado sólido. Esta actividad ha estado centrada en el estudio de materiales dopados con iones ópticamente activos, incluyendo iones lantánidos y elementos de transición. En los últimos años la atención ha estado focalizada en el estudio de materiales nanoestructurados luminiscentes que incorporan partículas con diámetros de pocos nanómetros. Los resultados de este trabajo se han publicado en revistas especializadas como *Nanotechnology*, *Journal of Nanoscience and Nanotechnology* y *Journal of Nanoparticle Research*.

### **Ecólogos y ecologistas**

José María Fernández Palacios

Doctor. Profesor Titular de Universidad. Departamento de Parasitología, Ecología y Genética. ULL

Miércoles, 16 de abril de 2008. 17:30 – 19:00

Ecólogo y ecologista son dos conceptos bien diferentes, a menudo confundidos por el gran público. Siempre que le preguntaban a Ramón Margalef, uno de los padres de la Ecología en España, la diferencia existente entre unos y otros, utilizaba el mismo símil: ecólogo es a sociólogo lo que ecologista es a socialista. Es decir, si el sociólogo es el profesional que estudia las sociedades, con sus estructuras, flujos, dinámicas, etc., el ecólogo sería el profesional que estudia el funcionamiento de la naturaleza. Por otra parte, mientras que un socialista es una persona, que independientemente de su formación o trabajo, aspira a un determinado modelo de sociedad, en que, por ejemplo, los intereses públicos preponderen sobre los privados, un ecologista es una persona que aspira, también independientemente de su formación, a un modelo de relación del ser humano con la naturaleza donde ambos puedan coexistir en armonía.

Es decir, un ecólogo es alguien que requiere necesariamente poseer una formación en Ecología, que puede haberse dedicado a profesiones diferentes (por ejemplo, profesor universitario, científico, gestor de la administración, etc.) y que podrá o no tener una determinada sensibilidad ambiental. El ecologista es en cambio una persona que, sin formación en Ecología (por ejemplo, un empleado de un hipermercado, un psiquiatra o un militar) posee una determinada sensibilidad ambiental. Es decir, mientras que el primero está interesado en conocer el funcionamiento de la naturaleza, y diseña y ejecuta experimentos utilizando el método científico con tal fin, o utiliza sus conocimientos al respecto para gestionar recursos naturales, el segundo es una persona que, independientemente de su formación, lucha por alcanzar un modelo de relación del ser humano con la naturaleza, basado en su sostenibilidad. Obviamente, de la misma forma que existen sociólogos conservadores y sociólogos socialistas, también habrá que esperar que entre los ecólogos los haya más desarrollistas y más ecologistas, lo que de hecho ocurre.

Además, el grado de compromiso de un ecologista puede ser muy diferente, y podría ir desde la mera pertenencia a una organización ecologista (Adena, Sociedad Española de Ornitología, Ecologistas en Acción, Ben Magec, *Conservation Internacional*, etc.), financiándola por compartir sus fines, a la participación como activistas en determinadas campañas, como las que desarrollan expertos militantes de organizaciones como *Greenpeace*, tremendamente llamativas y de gran eco en los medios de comunicación, hasta la participación en las elecciones políticas, de cuyos resultados podrían derivarse responsabilidades de gobierno, como ha ocurrido y ocurre con diferentes partidos verdes europeos, como ocurrió por ejemplo con la nominación de Joschka Fischer, militante de *Die Grünen*, el partido verde alemán, como Ministro de Asuntos Exteriores de su país.

Sin embargo, este panorama aparentemente bien delimitado hasta hace unas décadas, resulta que con el paso del tiempo, sobre todo debido al modelo de desarrollo económico vigente en el planeta, claramente insostenible, se ha ido difuminando progresivamente, de manera que en la actualidad son cada vez más los ecólogos que luchan activamente en ámbitos académicos, pero también extraacadémicos, por problemas que preocupan también a los ecologistas, como el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, la desertificación, la deforestación, etc. Por su parte, la formación de muchos ecologistas, bien a título individual o como colectivos, así como la información que manejan para fundamentar sus argumentos, es cada vez más rigurosa y, muchas veces, claramente científica.

La presión de un modelo de desarrollo económico insostenible a escala planetaria ha creado por lo tanto las condiciones para que el anterior antagonismo entre ecólogos y ecologistas haya dado lugar a una simbiosis, profundamente enriquecedora para ambos, que podría concretarse en una serie de actitudes, cada vez más frecuentes, como ocurre por ejemplo con el respaldo público por parte de ecólogos consagrados, como voces autorizadas, mediante manifiestos o entrevistas en los medios de comunicación de determinadas campañas de los grupos ecologistas, o como la transmisión de

los grupos ecologistas a la opinión pública, a los que suele valorar de una forma alta, de las preocupaciones de los ecólogos, que suelen anticiparse en detectar problemas no percibidos por los ciudadanos y en anunciar sus consecuencias (agujero en la capa de ozono, lluvia ácida, etc.), o sencillamente la utilización de informes preparados por los ecólogos por parte de los grupos ecologistas, como base para sus reivindicaciones. El resultado ha sido que, lejos de enfrentarse, los crecientes problemas ambientales que se acumulan sobre la mesa y la profesionalidad cada vez más evidente de los grupos ecologistas ha hecho posible que unos y otros luchen hombro con hombro frente a las administraciones públicas, habituales responsables, por acción u omisión, de muchos de los problemas anteriormente citados.

## **Bibliografía**

FERNÁNDEZ-PALACIOS, J.M., ARÉVALO, J.R., DELGADO, J.D. y OTTO, R.: *Canarias: ecología, medio ambiente y desarrollo*. Centro de la Cultura Popular de Canarias. 2004

RICKLEFS, R.: *Invitación a la Ecología: La economía de la naturaleza*. Ed. Médica Panamericana. 1997

## **Información en Internet**

<http://www.greenpeace.org>

<http://www.benmagec.org>

**José María Fernández Palacios** nació en Las Palmas de Gran Canaria (1958) y se doctoró en Ecología en la Universidad de La Laguna (1987). Desde 1982 es profesor de dicha Universidad, impartiendo su docencia en la Facultad de Biología y en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. En 1991 disfrutó de una beca post-doctoral del Gobierno Canario en el Instituto de Ecología Vegetal de la Universidad de Uppsala (Suecia). Su investigación se centra en el análisis de los ecosistemas insulares desde diferentes puntos de vista (dinámica forestal, fragmentación, biogeografía). En la actualidad es Director del Departamento de Parasitología, Ecología y Genética de la ULL, investigador responsable de varios proyectos y convenios de investigación, así como autor de una treintena de artículos científicos publicados en diferentes revistas internacionales, y autor o editor de diferentes libros acerca de la ecología de Canarias en particular y de las islas en general.

## **¿Estamos cambiando el clima?**

Manuel Vázquez Abeledo

Doctor. Investigador. Coordinador de Proyectos. Instituto de Astrofísica de Canarias

Miércoles, 16 de abril de 2008. 19:00 – 20:30

Desde sus inicios, el progreso de la civilización humana ha venido marcado por el acceso a fuentes de energía cada vez más asequibles y efectivas. Durante muchos siglos las consecuencias de dicha utilización sobre el medio ambiente fueron mínimas, si bien es cierto que la introducción del carbón provocó los primeros problemas ambientales. En el siglo XIX la Revolución Industrial permite la sustitución de una parte importante del trabajo humano por el realizado por máquinas. El creciente uso del carbón y el descubrimiento del petróleo, y después del gas natural, proporcionan lo que entonces se creyó una fuente de energía inagotable. Simultáneamente, la industria química desarrolla nuevos productos que proporcionan cosechas más abundantes y hacen más agradable la vida diaria. Pero a mediados del siglo XX comienzan a oírse las primeras voces de alarma sobre el aumento de temperaturas que sufre nuestro planeta. Ya por entonces se habían iniciado los estudios sobre la absorción de la radiación infrarroja emitida por la superficie terrestre por parte de ciertos gases. Dicho fenómeno es conocido como 'efecto invernadero' y permite que la Tierra disfrute de unas temperaturas compatibles con la existencia de vida en su superficie. Uno de los compuestos gaseosos causantes de dicho efecto es el dióxido de carbono,  $\text{CO}_2$ , que se libera a la atmósfera por la combustión de los mencionados combustibles fósiles. El problema radica, no en que en dicho gas esté presente en la atmósfera, sino en su desmesurado ritmo de aumento, que no puede ser compensado por los agentes naturales como los océanos y la biosfera.

Poco a poco, la comunidad científica se va convenciendo de que nos encontramos ante un grave problema medioambiental, con graves implicaciones sociales y económicas. Las actuales medidas indican, sin lugar a dudas, que estamos experimentando un aumento de temperatura a un ritmo desconocido en el pasado, tal como puede comprobarse a partir de registros paleoclimáticos. Aunque existen otros factores de variabilidad climática como la actividad solar y los diferentes tipos de aerosoles, el mencionado efecto invernadero resulta ser la causa predominante del calentamiento global de la Tierra. El clima terrestre posee un alto grado de variabilidad interna, que se refleja en fenómenos como El Niño/La Niña. Sin embargo, el calentamiento observado en los océanos descarta dicha posibilidad.

La mejora de los modelos climáticos ha permitido realizar mejores predicciones del comportamiento futuro. Sin embargo, hay dos factores que nos obligan a plantear diferentes 'escenarios', más que pronósticos cuantitativos concretos. Por un lado, hemos de tener en cuenta que nos encontramos ante un proceso no-lineal, y posiblemente caótico, muy sensible a cualquier mecanismo de retroalimentación. Por otro lado, los cálculos han de incluir necesariamente aspectos sociales y económicos de muy difícil cuantificación. Entre ellos podemos destacar el aumento de población, la eficiencia de los procesos energéticos y el consumo de energía *per capita*.

Entre las consecuencias del calentamiento global que es posible prever son destacables las siguientes:

a) El aumento del nivel de los océanos, con la subsiguiente repercusión sobre una gran parte de la población mundial que vive en zonas costeras, b) la intensificación de las situaciones de tiempo atmosférico extremo, es decir, tanto



el aumento de las olas de calor y de frío, como de los episodios de sequía e inundación, c) desplazamiento hacia latitudes medias de enfermedades y especies tropicales y d) un mayor ritmo de emigración desde los países subdesarrollados al primer mundo. Si el ritmo de emisiones se mantiene en los niveles actuales en la segunda parte de este siglo, nos empezaremos a preocupar por el colapso de las corrientes oceánicas y la liberación de metano de las tundras siberianas. El elevado tiempo de residencia del CO<sub>2</sub> en la atmósfera terrestre, unos doscientos años, ocasiona un claro desfase entre la toma de decisiones y la respuesta del sistema climático.

Finalmente, se comentan los problemas existentes para una transición gradual de una economía basada en la quema de combustibles fósiles a otra en que prime el ahorro energético y las llamadas energías alternativas.

## **Bibliografía**

LLEBOT, J.E.: *El cambio climático*. Editorial Rubes. 1998

DELIBES, M., DELIBES DE CASTRO, M.: *La Tierra Herida*. Ediciones Destino. 2005

RUIZ DE ELVIRA, A.: *Quemando el futuro: Clima y cambio climático*. Editorial Nivel. 2001

VÁZQUEZ ABELEDO, M.: *La historia del Sol y el cambio climático*. Mc Graw-Hill Interamericana. 1998 (reimpresión de 2006)

WEART, S.: *El Calentamiento Global*. Editorial Laetoli. 2006

**Manuel Vázquez Abeledo** es Doctor en Ciencias Físicas por la ULL y Coordinador de Proyectos de la plantilla del IAC, institución en la que trabaja desde 1970. Su campo de trabajo es la Física Solar. Ha publicado unos setenta trabajos en revistas especializadas, organizado siete conferencias internacionales, liderado diez proyectos de investigación y dirigido ocho tesis doctorales. Fue Coordinador de Investigación del IAC desde 1986 a 1991. Interesado en la divulgación científica en diferentes niveles, ha publicado los siguientes libros: *La Historia del Sol y el Cambio Climático*, 1998, Editorial Mc Graw-Hill / Interamericana, Madrid; *La Búsqueda de Vida Extraterrestre*, 1999, Editorial Mc Graw-Hill / Interamericana, Madrid (junto con E. Martín Guerrero de Escalante); *El Sol: algo más que una estrella*, 2004, Editorial Sirius, Madrid; *Ultraviolet Radiation in the Solar System*, 2005, Springer (junto con A. Hanslmeier). Ha impartido conferencias en el curso *Ciencia y pseudociencias* desde su primera edición en 2001.

## **El poder de los números: verdades y mentiras**

Antonio Martínón Cejas

Doctor. Catedrático de Universidad. Departamento de Análisis Matemático. ULL  
Jueves, 17 de abril de 2008. 17:30 – 19:00

Si una información o una opinión va acompañada por una cantidad o un número, cobra mayor credibilidad y verosimilitud. Esta es una de las razones por la que se procura cuantificar todo lo que se pueda. Sin embargo, muchas informaciones utilizan de manera incorrecta los números, lo que produce en el destinatario una errónea idea de la situación.

En un periódico local se lee en el titular que en determinado documento “el 90% son propuestas del partido A”. Sin embargo, al leer la información detallada se descubre que lo ocurrido es bien diferente: el documento recoge el 90% de las propuestas que ha formulado el partido A, el 70% del partido B...

Muchas informaciones incluyen números que expresan la medida de una cierta cantidad. Valorar adecuadamente esas informaciones obliga a estimar si esos números son correctos o no lo son, y para ello es fundamental tener algunas referencias.

Por ejemplo, si se nos dice que un automóvil circulaba a 400 kilómetros por hora (km/h), lo natural es pensar que hay algún error, pues la máxima velocidad permitida suele ser 120 km/h y aunque hay quienes conducen a 200 km/h e incluso más, parece prácticamente imposible que se alcance los 400 km/h. Para hacer una correcta valoración, desde luego, juega un papel importante la unidad de medida que se utilice. Afirmar que un camión circula por una carretera a una velocidad de 10 metros por segundo (m/s), ¿es razonable? No es sencillo valorar esa información, pues se está usando una unidad de velocidad poco familiar para referirse a los automóviles. Hay que observar que decir 10 m/s es equivalente a 36 km/h, velocidad que sí resulta creíble.

Es muy habitual dar un dato numérico sin precisar que se trata de una aproximación y no exactamente el resultado de una medición precisa. Un ejemplo muy frecuente es el número de los asistentes a una manifestación, que varía mucho según la fuente que se consulte. Desde luego, los organizadores suelen ser los que ofrecen los números más altos.

Las estadísticas contienen informaciones numéricas, que en muchas ocasiones son indirectas, es decir, son estimaciones. Por ejemplo, es lo que ocurre con las encuestas, en las que se pregunta a una pequeña parte de la población y de los resultados se infiere una idea de lo que piensa el conjunto de todos los ciudadanos.

“Mentiras, grandes mentiras y estadísticas” es una frase que expresa bien la desconfianza que en algunas personas generan las informaciones estadísticas. El chiste siguiente es un ejemplo: me he comido dos pollos y tú ninguno, así que nos hemos comido un pollo cada uno.

La probabilidad de un suceso se expresa mediante un número comprendido entre 0 y 1, aunque es habitual usar porcentajes. Por ejemplo, se dice que la probabilidad de obtener cara al lanzar una moneda al aire es 0'5, pero también se puede afirmar que la probabilidad es del 50%.

En general existe poca formación sobre la probabilidad, de manera que la inmensa mayoría de la población carece de referencias y ha cultivado poco su “intuición probabilística”. Un tipo de razonamiento como el siguiente es poco frecuente, pero hay personas que lo aceptan: la probabilidad de que llueva el sábado es del 50% y de que llueva el domingo también es del 50%, así que la probabilidad de que llueva el fin de semana es del 100%.

Hay situaciones en las que viene bien tener una idea de las probabilidades que existen. Un antiguo problema planteado en el siglo XVII es el siguiente: ¿qué es más probable, sacar un 6 al tirar un dado cuatro veces o sacar un 12 con dos dados en veinticuatro tiradas?

Muchas veces encontramos personas que muestran asombro por algunas coincidencias que son realmente muy razonables. Se piensa que es poco probable, de ahí el asombro, pero realmente es muy probable. Que en una sala donde hay cuarenta personas, dos de ellas celebren su cumpleaños el mismo día tiene una probabilidad alta y, por tanto, no es nada asombroso que eso ocurra.

Otro error habitual es confundir causalidad con correlación. Se tienen datos de que la probabilidad de contraer la enfermedad E en los países de la Unión Europea es del 5%, mientras que en los países de África es del 1%, así que en Europa es cinco veces más probable. Sin embargo, esos datos no informan acerca de las razones por las cuales eso es así. Dicho de otro modo, las causas que explican que es cinco veces más probable para un europeo que para un africano tener la enfermedad E pueden ser muchas y sería aventurado decir, si no se dispone de más datos, que el tipo de alimentación europea produce la enfermedad E.

## Bibliografía

PARK, R. L.: *Ciencia o vudú*. Debolsillo (Randon House Mondadori). Barcelona. 2003

PAULOS, J. A.: *El hombre anumérico*. Tusquets. Barcelona. 1990

PAULOS, J. A.: *Érase una vez un número*. Tusquets. Barcelona. 1999

## Información en Internet

[http://www.wikilearning.com/mentiras\\_medias\\_verdades\\_y\\_estadisticas-wkccp-3976-8.htm](http://www.wikilearning.com/mentiras_medias_verdades_y_estadisticas-wkccp-3976-8.htm)

**Antonio Martín Cejas** es doctor en Ciencias Matemáticas. Ha sido profesor de Bachillerato y en la actualidad es Catedrático de Análisis Matemático en la Universidad de La Laguna, especializado en Análisis Funcional. Ha participado de diferentes maneras en actividades de divulgación. Así, fue coordinador del libro *Las matemáticas del siglo XX* (Editorial Nivola, 2000), en el que numerosos autores ofrecieron una panorámica sobre las matemáticas y su enseñanza en el siglo pasado. También ha escrito numerosos artículos de

divulgación matemática publicados en periódicos, revistas y libros, y ha impartido conferencias en diferentes universidades e instituciones. Su interés por la enseñanza y el aprendizaje le ha llevado a que parte de sus investigaciones se hayan desarrollado en el campo de la Didáctica de las Matemáticas. Ha sido director de la revista *Números* y en la actualidad es codirector de *Unión. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*.

### **La comunicación de los resultados científicos**

Ramón García López

Doctor. Profesor Titular de Universidad. Departamento de Astrofísica. ULL

Investigador. Instituto de Astrofísica de Canarias

Jueves, 17 de abril de 2008 .19:00 – 20:30

El conocimiento científico es un 'suma y sigue'. Por ello resulta interesante preguntarse: ¿cómo se comunican los científicos entre sí para difundir y discutir sus ideas y resultados en el seno de la comunidad en la que trabajan? A diferencia de la divulgación, en la que la comunicación de los resultados científicos debe hacerse de manera que su esencia pueda ser asimilada por una mayoría de la sociedad, en la comunicación interna prima el intercambio de información rigurosa entre colegas con el objetivo de contribuir al aumento del conocimiento en un aspecto determinado del saber.

La correspondencia ha supuesto un medio de comunicación habitual de los resultados científicos a lo largo del tiempo y algunas de estas cartas han llegado a convertirse en joyas para entender la evolución histórica de la ciencia y la sociedad. El correo electrónico ha tomado el relevo en nuestros días, dotando de inmediatez a este medio y posibilitando una transmisión rápida de ideas, documentos y datos entre investigadores. La particularidad de este tipo de comunicación estriba en que está muy dirigida a un grupo más o menos restringido de personas y su rigor depende de la voluntad de quien hace el envío.

Los congresos y reuniones científicas son, quizá, las manifestaciones de comunicación más conocidas por la sociedad. Propician una interacción directa persona a persona, donde se presentan resultados muy recientes que, en buena medida, sirven para preparar el trabajo futuro. Pero, en realidad, la mayor parte de la producción de los investigadores se enmarca en las publicaciones científicas. A diferencia de lo que ocurre en otros ámbitos editoriales, estas publicaciones tienen como peculiaridad que el investigador (o su institución) debe pagar para poder publicar y en muchos casos este gasto supone una partida importante dentro del presupuesto con el que se cuenta.

Para considerar a una publicación científica como 'de reconocido prestigio' (que son las que realmente cuentan) es necesario que esté sometida a un proceso de 'revisión' o 'arbitraje'. La decisión de que un artículo sea o no publicado está en manos de un colega del autor, especialista en ese tema, cuya opinión ha sido solicitada por el editor de la revista. Este arbitraje sirve para garantizar el

rigor y la calidad general de los artículos publicados al rechazar trabajos mediocres o criticar constructivamente un artículo y lograr que su contenido mejore.

Una medida habitual del impacto de un trabajo en la comunidad científica es el número de citas que recibe en revistas de prestigio dentro de su campo de investigación. Pero el valor real de estas citas depende de diversos factores, por lo que no debe ser tomado como una referencia absoluta. Es un tema sobre el que existe un debate abierto en la comunidad pues incide directamente en aspectos más mundanos, pero no por ello menos importantes, como la consideración de los méritos personales para optar a un puesto de trabajo, conseguir financiación para un proyecto de investigación, etc.

Internet proporciona una vía de publicación casi inmediata de los resultados y un abaratamiento de los canales tradicionales, así como una distribución 'horizontal' de la información. Sin embargo, su inmediatez y facilidad no deben suponer una merma de la calidad. Internet ha potenciado también que los investigadores recibamos información a un ritmo difícil de asimilar de forma rigurosa. La profusión de ilustraciones, simulaciones, etc. distrae muchas veces nuestra atención del fondo del trabajo y, además, ¿dónde y cómo organizamos y almacenamos esta información? Éste es uno de los retos más importantes con los que nos enfrentamos en nuestros días.

Cabe preguntarse también: ¿deberían los investigadores recurrir a la prensa para comunicarse entre sí? Entre las ventajas potenciales de este procedimiento están la rapidez de la publicación de un resultado novedoso por parte de los medios de comunicación, el impacto que tendría en la sociedad, y el que serviría para reivindicar públicamente la propiedad del descubrimiento. Sin embargo, la experiencia diaria indica que la dinámica habitual de los medios de comunicación de masas no garantiza que se mantenga el rigor científico.

Por otra parte, ¿cómo deben los científicos abordar la tarea de divulgar sus conocimientos a la sociedad a la que se supone que sirven? ¿Deben hacerlo directamente o resulta necesaria la existencia de divulgadores profesionales que hagan de vínculo entre la especificidad del trabajo de los investigadores y los conocimientos científicos generales que se desean transmitir a la sociedad? ¿En tal caso, qué formación han de tener esos divulgadores? Esta conferencia pretende acercar a la audiencia las herramientas de comunicación interna que utilizan los investigadores, así como aportar ideas para abrir un debate sobre la forma en que debe fluir la información científica desde los profesionales hacia el ciudadano de a pie. Pasaremos revista a ambos temas de forma general, mostrando las diferencias y los modos de actuar en los dos ámbitos.

## **Bibliografía**

Esta conferencia está confeccionada a partir de mis propias experiencias como investigador y de mi conocimiento de la divulgación científica que se hace en el entorno en el que trabajo. Como ejemplo de uno de los muchos boletines de

divulgación científica que existen en la red puedo citar a: [www.caosyciencia.com](http://www.caosyciencia.com) que, bajo el paraguas del IAC, se acerca de una forma amena a diversos aspectos de la actualidad científica.

**Ramón J. García López**, Licenciado en Ciencias Físicas por la ULL en 1987, presentó su Tesis Doctoral en 1992 obteniendo el Premio Extraordinario de Doctorado en 1993. Ha ocupado varios puestos como investigador en el IAC y en la Universidad de Texas (EEUU), así como en el Departamento de Astrofísica de la ULL, donde es Profesor Titular de Universidad y ha sido Secretario y Director. Ha sido Coordinador del Área de Enseñanza del IAC y Coordinador Principal del programa de doctorado *Física del Cosmos*, con Mención de Calidad desde su implantación en 2003 hasta 2008. Actualmente es Coordinador del Área de Instrumentación del IAC. Sus líneas de investigación son el estudio de la atmósfera, estructura y evolución estelar, evolución química galáctica, astrofísica de partículas e instrumentación astrofísica. Es autor de más de setenta publicaciones en revistas especializadas y un número similar de contribuciones a congresos científicos, y editor de libros especializados de Astrofísica.