

Física *y* Sociedad

Revista del Colegio Oficial de Físicos. Número 14. Invierno de 2003



■ Monográfico sobre divulgación científica



Estamos haciendo algo grande.
(y a algunas aún no les hemos dado nombre)



cofis
Colegio Oficial de Físicos

SUMARIO

Física y Sociedad **número catorce**

Presentación. 2

Breves apuntes sobre la comunicación de la ciencia. 4
Antonio Fernández Rañada / *Universidad Complutense de Madrid.*

Las fronteras de la física. 8
José Manuel López-Cózar / *Periodista.*

El espacio, una constante en la investigación científica. 14
Álvaro Giménez / *Agencia Espacial Europea.*



Entrevista a Pedro Morenés. 19
*Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica.
Ministerio de Ciencia y Tecnología.*



La ciencia y el ocio. 24
Ramón Núñez Centella / *Director de los Museos Científicos Coruñeses (=mc2),*
Manuel Toharia / *Director del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia,*
Jorge Wagensberg / *Director del Museo de las Ciencias en Barcelona de la
Fundación la Caixa.*



Entrevista a José Manuel Sánchez Ron. 32
Historiador y divulgador científico.

Ciencia, sociedad y medios de comunicación. 35
Miguel Ángel Sabadell / *Físico.*



La física en la sociedad. 40
José Manuel López-Cózar / *Periodista.*

Artículo de opinión. 46
Alberto Miguel Arruti / *Físico y periodista.*

Ciencia y Ocio en la red. 48

Actualidad y Física. 49

Bibliografía. 54

Edita

Colegio Oficial de Físicos

Editor

Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo

Director

Alberto Miguel Arruti

Consejo editorial

Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo

Ángel Sánchez-Manzanero Romero

Alicia Torrego Giralda

Óscar Tapia Júdez

Sonia Ortega Resco

Marta Seoane Dios

Redacción y coordinación

José Manuel López-Cózar

Proyecto gráfico

Vicente Gómez Alfonso

Administración y publicidad

Colegio Oficial de Físicos

Pº General Martínez Campos, 17 • 6º izda.

28010 Madrid

Tel: 94 447 06 77 • Fax: 91 447 20 06

E-mail: correo@cofis.es

www.cofis.es

www.conama.es

www.fisicaysociedad.es

Fotomecánica e impresión

Gráficas SUMMA

Polígono de Silvota. Llanera.

33080 Oviedo

ISSN. 113-8953

Depósito Legal: M. 44286-1992

Portada

Detalle del cuadro "La escuela de Atenas" de Rafael (1509-10). Estancias vaticanas, Euclides, rodeado de discípulos, explica sobre una pequeña pizarra, mientras traza arcos con un compás.

La revista Física y Sociedad no se hace necesariamente solidaria con opiniones expresadas libremente en las colaboraciones firmadas.

Queda autorizada la reproducción, total o parcial, siempre que se haga de forma textual y se cite la procedencia y al autor.

Esta revista se imprime sobre papel 100% reciclado RECIPLUS Print



Gonzalo Echagüe Méndez de Vigo

Presidente del Colegio Oficial de Físicos de Madrid

Una vez más, el Colegio Oficial de Físicos edita un nuevo número de la revista Física y Sociedad, cumpliendo con el objetivo de informar, formar y sensibilizar sobre temas de interés general relacionados con la Ciencia, en general, y con la Física, en particular, y que trascienden a la sociedad en su conjunto.

El Colegio viene demostrando una especial vocación por facilitar la divulgación de aquellos temas en los que el Físico puede expresar sus conocimientos y opiniones, y hacerlo de una manera comprensible, objetiva y rigurosa. Uno de los canales para desarrollar esta vocación lo constituye la publicación de la revista Física y Sociedad, que desde hace más de una década viene tratando los temas más candentes de la actualidad científica, tanto desde el punto de vista técnico como desde su vertiente más social y comprometida.

Esta edición que tiene entre sus manos es un monográfico dedicado a la Divulgación Científica. Estamos convencidos de que hoy en día resulta necesario, más que nunca, acercar los conocimientos y la realidad científica a todos los elementos que constituyen nuestra sociedad y que en esta labor tienen un papel fundamental científicos e investigadores. Por ello, hemos querido tratar este tema en candelero desde hace algunos años y contribuir a divulgar y promocionar la Ciencia en España.

Los objetivos de esta publicación se resumen en los siguientes puntos: crear e incentivar el interés de la sociedad por la ciencia y facilitar su comprensión, presentar el estado y el significado de la ciencia en diferentes ámbitos (enseñanza, comunicación, ocio y entretenimiento, etc.), intentar mostrar su valor dentro de la sociedad y acercarla a todos los agentes sociales, presentar la ciencia como una herramienta para la consecución de avances que nos ayudan en nuestra vida y que nos conduzca a pautas de comportamiento sostenible con nuestro entorno.

En la sociedad actual, la sociedad de la información, que viene marcada por los avances tecnológicos, recibimos muchos mensajes todos los días. Estos mensajes producen un efecto de sobreinformación, que pueden desembocar en la desinformación. En nuestra vida cotidiana estamos rodeados de Ciencia y Tecnología, ésta nos permite acceder fácilmente a gran cantidad de información en diferentes soportes y por diversos canales; pero qué calidad y qué cantidad de información recibimos de ámbito científico-técnico.

La investigación en nuestro país va evolucionando positivamente, aún estamos lejos de otros países europeos, pero hemos avanzado de manera apreciable; sin embargo la cultura científica en nuestro país sufre un retroceso. Las vocaciones relacionadas con áreas propias de las ciencias experimentales están descendiendo de forma alarmante y esto supone un problema que todavía estamos a tiempo de salvar. Desde el Colegio de Físicos creemos que la divulgación es una vía muy importante para solventar esta situación.

La percepción social de la realidad científica depende, en parte, de los medios de comunicación. Éstos deberían cumplir una función social de formación y ser agentes portadores de la cultura. Todos somos conscientes del poder intrínseco de los medios para crear conciencia social y opinión pública, pero no siempre las imágenes que percibimos vía media se adecuan a la realidad. Los comunicadores acusan a los investigadores de no filtrar información; los investigadores denuncian que no existen soportes suficientes para difundir contenidos científico-técnicos, así como el poco rigor con el que se abordan estas cuestiones, argumentando que se hace 'vulgarización' y no 'divulgación'; informadores se defienden diciendo que para transmitir el conocimiento hay que hacerlo de forma accesible y comprensible; empresas informativas sostienen que 'la ciencia no vende', pero la sociedad demanda información que no recibe. Y así podríamos seguir en un círculo que no nos conduce a nada.

Algunas instituciones se esfuerzan por que el conocimiento científico llegue al público general, para que el ciudadano de a pie pueda dejar de ver la Ciencia como algo lejano e incomprensible. Esta revista es la aportación a esta 'alfabetización científica', así como la red de portales temáticos sobre áreas de la física, ambicioso proyecto del Colegio, que lleva el mismo nombre, ambos soportes tienen como objetivo acercar la física a la sociedad.

Quiero agradecer el trabajo de autores y colaboradores, sin ellos, no hubiera sido posible la publicación de esta revista. También quiero agradecer a todos aquellos que contribuyen con su trabajo a la divulgación de la ciencia, la tecnología y la innovación.

Deseamos que todos los lectores de Física y Sociedad al final de su lectura vean satisfechas sus demandas informativas. Si fuera así, se verán recompensados todos nuestros esfuerzos, ilusiones y esperanzas.

Espero que este monográfico resulte un producto útil e interesante y aprovecho para enviar un cordial saludo.



Breves apuntes sobre la comunicación de la ciencia

Antonio Fernández-Rañada

Catedrático de Electromagnetismo de la Universidad Complutense de Madrid

Uno de los principales retos de la investigación científica en nuestros días es trasladar el conocimiento de unos pocos al conjunto de la sociedad. La divulgación científica se ha convertido en una necesidad incuestionable. Objetivo: dar a conocer la realidad que nos rodea y entender mejor los objetos que forman parte de nuestras vidas.

Se quiera o no, vivimos sumidos en la ciencia, bajo el influjo de sus ideas y sus métodos y rodeados por objetos que llevan su marca. Pero, por un desencuentro paradójico, abundan las personas supuestamente cultas que la conocen mal y, peor aún, que sienten malestar ante ella. Lo grave es que así les ocurre a muchos políticos y dirigentes sociales o económicos, y que este desconocimiento supone, a la larga, un obstáculo muy serio para que la humanidad supere sus graves problemas. Pensemos en el hambre del tercer mundo cuya solución necesita de sistemas sociales más justos y democráticos, pero

también de los avances de la genética, botánica o técnicas agrícolas. O en las recientes perplejidades de la opinión ante el problema de las células madre, que exige combinar la reflexión ética con los datos más recientes de la bioquímica, por poner sólo dos ejemplos. Por eso se dice que hay que divulgar, o sea, explicar a quienes no son científicos ni ingenieros las ideas más importantes de la ciencia de hoy.

La propuesta es ineludible pero no fácil. Sin duda la divulgación mediante conferencias, artículos de prensa y parques o museos científicos, es algo muy importante y necesario. Su ideal sería que, al hablar de

la herencia biológica pongamos por caso, la gente pudiese entender sus mecanismos moleculares; para discutir sobre centrales nucleares, que sepan lo que es un curio o la moderación de neutrones; y si se trata del agujero de ozono, que puedan identificar las reacciones químicas producidas en la alta atmósfera bajo el efecto de los rayos ultravioletas del sol. Es cierto que, cuanto mejor se conozcan todas esas cosas, tanto más preparada estará la opinión pública para valorar las opciones que se presenten. Pero esta breve lista nos advierte de la enorme dificultad de entender de todas las cuestiones que nos afectan a los ciudadanos, tanto más que la gente está sumergida también en efectos que vienen de los mundos de la economía, la justicia o la política, por ejemplo. Por eso es imposible poder juzgar sobre todos los aspectos técnicos del mundo alrededor.

Afortunadamente tampoco es imprescindible, pues lo más necesario de entender no son los detalles sino el sentido de la sorprendente aventura de la ciencia. Los humanos queremos dos cosas: saber, como nos dice Aristóteles al principio de su *Metafísica*, y también vivir mejor, con menos penalidades. Por ello, la ciencia opera en dos mundos distintos: el de las ideas y el de las cosas. En mi libro *Los muchos rostros de la ciencia*, he intentado explicar esta polaridad contraponiendo la relatividad de Einstein y la bombilla de Edison, dos creaciones humanas de asociación quizá sorprendente que han cambiado tanto nuestra visión del cosmos como nuestra manera de vivir. Pues bien, la tensión entre esos dos polos es un estímulo necesario para el desarrollo de la ciencia, pero esto es difícil de entender para los no iniciados, cosa que debe tener muy en cuenta el comunicador de la ciencia.

O sea, hay que explicar cómo y por qué una cosmovisión que prescinda hoy de la ciencia es inaceptable, como lo es también cualquiera que sólo esté basada en ella. El mundo es demasiado complejo para que nos sea dado entenderlo desde un sólo punto de vista. Además, y esto importa mucho hoy en España, debe rechazarse una concepción de la ciencia que no se aplique a la mejora de la vida humana, bien mediante productos útiles, o bien estimulando la economía a través de la innovación en las empresas. Pero tampoco es de recibo una ciencia que no cuide su base doctrinal, pues acaba por no tener cintura para redirigirse en función de las nuevas circunstancias, por usar un símil futbolístico. Una ciencia que abandona el debate sobre sus fundamentos sufre de inmediato una amenaza de esclerosis seria y real.

Aceptando pues como necesaria la dualidad entre el polo Einstein y el polo Edison, es decir, entre la ciencia básica y la aplicada, la divulgación debe ser variada en los temas y clara en el lenguaje. Lo primero es más fácil que lo segundo. Para que un científico metido a divulgador sea claro debe superar hábitos mentales arraigados, por ejemplo la preocupación por las referencias. Cuando enviamos un trabajo a publicar, el referee consultado por la revista lo revisa buscando detalles incorrectos, imprecisiones, ambigüedades o alternativas no tratadas. Así se desarrolla en nosotros una tendencia fuerte a ser demasiado prolijos en los detalles, cosa buena en una investigación pero que puede cansar a quienes no son especialistas. Como, al fin y al cabo, los lectores admiten fácilmente que un experto que escribe un artículo de prensa conoce bien la materia, no necesita demostrarlo, por eso debe evitarse la acumulación de hechos científicos pues cansa, aburre y confunde. Hay que darles un sentido y colocarlos en una estructura

reconocible; demasiados detalles atosigan y hacen borroso el mensaje.

Otro obstáculo puede ser el uso de un lenguaje críptico, debido a un cierto elitismo académico que causa recelo y molestia, en vez de esforzarse en usar 'el román paladino con el cual suele el pueblo hablar a su vecino', sin duda lo recomendable. La ciencia suscita a menudo temor por su mundo aparentemente impenetrable y recelo por su relación con el poder. Para conseguir que se vea de forma relajada es necesaria la claridad, que si siempre es la cortesía de cualquier escritor lo es mucho más en el caso de uno científico.

Pero si no hay que caer en el lenguaje difícil y oscuro, hay que huir también de la obsesión por lo espectacular, tan desorientadora para los lectores y especialmente mala en el caso de temas de medicina. En este vicio caen algunas veces los periodistas científicos, al exagerar algunas posibles aplicaciones de una nueva idea para darles mayor grandiosidad.

“La divulgación de la ciencia es más difícil de hacer y más necesaria de lo que suelen pensar quienes no lo han intentado nunca”

También es una tentación para los propios científicos pues así pueden atribuir más valor a su propio trabajo.

La obsesión de la sociedad de hoy por el entretenimiento y la levedad es otro obstáculo para ese programa, porque a veces se deforman las ideas, a base de pretender hacerlas más simples y atractivas. El enseñar deleitando y el juego que se propone muchas veces desde las revistas y los museos lleva a obscurecer el mensaje de la ciencia, porque, en



aras de la diversión, se pasa a menudo por alto que la ciencia sigue un método y es sistemática. Al faltar ese elemento y escaparse así algo esencial, hay quien llega a confundirla con la magia o, al menos, quien toma una actitud mágica ante la ciencia. Muchos timadores, logreros y charlatanes se aprovechan, con sus productos sorprendentes que, a modo de purgas de Benito o bálsamos de Fierabrás, ofrecen remedios milagrosos para la salud, la estética o la riqueza, con pretendidas bases científicas, cuya falsedad salta a la vista para cualquiera que conozca el tema. Para acercarse a la ciencia, hay que comprender que se funda en la observación paciente de los detalles, en asociar la imaginación con el análisis de los datos, en el escepticismo y en un intenso sentido de la autocrítica, ideas difíciles de transmitir cuando se busca sobre todo el espectáculo.

La divulgación de la ciencia es más difícil de llevar y es más necesaria de lo que suelen pensar quienes no lo han intentado nunca. La ciencia es una actividad muy absorbente y enriquecedora en el nivel personal, que tienta constantemente a concentrarse en ella. Quizá por esa concentración, se necesita mucho esfuerzo para encontrar la fórmula feliz que supere una alta barrera de comunicación, sin traicionar el mensaje.

Traducir al lenguaje común conceptos o experimentos complejos, a los que se ha llegado sólo tras muchos años de reflexión de mucha gente, no es cosa simple. Además el público objeto de la divulgación es muy di-

vida o la formación de la tierra— que brillan en los periódicos, en revistas y libros. Pero parece que lo demás está falto de interés para la mayoría de la gente.

Cuando un científico quiere divulgar una idea o una teoría tiene normalmente tres opciones. La primera es escribir una especie de manual con todos los conceptos necesarios, explicados de forma simple. El resultado es largo y fastidioso para quien sólo está interesado en lo importante. La segunda es omitir pasos intermedios, alternativas o elementos de la descripción. O sea, hacer uso de la tijera de podar. Aunque muchas veces es inevitable recurrir a este trámite, encierra graves peligros, como le ocurrió a ese profesor que tenía que explicar la relatividad general a varios legos en física. Tras su primera explicación no entendida, inició una serie de simplificaciones que le parecían cada vez más claras, hasta que le dijeron: "ya lo entendemos", tras lo que se vio obligado a reconocer: "lo malo es que eso ya no es la relatividad". La tercera opción es recurrir a la metáfora.

La metáfora es un elemento básico de la literatura. Consiste en

A veces se deforman las ideas al intentar simplificar demasiado. Como le pasó a aquel profesor que intentaba explicar la teoría de la relatividad... Y tras muchas simplificaciones le dijeron sus alumnos: "ya lo entendemos"; y respondió: "lo malo es que esto ya no es la relatividad"

comparar dos cosas que son claramente distintas, pero que tienen algo en común. Una buena metáfora produce una sacudida intelectual o emocional ante la aparente contradicción de que dos cosas sean en

parte iguales y en parte distintas, que agudiza la sensibilidad y suscita una tensión mental receptiva en el lector. Gracias a ello la mente se abre a aceptar ideas nuevas que antes podrían parecer absurdas. En contra de lo que se puede pensar, la metáfora tiene una importante tradición científica. Sirve para dos cosas: para inventar nombres de los nuevos conceptos y para entenderlos mejor. Durante mucho tiempo se consideraba el mundo como un reloj o un mecanismo, para ilustrar el determinismo de la mecánica newtoniana, o como un libro, cuando se quería insistir en que es una obra de su autor-Dios. Para explicar la entropía, un concepto de gran dificultad intuitiva, se recurre a considerarlo como una medida del desorden. A las partículas elementales se las llama ladrillos del universo y a las mediadoras que transmiten las fuerzas, cementos. Se habla del ARN mensajero, Newton descubrió la gravitación a partir de la metáfora manzana-luna, la explosión del universo se compara con la de una granada, con un globo que se infla o con un pudín de pasas que sube, sobre el universo pocos segundos después del principio se dice que era una sopa cósmica de partículas elementales, el espacio-tiempo se asemeja a una membrana elástica en la relatividad general de Einstein, etc.

Es necesario entender que no sólo hay que divulgar para los no científicos. También hay que hacerlo dentro del mundo de cada ciencia. Los especialistas deben explicar los resultados de su propia especialidad a los de otras, cosa muy necesaria para la articulación de la propia comunidad científica. En algunos casos eso es ineludible por la mayor dificultad o el alto grado de abstracción de algunos conceptos o la dificultad técnica de algunas teorías, como ocurre por caso con las de cuerdas y supercuerdas como base de la futura física cuántica. Las revistas que hacen eso juegan



Karl Sagan, divulgador científico y autor de la popular serie de televisión "Cosmos"

verso. Simplificando mucho, consta de dos tipos de personas: algunas sienten la magia de la ciencia, otras son insensibles a ella. Los primeros son capaces de esforzarse en comprenderla y agradecen todo elemento divulgador, libros, películas, artículos o conferencias. Pero la experiencia muestra que el segundo sector es difícilmente abordable desde la explicación de hechos, modelos y teorías, por muy clara y atractiva sea la presentación. Las personas de este segundo grupo están de acuerdo con esa imagen tópica, según la cual la ciencia se ocupa de cosas incomprensibles, que no interesan a casi nadie, y lo que es peor, los científicos son incapaces de explicarlas con palabras sencillas y claras. Por eso, la ciencia produce muchas veces desazón, desasosiego o malestar. Es importante, pero parece aburrida. Hay algunos temas estrella —el big bang, los dinosaurios, el origen de la

un papel muy importante, como ocurre con la europea *Physics World* o la norteamericana *Physics Today*. También hay que divulgar entre ciencias, para que los biólogos entiendan algo de las ideas de la física o los astrónomos de las de la bioquímica. Algunas revistas trabajan en esta tarea como la inglesa *New Scientist* o la americana *American Scientist*. Finalmente están las dedicadas al público más general, habiendo entre ellas varios niveles de dificultad técnica, como *Investigación y Ciencia* o *Mundo científico* que son algo más difíciles de leer que *Muy Interesante*.

Pero la divulgación no debe servir sólo para que los no científicos aprendan ciencia. Mediante ella los científicos podemos acercarnos a otros ámbitos culturales, a los humanistas, a los científicos sociales, al público general.

Para escribir algo que ellos entiendan debemos comprender nosotros algo de su mundo, que también nos afecta en nuestra vida y forma parte del paisaje exterior que debe interesarnos y sin el que no podemos formular ninguna visión del mundo. Por mucho que nos interesen las galaxias, los electrones, los virus o las placas tectónicas, realmente al fin y al cabo lo más importante son los seres humanos. Debemos intentar entendernos a nosotros mismos para no quedarnos fuera de la reflexión colectiva sobre la mejor manera de organizar la sociedad, sobre qué significa ser feliz, cómo juzgar la ética de la acción pública y cosas parecidas.

Esta consideración está implícita en una propuesta que hizo James Conant al acabar la Segunda Guerra Mundial para que la opinión norteamericana se preparase mejor en temas científicos. Conant, que fue catedrático de Química y presidente de la Universidad de Harvard y embajador de EEUU en Alemania, presidió durante la guerra el Comité Nacional de Investigación para la Defensa, del que dependió el pro-

yecto Manhattan. Esto le hizo pensar mucho en que los gobernantes deberían tomar decisiones importantes en el futuro que implicarían ideas o productos científicos, de modo que una equivocación podría tener graves consecuencias. Y ahí veía un peligro serio pues los ciudadanos,

“El mundo es demasiado complejo para que nos sea dado entenderlo desde un sólo punto de vista”

o sea quienes elegirían a los políticos, no tenían la suficiente preparación para comprender las propuestas de sus políticos. Ante ello Conant hace dos propuestas educativas en un libro sobre el tema. La primera es que no hay que agobiar con detalles técnicos a los estudiantes que no van a ser científicos. Dice textualmente: “La premisa fundamental de este libro es que el remedio no está en una mayor diseminación de información científica entre los no científicos”. Por el contrario defiende una reducción en la cantidad de material

guido esos frutos a lo largo de la historia. Un curso sobre el método científico ilustrado con ejemplos de historia, podría ser muy útil pues “un mínimo de ella es esencial para entender la ciencia”. Parece que ese es un buen método porque entre quienes no sienten interés por los hechos de la ciencia (el segundo tipo de personas de que hablaba anteriormente), abundan los aficionados a la historia o, al menos, los sensibles a las explicaciones históricas.

Por desgracia fue difícil de llevar a la práctica su propuesta por la resistencia que encontró en los educadores, explicable por varios motivos. Por una parte, a los profesores de ciencias les parecía que ya explicaban demasiado pocas cosas, como para reducir aún más sus programas de temas científicos. Eran, además, reacios a ocuparse de cuestiones históricas, en las que no se sentían preparados. Una solución podría ser que esos aspectos estuviesen a cargo de los profesores de historia, pero estos se oponían también a variar sus programas, introduciendo materias que no juzgaban



Misné Torá de Maimónides. Cuatro astrónomos observando las estrellas.

científico que deban aprender esos estudiantes. Pero, a cambio, se debe hacer lo necesario para que entiendan lo mejor posible las relaciones entre ciencia y sociedad.

En segundo lugar, Conant cree que la manera más adecuada de conseguir ese fin es a través del estudio histórico de casos importantes. Así dice que, más que estudiar los frutos de la ciencia, conviene conocer la manera en que se han conse-

de su incumbencia. Por todo eso, la propuesta Conant no prosperó como política general. Sin embargo es una idea interesante que está siendo debatida de nuevo en EEUU. En España la creación de la asignatura “Ciencia, tecnología y sociedad” en la enseñanza media surgió sin duda de una reflexión parecida. En todo caso hay que trabajar por un mejor conocimiento mutuo entre los que somos de ciencias y los que son de letras. ■

Las fronteras de la física

Seis premios Nobel reflexionan sobre los límites y el futuro de la ciencia

José Manuel López-Cózar
Periodista



Si algo ha caracterizado al siglo XX es el vertiginoso ritmo de los adelantos que se han ido produciendo durante este corto espacio de tiempo. Hoy, en el inicio de un nuevo milenio, la ciencia anuncia nuevas revoluciones y se enfrenta a retos en los que la física continúa asumiendo un papel fundamental. En este artículo, destacados científicos del panorama internacional exponen sus impresiones sobre el futuro de la física y las características de la investigación científica en el siglo XXI.

Vivimos una era de cambio continuo, cuando aún no hemos acabado de asimilar los cambios anteriores, ya se nos advierte de otros nuevos. El siglo XXI se inicia con el anuncio de espectaculares revoluciones científicas y tecnológicas que transformarán nuestras vidas y contribuirán a mejorar la sociedad del bienestar. Entre estas revoluciones, caben destacar las que se derivan del conocimiento adquirido sobre la estructura del ADN, los avances en el desarrollo sostenible del planeta, o la nanociencia que, aunque ya se nos anticipara en los años 50 como si fuera un guión de ciencia ficción, en los próximos años cambiará una buena parte de los procesos de la industria y de los objetos que poblarán nuestros hogares en el futuro.

El augurio de estas nuevas revoluciones, fruto del esfuerzo conjunto de numerosas ramas de la ciencia, llevan al extremo algunos aspectos del trabajo científico que ya empezaron a vislumbrarse en áreas como la biotecnología o los nuevos materiales. Las fronteras entre disciplinas clásicas como la química, la física, la biología o la medicina, son cada día más difusas, y la colaboración mutua entre estas

“Los estudios sobre la fuerza de la gravedad tendrán una gran importancia en el futuro”

áreas del conocimiento antes separadas, se vuelve cada vez más indispensable. En este sentido, el científico del futuro tendrá que volver a

reunir algunas de las características del humanista del Renacimiento, por su preparación y proyección. Aunque la labor del especialista seguirá siendo imprescindible para poder avanzar.

La física protagonista

En los comienzos del siglo pasado había una sensación de que en la física ya estaba todo hecho y luego llegarían revoluciones científicas tan fundamentales como la teoría de la relatividad o la teoría cuántica. Hoy en día, al igual que ayer, estamos atravesando una situación similar en la que algunos creen que la física se ha agotado y se debe dar paso a la

una ciencia demasiado teórica y abstracta, que algunos han tildado de ‘exótica’ y poco práctica.

Pero, realmente, ¿cómo sería po-

“En el campo de la Física queda mucho por hacer. Todavía no sabemos cuáles son los contenidos del Universo, ni tenemos idea cómo surgió”

sible seguir aplicando la ciencia si dejara de haber ciencia que aplicar?. Sin lugar a dudas, aún queda mucho por hacer en el campo de la física y todavía son muchas las leyes de la naturaleza que no hemos llegado a



Recepción del Príncipe Felipe a los premios Nobel que se dieron cita en el centenario de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química.

ingeniería y al desarrollo tecnológico para de esta manera poder aplicar gran parte de los conocimientos científicos adquiridos durante las últimas décadas.

A pesar de la importancia de la física a lo largo de la historia, estas corrientes de opinión se obstinan en vaticinar el fin de la era de la física y se preguntan qué puede aportar esta ciencia experimental en nuestros días y qué sentido tiene apostar por

descifrar. Como comenta el presidente de la Sociedad Europea de Física, Martín Huber, “entre otras cosas, no sabemos cuáles son los contenidos principales del universo, ni tenemos idea de lo que es la materia negra de la que surgió, o lo que es la energía oscura del universo”.

La Ciencia por la ciencia

En opinión de muchos científicos y destacados investigadores del

panorama internacional, entre ellos los seis premios Nobel que se dieron cita en Madrid en el reciente centenario de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química, "no es posible acercarse con seriedad a la ciencia pensando únicamente en el progreso y en sus aplicaciones concretas". La historia ha demostrado que cuando se trabaja en investigación, dedicándose por entero a la ciencia, se acaban consiguiendo grandes logros. Por esta razón, los científicos teóricos, desde siempre, se han centrado en in-

aportación fundamental de la física no habría sido posible el desarrollo de las denominadas tecnologías de la información, las cuales han introdu-

"Las fronteras de la Química, la Física, la Biología o la Medicina son cada día más difusas, y la colaboración mutua entre estas disciplinas es imprescindible"

cido un canal de conocimiento permanente en buena parte de los hogares del mundo occidental. De he-

Por tanto, muchas de las aplicaciones que forman parte de nuestra vida diaria, en un principio no fueron diseñadas o programadas para lograr un beneficio concreto para la humanidad sino que, más bien, fueron el resultado inesperado de los avances de la investigación. En opinión de Claude Cohen-Tannoudji, premio Nobel de Física de 1997, en estos momentos es más necesario que nunca reivindicar el papel de la investigación teórica en un mundo en el que cada vez se valora más especialmente el logro in-



Premios Nobel de Física y Química en la Fundación Ramón Areces de Madrid.

tentar comprender los mecanismos y los problemas fundamentales de las cosas sin mostrar demasiado interés por las aplicaciones específicas o prácticas que se puedan derivar, conscientes de que una vez que se llegan a entender mejor los mecanismos básicos de un fenómeno es muy raro que no se presenten nuevas posibilidades de aplicación práctica.

Por poner algún ejemplo reciente de esta realidad, cabe destacar la estrecha relación existente entre la física y el uso de los ordenadores. Sin la

cho, "el desarrollo de la Web nació en un ambiente en el que se estudiaba la física de partículas y en el que

"Es necesario reivindicar el papel de la investigación básica en un mundo donde cada vez se valora más el logro inmediato"

nadie podía imaginar el impacto que posteriormente tendría este descubrimiento para la sociedad", recuerda el premio Nobel de Física de 1999, el profesor Martinus Veltman.

mediato, por encima de la sed de conocimiento o la curiosidad innata en el hombre de llegar a entender mejor el entorno que le rodea. A su parecer, "los gobiernos deberían prestar más atención a la investigación básica y no sólo a programas específicos con los que se intenta dar solución a problemas tan complejos como la energía o el cáncer. Lo que realmente hace avanzar la ciencia es el desarrollo de una investigación básica de alta calidad y a continuación las aplicaciones aparecerán por sí solas".

Los retos de la física

Los trabajos de la investigación en física están encaminados a desarrollar teorías que en muchas ocasiones no se sabe bien cuál es su significado, ni sus posibles aplicaciones prácticas en el futuro. Teorías matemáticamente `muy bellas´ que intentan comprender los fundamentos de la naturaleza y examinar las partículas más pequeñas para saber lo que son y cómo interaccionan entre sí. Es decir, las ciencias físicas se dedican a encontrar las fuerzas existentes en la naturaleza y a observar su funcionamiento.

Hasta el momento, la física ha reducido todas las fuerzas conocidas a cuatro fundamentales: la gravitatoria, la electromagnética, la fuerza fuerte y la fuerza débil. De ellas, hemos llegado a tener una comprensión bastante precisa, así como una descripción matemática bastante exacta que, a la postre, se ha traducido en notables avances en la historia de la humanidad; tanto en la mejora de la calidad de vida como en las cotas de bienestar que se han alcanzado hoy en día (sólo basta con recordar la vida a principios del siglo pasado y ver cómo es en la actualidad).

La fuerza de la gravedad

Pero, realmente, tal y como explica el profesor Martinus Veltman, entre estas fuerzas hay una que todavía no hemos llegado a entender lo suficientemente bien y supone un reto para el desarrollo de nuevas teorías científicas y para la comunidad científica en general. Se trata

de la fuerza de la gravedad, de la que ya sentara sus bases generales Newton y que con el advenimiento de la mecánica cuántica no se ha conseguido integrar plenamente. No en vano, como asegura el profesor Veltman, "las ideas de Newton

"En estos momentos la investigación científica requiere de grandes inversiones para poder avanzar"

contradicen de alguna forma las ideas de la mecánica cuántica y algo tendrá que ocurrir en un futuro para que se pueda llegar a encajar estas dos teorías".



El Príncipe Felipe saluda al profesor Martin Huber, presidente de la Sociedad Europea de Física.

En palabras del prestigioso físico holandés "no cabe la menor duda de que el estudio de la gravedad será muy importante en los próximos años, aunque hay que ser conscientes de las limitaciones a las que nos enfrentamos, ya que no es posible obtener una información más precisa de la fuerza de la gravedad desde la Tierra y habrá que buscar las respuestas en el univer-

so. Obviamente, no podemos disponer de las estrellas a nuestro antojo y ver cómo interaccionan entre sí y por tanto el único laboratorio válido para poder avanzar en esta fuerza tiene que ser la astronomía; una disciplina que ha registrado muchos progresos en los últimos años".

Investigaciones sobre la luz y la materia

Otro de los campos que actualmente está experimentando una gran proyección y que ha fascinado al físico a lo largo de la historia es el estudio de la luz y de la materia. El propio Albert Einstein reconocía ya al final de su vida que durante todo

el tiempo "había intentado comprender qué es la luz sin llegar a ninguna conclusión determinante". Preguntas fundamentales sobre la naturaleza de la luz, sus características y sobre todo cómo interactúa con la materia, todavía hoy en día continúan siendo una incógnita y proponen una línea de investigación realmente interesante de cara al futuro.

Para Claude Cohen-Tannoudji, premio Nobel de Física de 1997 y reconocido investigador sobre la luz y la materia “en las últimas décadas los avances en este campo han sido espectaculares. Los estudios encaminados a emplear la luz para manipular los átomos y controlar tanto la polarización, como la posición o la velocidad de los mismos, están encontrando muchas aplicaciones prácticas (desde la construcción de relojes de gran precisión, a la ingeniería espacial) y abren un horizonte de posibilidades realmente alentador”.

Básicamente, las nuevas técnicas de refrigeración por luz láser permiten atrapar y enfriar los átomos con la finalidad de facilitar su análisis. Como explica el profesor Cohen-Tannoudji uno de los artífices de importantes avances en éste área, “por hacernos una idea del fondo de las investigaciones realizadas, el método que se ha desarrollado en los últimos años consiste en una trampa magneto-óptica en la que el láser se utiliza como instrumento para enfriar los gases hasta temperaturas de unos 270 grados bajo cero. Esta temperatura actúa como un freno para los átomos y permite la posibilidad de observarlos detenidamente al reducirse la velocidad de las moléculas del aire de varios cientos de metros por segundo a sólo algunos centímetros; algo que por sí mismo supone un gran adelanto científico”.

Estos nuevos campos de investigación sobre la luz, la materia, las ondas o la fuerza de la gravedad, resultan actualmente fascinantes y están planteando muchas líneas de investigación que posiblemente algún día llegarán a ser muy productivas. Por tanto y a pesar del escaso interés que despierta la ciencia básica en nuestra sociedad, el caso es que la investigación teórica goza de muy buena salud y está progresando de una manera muy clara y evidente. ■

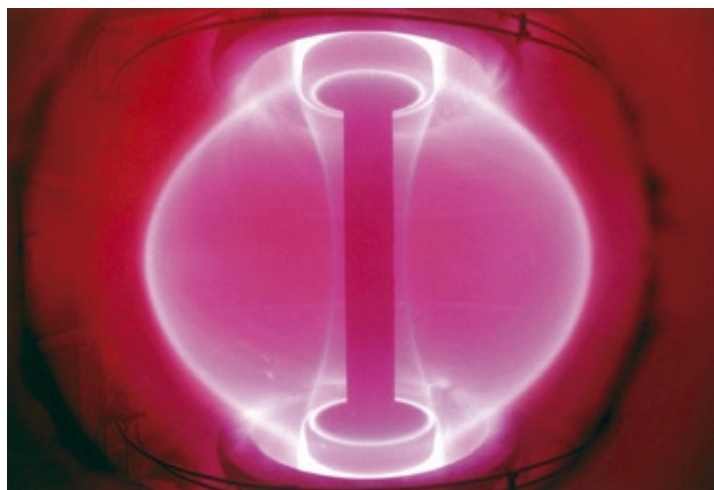
LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN EL SIGLO XXI

A principios del siglo pasado, los experimentos relacionados con las propiedades elementales de la materia eran muy sencillos y se podían llevar a cabo estudios sobre rayos cósmicos, o sobre la radiactividad en laboratorios domésticos.

Después de la II Guerra Mundial, la física de partículas cambió los métodos de trabajo y empezaron a introducirse grandes máquinas, ciclotrones, etc. La necesidad de estudiar las partículas exigía cada vez mayores niveles de energía y esto llegó a su culminación con las últimas máquinas aceleradoras utilizadas en Ginebra, Chicago y otros puntos de investigación. Se trata de aceleradores enormes que en el caso del de Ginebra tiene una circunferencia de 28 kilómetros (tan grande como la ciudad de Madrid) y que viene a constatar la dimensión y la complejidad de los experimentos que se están abordando hoy en día. Algo que en opinión del premio Nobel de Física de 2001, Eric Cornell, “es un arma de doble filo ya que la actividad científica se encuentra sumamente centralizada y el riesgo del fracaso puede privarnos de la contribución de grandes científicos. En investigación el éxito y el fracaso no dejan de ser dos caras de una misma moneda”.

Pero, al margen de los inconvenientes propios de la situación actual que vive la ciencia, la realidad es que, en estos momentos, gran parte de los experimentos que se llevan a cabo, exigen cientos de millones de euros e inversiones prolongadas de 10 ó 15 años que, son inabordables sin la colaboración de la comunidad internacional. La unión de esfuerzos entre Estados es cada vez más necesaria para afrontar con garantías el crecimiento socioeconómico que requiere cualquier sociedad moderna.

Según asegura, el presidente de la Real Sociedad Europea de Física, el profesor Martin Huber, “si los países europeos trabajan por un mismo objetivo se lograrán avances realmente espectaculares y se conseguirá liderar el desarrollo científico a nivel mundial, tal y como ya ocurre en algunos campos de la investigación espacial o con el Observatorio Europeo, que cuenta con el telescopio más grande del mundo. A lo que añade, “actualmente son muchos los sectores que abogan por una sociedad europea del conocimiento, conscientes de las dimensiones de la ciencia en nuestros días y de la importancia de la investigación científica para el desarrollo de Europa”.



Confinamiento del plasma en un experimento de fusión nuclear

BIODATOS

Profesor Eric Cornell. Nobel de Física de 2001



Físico estadounidense nacido en California en 1961. Después de licenciarse en Física por la Universidad de Stanford, ingresó en el laboratorio de Astrofísica de la Universidad de Colorado dedicándose a investigar en este

campo. Además de ejercer la docencia en esta misma universidad, se dedicó a la investigación de la condensación de Bose-Einstein, un nuevo estado de la materia predicho en 1924 por el científico hindú S. N. Bose y por Albert Einstein, pero que permanecía sin comprobación empírica. La demostración de esta teoría le valió el premio Nobel de Física en 2001 junto a Carl Wierman.

Profesor Martinus Veltman. Nobel de Física de 1999



Físico holandés nacido en Ámsterdam en 1931. Cursó estudios de matemáticas aplicadas a la física en la Universidad de Ámsterdam. A principios de los años setenta desarrolló un instrumento informático que fue la prime-

ra herramienta capaz de realizar cálculos abstractos y desarrolló un programa para la generación de gráficos por ordenador. Posteriormente en 1985 se afincó en Madrid y trabajó durante 10 años en el departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Madrid. Recibió el premio Nobel en 1999 por sus experimentos en la estructura del átomo, que junto a Veltman y T'Hoft completaron una teoría coherente de las radiaciones, permitiendo una descripción correcta de las interacciones nucleares fuertes.

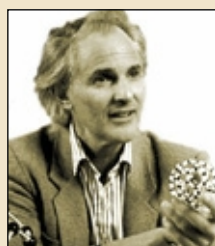
Prof. Claude Cohen-Tannoudji. Nobel de Física de 1997



Físico francés de origen argelino (Constantina 1933), educado en el prestigioso École Normale Supérieure de París, gracias a su brillante historial académico, culminó su doctorado en Ciencias Físicas en 1962. Tras gra-

duarse compatibilizó la docencia en diversas universidades parisinas con su trabajo como investigador en el Departamento de Física del École Normale Supérieure. Compartió el premio Nobel de Física del año 1997 con Steven Chu y Guillermo D. Phillips por el desarrollo de métodos para enfriar y atrapar átomos con luz de láser a fin de facilitar su observación y análisis.

Profesor Harold W. Kroto. Nobel de Química de 1996



Nacido en Wisbech, Inglaterra, en 1939, obtuvo su licenciatura en Química en 1961 y el doctorado en 1964, ambos por la Universidad de Sheffield. Tras tres años de investigación posdoctoral en Canadá y EE.UU., se incor-

poró a la Universidad de Sussex, donde fue nombrado catedrático en 1985. En 1991 le fue concedido el cargo de investigador de la Sociedad Real de Química. Fue galardonado con el premio Nobel de Química en 1996 por su descubrimiento de nuevos arreglos moleculares del carbono (carbono 60) nunca antes observados y que tienen una forma similar a la de un balón de fútbol o un domo geodésico.

Richard R. Ernest. Nobel de Química de 1991



Nació en Suiza en 1933, y comenzó a mostrar interés por la química cuando tenía la temprana edad de 13 años, al descubrir un armario repleto de productos químicos en el desván de la casa de un familiar. Después de doc-

torarse abandonó la universidad por estar en desacuerdo con la docencia química de la época, que proponía la técnica de memorizar un sinfín de datos sin lógica, por un trabajo en la industria en la que experimentó con espectrómetros de RMN. Richard Ernest, junto a Hans Primas, formaron un "tandem" poderoso en todo lo que se refiere al desarrollo de soportes teóricos en experimentos de RMN y al diseño de equipos de RMN, estudios que le valieron el premio Nobel de Química en el año 1991.

Profesor Jean-Marie Lehn. Nobel de Química de 1987



Nació en Rosheim, Francia, en 1939. Comenzó estudios en Humanidades y lenguas clásicas como latín o griego, y se graduó en Ciencias Químicas en 1960. Fue profesor de la Universidad Louis Pasteur de Estrasburgo y de Química Molecular en el Colegio de Francia (París). Ha

realizado importantes investigaciones en el campo de la síntesis orgánica, en especial sobre la preparación y el comportamiento de macromoléculas cíclicas (moléculas huecas) con estructuras parecidas a la de las zonas activas de las enzimas. Compartió con Cram y Pedersen el premio Nobel de Química de 1987.

El espacio: una constante en la investigación científica

Álvaro Giménez

*Jefe del Departamento de Investigación y Desarrollo Científico
de la Agencia Espacial Europea*

Cuando hablamos del espacio, nos vienen a la cabeza vuelos de astronautas, mundos nuevos e, incluso, novelas de ficción científica. El espacio es una realidad que está ahí y que nos intriga; pero, realmente, ¿qué es?, ¿cuáles son los retos de la investigación espacial actualmente?



A rededor de la Tierra tenemos una capa gaseosa, que llamamos atmósfera, y que se extiende hasta varios cientos de kilómetros de su superficie. La mayor parte de los gases se encuentran dentro de unos pocos kilómetros y en esta parte interna, la troposfera, es en la que se desarrolla nuestra vida. Sobre ella hay una capa de aire mucho más tenue, la estratosfera, que llega hasta unos 40 kilómetros. Mas allá se extienden regiones aún menos densas de átomos y partículas afectadas por campos magnéticos, la ionosfera, donde se producen las auroras polares. A partir de aquí se suele hablar del espacio exterior o, simplemente, del espacio.

Y ¿por qué queremos ir al espacio? Las razones se pueden reducir, en términos muy generales, a tres: la exploración, la investigación y las aplicaciones. Vamos a ver a dónde nos ha llevado cada una de ellas, especialmente la relacionada con la investigación científica.

La exploración

La exploración del espacio responde a la inquietud del hombre por descubrir cosas nuevas, por satisfacer su curiosidad. Durante siglos se ha recorrido la Tierra de cabo a rabo, bajando a las simas más profundas, subiendo a las montañas más altas, navegando por todos los océanos y entrando en selvas vírgenes. El espacio parecía inalcanzable pero siempre se mantuvo entre los sueños para el futuro. Primero se accedió a la estratosfera mediante globos que permitieron el estudio de la alta atmósfera y la radiación cósmica que no puede atravesar sus capas más densas. Estos esfuerzos se iniciaron en la primera mitad del siglo XX con los vuelos de Auguste Piccard. Luego fueron los cohetes de sondeo que, con experimentos de pocos minutos, permitieron ex-

plorar la ionosfera e incluso detectar algunas fuentes celestes en regiones del espectro electromagnético inaccesibles desde alturas menores. Estos estudios tuvieron lugar poco después de la Segunda Guerra Mundial. Finalmente, se pusieron en



La sonda europea Huygens atraviesa la atmósfera y se posa en la superficie del satélite de Saturno, Titán.

órbita alrededor de la Tierra los primeros satélites artificiales. El lanzamiento del Sputnik en 1957 marcó el inicio de una verdadera era espacial. En pocas décadas las primeras sondas espaciales empezarían a llegar a distintos planetas y regiones de nuestro sistema solar.

Queremos explorar, sentirnos fuera de nuestro entorno natural en la Tierra, ver lo que hay más allá del

“El espacio es hoy en día uno de los mejores lugares para llevar a cabo experimentos y observaciones que rompan las barreras del conocimiento científico”

horizonte, simplemente porque está allí. La exploración del espacio nos ha llevado a conocer cómo es el entorno de la Tierra. Hasta tal punto que no sólo se han enviado fuera de la atmósfera instrumentos más o menos sofisticados sino también astronautas capaces de transmitirnos las sensaciones y experien-

cias de flotar sin el efecto de la gravedad o poder disfrutar de más de una docena de amaneceres por día. Entre otras cosas se ha podido conocer que el espacio es un ambiente hostil, con partículas muy energéticas y temperaturas muy bajas.

Los astronautas tienen que tomar grandes precauciones en sus vuelos espaciales, especialmente cuando realizan trabajos fuera de las naves que les protegen.

El hombre ha llegado también a la Luna, pero no más allá. Sin embargo, naves robotizadas, o sondas espaciales, han permitido explorar muchos planetas del sistema solar y sus satélites así como cometas y asteroides. En algunos casos se han tomado solamente imágenes a cierta distancia,

en otros se han medido las atmósferas de esos mundos y en unos pocos se han conseguido tomar datos e imágenes en la propia superficie. Como resultado nos hemos podido hacer una idea bastante buena de las características de nuestros vecinos en el sistema solar y comprobar las grandes diferencias existentes con la Tierra en temperatura, atmósfera, composición química, evolución geológica, actividad volcánica, etcétera. Particularmente interesante para la exploración resulta ser Marte, al que actualmente se dirigen tres sondas espaciales, una de ellas europea. La similitud del planeta rojo con nuestro mundo lo hace más atractivo que otros lugares. Las naves que viajan hacia él, pondrán instrumentos en la superficie del planeta que harán posible el estudio de la existencia de agua en el pasado y su evolución, incluso la medida de posibles trazas de vida, tanto pasada como latente. Otra nave, Cassini con la sonda europea Huygens a bordo, está ahora aproximándose a Saturno y dejará caer sobre el satélite Titán la sonda que analizará su

atmósfera y aterrizará en su superficie. La atmósfera de Titán creemos que es una magnífica fuente de información acerca de cómo era la de nuestro propio planeta antes de que apareciera la vida en él. Por otro lado, una sonda lanzada en 1977 para investigar los planetas Júpiter y Saturno, la Voyager 1, se encuentra actualmente en los confines del sistema solar; a más de 13.000 millones de kilómetros de nosotros. Es el lugar más lejano al que ha llegado un ingenio humano.

Un aspecto importante de la exploración es su conexión directa con la investigación científica. No sólo queremos saber cómo son las cosas sino también por qué son así y qué representan para la historia misma de la Humanidad, del Sistema Solar y del Universo. El espacio es hoy en día uno de los mejores lugares para llevar a cabo experimentos y observaciones que rompan las barreras del conocimiento científico y esto nos lleva a la segunda de las motivaciones de la aventura espacial.

La investigación científica

Tan pronto como se tuvo acceso al espacio, fuera de la atmósfera terrestre, los científicos identificaron rápidamente las ventajas para realizar nuevas investigaciones. Colocando telescopios e instrumentos diversos en órbita se podía responder mejor a preguntas fundamentales de la Ciencia. Era posible realizar medidas directas del plasma alrededor de nuestro planeta, llevar a cabo experimentos en condiciones de microgravedad, o realizar observaciones de objetos lejanos sin la perturbación de la atmósfera, incluso se podía estudiar nuestro propio planeta de forma global, sin problemas de

acceso. En otras palabras, con satélites en órbita alrededor de la Tierra podemos estudiar las características del espacio exterior, realizar observaciones hacia abajo (observación de la Tierra) o hacia arriba (astrono-



El telescopio espacial Hubble (HST) en órbita alrededor de la Tierra.

mía). Además, con el desarrollo de sondas navegando por el sistema solar, podemos medir las condiciones del espacio en otras regiones, el espacio profundo, y analizar planetas y otros cuerpos menores.

El primer motivo para hacer astronomía desde el espacio resulta obvio, escapar de la absorción de la atmósfera terrestre. Debido a la existencia de esta capa gaseosa, so-

"Marte resulta especialmente interesante para la exploración. La similitud del planeta rojo con nuestro mundo lo hace más atractivo que otros lugares"

lamente alcanza la superficie una parte muy pequeña de la radiación electromagnética procedente del Universo. Todos los fotones de alta energía son absorbidos, a excepción de algunos rayos gamma de muy al-

ta energía que pueden ser detectados a través de las partículas secundarias que generan al interactuar con partículas de la atmósfera. Existe una "ventana" para los fotones ópticos pero para energías más bajas

nuevamente encontramos gran absorción atmosférica en el infrarrojo. El rango de ondas radio vuelve a ser transparente hasta las longitudes de onda más largas a las que la ionosfera impide la transmisión de la información. Lógicamente, la astronomía clásica se centró en la observación óptica y, posteriormente, con el avance de la tecnología en la segunda mitad del siglo XX, en las ondas radio. La luz visible a la que son sensibles los ojos de los seres humanos, representa sólo una pequeña porción del espectro electromagnético de la radiación que emiten los

cuerpos celestes.

No cabía esperar que todo el Universo decidiera emitir la mayor parte de su radiación en el rango determinado por la fisiología ocular de unos pequeños habitantes de un planeta, entre los del sistema de una estrella fría y vulgar, en una esquina de una galaxia poco espectacular. Sí era de esperar, sin embargo, que esos habitantes adapten sus ojos a la visión en el rango espectral en el que su estrella dominante, el Sol, emite con mayor intensidad y a la que la atmósfera del planeta en que viven es casi transparente. Los objetos más brillantes, más masivos y más energéticos del Universo, así como los más fríos, emiten su luz mayoritariamente en colores que no pasan a través de la atmósfera. Desde los años sesenta se han lanzado al espacio telescopios dedicados a realizar observaciones en todos los rangos de energía posibles, con los que la Humanidad ha conseguido obtener

una visión mucho más completa del Universo en que vivimos.

Una vez ampliado el campo de la astronomía a todas las longitudes de onda del espectro electromagnético se descubrieron facetas insospechadas del Universo, como su comportamiento violento, nuevos mecanismos físicos para producir radiación o la existencia de agua y moléculas complejas en muchos lugares. Entonces se pensó en utilizar otras ventajas de colocar telescopios en el espacio. Las estrellas y galaxias se pueden ver con más nitidez y resolución, de forma continua, sin esperar a la noche, y en todo el cielo, no sólo la parte correspondiente a nuestro propio hemisferio. El último reto consiste en realizar medidas interferométricas, con base muy amplia, que produzcan imágenes del cielo con una resolución espacial sin precedentes, llegando a observar planetas alrededor de otras estrellas.

Las sondas espaciales, por otro lado, han permitido la realización de experimentos en la superficie misma de otros cuerpos de nuestro sistema solar, incluso traer muestras en el caso de la Luna. Multitud de medidas en planetas, satélites, asteroides y cometas nos han permitido comprender mucho de la historia del sistema solar y, por tanto, de la propia formación de nuestro planeta y de la aparición de la vida. La investigación sin embargo continúa; queda mucho por hacer.

Por supuesto la investigación científica intenta dar respuesta a preguntas fundamentales para el conocimiento; pero también abre la posibilidad de desarrollar instrumentos con utilidades más prácticas. Esto nos lleva a la tercera de las razones para ir al espacio, queremos

ver cuáles con las posibles aplicaciones de la tecnología espacial para mejorar la vida de las personas en la Tierra.

“La Estación Espacial Internacional, visitada recientemente por Pedro Duque, es un claro ejemplo de laboratorio donde se realizan experimentos prácticos para mejorar la vida en la Tierra: estudio de materiales, nuevos chips electrónicos, etc”

Las aplicaciones

Ya he mencionado dos áreas de la investigación científica en el espacio con claras repercusiones prácticas. La primera es la experimentación en microgravedad. La Estación Espacial Internacional actualmente en órbita, y recientemente visitada por el astronauta español Pedro Duque, es un claro ejemplo de laboratorio donde se



Desde el espacio podemos ver el cielo con imágenes de mejor calidad que las obtenidas desde tierra, como ésta del HST en la región de un cúmulo de estrellas de una galaxia vecina.

pueden llevar a cabo experiencias en condiciones únicas, por ejemplo para el crecimiento de cristales o el comportamiento de bacterias e insectos. Esta investigación está más dirigida hacia objetivos prácticos,

más que a la mera satisfacción de la curiosidad, y tiene importantes repercusiones en el estudio de materiales, nuevos chips electrónicos, la dinámica de los fluidos, o aspectos clave de la química, la biología y la medicina.

La segunda actividad es la observación de la Tierra. Los satélites meteorológicos son parte de nuestra vida cotidiana por su aportación a las predicciones del tiempo pero otros satélites se dedican también al estudio de la superficie, los océanos y los hielos. Así podemos obtener mapas precisos de lugares remotos, analizar variaciones, estudiar cambios de temperaturas en el mar, los efectos y causas del cambio climático global o el impacto de terremotos, inundaciones e incendios forestales. También podemos seguir con detalle el uso que los hombres hacen del suelo, la desaparición de bosques y selvas, los fenómenos de desertificación, la explotación de acuíferos o las mareas negras producidas por el accidente de grandes

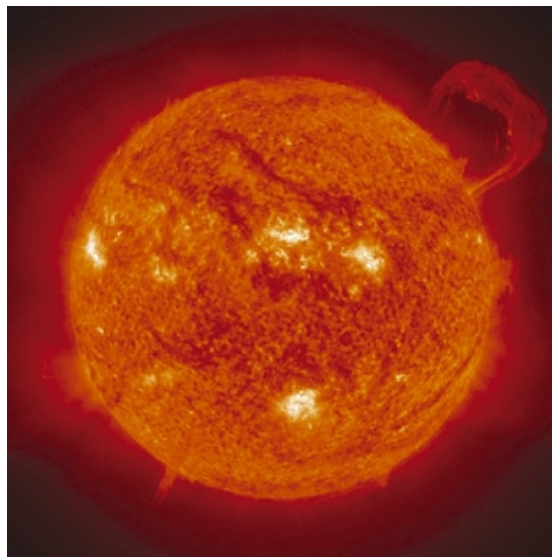
petroleros. En otras palabras, desde el espacio podemos controlar el uso y la salud de nuestro planeta para asegurar su futuro.

Otra actividad espacial, claramente en el campo de las aplicaciones, es el mundo de las comunicaciones. La televisión directa, la distribución de información de una zona a otra del planeta, o las redes telefónicas dependen hoy día completamente de satélites en órbita alrededor de la Tierra. En este caso

se trata de satélites geoestacionarios que se colocan a una distancia tal que giran a la vez que rota la Tierra y, por tanto, se observan siempre en el mismo punto del cielo. Esta órbita se encuentra a

36.000 kilómetros y permite que, por ejemplo, las antenas parabólicas de televisión por satélite no tengan que estar moviéndose todo el tiempo. Finalmente, quisiera recordar otro campo de grandes avances recientes: la navegación por satélite. Mediante una red de satélites, podemos saber con precisión nuestras coordenadas en la superficie del planeta en cualquier momento y esto tiene múltiples aplicaciones para el tráfico aéreo, el transporte de mercancías o los sistemas personalizados de ayuda a la conducción.

truyen y operan mediante la cooperación entre varios países y los datos



El Sol muestra su actividad en esta imagen del satélite SOHO.

Espacio y Sociedad

Hay una serie de actividades importantes para la sociedad en general que son desarrolladas junto con

“La exploración del espacio también permite satisfacer nuestra curiosidad sobre los misterios del Universo, y controlar el uso y la salud de nuestro planeta”

la investigación espacial y que me parece conveniente recordar. En primer lugar, la actividad espacial proporciona una fuente de inspiración a través de la cual, la sociedad aprecia un sentido del futuro colectivo, planetario, y reconoce la investigación científica y tecnológica como una inversión en ese futuro.

En segundo lugar, se promueve la cooperación internacional y la correspondiente puesta en común de conocimientos y tecnologías. Los científicos han sido líderes en el avance de esta cooperación ya que las misiones espaciales de propósito científico son por su naturaleza de carácter internacional. Las misiones se diseñan, cons-

obtenidos se ponen a disposición de todos los científicos del mundo.

En tercer lugar no debemos olvidar la enseñanza como otra de las tareas básicas en las que la investigación espacial hace aportaciones valiosas. Si la educación en una sociedad avanzada implica la comprensión de la Ciencia y su funcionamiento, la atracción por desvelar los misterios del Universo facilita el acceso a los estudiantes para la promoción del interés por la Ciencia y



Nuestro planeta, la Tierra, visto desde el espacio.

la Tecnología. A niveles más especializados, los jóvenes científicos re-

ciben con la investigación espacial un importante entrenamiento en el desarrollo de instrumentos y aprenden cómo afrontar los problemas a través de la ingeniería de sistemas, con una metodología y un espíritu orientados al éxito de la misión.

Finalmente, se encuentra el crecimiento económico e industrial mediante la tecnología espacial. La investigación empuja el desarrollo tecnológico en áreas muy diversas, a veces impredecibles, con implicaciones beneficiosas en nuestra vida normal. Además, el espacio juega un papel en la competitividad

económica al proporcionar un campo para la competición pacífica entre países, fomentando la innovación y un mayor rendimiento científico y tecnológico. La componente tecnológica y el desarrollo de grandes proyectos, inherente a los programas espaciales, requieren la gestión de recursos económicos más amplios que los habituales en la investigación científica y la entrada en liza del sector industrial. Este aspecto hace imprescindible disponer de personal y capacidades nuevas, inusuales en el mundo científico. La investigación espacial representa una de las mejores puestas en práctica de la interacción entre científicos e ingenieros con un objetivo común. Esta cooperación es fundamental para el entendimiento entre el desarrollo científico y el tecnológico. En la investigación espacial hay que invertir, insertar y transferir tecnología. La investigación espacial es, por tanto, el paradigma de la cooperación entre ciencia y tecnología, produciendo tanto transferencias al sector productivo como aplicaciones diversas. ■

Ministerio de Ciencia y Tecnología

Entrevista a Pedro Morenés

Secretario de Estado de Política Científica y Tecnológica



“Uno de los objetivos prioritarios es aumentar el número de plazas en investigación y desarrollo”

Tras ocupar diversos cargos de responsabilidad en el Ministerio de Defensa y en el Ministerio del Interior, Pedro Morenés está actualmente al frente de la Secretaría de Estado de Política Científica y Tecnológica del Ministerio de Ciencia y Tecnología. En esta entrevista, nos comenta las líneas básicas del nuevo Plan Nacional de Investigación, Desarrollo e Innovación Tecnológica (2004-2007) que se acaba de aprobar recientemente.

¿Cuál es la salud del trinomio investigación + tecnología + empresa en España?

Según los últimos datos oficiales, el gasto dedicado en España a Investigación Científica, Desarrollo e Innovación Tecnológica (I+D+I) durante 2001 fue del 0'96% del Producto Interior Bruto, un porcentaje que representa el mayor esfuerzo que la sociedad española haya realizado nunca con relación a su nivel de riqueza. Pero, a pesar de ello, seguimos por detrás de la Unión Europea, que tiene un gasto medio de 1,93%.

Estos resultados evidencian la apuesta del Gobierno por la política de I+D+I como vector de crecimiento de la economía nacional. A este respecto hay que constatar el incremento de la financiación pública en España, que ha contribuido a aumentar la presencia de la investigación española en el contexto internacional y el crecimiento del sistema público en nuestro país (las cifras evidencian que las universidades son la principal fuente de recursos humanos para la investigación).

De esta forma se puede afirmar que España ha experimentado una espectacular subida en su producción científica en los últimos 25 años aunque se debe continuar en esta línea ascendente. Si atendemos a la cantidad de artículos científicos por habitante, nos situamos en el duodécimo puesto del Grupo 17 (formado por los 15 países de la Unión Europea, Estados Unidos y Japón); si tomamos como indicador la calidad de los artículos por el número de citaciones que reciben en el ámbito internacional, España ocupa el decimocuarto lugar; y si tenemos en cuenta el número de artículos por total de personas que realizan actividad investigadora, España ocupa el segundo puesto del grupo. Estos datos ponen de manifiesto que los investigadores españoles son muy productivos, pero

que son todavía pocos, con escaso apoyo de personal técnico y con la necesidad de seguir incrementando el índice de impacto de sus publicaciones.

¿Y qué debilidades se han detectado en el sistema tras la aplicación del Plan Nacional de I+D+I que finaliza este año?

El Plan Nacional es un instrumento esencial de apoyo y fomento de la investigación científica y técnica. Las actividades desarrolladas en este marco han permitido incrementar, de forma general, el nivel de la ciencia y de la tecnología españolas, tanto en tamaño como en calidad, y están contribuyendo a mantener, e incluso elevar, la competitividad empresarial y su carácter innovador.

Sin embargo, existe todavía un déficit en el aprovechamiento que

“El gasto dedicado a I+D+I ha crecido significativamente en España, pero seguimos por detrás de la Unión Europea”

las empresas y la sociedad en su conjunto hacen de los resultados de la investigación. Desgraciadamente, los esfuerzos realizados hasta el momento no han conseguido fortalecer suficientemente el proceso de internacionalización de la ciencia y de la tecnología españolas, aunque, sin lugar a dudas, se va consiguiendo avanzar paulatinamente.

Por otra parte, el grado de armonización en contenidos y criterios entre el Plan Nacional de I+D+I, y los planes y programas de las CCAA y otros organismos internacionales es insuficiente y debe mejorar. Al igual que también se han detectado insuficiencias en la relación e integración de las acciones de carácter horizontal (potenciación de recursos humanos, apoyo a la innovación,

cooperación internacional y transferencia y difusión de los resultados) con las áreas científico-tecnológicas existentes.

Los programas encaminados a fomentar la ciencia y tecnología en las empresas por medio de incentivos fiscales también tienen escaso impacto. A pesar de la existencia de importantes ayudas para el esfuerzo innovador de las empresas, éstas se circunscriben mayormente a los procesos de incorporación de nuevas tecnologías ya existentes en los procesos industriales y de negocios, y, en menor medida, al proceso de generación o creación de nuevas tecnologías, que debería ser la esencia nuclear del proceso de I+D+I e imprescindible para la reducción de la dependencia tecnológica del país.

¿Cuáles son las directrices básicas del nuevo Plan Nacional de I+D+I (2004-2007) que se acaba de aprobar?

Como objetivos últimos del nuevo Plan Nacional, hay tres principios generales que orientan la política científica y tecnológica en España: estar al servicio del ciudadano y mejorar el bienestar social, contribuir a la generación del conocimiento y contribuir a la mejora de la competitividad empresarial. A esto habría que añadir la salvedad de hacerlo favoreciendo al mismo tiempo una mayor convergencia en I+D+I con la UE y fortaleciendo la colaboración con las comunidades autónomas.

Destacados científicos del panorama internacional y la comunidad de Físicos en general se quejan del poco apoyo que recibe la investigación básica, no sólo en España, sino en toda Europa

La investigación de carácter básico es un elemento fundamental de un sistema moderno de Ciencia-Tecnología-Empresa. El progreso en muchas áreas, impensable hace algunos años, se ha debido, en

gran medida, al esfuerzo continuado de investigadores que, han actuado sin una orientación definida, y que han logrado un conocimiento de enorme utilidad poco tiempo después.

Esta interacción entre la investigación básica y la generación de nuevos productos, procesos o servicios, ha sido cada vez más estrecha en un número creciente de sectores empresariales cuya dependencia de un mejor conocimiento del mundo físico, de los seres vivos, del hombre y de la sociedad es la base para la formulación de actuaciones de investigación aplicada que conduzcan a nuevos productos, procesos o servicios.

El apoyo, por tanto, a la investigación básica, tanto orientada a determinadas prioridades como la no orientada, es consustancial con el Plan Nacional y tiene un reflejo en su estructura, en sus programas nacionales y en los recursos puestos a su disposición, incrementando su peso y apoyando la diseminación de sus resultados.

Por ello, uno de los objetivos estratégicos del Plan Nacional es apoyar el desarrollo de la investigación no orientada como mecanismo para la generación de conocimiento. El esfuerzo presupuestario destinado a la financiación de proyectos de investigación para 2004 representa un incremento aproximado, respecto del año anterior, del 10%.

En su primera comparecencia, el nuevo Ministro abordó la situación de los becarios dedicados a la investigación en nuestro país. La incertidumbre en el desarrollo de las carreras científicas unida a la caída de vocaciones que se detecta, ¿puede suponer un factor de riesgo importante para nuestro desarrollo tecnológico?

Los recursos humanos en investigación científica, desarrollo e innovación tecnológica, son la piedra

angular del Sistema CTE de cualquier país, por lo que se han convertido en una de las principales prioridades en la estrategia de los poderes públicos. Los esfuerzos se han dirigido, y deben seguir orientándose, tanto a aumentar el número

“A pesar de la existencia de importantes ayudas para la innovación en la empresa, nuestro tejido empresarial está principalmente interesado en incorporar tecnologías ya existentes y, no tanto, en generar otras nuevas”

de los efectivos disponibles como a mejorar su calidad, ya sea en los centros públicos como en el tejido empresarial.

Partiendo de esta premisa, en los últimos años se han realizado intensos esfuerzos para incrementar el número de investigadores y de personal de apoyo en el sector público, así como favorecer y apoyar la contratación de doctores y tecnólogos en empresas para la realización de tareas de investigación científica e innovación tecnológica. Pese a ello, España sigue estando por debajo de los valores medios de la Unión Europea, por lo que es necesario mantener y reforzar las medidas iniciadas en el Plan Nacional de I+D+I 2000-2003.

“La falta de interés de una gran mayoría de medios de comunicación por la ciencia es uno de los grandes problemas en la actualidad”

Especial atención debe prestarse a la formación de investigadores que realizan su tesis doctoral, a los que se les debe dotar de las condiciones necesarias y suficientes para una formación adaptada a la carrera

científica posterior, así como contemplar el perfeccionamiento postdoctoral que les proporcione una mayor especialización en su línea de investigación.

Para ello debe planificarse una carrera atractiva en I+D+I, que prevea la formación predoctoral, un sistema de contratos postdoctorales adecuadamente remunerados y convocados regularmente, así como un sistema de contratos pre-permanentes en los centros públicos de I+D. Una oferta que debe añadirse a la ya existente.

El desarrollo del Estatuto del Becario es una muestra más de la preocupación de los poderes públicos por la política de recursos humanos en I+D+I, que intenta establecer el régimen jurídico de los becarios de investigación y su relación con las entidades becantes, velando, fundamentalmente, por los derechos del becario. El objetivo prioritario es crear un ambiente favorable en torno a la investigación que suponga un atractivo para los jóvenes universitarios, de tal forma que se asegure el reemplazo generacional en materia de ciencia y tecnología.

Con medidas como esta, consensuada por los agentes implicados, y con iniciativas como los Programas Ramón y Cajal y Torres Quevedo, por ejemplo, que se desarrollan dentro del Programa Nacional de Potenciación de Recursos Humanos del Plan Nacional, estamos consiguiendo incrementar tanto la calidad como la cantidad de recursos humanos existentes en el Sistema, por lo que en estos momentos no supone un gran problema que pueda limitar, a corto plazo, la capacidad científica y tecnológica de España.

El Colegio de Físicos coincide con el Ministerio en la necesidad de un sistema educativo que garantice la formación integral de todos los alumnos para evitar el déficit de

cultura científico-tecnológica en nuestra sociedad. ¿Nos puede adelantar las líneas de actuación que el Ministerio está diseñando en este sentido?

La vida cotidiana nos envuelve de nuevos productos con un alto componente científico y/o tecnológico que no se ve acompañado de una cultura que facilite la percepción real de su verdadero valor. Por ello, el nuevo Plan Nacional pretende potenciar la formación integral de la sociedad en ciencia y tecnología a través del Programa Nacional de Fomento de la Cultura Científica y Tecnológica, cuyos objetivos residen en mejorar el conocimiento social de la ciencia y la tecnología, e incrementar la valoración que las actividades científico-tecnológicas deben tener como instrumentos de avance en una sociedad moderna.

De entre las prioridades temáticas identificadas en dicho programa se encuentra la formación en ciencia y tecnología, una de cuyas líneas de actuación es el fomento de las actividades de formación del profesorado y de la población estudiantil en la cultura científica y tecnológica.

¿Qué tipo de acciones se van a desarrollar para difundir y fomentar la cultura científico-técnica?

Con carácter general, el Programa apoyará los diversos campos de actuación disponibles para difundir y fomentar la ciencia. Tales como cursos, seminarios, concursos, talleres didácticos, conferencias, formación de divulgadores, jorna-

das sobre comunicación científica, celebración de eventos relacionados con la ciencia y la tecnología o actividades de animación (días de ciencia en la calle, ferias de la ciencia, días de la astronomía, la medicina, etc), estímulo a las asociaciones de amigos, gestión de mediatecas científicas, visitas guiadas a centros de investigación y tecnología, encuentros con científicos y tecnólogos, edición de publicaciones de divulgación y productos para Internet, pro-



ducción de programas de planetario y exposiciones, etc.

Parece que los medios de comunicación no otorgan la importancia que merecen los temas científicos.

La falta de interés objetivo de una gran mayoría de medios de comunicación social sobre la ciencia y la tecnología es uno de los principales problemas existentes en la actualidad.

Además, se han encontrado dificultades específicas en divulgadores y periodistas científicos a la hora de llevar a cabo su labor. Las dificultades para un correcto aprovechamiento de las capacidades de este colectivo son muy diversas, como la falta de mecanismos de formación estructurada para estos profesionales, o la carencia de una tradición de información científico-técnica en los medios de comunicación.

El Colegio de Físicos está desarrollando una red de portales temáticos sobre física y sociedad como referencia de la actividad de la Física en España y dirigido principalmente a periodistas y educadores, ¿qué le parece el proyecto?

Como ya he comentado con anterioridad, la creación de nuevas estructuras de difusión y divulgación científica y tecnológica, entre las que se encuentran los portales temáticos, es una de las prioridades contempladas en el Programa de fomento de la cultura científica y tecnológica, por lo que todas las iniciativas conducentes al desarrollo de nuevos canales de comunicación y a la potenciación de los existentes

deben ser acogidas con agrado y satisfacción.

Estas acciones específicas deberán orientarse preferentemente hacia la consolidación de la actividad informativa, así como a la creación de recursos y servicios destinados a facilitar dicha labor.

Una de las líneas de actuación recogidas en este nuevo Plan Nacional se refiere al apoyo a la creación de mediatecas de acceso

público. El objetivo se centrará en la creación de una red de mediatecas del territorio nacional, que permitirá un mejor aprovechamiento de las inversiones y de la gestión de los derechos de uso. Por otra parte, se fomentará la distribución de material en el ámbito de la enseñanza, la incorporación a la red (con la colaboración de Red Iris, a través del portal Tecnociencia), y la proyección en iniciativas de participación ciudadana.

Además, el Programa contempla de forma explícita el apoyo al Portal Tecnociencia, que constituye una plataforma al servicio de Sistema de Ciencia-Tecnología-Empresa. Su concepción como un espacio de información y encuentro entre sus agentes pretende favorecer la colaboración y el contacto estable entre los generadores de conocimiento y el mundo económico-empresarial.

¿Qué capacidad tecnológica e innovadora tiene la empresa española? ¿La labor de investigación en España puede dar respuesta a sus necesidades?

Toda actividad de I+D+I requiere fuertes inversiones, estables en el tiempo. El tamaño de la empresa tipo en España y la escasa cultura de la innovación existente en el tejido empresarial conforman las dos grandes dificultades que actualmente tiene el sistema de innovación español. Sin embargo, los últimos datos disponibles, que se refieren al año 2000, revelan que el gasto porcentual del PIB ha aumentado respecto a 1998. Durante 2000 el porcentaje de la cifra de negocios que las empresas industriales atribuyeron al desarrollo de productos nuevos o tecnológicamente mejorados alcanzó el 24,1%, y llegó al 12,4% en las empresas de servicios de telecomunicaciones.

En esta línea y partiendo de la premisa de que es fundamental que

las empresas investiguen e innoven, el Plan Nacional 2004-2007 contempla en el Programa Nacional de Apoyo a la competitividad empresarial, acciones encaminadas a la creación y fomento de nuevas empresas de base tecnológica, que incluirán actuaciones de capital riesgo, el apoyo a la creación y funcionamiento de unidades de interfaz, que deberán contemplar ayudas para la incorporación de recursos humanos cualificados, la homologación y certificación de las actividades de I+D+I de las empresas, y la gestión de las patentes, el apoyo a la industrialización de prototipos tras los correspondientes procesos previos de I+D, la creación de unidades de I+D+I en el sistema privado y la creación de la cultura de la innovación.

El Plan Nacional pretende, además, consolidar un sistema de be-

“España participa cada vez de manera más activa en grandes programas internacionales de colaboración científica, tanto de la UE como de Iberoamérica”

neficios fiscales a la inversión en I+D+I que consiga movilizar el capital privado y anime a emprender nuevas iniciativas inversoras.

Para finalizar, ¿qué papel tiene España en el concierto europeo? ¿Ocupamos el lugar que nos corresponde en lo que se refiere a investigación y desarrollo?

Desde la promulgación de la Ley de la Ciencia (tras un periodo de atonía y falta de estímulos), el Sistema español de Ciencia-Tecnología-Empresa ha experimentado una profunda transformación basada, fundamentalmente, en un aumento creciente de las inversiones en investigación e innovación, en la mejora de la gestión de los re-

ursos económicos y humanos y en la articulación del propio Sistema, dentro de un convencimiento paulatino de nuestra sociedad en la importancia de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación como base para un crecimiento sostenible.

Esta evolución positiva ha permitido que el nivel científico-tecnológico español dé un salto cualitativo y cuantitativo en el panorama internacional, aunque los resultados obtenidos en los indicadores aceptados internacionalmente distan aún mucho de la posición que un país como España debe tener.

El aumento de la financiación, junto con la mejora de la gestión y de la coordinación, deben ser las claves del éxito que impulsen definitivamente el desarrollo del Sistema español de Ciencia-Tecnología-Empresa.

Por lo que se refiere al panorama internacional, España participa cada vez de manera más activa en grandes programas internacionales de colaboración científica y tecnológica, tales como el Programa Marco de I+D de la UE, las iniciativas COST y Eureka o la Agencia Europea del Espacio. Asimismo, nuestro país está crecientemente implicado en acciones de ciencia y tecnología para el desarrollo e impulsa y lidera el mayor programa de cooperación científica y tecnológica con Iberoamérica, el programa CYTED.

En este sentido, el Plan Nacional de I+D+I deberá convertirse en un instrumento de primer orden para contribuir, junto con los demás países de la Unión Europea, a la realización del Espacio Europeo de Investigación e Innovación y habrá de aprovechar, asimismo, las oportunidades ofrecidas por este proyecto de integración y coordinación europeo para reforzar nuestro Sistema de Ciencia-Tecnología-Empresa. ■

La ciencia y el ocio

Más de 50 millones de personas han visitado alguno de los museos de ciencias que hay repartidos por toda Europa. Los museos han dejado de ser un lugar estático donde se conservan partes de historia o se exponen objetos de colección, para convertirse en promotores y divulgadores del conocimiento. Una oferta para todos los públicos que compagina ocio y cultura, diversión y ciencia.



Diversión, juego, información, educación...

Los museos son hoy en día centros activos del conocimiento que intentan transmitir la cultura científica entre un amplio universo de personas de la forma más amena y atractiva posible. No importa la edad, ni el nivel cultural del visitante, lo único que importa es su capacidad para dejarse sorprender y el interés por conocer, un poco mejor, el mundo que nos rodea y el por qué de las cosas.

Para ello, los museos de ciencias se valen de las técnicas más sofisticadas, los recursos audiovisuales más avanzados, así como de los diseños del espacio más atractivos. Todo en aras de llamar la atención de los visitantes, estimular su curiosidad y despertar el interés por la ciencia.

En este reportaje, los directores de los tres grandes museos de ciencias que hay en España: la Casa de las Ciencias de la Coruña, el Museo de las Ciencias Príncipe de Asturias de Valencia y el Museo de la Ciencia de Barcelona (todavía en construcción), exponen su visión sobre la oferta de ocio y ciencia en nuestro país, y la función de los museos en nuestros días.

Casa de las Ciencias de La Coruña

1.

Ramón Núñez Centella

Director de Museos Científicos Coruñeses (=mc²)

Posiblemente la pregunta que más veces he escuchado de boca de profesores que acuden con sus alumnos a visitar la Casa de las Ciencias en La Coruña es: “¿y no te parece que aquí lo único que hacen los críos es jugar?”. A juzgar por las caras de alegría y satisfacción de los adolescentes y en general, si se quiere, por la entropía del grupo, parece innegable que los alumnos están jugando. También diría que estoy seguro de que lo pasan bien, que son felices. Creo que aquel será un día ligado a buenos recuerdos. Me esfuerzo en convencer a mis colegas científicos de que serio no es lo contrario de divertido, que lo contrario de divertido es aburrido, y que la ciencia puede ser a un tiempo seria y divertida. Y de que no tengo tan claro que ese juego sea “lo único” que hacen. O bien, que creo que los alumnos están aprendiendo, si ésta era la duda que se planteaba.

Muchas veces se ha tratado de dibujar la frontera entre los nuevos museos de ciencia, los llamados interactivos o conceptuales que se designan en inglés como “science centres”, y los parques de atracciones. Yo personalmente creo que son más los puntos comunes que las diferencias y que a nadie ha de molestar que existan parecidos. La más importante de las semejanzas radica en la intensidad de la experiencia vivida por los usuarios y en el grado de implicación personal en ese acto que convierte al visitante en causa o protagonista de un fenómeno físico.

El diseño y la presentación de situaciones que sirvan para “descolor-

car” al visitante es uno de los objetivos de los nuevos museos, como también sucede en los parques de atracciones y, en general, en las casetas de feria. Se trata de facilitar una experiencia nueva, sensaciones fuertes o al menos, distintas, que provoquen la curiosidad y el desconcierto que de hecho siempre preceden a una situación de aprendizaje.

“La ciencia puede ser al mismo tiempo seria y divertida”

Es interesante considerar el atractivo que las atracciones de feria despiertan para muchas personas: ¿Por qué pagaremos dinero por girar en una cabina a toda velocidad, por pegarnos golpes contra otros en un cochecito pequeño, por bajar a toda velocidad una rampa inclinadísima, por subirnos allá arriba en una barquilla ligera que parece querer caerse a la primera oscilación? Sin duda aquellas experiencias que implican cambios del movimiento (¿se imagina alguien una atracción de feria que nos llevase en línea recta y a velocidad constante?) son motivos inigualables para pensar en la energía cinética, en la aceleración, la ingravidez, la inercia, el equilibrio, el momento de inercia, la fuerza centrífuga y muchas otras ideas que ayudarían a explicar lo que hemos sentido.

De igual manera nos inquieta la frustración personal por el fallo a la hora de tirar una montaña de botes de hojalata con una pelota de poco peso. La ligereza del proyectil que nos facilitan nos invita a tirar con

más fuerza, separando la mano, y así nos olvidamos del error de paralaje provocado al apuntar con los ojos y lanzar con la mano separada a un blanco que está a distancia tan corta. De nuevo la física anda por medio. En otros casos las experiencias feriales implican estadística, como algunos juegos, fisiología –como el temible mareo– y otras ramas de la ciencia. Muchas veces la persona quiere buscar una explicación a aquello que le ha sucedido. En esos casos se profundiza en el aprendizaje, pero en todos los casos, lo importante, lo imprescindible para que el nuevo conocimiento sea relevante para la persona, fue la experiencia vivida, el punto de partida para la curiosidad.

Con esa clave diseñamos los nuevos museos, pretendiendo ofrecer al visitante experiencias que les impliquen, les sorprendan y les descolquen. Al mismo tiempo procuramos que exista una lectura interdisciplinar, que no se vea la ciencia como algo aislado de la cultura, y divergente. Así se ofrecen sistemas físicos que presentan fenómenos ópticos, mecánicos o eléctricos, perspectivas, imágenes u objetos sorprendentes, rela-



Casa de las Ciencias (La Coruña)

ciones o descontextualizaciones provocadoras. Cualquier cosa es buena si sirve para romper esquemas. Muchas veces serán estímulos sensoriales; otras, puramente intelectuales; lo importante es que no dejen de pensar, que no dejen de sentir. ¿Lo único que hacen es jugar? >

Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia

2.

Manuel Toharia

Director del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de Valencia



En el penúltimo mes del siglo veinte, exactamente el 14 de noviembre del 2000, abrió en Valencia sus puertas un centro de ciencia en la línea de lo que seguramente habrán de ser estas instituciones en el próximo siglo, siguiendo el modelo interactivo del Exploratorium de San Francisco –abierto en 1969 por iniciativa del físico Frank Oppenheimer–: el Museo de las Ciencias “Príncipe Felipe”.

Los centros de ciencia que se declaran hijos, en cierto modo, del Exploratorium son museos atípicos porque suelen carecer de piezas de colección o, al menos, no sustentan su discurso museológico en torno a dichas piezas. Sus módulos expositivos se diseñan para expresar la diversidad y riqueza de los fenómenos naturales, poniendo a prueba las ca-

pacidades de exploración, percepción, observación y reflexión del visitante, y todo ello con un enfoque abierto y educativo en sentido muy amplio. Poseen, pues, una característica básica: son conceptuales más que objetuales; es decir, comunican conceptos e ideas antes que veneración por el objeto expuesto.

Solemos llamarlos museos interactivos precisamente porque su característica básica estriba en la libertad para manipular lo que se observa. Lo que debería llevar a una interacción total, no sólo manual sino también intelectual y afectiva.

El Museo de las Ciencias Príncipe Felipe, como los demás centros interactivos de ciencia, no es pues un museo propiamente dicho -no cumple algunas de sus funciones clásicas, como conservar o coleccionar-, pero en cambio permite llevar a cabo una importante función educativa informal, no reglada, complementaria de la enseñanza formal que se adquiere en la escuela. Una enseñanza fuera de las instituciones académicas que está adquiriendo, por cierto, una importancia creciente en el cambiante mundo de hoy: la formación científica de los ciudadanos, sea cual sea su edad o su nivel cultural, no puede reducirse ya sólo a los años escolares...

Pero en el museo de Valencia eso no excluye, debido a la enorme

extensión del recinto expositivo –45.000 metros cuadrados construidos, de los que dos tercios son útiles como superficie expositiva–, la existencia de determinadas exposiciones, como “Gemas”, “Art Natura” o “El legado de los sabios”, que combinan la espectacularidad con la contemplación de objetos sumamente valiosos por su belleza o por su importancia histórica.

Algunas características de nuestro Museo, que en gran parte compartimos con centros similares, son su estilo abierto –que hace sentirse protagonista al visitante–, propiciado por la arquitectura transparente y luminosa de Calatrava, además de su ambiente activo y lúdico –a veces ruidoso, por qué no–, su carácter popular, no elitista, y desde luego el hecho de que su visita le resulte divertida a cualquier tipo de visitante.

Pero además de la visita a sus zonas expositivas, el Museo ofrece como complemento todo tipo de actividades e iniciativas en relación con la educación y la divulgación científica de base, pero también imbricadas en la actualidad del momento. Y en él prestamos especial atención al fomento y desarrollo de actitudes propias del método científico como la curiosidad y el espíritu crítico. E intentamos fomentar la reflexión y el debate, con el objetivo de ir proporcionando elementos de criterio a nuestros visitantes. Este tipo de museos suele crear oportunidades para que las personas vivan una situación de aprendizaje divergente, en el que incluso pudiera no estar previsto de manera rígida el resultado de su pensamiento.

En la actualidad, muchos de los nuevos museos interactivos son ya concebidos como instituciones públicas de enorme resonancia, entre otros motivos por su capacidad de convocatoria y su impacto casi universal. Y probablemente ésa es la

causa de que los nuevos edificios que se construyen para albergarlos nazcan destinados a ser hitos representativos de la arquitectura contemporánea. Las iniciativas que en otros momentos de la Historia lleva-

“El museo de Valencia lleva a cabo una importante función educativa informal, no reglada, complementaria a la escuela”

ban a construir catedrales, monasterios o palacios hoy se concretan en edificios para la cultura, en los que los arquitectos dejan una muestra de su arte y también un testimonio de los recursos técnicos de la humanidad actual. Es probable que el ejem-



Museo de las Ciencias Príncipe Felipe de VALencia

pló más grandioso de edificio catedralicio laico sea el espectacular continente del Museo de Valencia. Que es uno de sus principales activos, no sólo a la hora de atraer a los visitantes, sino también y sobre todo como

“La arquitectura luminosa y transparente de Calatrava es uno de sus principales activos”

reto tecnológico y artístico.

Por su parte, el contenido del Museo no pretende competir con tan extraordinario contenedor en lo formal –sería absurdo–, pero sí lo hace en el terreno conceptual. Es decir, el edificio es bello, espectacular por fuera y por dentro, pero luego los

contenidos han de permitirle al visitante olvidarse momentáneamente de ese contenedor mientras atiende a alguna de las numerosas propuestas expositivas. Ese juego de espectacularidad formal –en el edificio– y de espectacularidad conceptual –en las exposiciones y actividades– han hecho del Museo de las Ciencias Príncipe Felipe un centro difusor de cultura científica de primer orden mundial. Y además cuenta con toda una planta –7.000 m²– dedicada a un tema de enorme importancia científica y social, y de rabiosa actualidad: la biología. Esta zona, llamada “Vida y Genoma”, configura una especialización no frecuente en museos interactivos. Las demás áreas expositivas abordan muchos otros temas de cultura científica y tecnológica, más habituales en los centros de ciencia de todo el mundo.

El 14 de noviembre del 2003 el Museo de Valencia cumplió tres años de vida. Por sus puertas habrán pasado diez millones de visitantes, con un índice de satisfacción –porcentaje de personas que se declaran satisfechas o muy satisfechas después de su visita– que rebasa el 85%, y con un coeficiente de aprendizaje –número de respuestas positivas a la pregunta de si estiman haber aprendido cosas que no sabían y que les parecen interesantes– en torno al 90%. Son cifras para meditar acerca de la importancia de este tipo de centros en nuestro país; sobre todo porque son bastante parecidas a las que se dan en los demás museos interactivos, y no sólo en España...

El Museo de las Ciencias Príncipe Felipe forma parte del conjunto cultural más ambicioso jamás puesto en marcha por una administración pública: la Ciudad de las Artes y las Ciencias de la Generalitat Valenciana, que incluye además al Hemisférico (IMAX y Planetario) y al Parque Oceanográfico, el mayor acuario de Europa. >

Museo de la Ciencia de Barcelona

3.

Jorge Wagensberg

Director del Museo de la Ciencia de la Fundación "la Caixa" en Barcelona

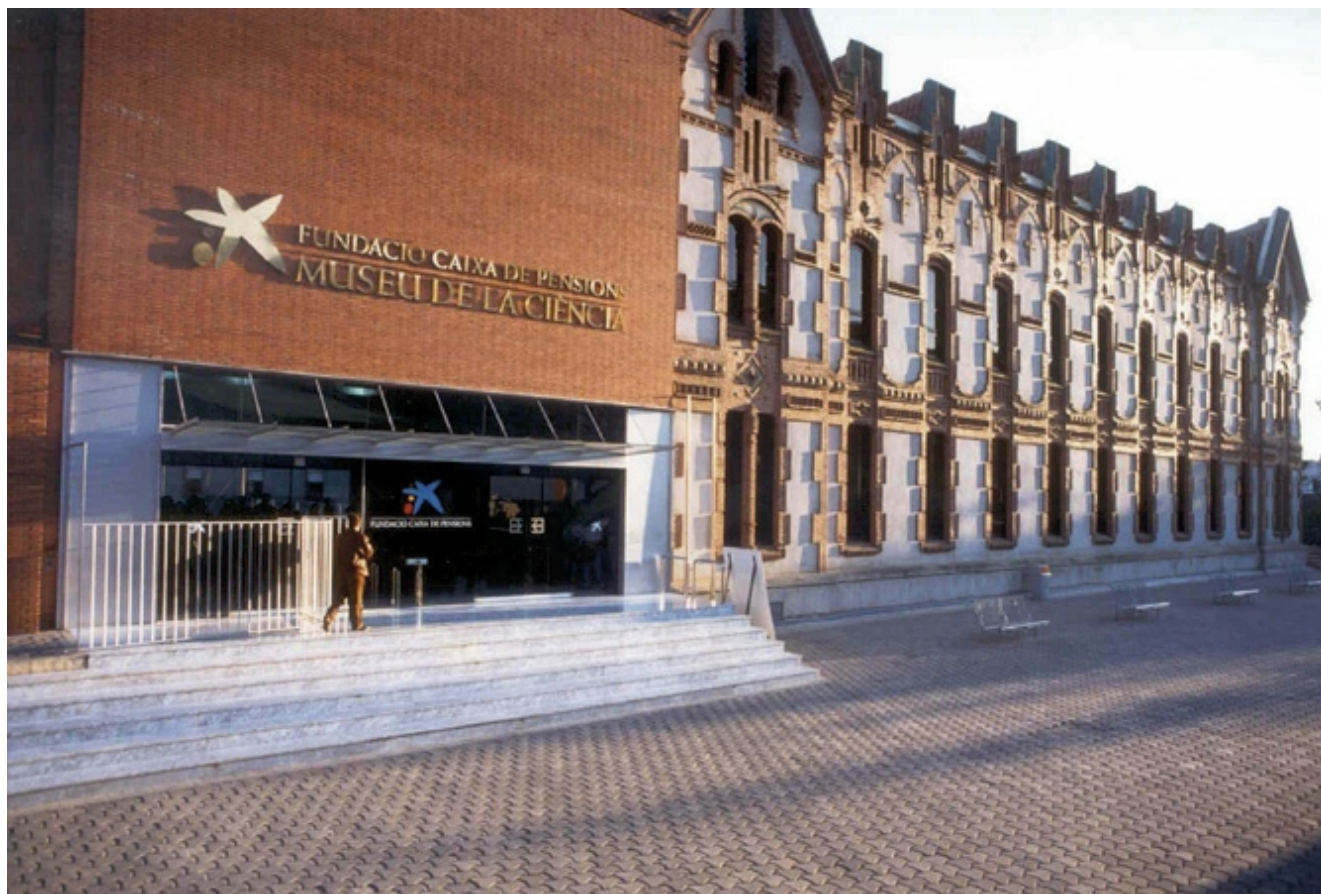


Un museo de la ciencia es un espacio dedicado a proveer estímulos a favor del conocimiento científico, del método científico y de la opinión científica.

Vaya por delante esa definición que concentra las hipótesis de trabajo tácitas de más de veinte años pensando el Museo de la Ciencia de la Fundación "la Caixa" en Barcelona y que hoy sintetiza las ideas explícitas del nuevo museo que esperamos abrir la próxima primavera. Se trata, si se quiere, de toda una declaración de intenciones porque ni los museos científicos del pasado ni la mayoría de los museos actuales se ajustan a esta definición. Para aplicarla hay que inventar incluso una nueva museografía. Los primeros museos de

ciencia fueron museos de historia natural dedicados a exhibir piezas reales en vitrinas para los ciudadanos, pero con clara vocación de construir y conservar colecciones para los investigadores científicos. Los últimos museos de ciencia son museos de física donde se ofrecen fenómenos reales que pueden interactuar con el ciudadano, pero sin piezas reales y con un cierto abuso de recursos audiovisuales e informáticos. Sin embargo resulta que la ciencia persigue comprender la realidad. Y resulta que la realidad está hecha tanto de objetos como de fenómenos. Los objetos están hechos de materia que ocupan el espacio. Y los fenómenos son los cambios que experimentan los objetos, por lo que

éstos ocupan sobre todo el tiempo. Además, ni los objetos ni los fenómenos tienen ninguna culpa de las disciplinas científicas previstas en los planes de estudios de escuelas y universidades. La interdisciplinariedad sólo tiene sentido si antes existen las disciplinas. Eso es verdad. Pero una vez que éstas están ahí gracias a las instituciones formales de investigación y enseñanza, el museo puede abordar cualquier pedazo de realidad recurriendo a cualquier clase de conocimiento. Esto significa que un museo científico puede tratar cualquier tema desde un quark o una bacteria hasta Shakespeare o un tema de sociología o urbanismo. Y también significa que la realidad, ya sean objetos o fenómenos, es un aspecto irrenunciable e insustituible en un museo. La realidad es incluso "la palabra museológica". Yo aún diría más: un museo es realidad concentrada. Quizá sea lo único que distinga la museología de cualquier otra forma de comunicación científica. El conferenciante y el profesor tienen la palabra hablada como elemento fundamental de transmisión, aunque se ayude de palabras escritas, imágenes fijas o en movimiento, maquetas, simulaciones, programas de ordenador,... Se puede dar una



Entrada al Museu de la Ciència de la Fundació "la Caixa" de Pensiones

conferencia sin diapositivas, sin gráficos sin demostraciones de ningún tipo, sin leer ningún texto, pero no se puede dar una conferencia sin hablar. De hecho, ni siquiera se puede dar una conferencia sólo leyendo un texto. Los libros, diarios y revistas tienen la palabra escrita como elemento fundamental de transmisión, aunque se ayuden de gráficos, dibujos, mapas o fotografías,... Pero no existen libros o revistas sin palabras escritas. Serían otra cosa, quizá un álbum. Existe cine mudo, pero no existe cine sin imágenes, ni radio sin sonido. En un museo no está prohibido usar simulaciones, maquetas, imágenes gráficas o nuevas tecnologías, pero sólo como accesorios de la realidad, no para sustituirla.

En un museo científico no está prohibido enseñar, informar, formar, entretener... ni siquiera se puede evitar, pero nada de eso es prioritario. De hecho para cualquiera de esos objetivos existe otro medio que lo hace mucho mejor. Enseña más y

mejor un buen profesor y una buena conversación con colegas que una visita a un museo, informa mejor un buen buscador de Internet, forma mejor la vida misma y entretiene mejor el mataratos favorito de cada uno (que para algunos, sí, puede ser el propio museo), ... pero ¿qué es lo propio de un museo? ¿cuál es su función idónea, lo que consigue me-

"En un buen museo se tienen muchas más preguntas al salir que al entrar"

mejor que cualquier otro sistema? Está en la definición inicial: el estímulo. Crear una diferencia entre el antes y el después. En un buen museo o en una buena exposición se tienen muchas más preguntas al salir que al entrar. El museo es una herramienta de cambio, de cambio individual y, por lo tanto, también de cambio social. El museo es insustituible en la fase más importante del proceso

cognitivo: el principio. El pasar de la indiferencia al querer aprender. Y nada hay como la realidad para estimular. La realidad estimula más que cualquiera de sus representaciones. Toda gran función vital favorecida por la selección natural se consolida con un gran estímulo: la alimentación con la sensación de hambre, la reproducción con el estímulo sexual, el automantenimiento del cuerpo con el dolor, la hidratación con la sed, ... Uno de los últimos logros de la evolución es sin duda el conocimiento, esa capacidad para anticipar la incertidumbre del entorno. Es, en particular, el último logro de la evolución de la inteligencia, la inteligencia abstracta y, muy especialmente, la capacidad de construir conocimiento científico. Pero parece que aún no ha habido tiempo para que la selección natural actúe a favor del conocimiento científico. Es quizá la curiosidad que tantos mamíferos exhiben en su infancia y que sólo el neoténico ser humano conserva



Sala interior del museo

durante toda su vida. Con esto llegamos a la colosal contradicción que marca nuestro tiempo (el que justo precede a la globalización del planeta): la humanidad ha conquistado el mundo con el conocimiento científico y sin embargo carece de estímulos en su favor. Se trata, como se ve, de un requerimiento de orden democrático. Tenemos un problema muy serio, incluso en las sociedades más desarrolladas. Todos los votos valen lo mismo en democracia y sin embargo la ciencia, que es la forma de conocimiento que más afecta a nuestra vida y a las decisiones que cada día hay que tomar en temas que afectan a nuestra convivencia (energía, higiene, salud, ética científica, medio ambiente, tecnología...) está fuera de la órbita de interés de la gran mayoría de ciudadanos. Un museo de ciencia es especialmente adecuado para incidir en este punto concreto.

¿Cómo conseguirlo? Hay que inventar una nueva museografía, la museografía con objetos reales, pero

capaces de expresarse de una manera triplemente interactiva, manualmente interactiva ("hands on" en la jerga de los modernos museos), mentalmente interactiva ("minds on") y culturalmente interactiva ("heart on"). Son objetos que explican historias, que conversan entre sí y con el visitante. Son objetos con

"La ciencia está fuera de la órbita de interés de la gran mayoría de ciudadanos. Invertir esta situación es uno de los grandes retos de los museos de ciencias"

sucesos asociados, objetos vivos, objetos que cambian. Una cosa es enseñar una roca sedimentaria sin más y otra es asociar un experimento que muestra en tiempo real el proceso de formación de la piedra.

¿Cómo evaluar si las exposiciones proveen realmente estímulos a favor del conocimiento científico? Los museos suelen empeñarse en lu-

cir el número de visitantes. Y no deja de ser un vicio. El número de visitantes debe preocuparnos, sobre todo si no hay visitantes o son pocos. Pero no dan idea del cambio producido en la audiencia. Lo que importa es si una exposición estimula la lectura de libros, nuevas preguntas en las aulas, otras elecciones a la hora de mirar la televisión, otra forma de viajar por el mundo y, sobre todo, si genera conversación, conversación durante la propia visita, conversación en la primera cena familiar después de la visita, conversación con uno mismo (reflexión), conversación con la naturaleza (observación, experimentación,...).

Sin embargo el conocimiento científico es sólo una tercera parte de los objetivos. También está el método. Un buen museo de la ciencia no sólo ofrece una selección de resultados científicos espectaculares. También ha de mostrar el proceso seguido para obtenerlos, comentar su fiabilidad y vigencia. La

crítica del conocimiento es en ciencia tan importante como el propio conocimiento. Frases como “esto está científicamente demostrado” son la prueba de la falsa imagen que la ciencia transmite de sí misma. La grandeza de la ciencia es que reconoce sus ignorancias (por eso justamente existe la investigación), que el concepto error no es un hecho singular y negativo, sino el pan de cada día, el episodio necesario del que más se aprende. Resulta especialmente estimulante para un ciudadano enfrentarse a aspectos de la realidad que interesan a la ciencia justamente porque los ignora. Resulta especialmente saludable mostrar, cuando las hay, distintas alternativas verosímiles. Un museo así desde luego molesta en una sociedad autárquica en la que el mensaje general es “gente más inteligente y preparada que tú piensa por ti” o “las decisiones que debemos tomar para luchar contra la incertidumbre actual están dictadas por textos de nuestras tradiciones más ancestrales”. Un museo de la ciencia invita a la reflexión individual sobre absolutamente cualquier cuestión. Una mente humana siempre tiene derecho a hacer suya una verdad en principio ajena. Existen muchas maneras de transmitir el método de la ciencia con las exposiciones. La más honesta y brillante incluye el humor y la ironía a la hora de la autocrítica. Reírse de sí mismo es el arma más efectiva que tiene el científico para no sacralizar ni dogmatizar su trabajo y para huir del culto a la personalidad. El humor resulta ser además un recurso que funciona bien en museografía (y que funciona muy mal por ejemplo en un artículo en una revista científica “seria”).

Y aún nos queda el tercer aspecto: el museo como espacio de encuentro para cultivar la opinión pública en ciencia. Tal cosa no se puede conseguir con las exposiciones, pero sí con las actividades. Un mu-

seo de ciencia debe prever instalaciones para ello porque (es también una conclusión tras más de veinte años de pensar cada día un museo) el prestigio ganado con las exposiciones da credibilidad a las actividades que se organicen en su entorno: conferencias, ciclos de conferencias, seminarios, cursos, debates, congresos, encuentros, conversaciones, mesas redondas, teatro, música, cine,... Existen cuatro ámbitos sociales respecto de la ciencia: 1) el ámbito que piensa y crea la ciencia, es la **comunidad científica** (universidades, institutos de investigación, investigación en empresas, aficionados,...); 2) el ámbito social que usa la ciencia, es el **sector productivo** (industria, empresas, servicios,...); 3) el ámbito que paga, que se beneficia y que también puede sufrir la ciencia, es la

“Quizá llegue el día en el que cada ciudad por encima de cien mil habitantes reclame un museo de la ciencia como hoy reclama un teatro o un auditorio”

sociedad en sí misma (el ciudadano de a pie); y finalmente el ámbito que gestiona la ciencia, es la **administración** (los políticos). El problema en general es que no suelen existir espacios donde puedan debatir siquiera dos de estos ámbitos sin que alguno tenga la sensación de estar jugando en campo contrario. Pues bien, resulta que todos ellos aceptan sentarse bajo los focos en un buen museo de la ciencia. Por ejemplo: sociedad versus sector productivo: no es lo mismo que una editorial presente un libro en su casa, en un hotel o en un museo de la ciencia. Por ejemplo: comunidad científica versus sociedad, no es lo mismo discutir sobre la calidad de las aguas del Mediterráneo en la universidad, en los locales de Greenpeace o en un museo de la ciencia. Por ejemplo:

comunidad científica versus ella misma, no es lo mismo debatir sobre el concepto progreso en la facultad de física, en la de filosofía, en la de sociología, biología o economía... o hacerlo en un buen museo de la ciencia. Dicho de otro modo: la atmósfera que crean las exposiciones suelen ser una garantía de neutralidad y objetividad para todos los actores. Europa tiene hoy unos cincuenta millones de visitantes en sus museos de ciencia. Muchos de ellos ni siquiera tienen un auditorio para cien personas en sus instalaciones. Pero las cosas pueden cambiar. Estamos ante un germen de opinión científica muy interesante porque los museos ya son una red. Sólo falta convencerles de una actividad de actividades y de conectarse entre sí. Un debate en París podría seguirse en cualquier otro punto en directo con posibilidad de intervenciones en tiempo real. ¿Por qué no diseñar una programación europea, o mundial? La globalización es un reto para este siglo. Se puede hacer muy bien y se puede hacer muy mal. Pero resulta que la ciencia ya está globalizada o por lo menos, es la forma de conocimiento más globalizada. El museo de ciencia es una herramienta para que el conocimiento y el método de la ciencia, en la base de la idea de un sistema democrático, pueda hacer una buena aportación.

Tal es la propuesta. Un museo de la ciencia pensado con belleza e inteligencia se convierte en un espacio de enorme interés social. Su audiencia es totalmente universal. La razón está en la definición inicial porque emociones, objetos reales y sucesos reales son “palabras” que no tienen edad, ni nivel social o cultural específicos. Quizá llegue el día en el cual cada ciudad por encima de cien mil habitantes reclame un museo de la ciencia como hoy reclama un teatro, un auditorio de música, una catedral o en estadio de fútbol. Será sin duda una buena señal. ■

Entrevista con José Manuel Sánchez Ron

Historiador y divulgador científico



El pasado 19 de octubre José Manuel Sánchez Ron entraba a formar parte del selecto grupo de personalidades que componen la Real Academia Española. Un hito más, en la dilatada carrera de este físico que lleva más de veinte años dedicado por entero a la docencia y a la investigación, primero en física teórica y después en la historia de la ciencia y de la física en particular.

Con una sonrisa amable y abierta, José Manuel Sánchez Ron nos recibe en su despacho de la Facultad de Ciencias de la Universidad Autónoma de Madrid. En una sala luminosa y funcional, repleta de libros y publicaciones se desarrolla esta distendida charla sobre ciencia, historia, educación, divulgación y libros; una de sus grandes pasiones.

No en vano, estamos ante un hombre de ciencia que destaca especialmente por su faceta de escritor y

historiador (en 2001 recibió el Premio José Ortega y Gasset de Ensayo y Humanidades por su libro *El Siglo de la Ciencia*). Con más de una veintena de títulos a sus espaldas y numerosas publicaciones sobre física teórica, e historia y filosofía de la ciencia, José Manuel Sánchez Ron es uno de los divulgadores científicos más representativos del panorama nacional. En él se aúnan dos de las principales cualidades para divulgar la ciencia: una amplia formación y la capacidad de saber transmitir, de for-

ma amena y atractiva, el conocimiento científico.

Parece que la química y la física han cedido su protagonismo a la biología.

Bueno, sin lugar a dudas, vivimos un momento histórico donde la biología tiene un papel determinante. Nos encontramos inmersos en una revolución científica que tiene a las ciencias biomédicas y concretamente a la biología molecular en su epicentro.

Entonces, ¿cuál es el papel de la física hoy? Hay quien preconiza que si se consiguiese el sueño de Einstein de unificar los campos de las fuerzas fundamentales estaríamos ante el fin de la física.

Es verdad que hay un buen número de físicos que persiguen ese llamado sueño de Einstein y que la búsqueda de una explicación teórica unitaria de las cuatro fuerzas de la naturaleza es uno de los grandes retos de cara al futuro. Pero la física no sólo son grandes visiones sino mucho más. La física se encuentra en continua ebullición y aporta numerosos descubrimientos en un sinfín de campos: radiaciones, materiales, superconductividad, superfluididad, computación cuántica etc. De esta manera, pensar que una rama del conocimiento es solamente esas grandes ideas es un error.

La comunidad de físicos reclama una mayor atención a la investigación básica, ya que cuenta con menos apoyos que la ciencia aplicada. ¿Es posible una ciencia sin tecnología o una tecnología sin ciencia?

No creo en esa división tan rotunda entre ciencia y tecnología, aunque en algunos campos muy concretos todavía se pueda hablar de ellas por separado. Cada vez se está utilizando más el término de tecnociencia para reflejar la unión entre estos dos mundos. A mi parecer, como historiador de la ciencia, creo que esta separación está llena de cargas ideológicas y corresponde más a una visión de pasado que a una realidad a medio o largo plazo. De todas formas, es cierto que a nivel europeo, el Programa Marco de la Unión Europea da mayor preferencia a proyectos de ciencia aplicada dirigidos a obtener resultados inmediatos en sanidad, comunicaciones, etc.

España ha contado con importantes talentos en literatura o pin-

tura a lo largo de su historia, ¿no es de extrañar que no haya habido ningún genio en física o matemáticas?

Cada uno es hijo de su tiempo y del mundo en el que vive y teniendo en cuenta cual ha sido la historia po-

“El mundo actual adolece de cultura científica y es necesario introducir a los legos y a la sociedad en general en la ciencia”

lítica, social, económica y cultural de nuestro país, no resulta extraño. La realidad española en el pasado no favorecía estos intereses, pero, de todas formas, hay que tener muy presente a una figura sobresaliente en la ciencia en su sentido más amplio. Alguien, que sin lugar a dudas, formará parte de la historia universal del pensamiento científico: Santiago Ramón y Cajal. Algo que pone de relieve que un país, como ha ocurrido en España durante varios siglos, puede vivir de espaldas a la física, la química o las matemáticas pero no puede vivir al margen de la medicina o la salud pública. Evidentemente, Ramón y Cajal no es un caso aislado que surgiera de la nada sino que tuvo maestros y también discípulos.

“La ciencia española atraviesa por un buen momento. Pero, lo importante no es estar presente en el panorama internacional sino registrar patentes y llegar los primeros”

Actualmente, España cuenta con una generación de científicos numerosa y bien preparada.

Afortunadamente la ciencia española es hoy mucho mejor de lo que era hace apenas unas décadas. Los índices del número de publicaciones de científicos españoles en re-

vistas internacionales son muy superiores a los de antes, pero lo realmente importante es la capacidad para registrar patentes y llegar los primeros. En este sentido, España sigue por detrás de los países más desarrollados. No se trata de estar presentes sino de estar en los primeros puestos. Por hacer un símil con el mundo del deporte, es como llegar a las finales de una olimpiada y no conseguir ninguna medalla.

El trabajo científico requiere la colaboración de muy diversas áreas del conocimiento para poder avanzar. Las fronteras entre disciplinas clásicas son cada vez más difusas. ¿Cómo será el científico del futuro? ¿Qué papel tendrán los especialistas?

La naturaleza es una y aunque tradicionalmente hayamos establecido fronteras entre las diversas ramas de la ciencia, hoy es más necesario que nunca avanzar globalmente. Por tanto, el siglo XXI será el siglo de la interdisciplinariedad y cada vez resultará más necesario formar equipos que integren a especialistas de muy diversos ámbitos. Lo que parece menos probable es que podamos contar con científicos generalistas que puedan dominar diferentes disciplinas. Estamos condenados al especialista, a alguien que sabe mucho de una pequeña parcela del conocimiento.

Pero, en el fondo, ¿no vivimos en un mundo excesivamente especializado? ¿No tenemos un conocimiento demasiado fragmentado del mundo en que vivimos?

Sí. Sin lugar a dudas, es necesario fomentar una formación más completa en nuestra sociedad. Nos encontramos ante el reto de cerrar el abismo que separa a las llamadas dos culturas: la científica y la humanista. En mi opinión, el mundo actual adolece, especialmente, de cultura científica y es necesario intro-

ducir a los legos y a la sociedad en general en la ciencia. Resulta indispensable que la sociedad se familiarice con la información científica y no sólo con la cultura de 'letras'. Máxime si tenemos en cuenta que actualmente la ciencia y la tecnología influyen muy decisivamente en todos los aspectos de la vida y por tanto sólo podremos ser libres si conocemos someramente los principales elementos que configuran el mundo que nos rodea.

Los estudios en ciencias exactas no atraviesan su mejor momento. Actualmente la física no parece estar de moda.

Desde mi punto de vista, no resulta demasiado sorprendente que la física, las matemáticas y en menor grado la química estén experimentando ahora un descenso entre las preferencias de los alumnos que entran en la universidad. Los jóvenes se ven atraídos por mundos intelectuales

competir con éxito en ese mercado laboral.

¿Cómo se puede fomentar la curiosidad y el interés por la ciencia y en particular por la física entre los más jóvenes?

Si la ciencia es un objeto cultural en la familia y en la educación de los más jóvenes será más fácil promover futuras vocaciones. También la divulgación científica o libros de la talla y la

“Nos encontramos ante el reto de cerrar el abismo que separa a las dos culturas: la científica y la humanista”

repercusión como los publicados por Stephen Hawking pueden fomentar a muchas personas el interés por acercarse a la física. Pero de todas formas, como ya he comentado antes, el mundo no es estático y las circunstancias que nos rodean cambian.

que están trabajando dependerá, en gran medida, el acceso a nuevos fondos de financiación. De hecho si miramos el número de publicaciones que podríamos denominar de divulgación científica, no sólo en España sino en todo el mundo, se observa un significativo aumento de títulos.

¿Qué responsabilidad tienen los medios de comunicación? ¿Es necesaria una sección fija dedicada a temas científicos?

En mi opinión, se ha avanzado mucho en este terreno en los últimos años. En los periódicos ha crecido significativamente la información científica ya sea en secciones fijas o eventuales y actualmente no creo que exista un déficit realmente relevante. Donde sí se echa en falta una atención al mundo de la ciencia y sí se puede hablar de una situación claramente insatisfactoria es en el ámbito de la televisión, que tiene una influencia muy determinante en la sociedad moderna, y en la que queda mucho por hacer. La responsabilidad de las cadenas de televisión, especialmente en las cadenas públicas, es muy grande y hay un largo camino por recorrer. Por supuesto esta responsabilidad es extensible a las personas que dirigen estos medios de comunicación y sus contenidos.

Para terminar esta entrevista nos gustaría felicitarle por su reciente incorporación en la Real Academia Española ¿Actualmente, qué representación tiene la ciencia en la Real Academia Española?

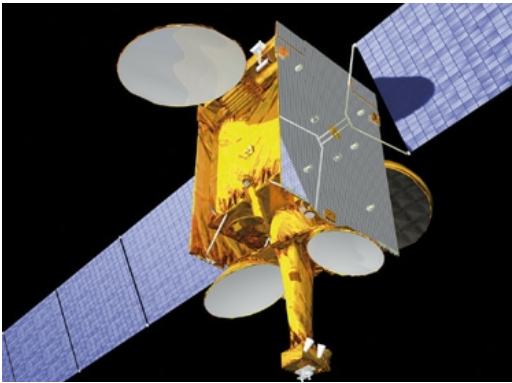
Actualmente somos tres los miembros de la Real Academia Española con una formación en ciencia: Margarita Salas, ilustre bióloga molecular; Antonio Colino, un ingeniero que ha dado mucho a la Academia en lo que se refiere a vocabulario científico y tecnológico; y a ellos hay que añadir mi propia persona. ■

tuales en los que identifican un mayor vigor de descubrimientos científicos (como es el caso de las ciencias biomédicas), o en aquellos sectores en los que encuentran una mayor repercusión social, fama y prestigio. Además, bajo la percepción de los estudiantes, es más fácil encontrar trabajo y conseguir una buena posición en ramas como la ingeniería de telecomunicaciones o la informática. A pesar de que los físicos pueden

¿Qué papel tienen los científicos en esta tarea de divulgar la ciencia? Uno de los retos de la investigación es llevar las conclusiones obtenidas en el laboratorio al resto de la sociedad.

Actualmente, los científicos son más conscientes que en épocas anteriores de la importancia de la divulgación. Muchos de ellos, tienen claro que de la repercusión social del proyecto de investigación en el





Ciencia, sociedad y medios de comunicación

Miguel Ángel Sabadell
Físico

“Una cosa terrible tiene el aumento de la cultura por especialización de la ciencia: que nadie sabe ya lo que se sabe, aunque sepamos todos que de todo hay quien sabe”.

Antonio Machado

Cuentan que en los viejos tiempos de la nobleza francesa, mucho antes de que sus cabezas rodaran por la plaza de la guillotina, un duque, preocupado por la educación formal de su hijo, contrató a un matemático para que inculcara los rudimentos de la geometría en la ducal testa de su primogénito.

Tras escuchar pacientemente la cuidadosa y prolija demostración de cierta proposición, el joven duque, tras esnifar una pizca de rapé, dijo a su instructor:

–Voilà, monsieur, no lo veo.

Cortésmente, el matemático volvió a repetir, esta vez con más detalle y explicando minuciosamente cada paso e inferencia lógica hasta que, al final, quedó sobre la pizarra

una hermosa demostración. Y de nuevo el joven, educadamente, replicó:

–*Je m'excuse, monsieur, pero sigo sin verlo.*

A lo que el matemático, mordiendo el labio inferior, contestó:

–*Monsieur le duc, le doy mi palabra de que le he dicho la verdad.*

–*¡Ah, monsieur!* –dijo el alumno con una profunda reverencia– *Si me lo hubiera dicho antes jamás me habría tomado la libertad de dudar de su palabra.*

He aquí la respuesta a lo que el matemático griego Euclides dijo a un príncipe que se quejaba de la dificultad que entrañaba seguir los razona-

tiene la gente; no aprende por medio del entendimiento, aprenden de otra manera, de memoria, o algo por el estilo. ¡Su conocimiento es tan frágil!».

Nuestro modelo educativo se basa en gran medida en ese método de aprendizaje. Lo pone en los libros o lo dice el profesor, y eso es casi palabra de Dios. Incluso en asignaturas que tienden a ser consideradas “de razonar”, como la física, encontramos estudiantes que las aprueban porque ¡se aprenden de memoria los problemas! Recuerdo haber dado clases particulares de Mecánica Cuántica a un estudiante de Físicas que, habiendo renunciado a com-

prenderla, se aprendía de memoria todos los tipos de problemas con el convencimiento de que alguno parecido caería en el examen. Y aprobó. ¿Por qué, entonces, vamos a extrañarnos que ya siendo adultos nos creamos lo que dice la televisión? Quizá por ello solemos confundir memoria con inteligencia. La prueba la tenemos en los concursos de televisión. Hace bastantes años fue un éxito el programa *El tiempo es oro*, donde el concursante debía demostrar sus conocimientos sobre un tema que él decía dominar. Concursos como *Audacia*, *¿Quiere ser millonario?*, *El rival más débil*, *Tiempo límite* o *Pasapalabra* premian los conocimientos de los concursantes. Mejor dicho, los conocimientos que tienen almacenados en su memoria. Lo que por desgracia aún no existe es aquél que premie a quien mejor sepa razonar.

Frente a esto, ¿cómo enseñar el modelo de pensamiento de la ciencia? Lewis Wolpert, en su exquisito libro *La naturaleza no natural de la ciencia*, dice: «El mundo no está

construido sobre la base del sentido común. Esto significa que el pensamiento natural, es decir, lo que consideramos como sentido común normal y cotidiano, no nos proporcionará nunca una forma de comprender la naturaleza de la ciencia. Salvo raras excepciones, las ideas científicas van en contra de la intuición: no pueden adquirirse limitándose a inspeccionar los fenómenos y con frecuencia se encuentran al margen de la experiencia cotidiana». Hilvanar un conjunto de pensamientos de forma lógica es una tarea ardua y difícil. Comprender el funcionamiento del mundo no es un paseo y exige cierto ascetismo al pensar. La ciencia es un delicado equilibrio entre la imaginación y la realidad que se mantiene gracias a un exquisito cuidado en los más mínimos detalles y en una sutil línea de razonamiento. Por ello, la divulgación científica debe ir más allá de la mera taxonomía y el recuento de los descubrimientos científicos.

“Hoy los medios de comunicación dedican más espacio a la ciencia que antes, y sin embargo hay menos periodistas especializados”

Divulgar la ciencia

No nos confundamos: la divulgación científica no es sólo contar lo que se obtiene en los laboratorios y los despachos de los teóricos de manera comprensible y que se entienda; también enseña. A mi modo de ver existen dos niveles de comunicación de la ciencia: la popularización y la divulgación. El objetivo del primero es interesar al lector/oyente/televidente medio, que se quede ‘pegado’ a la pantalla porque ha visto algo que le ha llamado la atención. La serie documental *2.mil* de Televisión Española, el programa *Clave de ciencia* de Radio 5 Radio Nacional de España o la revista *Muy*



Grabación del programa de divulgación científica '2.mil'

mientos de su maestro: «No existe un camino regio para la geometría». Sí lo hay, y es aceptar el argumento de autoridad. No hay nada más fácil que aceptar sin cuestionar todo cuanto a uno le dicen. El peculiar y brillante Richard Feynman lo expresó muy acertadamente con su inconfundible estilo: «No sé qué problema

Interesante son excelentes ejemplos de esto. Con el segundo se informa al lector ya interesado, que desea profundizar más en esa cuestión en concreto o que siente un interés especial por los temas científicos: *Redes de TVE*, el suplemento *Tercer Milenio* de Heraldo de Aragón, *Investigación y ciencia* o *Mundo científico*.

Evidentemente, cada uno de ellos está en manos distintas. La popularización está a cargo principalmente de los periodistas científicos; la divulgación, en las de los propios científicos. Libros como *El gen egoísta* de Richard Dawkins, *The fabric of reality* de David Deutsch o *The life*

blema de espacio. En comparación, hoy se dedica más espacio a la ciencia en los medios de comunicación que hace dos décadas. Sin embargo, hay menos periodistas especializados que antes, lo que ha hecho que la mayoría de las noticias sobre ciencia sean imprecisas no tanto por los hechos, sino por el tono, por el enfoque o el contexto. Jon Franklin, premio Pulitzer y director del primer departamento de periodismo científico de Estados Unidos, en un artículo de título revelador, *El fin del periodismo científico*, señala que esa falta de rigurosidad apenas es detectada por los directores de los diarios porque poseen una deficiente cultura científica. Así, cita una encuesta donde se revela que dos de cada tres directores

mentar en los años venideros: viendo cómo evolucionan los nuevos currícula educativos, donde la enseñanza de las ciencias pierde terreno no se sabe muy bien a favor de qué, no queda más remedio que preguntarse si sus diseñadores ven al futuro ciudadano más como un consumidor de ciencia que como productor de ella. No necesito saber qué es la luz para encender la luz. Convertiremos la ciencia en magia y la superstición en ciencia.

Pero el peor mal es que no existe una asignatura de periodismo científico en las facultades de ciencias de la información y los pocos masters que existen se pueden contar con los dedos de ambas manos. Salvo honrosas excepciones, los temas de ciencia no son escritos por periodistas con preparación en ciencia y, por tanto, su creían que hombres y dinosaurios compartieron mesa y mantel. Podemos pensar que nuestro país está lejos de esto, pero al terminar la serie 2.mil un directivo de televisión comentó que le parecía raro que en un programa de ciencia donde se interrogaba acerca de la vida ¿no se mencionarían los ovnis! ¿Explicará esto el por qué de la emisión en TVE de la serie *Planeta encantado*, donde el creador de parado-

posible detección indirecta de la presencia de monopolos en el universo –y van... –? Por otro lado, un buen periodista científico debe tener un buen dominio del inglés para poder acceder a la información. Así que podemos encontrarnos un periodista cuyo último contacto académico con la ciencia fue en 4º de la ESO, que chapurrea el inglés y escribiendo, casi de oídas, sobre terapias génicas o el PET. O como me sucedió recientemente: charlando sobre tratamientos contra el cáncer con un periodista con 20 años a sus espaldas cubriendo temas de salud, comenté de pasada lo llamativo que debía ser para el público contarles que se usan metales



Suplemento de divulgación científica del 'Heraldo de Aragón'

of the Cosmos de Lee Smolin sólo pudieron ser escritos por quienes lo hicieron; en ellos nos muestran no sólo la ciencia, sino sus propias ideas y teorías. Van más allá de la mera explicación.

El problema de la comunicación de la ciencia se encuentra, por tanto, en la popularización. Y no por por-

jas Juan José Benítez sigue vendiendo sus falsos misterios de siempre? Lo verdaderamente preocupante es que es posible que el ciudadano medio vea esa serie como de divulgación científica. Esta confusión producto de un desconocimiento del significado de la palabra ciencia es seguro que se va a mantener y au-

como el oro, la plata o el platino en los compuestos de quimioterapia, y puse el ejemplo del cisplatino. Entonces soltó un “¡oh!” asombrado, añadiendo: «pues yo creía que se llamaba así porque quedaba bonito».

¿Y los licenciados en ciencias experimentales, de la salud o ingeniería que desean convertirse en periodistas científicos? La situación no es más halagüeña: gran parte de los masters en periodismo los tienen cerrados, no son considerados por los medios de comunicación como verdaderos periodistas y tienen verdaderos problemas para encontrar trabajo como redactores. Un fuerte corporativismo, unido a la escasez de empleo para los propios licenciados en periodismo, convierten en empresa casi imposible que un físico o un químico termine trabajando como periodista científico.

Cultura científica

Nadie vive en un vacío intelectual. Observamos, escuchamos, leemos... Aunque no los preguntemos, la información nos rodea, está en el aire. «Podemos reaccionar pasivamente ante el flujo de información; dejar que se deslice por encima de nosotros mientras nos empeñamos en ignorarla con la estolidez más bovina. Y aún así es inevitable que aprendamos. Casi todos los niños sujetos al severo rigor de la escuela primaria aprenden a leer, escribir y realizar operaciones aritméticas por mucho que se opongan al proceso», escribió en 1974 el divulgador y bioquímico Isaac Asimov. Y añadía: «En qué pocos lugares y en qué pocas ocasiones se intenta aclarar que el aprendizaje es parte integral de la condición humana, que aprender es hacer uso de esa parte del cuerpo más particularmente humana, que compartir el cúmulo de conocimientos almacenados a través del tiempo es el mayor de nuestros privilegios».

Jorge Wagensberg, director del Museo de la Ciencia de Barcelona

de la Fundación La Caixa, titulaba un artículo publicado en El País de esta manera: “Cultura – Ciencia = Humanidades”. Una elegante fórmula para remachar aquello en lo que se viene insistiendo en todos los

“A menudo los divulgadores se enfrentan ante la falsa concepción de la utilidad de la ciencia. En una ocasión un discípulo de Platón le preguntó para qué servían los complicados teoremas que explicaba. El maestro, después darle una moneda para que no pensara que había obtenido conocimientos sin ganancia, le expulsó de la Academia”

congresos sobre comunicación de la ciencia que se celebran en nuestro país. Sin embargo, y a pesar de las llamadas de atención, de los esfuerzos continuados por implantar una cultura científica en la sociedad, seguimos navegando con calma chicha. La última vez que el Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS) preguntó a la población española por su interés en la ciencia y la tecnología obtuvo resultados sorprendentes. Para un 64 % de los encuestados estos asuntos despertaban mucho/bastante interés. Es curioso pero, ambas disciplinas, ganaban al

“Hay que encontrar formas de conseguir que la ciencia resulte menos extraña, más interesante y atrayente, pero no mística”

deporte que, con un 54%, se quedaba 10 puntos por debajo. Según los datos de la encuesta, realizada en 1996, sólo el 28% se consideraba mucho/bastante informado sobre estos temas y su principal fuente

de información eran los documentales de televisión.

Por otro lado, en la Cumbre Europea celebrada en Barcelona en 2002, la medida, evaluación y promoción de la cultura científica se definía como uno de los frentes de actuación que hacía falta potenciar. Previamente, el año 2001, el *Eurobarómetro Ciencia y Sociedad* mostraba que dos tercios de los europeos se consideran mal informados sobre ciencia, y ponía de relieve la clara disminución de vocaciones científicas entre la juventud, un factor considerado crítico para el progreso de la Unión Europea.

Hay un interés social que no tiene su contrapartida en los medios de comunicación de masas. Carl Sagan decía que los productores de televisión creen que la gente es más tonta de lo que en realidad es. Y me atrevería a añadir que es más fácil hacer Gran Hermano que un programa atractivo no ya de ciencia sino simplemente cultural. El talento es escaso y el poco que hay es infrutilizado por productoras y directivos de televisión.

Mención aparte merece el tratamiento de la propia imagen del científico. ¿Recuerdan quién era el malo en *ET*? En los años 70 un grupo de investigadores de Pensilvania estudiaron la imagen de la ciencia y los científicos. Y descubrieron que el mayor nivel de actitudes anticientíficas se encontraba en aquellas personas que más veían la televisión. No era para menos: los científicos eran el grupo profesional que presentaba el índice de mortalidad más elevado de todos los personajes, con más del 10% mordiendo el polvo antes de los títulos de crédito. Teniendo en cuenta que quien habitualmente muere es el malo, la lectura final es obvia: tanto el crimen como la ciencia no salen a cuenta.

Las tres tentaciones

Hacer divulgación científica tiene sus tentaciones, que cualquiera pue-

de descubrir prestando atención a lo que aparece (y no aparece) en los diferentes medios de comunicación. Una de ellas es la *tentación oscuran-tista*: renunciar a hacer accesible ciertos temas porque entrañan cierta dificultad o porque valoramos que serían difíciles de entender. Por supuesto, no pretendo decir que no haya temas difíciles o complicados: me viene a la mente la química de coordinación o, más cercano a la física y mucho más llamativo, las supercuerdas. Ahora bien, la tentación surge no por el tema, sino porque la premura de tiempo o el esfuerzo necesario para entenderlo hace que el periodista renuncie a explicarlo. Hay temas complejos y su divulgación exige más de lo que podemos o estamos dispuestos a dar. Y si a pesar de todo aparece en la prensa, los errores son llamativos.

La segunda es la *tentación sensaciona-lista*. Como alguien dijo una vez, *The New York Times* ha curado el cáncer más de una docena de veces. La pelea por captar la atención de la audiencia puede llevar a la fragmentación y distorsión de la actividad científica. No obstante, los investigadores contribuyen aquí en gran medida: ¿quién no recuerda esos anuncios a bombo y platillo del descubrimiento del gen de la homosexualidad o de la fusión fría? Cuando los mismo recursos están en juego, el impacto mediático de una investigación resulta muchas veces determinante. Y si el periodista no cuenta con la formación adecuada

para valorar si lo anunciado se corresponde con el verdadero resultado (o no sabe realmente a quién preguntar), la “exageración” está servida.

Finalmente, tenemos la más extendida y más falaz, la *tentación utilitarista*: cualquier descubrimiento científico debe servir para algo; si no, pierde “calidad”. El inevitable “¿para qué sirve?” es algo con lo que tiene



Sala de proyecciones del Planetario de Madrid

que pelear el científico y el divulgador científico. Hay una célebre anécdota acerca del estudiante que preguntó a Platón para qué servían los complicados teoremas que estaba enseñándole. Platón, un aristócrata descendiente por parte de madre de Solón el legislador y por el paterno de los primeros reyes de Atenas y de

aspecto físico impresionante –Platón significa de anchos hombros, y era el apodo que su entrenador de gimnasia le puso cuando participó en los Juegos Ístmicos–, ordenó dar una moneda al estudiante para que no pensara que había obtenido conocimientos sin ganancia, tras lo cual le hizo expulsar de su Academia. Personalmente, cuando en alguna radio o televisión he tenido la oportu-

nidad de relatar algún trabajo que me ha parecido interesante, siempre he temido que el conductor de turno me preguntara para qué servía eso. Y debo confesar que he sucumbido a la tentación de buscar una justificación práctica a ese descubrimiento. Curiosa y obviamente, hay una serie de temas de los cuales jamás escucharemos esa temida pregunta: sobre cualquier aspecto relacionado con la astronomía y astrofísica y sobre la búsqueda de la naturaleza última de la materia. Al parecer, el hecho de saber algo más del mundo que nos rodea es motivo suficiente para justificar la investigación (claro que en no pocas ocasiones he podido escucharla dicha con cierto tono despectivo). Por eso creo que, frente a este tipo de

demanda, la mejor respuesta es: «para lo mismo que sirve *Historia de una escalera*, *Diario de un cazador* o *El entierro del conde de Orgaz*».

Hay que encontrar formas de conseguir que la ciencia resulte menos extraña, más interesante y atractiva, pero no mística. El reto es descubrir cómo. ■



Fuente: Isofotón

La Física en la sociedad

José Manuel López-Cózar
Periodista

Actualmente el físico desarrolla su actividad en numerosas parcelas y ámbitos profesionales. La aportación de la física hoy por hoy no se limita únicamente al entorno universitario o a la investigación sino que también está presente en la práctica totalidad de los sectores económicos y de desarrollo. En este artículo, prestigiosos físicos de campos tan dispares como la radiofísica hospitalaria, la meteorología, el medio ambiente, la energía, la informática o la divulgación, reflexionan sobre el presente y el futuro de la física, sobre su desarrollo profesional y sobre la necesidad de hacer un mayor esfuerzo divulgador para dar a conocer las principales capacidades profesionales del físico, así como la importancia de la cultura científica en nuestros días.

Tradicionalmente se ha considerado la investigación científica y la docencia como el ámbito de actuación por excelencia de los licenciados y doctores en Ciencias Físicas. No en vano, los numerosos avances que ha promovido la física a lo largo de la historia, así como la decisiva contribución de físicos ilustres a la sociedad del bienestar (Albert Einstein ha sido nombrado personaje del siglo XX por publicaciones tan prestigiosas como Times), han situado a esta disciplina en un lugar de privilegio en investigación y enseñanza.

Sin embargo, al observar la realidad que nos rodea, encontramos que el físico ya no se desenvuelve exclusivamente en áreas del conocimiento puramente teóricas. Por el contrario, actualmente, la gran mayoría de titulados en ciencias físicas desarrollan su actividad al margen de la investigación y la enseñanza, y se incorporan plenamente al mundo laboral en sectores profesionales tan dispares como la sanidad, la informática, la economía, las comunicaciones, el medio ambiente o la consultoría.

La gran versatilidad del físico es un hecho innegable y coloca a este colectivo en una compleja situación en la que es preciso hacer un importante esfuerzo divulgador para dar a conocer las competencias del físico y la diversidad de salidas profesionales que ofrece esta disciplina en nuestros días. Por ello, el pasado mes de octubre el Colegio Oficial de Físicos reunió a un destacado grupo de físicos de muy diversos ámbitos para intercambiar opiniones y sensaciones respecto al papel del físico en la sociedad moderna. En este acto participaron: Luis Balairón, jefe del Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima del Instituto Nacional de Meteorología; Diego Hergueta, subdirector de Control Avanzado de Repsol YPF; Pilar Olivares, jefe de Servicio de Dosimetría y Radioprotección del Hospital Gregorio Marañón; Miguel Ángel Sabadell, físico y divulgador científico; Asunción Sánchez, directora del Planetario de Madrid; Juan Antonio Cabrera, de la Dirección de I+D del CIEMAT; Alberto Miguel Arruti, Físico y Periodista; Gonzalo Echagüe, presidente del Colegio Oficial de Físicos y experto en medio ambiente; y Alicia Torrego, gerente del Colegio Oficial de Físicos.

Las competencias del físico

Durante el debate organizado por el Colegio de Físicos, todos los

participantes que se dieron cita en este acto coincidieron en destacar el actual protagonismo del físico en nuestra sociedad. Su capacidad lógica y de abstracción unida a su formación relacionada con muy diversos campos de actividad hacen que el físico sea un profesional muy atractivo en muchos puestos de trabajo y

“La gran mayoría de titulados en Ciencias Físicas desarrollan su actividad al margen de la investigación y la enseñanza”

profesiones. No en vano, como comenta Juan Antonio Cabrera, del departamento de Prospectiva Tecnológica del CIEMAT, “en países como Inglaterra, el sector en el que más físicos se están colocando es el de la banca y las finanzas, porque se considera que su formación es mucho más flexible que la de los matemáticos u otros profesionales para analizar mercados, tendencias, co-

individuales conseguidos por físicos en multitud de ámbitos no repercuten en el colectivo en su conjunto y sitúa a estos profesionales en una relación de desventaja frente a otras disciplinas más organizadas y mejor delimitadas. Tal y como explica Diego Hergueta, subdirector de Control Avanzado de Repsol YPF: “muchas de las actividades que desempeña el físico en nuestra sociedad no se vinculan expresamente con nuestro colectivo (como es el caso de su papel en el desarrollo de las energías por ejemplo) y esto, a la postre, termina por ser un hándicap”. Y añade, “en estos momentos, los Físicos tienen ante sí el reto de relacionar ineludiblemente esta profesión con una o varias salidas profesionales concretas”.

En este sentido, Miguel Ángel Sabadell, físico y divulgador científico, consciente del momento de cambios que atraviesa la física en nuestros días, cree que, hoy más que nunca, es necesario explicar a la sociedad, y muy especialmente a



Reunión del Colegio Oficial de Físicos con destacados físicos de diferentes ámbitos.

rrecciones y hacer prospectivas de futuro”.

Pero, esta cualidad del físico para adaptarse al mercado laboral y que le permite optar entre una gran variedad de sectores profesionales y actividades, es a su vez, un arma de doble filo. Por lo general, los logros

aquellos que se encuentran ante la decisión de elegir una carrera universitaria, cuáles son las salidas profesionales del físico y sus posibilidades en el mercado. “Por ejemplo, los médicos o los ingenieros de telecomunicaciones tienen bien definida y delimitada su actividad profesional,

algo que acerca a muchos estudiantes a estas disciplinas a pesar de la gran dedicación y años de esfuerzo que requiere conseguir una licenciatura de estas características”.

Justamente, esta falta de definición y de concreción de la física en ámbitos bien delimitados es uno de los principales motivos por los que, a juicio de Alberto Miguel Arruti (físico y periodista), algunas disciplinas consideradas como ‘teóricas’ están viendo como año tras año disminuye de manera alarmante las vocaciones de estudiantes en sus aulas. A su parecer, “esta realidad

tivo. De hecho, como comenta Gonzalo Echagüe, presidente del Colegio Oficial de Físicos, “algo es-

“Muchas de las actividades que desempeña el Físico no se vinculan directamente con el colectivo”

tá cambiando en el entorno académico ya que en los últimos años la universidad se muestra mucho más receptiva que antes a proyectos de divulgación y de información sobre la física en general y sobre las sali-

de las diversas ramas de la ciencia. A este respecto, desde el Colegio de Físicos se viene observando un “alentador” cambio de tendencias últimamente y cómo, poco a poco, se consigue una mayor penetración tanto en estamentos académicos como en administraciones públicas: “En este momento contamos con unas posibilidades que antes no teníamos y queremos encauzarlas a través del ‘portal de la física’. Actualmente llegamos a centros de investigación, a colegios profesionales, a empresas públicas y privadas, y debemos aprovechar estas sinergias para dar a conocer el papel del físico y la importancia de la física en nuestra sociedad”, comenta Gonzalo Echagüe.

Comunicación y marketing

Una vez más, como ocurre en tantos sectores de actividad y en tantos otros ámbitos de la vida, la comunicación y el marketing parecen claves para poder seguir avanzando. En palabras de Pilar Olivares, jefe de Servicio de Dosimetría y Radioprotección del Hospital Gregorio Marañón, “la sociedad está en continua evolución y la física tiene que adaptarse al mismo ritmo. Es indispensable dar mayor importancia a la comunicación y a la divulgación; dar a conocer las competencias profesionales del físico, hacer más comprensibles los fundamentos de la física o explicar la contribución de éste área del conocimiento tan decisiva en tantos adelantos de nuestra sociedad”.

Para ello, según comenta Luis Balairón, jefe de Servicio de Variabilidad y Predicción del Clima del Instituto Nacional de Meteorología y presidente de la Asociación Española de Meteorólogos, “el cometido que se puede llevar a cabo desde medios de comunicación especializados como el ‘portal de la física’ o desde la universidad, los colegios profesionales y la escuela (con campañas de información y divulgación



Fuente: Bolsa de Barcelona

Sesión bursátil en la Bolsa de Barcelona

debe llevar a las universidades a revisar sus plantemientos y a replantear el cometido de la docencia en un entorno cada vez más cambiante y profesionalizado”.

Física y universidad

Sin lugar a dudas, el ámbito universitario no puede continuar anclado a parámetros que apenas hace algunos años parecían válidos. El prototipo de universidad ajena a los cambios sociales y a las nuevas necesidades de la sociedad se ha quedado obsoleto y resulta necesario poner en marcha un sistema educativo más acorde con los tiempos actuales; más práctico y más participa-

das profesionales del físico en la actualidad”.

Sin embargo, no sólo resulta necesario que la universidad se amolde a la evolución constante de cualquier sociedad avanzada y a las

“En Inglaterra, el sector en el que más Físicos se colocan es el de la banca y las finanzas”

nuevas perspectivas del mercado laboral, también es muy importante que las instituciones públicas y los organismos oficiales secunden iniciativas encaminadas a divulgar el conocimiento y fomentar el estudio

específicas), resulta realmente fundamental si queremos fomentar nuevas vocaciones científicas y divulgar la importancia de la física en la sociedad”.

Cultura científica

Así, mientras los planes de comunicación locales y específicos pueden ser cruciales para conseguir captar la atención de públicos objetivos y llegar a personas potencialmente interesadas en temas científicos, no menos importante resulta el papel de los medios de comunicación generales o el apoyo de instituciones y responsables políticos.

No en vano, actualmente, el problema de la divulgación no se puede restringir únicamente a un ámbito tan concreto como la difusión del papel de los físicos en nuestra sociedad o la importancia de la física a través de la historia, sino que atañe al conjunto de las ciencias. Como recuerda Alicia Torrego, gerente del Colegio Oficial de Físicos: “Vivimos un momento histórico en que se está perdiendo la cultura científica. Los estudiantes de enseñanzas medias llegan a las carreras universitarias con grandes lagunas, ya que hoy por hoy la física o la química han dejado de ser asignaturas obligatorias en secundaria. La falta de estudios básicos en ciencias está llevando a un empobrecimiento cultural y a formar profesionales con una educación incompleta”.

La influencia de la televisión

Como coinciden en señalar los físicos de diversos ámbitos que se dieron cita en este acto organizado por el Colegio de Físicos, la situación es preocupante y los medios de comu-

nicación generalistas también tienen su grado de responsabilidad, ya que no hace demasiados años se programaban series de televisión en las pa-

pularidad; mientras que por su parte, programas como ‘El hombre y la Tierra’, ‘Cosmos’ o más recientemente ‘Condición Humana’ contribuyeron a despertar muchas vocaciones y carreras científicas.

Entonces, ¿por qué actualmente no se emiten programas de divulgación científica cuando vivimos en una era marcada por la investigación y el desarrollo?. Según, señala Asunción Sánchez Justel esta realidad resulta incomprendible puesto que “en mi experiencia como directora del Planetario de Madrid he podido comprobar que disciplinas como la astronomía y la astrofísica despiertan un gran interés social. En las numerosas campañas de comunicación y divulgación que hemos llevado a cabo en los últimos años, siempre hemos obtenido una gran respuesta del público en general. La gente tiene una gran curiosidad por la ciencia y le gusta aprender y saber más”.

Desde el punto de vista de la directora del Planetario de Madrid, si no hay más programas de divulgación científica en televisión es porque “resulta más barato comprar series documentales sobre vida animal o programas de Naturaleza, que realizar un programa de divulgación científica de calidad”.

Algo que corrobora Miguel Angel Sabadell, que en su dilatada experiencia en radio y televisión ha podido constatar la poca confianza de los responsables y directivos de televisión hacia los programas de divulgación científica a pesar de que realmente hay un sector de la población considerable interesado en este tipo de informaciones. Como



Refinería de CEPSA. Detalle.

rrillas de las cadenas públicas que despertaban el interés de la sociedad por la ciencia. Series tan bien hechas y con un fondo científico-di-

“Hoy más que nunca es necesario dar mayor importancia a la comunicación y el marketing, fomentar nuevas vocaciones científicas y divulgar la importancia de la Física en la sociedad”

vulgativo tan riguroso y formativo como ‘Erase una vez el hombre’ o ‘Erase una vez el cuerpo humano’ impactaron a la audiencia entonces y consiguieron grandes cotas de po-

recuerda Miguel Angel, desde el equipo del programa de divulgación científica '2.mil' tuvimos una experiencia bastante clarificadora al

“Desde hace algunos años el Colegio Oficial de Físicos realiza una gran labor en la divulgación de la Física”

respecto: “durante una retransmisión de un torneo de tenis en TVE2 se suspendió la emisión de un partido a causa de la lluvia. En este periodo de espera, la dirección de la cadena decidió reprogramar varios

za, como en lo que respecta a la opinión pública debe ser un objetivo prioritario hoy por hoy. No deja de resultar paradójico que en un momento histórico en que España cuenta con una generación numerosa y bien preparada de científicos, y ahora que se está experimentando un espectacular crecimiento del número de publicaciones de científicos españoles en revistas de prestigio internacional y del número de citas que dichos trabajos reciben, al mismo tiempo se esté produciendo una reducción de nuevas vocaciones científicas y un paulatino empobrecimiento de la cultura científica en nuestra sociedad.



Planetario de Madrid

capítulos de '2.mil'. La audiencia residual que dejó el tenis era de un millón y medio de personas y durante la emisión de la serie de divulgación científica se consiguió una media de tres millones de televidentes. Una vez reanudado el partido el share de audiencia volvió a caer a las cotas iniciales, sin embargo, posteriormente, no se renovaría una segunda entrega de la serie '2.mil'.

Divulgar, un objetivo prioritario

La educación científica, tanto en las estructuras y planes de enseñan-

La divulgación de la ciencia, por tanto, debe ser una preocupación que nos ocupe a todos; desde los colegios profesionales, el entorno universitario, o los centros de investigación hasta las instituciones públicas, empresas privadas, o medios de comunicación, sino queremos que la sociedad se dirija hacia un analfabetismo científico. Como escribía recientemente en un artículo publicado en el periódico El País, Jorge Wagensberg, director del museo de Ciencia de Barcelona, en nuestros días: “Humanidades=cultura-ciencia”.

SALIDAS PROFESIONALES DEL FÍSICO

• *Docencia*

Una de las principales actividades del físico es la docencia, tanto en la enseñanza secundaria como en la formación de futuros licenciados. En este sentido, son numerosos los que imparten materias relacionadas con la física, y no sólo en facultades de esta licenciatura, sino también en otras de Ciencias e incluso en escuelas politécnicas de diferentes Ingenierías (Industriales, Telecomunicaciones, etc.).

• *Investigación*

Una de las principales actividades del físico es la investigación, que desarrolla fundamentalmente en el ámbito público. Las mayores fuentes de innovación tecnológica de España, en lo que se refiere a su actividad investigadora, son las universidades y los organismos públicos de investigación.

• *Medio ambiente*

El medio ambiente como sector multidisciplinar que es, admite gran número de profesionales diferentes. Desde este punto de vista, el físico es un técnico competente para la realización de Evaluaciones de Impacto Ambiental, para el desarrollo de Sistemas de Gestión Medioambiental y la elaboración de proyectos relacionados con los Residuos Sólidos Urbanos, Industriales y Sanitarios, Contaminación de las Aguas y los Suelos, etc. Sin embargo, el físico por su formación, es idóneo para temas relacionados con la Contaminación Atmosférica, la Acústica Ambiental, la Energía y los Residuos Radiactivos.

• *Producción de Energía*

En el sector energético tradicional, existen físicos que trabajan en centrales nucleares y en centrales térmicas. En el de las energías alternati-

vas, encontraremos físicos en centrales eólicas y solares térmicas, e incluso desarrollando pequeñas instalaciones de energía solar fotovoltaica.

- **Electrónica**

Es muy importante la participación del físico en la industria de los circuitos integrados, en la industria de los automatismos (robótica) y en empresas de instalaciones de baja, media y alta tensión.

- **Medicina**

La participación de los físicos en el mundo de la medicina es destacada. Desde 1997 existe una especialidad de postgrado, la Radiofísica Hospitalaria, que dura tres años y se realiza en el ámbito hospitalario. Pero los físicos llevan colaborando en el campo de la medicina en España desde hace más de cuarenta años. En los hospitales, los físicos especialistas realizan tareas concretas de tipo asistencial como son la planificación de tratamientos con radiaciones ionizantes, el control de calidad de los equipos de terapia y diagnóstico, el diseño y control de instalaciones radiactivas, las tareas de protección radiológica aplicables a pacientes, público y personal etc.



Fuente: Hospital Gregorio Marañón

Además, en algunos hospitales colaboran físicos no especialistas que realizan diversas tareas, como el mantenimiento de equipos, programas informáticos etc.

- **Magnetismo.**

Señalaremos la industria de las memorias magnéticas de grabación,

así como las empresas que realizan medidas de campos magnéticos.

- **Acústica.**

Son numerosas las empresas dedicadas al desarrollo de proyectos relacionados con la acústica, para los que suelen emplear a físicos. Dichas empresas se dedican, entre otros aspectos, a la realización de aislamientos y a la implementación de barreras contra el ruido, a la medición de la contaminación acústica, e incluso, al diseño de edificios con buenas condiciones sonoras.

- **Nuevas tecnologías de la información.**

Existe un gran porcentaje de físicos que se dedican a la informática, realizando trabajos tanto de programador como de analista de sistemas. El desarrollo de equipos informáticos también es un campo en el que podremos encontrar físicos. Por último, nos gustaría destacar el sector de las telecomunicaciones (telefonía, redes informáticas, internet, etc.) en el que, como ya dijimos, la participación del físico está muy extendida.

- **Tecnología espacial y aeronáutica.**

En este campo, el físico aporta sus conocimientos de informática y astrofísica. Así pues, existen físicos en empresas que se dedican a la realización de estudios de telemetría y teledetección, al diseño de radares, a las comunicaciones vía satélite, etc.

- **Armamento y defensa.**

Los físicos han tenido una participación destacada en desarrollar tecnologías de la información y tecnología espacial y aeronáutica para la defensa. En lo que al armamento se refiere, existen físicos trabajando en empresas que se dedican a la producción de explosivos.

- **Ciencias atmosféricas**

La predicción meteorológica es un aspecto que concentra numero-

sos físicos tanto en el Instituto Nacional de Meteorología como en empresas que se dedican al estudio de dichas predicciones.

- **Economía y finanzas**

Actualmente el mundo de la economía y las finanzas está empujando a incorporar físicos. La economía es un sistema complejo



Fuente: Bolsa de Barcelona

adaptativo y para el estudio de su evolución son ideales los conocimientos sobre sistemas aleatorios de los licenciados en CC. Físicas.

- **Instrumentación científico-técnica**

Gran parte de la instrumentación utilizada en laboratorios de medida, tanto de centros de investigación como de industrias, se basa en fundamentos físicos; por esto las empresas que se dedican al diseño y la fabricación de este tipo de productos deciden ocupar sus puestos con licenciados en CC. Físicas.

- **Metrología y calibración**

Nos referiremos fundamentalmente a los laboratorios de ensayo y calibración industrial, que junto con el Centro Español de Metrología, aportan a la industria española la infraestructura necesaria para soportar las actividades metroológicas que sus sistemas de calidad les exigen. En estos laboratorios la participación de físicos es notable.

- **Geodesia y prospección**

Existen físicos en empresas dedicadas a la realización de sondeos, estudios de sismología, prospecciones geológicas, etc.

La divulgación vista y hecha por los científicos

Alberto Miguel Arruti
Físico y periodista

La información y la divulgación son dos conceptos diferentes, aunque estrechamente vinculados. Por definición, informar es dar noticia de algo, mientras que divulgar es poner al alcance de la sociedad conocimientos adquiridos, de forma asequible. En muchas ocasiones, la información y la divulgación no tienen por qué ir unidas, ya que cuando hablamos de política, de economía o de deportes se utiliza una terminología que resulta familiar a la mayor parte de la sociedad. ¿Quién no conoce lo que significan los términos Constitución, Parlamento, cheque o inflación aunque, a veces, se tenga una idea confusa o poco clara de estas realidades? Sin embargo, cuando hablamos de información científica, implícitamente, hacemos mención a la divulgación. El hombre medio, por lo general, desconoce el significado de términos como púlsar, quark, fractal o cromosoma, y resulta indispensable aclarar o explicar estos conceptos para que la información sea comprensible.

Por ello, toda información científica lleva aparejada la idea de divulgación. Pero, ¿quién está más capacitado para llevar a cabo esta labor divulgadora: periodistas o científicos? El periodista puede adolecer de superficialidad, de escaso conocimiento del tema a tratar. El científico puede adolecer de excesiva especialización en un tema muy concreto, de falta de gracia, de encanto, para explicar una cuestión. Además, la divulgación no puede hacerse de todas las ciencias ni de todas las cuestiones que abarca una sola ciencia. Se impone, en consecuencia, seleccionar los temas; escoger aquellos temas que, en un momento determinado tengan mayor interés por sus implicaciones técnicas, económicas o sociales.

En este marco la figura del científico divulgador cobra especial importancia en estos momentos. Como divulgador y científico a un mismo tiempo nos viene a la memoria la figura de Werner Heisenberg que, se encuentra ahora de actualidad. La aparición de la obra "Heisenberg, el Nacional Socialismo y el mito de la bomba atómica alemana", del profesor Karl Von Meyenn, así como la obra de teatro "Copenhague", del escritor británico Michael Frayn, han puesto de moda entre el gran público, la figura del físico alemán, autor del principio de incertidumbre, según el cual existen una serie de magnitudes, como la posición y el momento, o la energía y el tiempo, que sólo se pueden determinar a la vez con una indeterminación característica. Las consecuencias de este principio van mucho más allá de la física y alcanzan la epistemología o teoría del conocimiento. El propio físico alemán ha escrito que "en vista de la íntima relación entre el carácter estadístico de la teoría cuántica y la imprecisión de toda percepción se puede sugerir que detrás del universo estadístico de la percepción se esconde un mundo "real" regido por la casualidad. Tales especulaciones nos

parecen —y hacemos hincapié en esto— inútiles y sin sentido. Ya que la física tiene que limitarse a la descripción formal de las relaciones entre percepciones".

Heisenberg ha escrito dos libros que pueden ser calificados como divulgativos. *La imagen de la naturaleza en la física actual y Más allá de la física*. En el primero, aborda una cuestión, que puso de moda Snow, que es la relación entre la educación humanística y la ciencia natural, dentro de la cultura occidental. El autor aborda los temas más importantes de la física del siglo XX, como pueden ser: el concepto de causalidad, el carácter estadístico de la teoría de los cuantos o la teoría de la relatividad y el fin del determinismo. Todo ello está tratado de una manera sencilla, sin el menor aparato matemático. La sencillez aparece unida a la claridad, recordándonos el pensamiento de Buffon, "lo que bien se entiende, bien se explica". Se acompaña la obra con una serie de textos de distintos científicos, sobre diferentes problemas de la física. Los textos son de Kepler, Galileo, Newton, Huygens y otros más. Y al final un acto de modestia. Relata como, en sus orígenes, la ciencia moderna formuló enunciados válidos para dominios muy limitados. En el siglo XIX, "la física aspira a ser una filosofía, y muchas veces se proclama que toda verdadera filosofía ha de ser únicamente ciencia de la naturaleza. Hoy, la física está experimentando una transformación radical, uno de cuyos más notables rasgos es la vuelta a su primitivo comedimiento".

Heisenberg también ha escrito *Más allá de la física*, que consta de dos partes. La primera, con el título *Semblanzas*, recoge cuatro ensayos sobre cuatro personalidades de la Física del siglo XX, Einstein, Planck, Pauli y Bohr. La segunda, bajo el título *La física en un contexto más amplio* recoge trece ensayos, sobre algunas cuestiones que, en ocasiones, tienen poco o nada que ver con la ciencia y con la física. El más sugestivo es el titulado: *¿Se ha llegado al cierre definitivo de la física? Sobre esta cuestión Barry Parker opina que si se encontrase una teoría, capaz de unificar toda la física salvando las divergencias entre la relatividad y la teoría cuántica y que pudiese explicar todos los campos de la naturaleza, (en lo que consistió precisamente el sueño de Einstein, que pasó los últimos treinta años de su vida buscando esa teoría sin conseguirlo), "en ese caso es evidente que ya no nos quedaría nada que aprender sobre el Universo, un triste panorama por lo que se refiere a los científicos". No es esta la opinión de Heisenberg, quien escribe que "la mayoría de los físicos están de acuerdo en afirmar que la física no puede ser nunca una ciencia cerrada porque se lo impide la fluidez de sus fronteras con las ciencias vecinas".*

Otros ensayos abordan cuestiones, que relacionan la literatura o la estética con la ciencia. En el fondo, subyace la idea de que la ciencia es una forma más de la cultura. Inclusive, según algunos, lo que es más discutible, en cada época histórica pervive una unidad cultural, en la que cabe también englobar a la ciencia. En esta línea de pensamiento, allá por los años 60, los años del estructuralismo francés, Stéphane Lupasco escribió: "Tal vez no sea exagerado decir que la aparición en nuestro siglo XX de las artes plásticas (pintura y escultura) llamadas abstractas o no figurativas constituye uno de los acontecimientos más singulares a la vez que más importantes de la historia del hombre. Es un hecho comparable a la irrupción en la física, y durante este mismo excepcional medio siglo, de los fenómenos cuánticos y de las relaciones de indeterminación y de algunas revelaciones capitales de la biología". En esta línea, se inscriben los dos ensayos, que llevan por título: *Goethe, su concepto de la naturaleza y el mundo científico y técnico* y *El concepto de lo bello en las ciencias de la naturaleza*. Se había hablado de la belleza en la matemática, que se relacionaba con el concepto y con la idea de simetría. Si aceptamos la antigua definición de belleza como "la adecuada concordancia de las partes entre sí y con el todo", podemos concluir, con Heisenberg, que "este criterio es perfectamente aplicable a una obra como la mecánica de Newton".

Podemos así concluir afirmando que la divulgación científica entraña un paso más que la exposición, clara y minuciosa, de un hecho científico. La divulgación, así entendida, pretende explicar las relaciones de la ciencia con la filosofía, con la historia y con la sociología, y en un terreno completamente práctico, con la economía y la política. ■



Ofertas de ciencia y ocio en España

Parque de las Ciencias, Granada:	ANDALUCÍA	http://www.parqueciencias.com/
Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza: Dinópolis:	ARAGÓN	http://museo-paleo.unizar.es/ http://www.dinopolis.com/indexinstalado.htm
Museo de la Minería y la Industria: Museo Marítimo de Asturias:	ASTURIAS	http://www.mumi.es/ http://www.xardesvives.com/museomar
Museo de La Naturaleza, Centro de Divulgación Ambiental, Menorca.	ISLAS BALEARES	
Instituto Astrofísico de Canarias Museo de la Ciencia y el Cosmos de Tenerife (España). Cabildo de Tenerife	ISLAS CANARIAS	http://www.iac.es/gabinete/difus/ciencia/dc.htm http://www.museosdetenerife.com/paginas/MCC/index.htm http://www.museoelder.org/indexflash.html
Museo Elder de la Ciencia y la Tecnología. Fundación Canaria Museo de la Ciencia y la Tecnología. Las Palmas de Gran Canaria. Centro Científico Cultural Blas Cabrera, Excmo. Cabildo Insular de Lanzarote:		http://www.lanzarote.com/blascabrera/
Planetario de la Escuela Superior de Marina Civil, Santander. Museo Nacional y Centro de Investigación de Altamira, Santillana del Mar:	CANTABRIA	http://centros.unican.es/marinacivil/planetario.htm http://museodealtamira.mcu.es/indexprova.html
Museo de las Ciencias de Castilla - La Mancha.	CASTILLA-LA MANCHA	http://www.jccm.es/museociencias/
Planetario de Valladolid	CASTILLA-LEÓN	http://www.fc-gabarron.es/planetario/
Fundación La Caixa . Museo de la Ciencia de Barcelona Jardín Botánico de Barcelona: Mediateca de l'observatori Científic de la Ciutat Mediterrània. Servicio público de consulta científica de los Centros y Museos de Ciencia. Barcelona: Museo de Zoología de Barcelona: Museo de Geología de Barcelona: Museo de Geología de Valenti Masachs, Manresa, Universidad Politécnica de Cataluña:	CATALUÑA	http://www1.lacaixa.es:8090/webflc/wpr0pres.nsf/wurl/mcbchome_esp http://www.bcn.es/medciencias/360/6.html http://www.bcn.es/medciencias/mediateca/ http://www.museuzoologia.bcn.es/home.htm http://www.museugeologia.bcn.es/home.htm http://www.geomuseu.upc.es/castella.htm
Ciudad de las Artes y de las Ciencias de Valencia:	COMUNIDAD VALENCIANA	http://www.cac.es/
Museo de Ciencia y Tecnología de Mérida:	EXTREMADURA	http://www.mucyt.org.ve/VENTP.HTM
Casa de las Ciencias, Ayuntamiento de La Coruña:	GALICIA	http://www.casaciencias.org/
Casa de las Ciencias, Logroño. Museo de Ciencias Naturales, Arnedo.	LA RIOJA	*
Cosmocaixa Museo Nacional de Ciencias Naturales Museo Nacional de Ciencia y Tecnología: Museo Arqueológico Nacional: Planetario de Madrid: La Casa Encendida	MADRID	http://www1.lacaixa.es:8090/webflc/wpr0pres.nsf/wurl/mcal001_esp http://www.mncn.csic.es/ http://mnct.mcyt.es/ http://www.man.es/archivos/actividades/index.html http://www.planetmad.es/ http://www.lacasaencendida.com/
Museo de la Ciencia y del Agua. Ayuntamiento de Murcia:	MURCIA	http://www.cienciayagua.org/index.htm
Planetario de Pamplona	NAVARRA	http://www.pamplonetario.org/
Miramón - KutxaEspacio de la Ciencia:	PAÍS VASCO	http://www.miramón.org/
Semana de la Ciencia: Tecnociencia Divulcat Mare Nostrum: Investigación y Desarrollo e Innovación Tecnológica Ciencianet:	PORTALES	http://www.fecyt.es/semanadelaciencia2003/ http://www.tecnociencia.es/fecyt/public/home_cultura.jsp http://www.divulcat.com http://marenostrum.org/ http://www.madrimasd.org http://www.ciencianet.com/

III Semana de la Ciencia de la Comunidad de Madrid

El Colegio de Físicos presenta el proyecto piloto del portal de información ambiental en materia de contaminación atmosférica.

En el marco de la Semana de la Ciencia, el Colegio de Físicos organizó una jornada el día 13 de noviembre en la Fundación Gómez Pardo. Este evento reunió a una serie de responsables del control de la contaminación atmosférica de diferentes ámbitos para tratar un aspecto importante para el ciudadano: la información.

Bajo el título “Sistemas de Información Ambiental en materia de Contaminación Atmosférica” se desarrollaron dos mesas redondas y sus consiguientes debates, en las que pudimos escuchar de primera mano las actuaciones y proyectos que en esta materia se desarrollan en varias administraciones, Generalitat de Cataluña, Junta de Castilla y León, Junta de Andalucía y Ayuntamiento de Madrid. La visión empresarial corrió por cuenta de David Corregidor, subdirector de Medio Ambiente, Generación y Minería de Endesa, que hizo hincapié en que hay que optimizar la información y facilitar el acceso a la misma y en la importancia de las memorias de sostenibilidad. Por su parte, Saúl García, jefe de la Sección del área de Contaminación Atmosférica del Instituto de Salud Carlos III recordó la necesidad de garan-

Planteó la necesidad de políticas encaminadas a preservar la calidad de nuestra atmósfera.

Por su parte, Alicia Torrego, Gerente del Colegio, adelantó a los asistentes las líneas de desarrollo del proyecto piloto de un portal sobre informa-



ción ambiental en materia de contaminación atmosférica, que estamos llevando a cabo dentro de la red www.fisicaysociedad.es y que estará disponible en breve.

Este proyecto nace para dar una solución a la dificultad que plantea la dispersión y falta de criterios comunes en la organización de la información por parte de las administraciones competentes.

Con él, pretendemos convertir el portal de información ambiental en materia de contaminación atmosférica en una referencia a nivel nacional en la información sobre calidad del aire. El proyecto fue elogiado por ponentes y asistentes, que valoraron positivamente esta iniciativa.

El Presidente del Colegio, que dirigió esta Jornada, señaló al clausurar el acto la importancia que las nuevas tecnologías tienen a la hora de garantizar el acceso a la información e invitó a todos los presentes a participar en este proyecto.



tizar la calidad de las mediciones para obtener una información fiable y comparable. Juan García Vicente de Ecologistas en Acción recordó a los presentes que todos esos esfuerzos no sirven de nada si no se garantiza la difusión de la información y que no es válido el argumento de que la sociedad es poco receptiva y no muestra interés.

El Colegio Oficial de Físicos implanta un nuevo modelo de comunicación

La comunicación se ha convertido en una herramienta más de gestión, encaminada a mejorar los resultados de la organización. En multitud de instituciones la comunicación es vista como algo secundario; en el caso concreto de los Colegios Profesionales el reconocimiento de la comunicación está aún en fase embrionaria. El colectivo colegial no consigue traspasar la frontera mediática,



social y política. Fuera de nuestro ámbito se desconoce la función que desempeñamos los Colegios Profesionales, igualmente, en nuestro caso concreto, no se tiene claro la responsabilidad que tiene el colectivo de los físicos dentro de la sociedad.

El Colegio de Físicos ha creado dentro de su estructura un área de Comunicación en una apuesta porque la información de nuestra organización sea administrada al exterior de un modo organizado, definido, claro y uniforme. De forma estratégica nos basamos en una frase muy extendida en el ámbito de la Comunicación Institucional: si no decimos lo que somos, otros dirán lo que no somos. Consideramos necesario realizar una nueva política comunicacional en el marco de una sociedad donde el conocimiento y la información son valores clave para el desarrollo.

De forma resumida asentamos nuestro modelo sobre las siguientes bases:

- Controlar y gestionar la producción de todos los soportes de comunicación.
- Coordinar las comunicaciones hacia el exterior ante los medios de comunicación social, líderes de opinión, instituciones, organismos oficiales y, colectivos sociales y culturales.
- Capturar y almacenar información de interés para el uso interno y externo del Colegio.
- Motivar e influir en nuestros diferentes públi-

cos; conseguir una comunicación creíble, coherente, participativa y bidireccional.

- Rediseñar canales y herramientas tanto de comunicación interna como de externa.

La Comunicación Interna es un instrumento decisivo para el desarrollo del Plan de Comunicación Integral. Por ello hemos actualizado algunos de los canales activos para la gestión de la misma, con el objetivo de que la comunicación entre todos los miembros de nuestro colectivo sea fluida, constante y transparente.

Agencia de Colocación

Es el servicio más demandado por nuestros colegiados y uno de los más importantes de nuestra institución porque no sólo consiste en encontrar ofertas de empleo, también se establece un contacto directo con las empresas, exponiendo las competencias y la cualificación de los físicos. Por ello, hemos establecido un sistema de comunicación más fluido hacia los colegiados y una atención en tiempo real para las empresas que demandan profesionales, utilizando las posibilidades que ofrecen las nuevas tecnologías.



Boletín Informativo

Hemos adaptado el diseño a la nueva imagen del Colegio. Los contenidos también han variado en función de la nueva línea de desarrollo y de las demandas que hemos recogido de nuestro público interno.

La Comunicación externa es la comunicación institucional. La imagen corporativa que emana al exterior es la resultante de acciones que se canalizan en diferentes soportes, en los que se transmite la cultura e identidad corporativa de la organización.

Identidad visual corporativa (logotipo)

Con su diseño, colores y tipografía es la 'primera impresión' de la institución y conforma en el receptor una primera base para que éste cree su propia visión del Colegio. La nueva imagen incluye la letra que representa el número p, este número mágico, tan ligado a la física y la matemática, forma parte de nuestra identidad, porque nuestra identidad va asociada con la Física.

Web Cofis

La web es un escaparate del Colegio hacia el público externo. Aún en proceso de creación, será un espacio mejorado de la actual página, donde se recoge un nuevo diseño, unos servicios más completos y una mejor accesibilidad y navegabilidad para acceder de forma más clara y cómoda a todos los contenidos informativos.

FísicaySociedad

En los últimos años, con la implantación de los medios en la red, nos enfrentamos a una nueva modalidad de periodismo que se ha comenzado a llamar periodismo participativo.

Este nuevo modelo permite a cualquiera actuar como medio de comunicación on line, que cubre demandas informativas no satisfechas por los medios tradicionales. De este modo, con las weblogs la información se democratiza, aparecen nuevas fuentes de información con nuevos contenidos en un nuevo formato.

La red de portales temáticos FYS, proyecto que está desarrollando el Colegio de Físicos, es una red de portales temáticos referidos a diferentes áreas de la física. Este proyecto se plantea como una weblog que pretende desarrollar un papel activo en el proceso de selección, análisis y difusión de noticias e información relacionada con las diferentes áreas temáticas. Este site es también un agente y un soporte para la divulgación científica.

El Plan de Comunicación Integral está siendo implantado de forma paulatina, se desarrollarán nuevas herramientas de actuación y nuevas estrategias. Este nuevo modelo de comunicación tiene como objetivo la promoción y el desarrollo de nuestro colectivo. Si nos conocen externamente, podremos ser fuente de información y se tendrán en cuenta nuestras opiniones. Hemos de trabajar todos de forma conjunta, compartir información puede suponer en un futuro un mayor reconocimiento de la Física en la Sociedad.

Sonia Ortega / *Comunicación COFIS*

Curso de formación del profesorado en el área de la Meteorología

Siguiendo las líneas de formación y de divulgación con las que el Colegio de Físicos está comprometido, este año ha vuelto a organizar, con la colaboración del INM, una nueva edición del Curso de formación del profesorado en el área de la Meteorología.

La Meteorología es una de las ramas de la Ciencia que más influye en nuestra vida cotidiana y, por lo general, en los medios de comunicación (exceptuando los especializados) se tiende a viciar determinados conceptos y a la sobreutilización de ciertos términos que acaban por perder su auténtico sentido (mucha gente tiende a identificar, por ejemplo, "anticiclón" con "calor"). Con este curso se pone en manos del profesorado las herramientas necesarias para que la formación de los alumnos de secundaria constituya una base sólida en la comprensión de esta ciencia.

Los bloques principales del curso fueron las "escalas y sistemas meteorológicos" y "la predicción del tiempo". Además, para completar el curso se realizó una visita guiada por el profesor al Centro Nacional de Predicción.

El profesorado encargado de impartir las clases pertenece al INM: D. Ramón Vázquez Pérez –Batallón, Técnico Experto en Meteorología N22, D. Modesto Antonio Sánchez Barriga, Técnico Experto en Meteorología N22 y D. Luis Balairón Ruiz, Jefe Servicio de variabilidad y predicción del clima.

Tanto el resultado de las encuestas como el contacto que se tuvo con los alumnos reflejan la gran satisfacción de los resultados obtenidos por los alumnos. Muchos de ellos nos solicitaron la creación de nuevos cursos que ampliaran la información técnica que se ofrece en estos momentos.



Publicaciones del VI CONAMA

El COFIS siempre comprometido con el Medio Ambiente participa activamente con todos aquellos proyectos relacionados con el desarrollo sostenible.

Por ello el Colegio Oficial de Físicos preside la Comisión de Medio Ambiente de Unión Profesional a nivel nacional y la recién creada Comisión de Medio Ambiente de Unión Interprofesional fundada para constituir canal de comunicación entre los distintos Colegios y la Comunidad de Madrid.

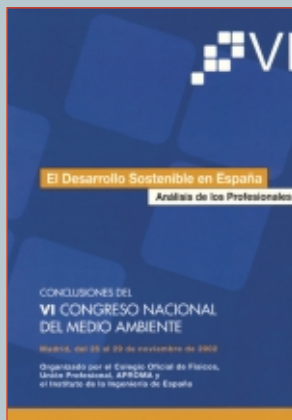
Como en ediciones anteriores en noviembre de 2002 el Colegio de Físicos junto a otras entidades organizó el VI Congreso Nacional del Medio Ambiente que fue un éxito tanto en contenidos como en asistencia. Los resultados del CONAMA se concretan en las publicaciones que constituyen la más novedosa y actualizada documentación medioambiental en nuestro país y se convierten en punto de referencia para todos aquellos que tienen algo que decir en este sector.

Dada la envergadura del proyecto, y para facilitar la organización de futuras ediciones, el Colegio ha creado la Fundación CONAMA, que se hará cargo de la próxima edición del Congreso Nacional del Medio Ambiente. El "VII CONAMA: Cumbre del desarrollo sostenible" se celebrará en Madrid del 22 al 26 de noviembre y distribuirá sus contenidos por las áreas temáticas correspondientes a los pilares de la sostenibilidad; Medio Ambiente, Economía y Sociedad.

Puedes encontrar más información en: www.conama.es

Las publicaciones del VI CONAMA

- *El desarrollo sostenible en España.* Análisis de los profesionales. Libro de las Conclusiones del VI CONAMA. Este libro analiza los temas que se trataron en el Congreso, es decir, la situación del medio ambiente y del sector ambiental español, estructurados en cuatro áreas temáticas: El reto del desarrollo sostenible, Medio Ambiente, Economía y Sociedad.



En esta publicación, destacados profesionales y expertos de diferentes sectores analizan los problemas, debates y estado de la cuestión de los distintos ámbitos que componen el medio ambiente, consiguiendo ofrecer los resultados del Congreso a modo de análisis de la situación española.

- *Documentación Final.* CD-Rom de las Conclusiones del VI CONAMA. Permite acceder a los textos íntegros de las ponencias del CONAMA, y se presenta con el máximo grado de detalle, todos los actos y actividades celebradas a lo largo de las cinco jornadas en que se desarrolló el Congreso.

- Libro sobre *Educación ambiental en España: 34 Experiencias*: referencia a los profesionales interesados en la educación ambiental, mediante la presentación de una serie de experiencias puestas en marcha por diferentes instituciones, que sean destacables por su singularidad.

- *CD-Rom de Comunicaciones Técnicas*, en el que se muestra reflejan la diversidad de actuaciones ambientales que se producen en nuestro país y

los proyectos en los que estamos involucrados, aportando una visión global de las actividades que configurarán el panorama del medio ambiente.

En www.conama.es, nuestra página web, puedes descargar los libros de la VI edición del CONAMA.

Curso de Contaminación Acústica

El Colegio de Físicos organizó el pasado mes de junio en Bilbao un Curso sobre Contaminación Acústica, con el objetivo de formar a los asistentes en el empleo de técnicas de evaluación y control del sonido proporcionando, además, una visión actualizada de las diferentes normativas y leyes que regulan este campo de la contaminación ambiental.

El temario del curso podría resumirse en tres bloques genéricos, que son: emisión; medición y normativa; y amortiguación y aislamiento. Para elaborar e impartir el mismo tuvimos el placer de contar con la colaboración de profesionales de esta materia en los apartados de formación e investigación: D. José



Luis Pérez Díaz –Profesor en la Universidad Carlos III de Madrid– fue uno de ellos, además de encargado de la coordinación del curso. Junto a él, D. Pablo Laforga Fernández –Consultor Medioambiental en Altadis–, D. Vicente Mestre Sancho –García Benet, Benet y Mestre S.L.– y D. Alberto Barragán –IxD– completaron el profesorado del curso.

Las sensaciones de los participantes, recogidas en una encuesta realizada al término del curso, fueron muy positivas, lo que nos anima en nuestro afán de divulgación y de formación en los campos de la Física que, percibimos, son de interés para la sociedad.

Acuerdo Marco con el CSN

El Colegio firma un acuerdo marco de colaboración con el Consejo de Seguridad Nuclear en materia de difusión del conocimiento en seguridad nuclear y protección radiológica.

El Colegio de Físicos y el Consejo de Seguridad Nuclear tienen entre sus objetivos la promoción del acceso a la información y la divulgación en temas de interés común. Para aunar esfuerzos, ambas instituciones han firmado un acuerdo marco de colaboración que dará lugar a futuras actuaciones conjuntas.

La primera de ellas será la asistencia técnica por parte del Colegio de Físicos al Consejo de Seguridad Nuclear en la reunión de consulta para el establecimiento de una red iberoamericana de gestión del conocimiento sobre seguridad nuclear y protección radiológica, a celebrar en la sede de la OIEA del 26 al 28 de noviembre de 2003.

En esta reunión se identificarán los beneficios del programa, las áreas técnicas para compartir el conocimiento y las condiciones necesarias para el futuro desarrollo de la red, que tendrá como objetivo facilitar el intercambio de información en las materias mencionadas, así como promover la colaboración entre los países iberoamericanos en este ámbito.

La experiencia del Colegio de Físicos en el desarrollo de sistemas de información y difusión del conocimiento, así como en la coordinación de equipos de trabajo en multitud de ámbitos, han sido la base de

partida de esta colaboración, que ya tuvo una primera fase en el desarrollo de la web temática sobre radiaciones ionizantes del portal:





por Alberto Miguel Arruti y Óscar Tapia

B i b l i o g r a f í a



Devlin, Keith. "Manual de Frascati". Edita: FECYT. Madrid 2003. 282 páginas.

Está basado en la experiencia adquirida a partir de las estadísticas de I+D en los países miembros de la OCDE. Es el resultado del trabajo colectivo de los expertos nacionales del grupo de Expertos Nacionales en Indicadores de Ciencia y Tecnología (NESTI). En España ha sido publicado por la Fundación Española Ciencia y Tecnología. Se trata, en esencia, de un documento técnico, que constituye uno de los pilares de las acciones desarrolladas por la OCDE, para que se comprenda mejor el papel de la Ciencia y de la Tecnología, mediante el análisis de los sistemas nacionales de innovación. Fundamentalmente, este Manual recoge las recomendaciones y principios básicos, que resultan aplicables a la interpretación de los datos de I+D.



"Percepción Social de la Ciencia y la Tecnología en España". Edita: FECYT. Madrid, 2002. 150 páginas.

Editado por la Fundación Española Ciencia y Tecnología, este libro está escrito por seis expertos: Javier Echeverría, José Luis Luján, Emilio Muñoz y Marta Plaza, María de los Angeles Espinosa y Esperanza Ochaíta, Eulalia Pérez y J. Rubén Blanco, ha sido redactado este libro que pretende medir el interés, que despierta la Ciencia y la Tecnología en España. En líneas generales, se puede conocer e identificar, con la precisión que exigen estos estudios, el ámbito de interés social que la Ciencia y la Tecnología despiertan en la sociedad española. Este interés está lleno de matices, que la encuesta pretende desentrañar. Llama la atención como un punto clave, que se solicita una mejora en la calidad y cantidad de la información. Esta mejora requiere iniciativas públicas y aquí el papel de la FECYT puede ser fundamental.



Allende Landa, José. "Ciencia y tecnología en 2002". Anuario 2003 de la AEPC. Edita: la Asociación Española de Periodismo Científico. Madrid, 2003. 426 páginas.

La Asociación Española de Periodismo Científico (AEPC) ha publicado, un año más, un detallado y concienzudo informe sobre el panorama científico y tecnológico

español a lo largo del pasado año. Aparece dividido en dos partes: el sistema español de I+D y periodismo científico y divulgación. En el primero, se hace una minuciosa referencia de la investigación, que se lleva a cabo en ministerios, organismos de financiación y evaluación, organismos públicos de investigación, universidades, comunidades autónomas, fundaciones, empresas y parques científicos y tecnológicos.

En la parte dedicada al periodismo científico y divulgación se estudia la labor que, en esta línea, llevan a cabo los distintos medios de comunicación, así como los museos de la ciencia y la técnica, determinados cursos y, finalmente, Internet.

Se inicia el libro con un artículo del exministro de Ciencia y Tecnología, Josep Piqué en el que subraya la necesidad que tiene nuestro país de hacer ciencia, "de modernizar nuestras estructuras científicas, de actualizar nuestros métodos de acercamiento a la ciencia".



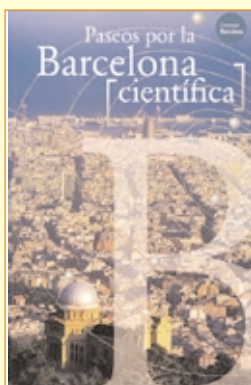
Lozano Leyva, Manuel. "El Cosmos en la palma de la mano". Edita: Grupo Editorial Random House Mondadori S. L. Colección Arena Abierta. Barcelona, 2002. 397 páginas.

Del Big Bang a nuestro origen en el polvo de estrellas, así subtítulo Manuel Lozano Leyva este magnífico libro de la edi-

torial Mondadori, subtítulo que resume muy bien el contenido del libro. El autor, director del Departamento de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad de Sevilla, hace un recorrido por el sistema solar, las galaxias, el origen y la estructura del Universo, el nacimiento, vida y muerte de las estrellas, la generación del sol y sus planetas, para terminar con la vida en el Cosmos.

Para poder realizar este recorrido con rigor científico es necesario introducir al lector en teorías físicas que pueden ser muy complicadas para aquellos que no son entendidos en la materia, por ejemplo la relatividad general o el modelo estándar. Lozano Leyva afronta este reto relatando ejemplos que puedan ser comprensibles por cualquier lector y sirvan como analogías para entender estas y otras teorías. Además de presentamos la física que rige la evolución del Cosmos, también nos habla de las personas que desarrollaron esta física y gracias a los cuales somos capaces de entender un poco más el funcionamiento del Universo.

También, es destacable un apéndice con direcciones de Internet para los que tengan interés en profundizar en los contenidos del libro. Las direcciones están agrupadas por temas y tienen un pequeño comentario.



Durán, Xavier y Piqueras, Mercè. "Paseos por la Barcelona científica". Ajuntament de Barcelona, Imatge i Producció Editorial. Barcelona, 2002. 362 páginas.

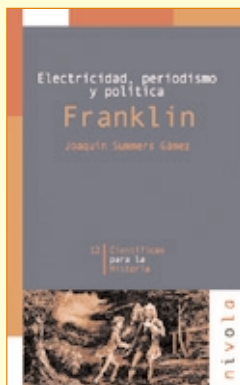
Cuando pensamos en hacer un viaje de turismo cultural, lo asociamos generalmente con visitas a museos de arte, catedrales, palacios... Pero, ¿por qué no hacer turismo científico y descubrir la ciencia y la tecnología que encierran nuestras ciudades? Esta es la variante de turismo cultural que nos propone el Ayuntamiento de Barcelona en la guía "Paseos por la Barcelona científica".

Esta guía nos da una visión muy completa de todos los aspectos científicos que

podemos encontrar en la Barcelona del siglo XXI. Muchos de estos aspectos nos remontan a la ciencia y la tecnología de siglos pasados y nos invitan a reflexionar sobre la evolución de la ciencia y su influencia en la sociedad.

El libro comienza con una visión de la salud de la ciudad, la industria, los transportes, el agua como recurso, la ciudad matemática, arte y ciencia (con su principal exponente en Gaudí), y por último, un paseo por las calles barcelonesas cuyo nombre está relacionado con la ciencia. En una segunda parte nos describe unos itinerarios concretos y muy atractivos para recorrer la Barcelona científica, con mapas incluidos.

Desde luego, esta guía es una magnífica manera de divulgar la ciencia ya que además de ofrecernos una nueva visión de Barcelona con la ciencia como destino turístico, nos demuestra que al igual que el arte, la ciencia y la tecnología también forman parte de nuestra historia y cultura más cercana.



Summers, Joaquín. "Franklin. Electricidad, periodismo y política." Ediciones Nivola. Madrid, 2002. 192 págs. Precio: 16,90.

Benjamín Franklin, es uno de los personajes destacados en la historia del desarrollo de la electricidad. Gracias a sus investigaciones, elaboró una teoría capaz de explicar muchos de los fenómenos eléctricos que por entonces se conocían pero no se entendían.

Pero Benjamín Franklin fue mucho más que un hombre volcado por entero en la Ciencia y, en concreto, a las investigaciones en el campo de la electricidad. En pleno período de la Ilustración americana, Franklin fue un hombre completo preocupado por la situación política de la época, la ética puritana, el emerger de los medios de comunicación y las actividades literarias. Así es como lo presenta con todo lujo de detalles en este libro su autor Joaquín Summers.

A un personaje como Franklin siempre

le rodea una aureola de mito, leyenda y realidad. Por ello, es destacar el esfuerzo que realiza el autor al exponer todos los estudios del científico de tal manera que deja clara la parte de mito y leyenda que hay en Benjamín Franklin y su realidad, evitando en todo momento que se superpongan en el análisis.

A lo largo de este relato, se entremezclan de manera amena y rigurosa todos sus aspectos personales y familiares con los más puramente profesionales, demostrando que Benjamín Franklin fue, tal y como está considerado, uno de los más significativos representantes de la Ilustración americana.

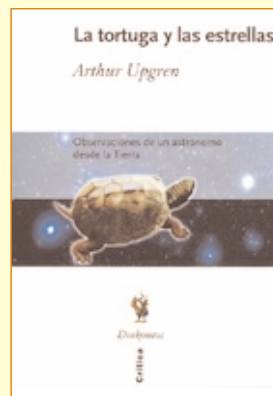


Weinberg, Steven. "El sueño de una teoría final. La búsqueda de las leyes fundamentales de la naturaleza". Editorial Crítica. Biblioteca de bolsillo. Barcelona, 2003. 254 páginas.

"Si alguna vez alcancé una belleza que hubiera visto y deseado, tan sólo fue un sueño de ella". Esta frase con la que Steven Weinberg comienza el prólogo de "El sueño de una teoría final" bien pudiera resumir así la sensación del estado en el que se encuentra la ansiada Teoría del Todo. Después de los éxitos de los años setenta el sueño de alcanzar una teoría que unificara todas las fuerzas parecía más cerca, pero de momento sigue siendo un sueño. Conforme más se avanza más energía hace falta para desentrañar y verificar las teorías que intentan describir el funcionamiento de lo más íntimo de la materia, pero hay un pequeño escollo para alcanzar estas energías, como en todo, se necesita mucho dinero, en esta ocasión, para construir los "collider" o colisionadores que alcancen las energías deseadas por los físicos.

La editorial Crítica nos presenta la primera edición de bolsillo de esta gran obra de Steven Weinberg que, en línea con su Best Seller "Los tres primeros minutos del Universo", afronta unos temas que pueden resultar muy farragosos para un público

alejado de la física pero que en su pluma se convierten en un gran libro de divulgación. En esta ocasión, este premio Nobel de Física por sus trabajos sobre la unificación de las fuerzas fundamentales, nos relata la idea de una teoría final, los pasos que se han ido dando para llegar a esta concepción y los problemas que existen para poder alcanzarla.



Upgren, Arthur. "Las tortugas y las estrellas. Observaciones de un astrónomo desde la Tierra". Drakontos. Barcelona, 2003. 286 páginas.

La curiosidad es innata en los seres humanos, y particularmente en los niños, donde descubrir los fenómenos de la naturaleza es algo casi mágico, sin embargo cuando vamos creciendo y nos explican como funcionan estos fenómenos quizás puede desaparecer esta magia.

En "Las tortugas y las estrellas" Arthur Upgren, consigue transmitir al lector toda la magia y emoción de descubrir la física del comportamiento del universo que nos rodea. Con un rigor científico muy preciso, pero con sencillez y amenidad, el autor consigue atrapar al lector desde el primer momento.

A través de las casi 300 páginas que tiene este libro, Upgren trata de facilitar al público general las claves para conocer el por qué de muchos espectáculos astronómicos, raros o habituales, como los eclipses, la luz, la oscuridad, el cielo y su color, la luna llena, planetas y constelaciones, la Vía Láctea...

Además de explicar estos fenómenos, el libro es una reivindicación para poder ver así un cielo limpio, sin contaminación lumínica, que nos permita disfrutar de la belleza que hoy nos ocultan las ciudades. En el primer capítulo que da nombre al libro, "La tortuga y las estrellas", el autor nos muestra la importancia para algunos seres vivos, entre ellos las tortugas marinas, de tener este cielo sin contaminar para que puedan poner sus huevos en la oscuridad de la noche.



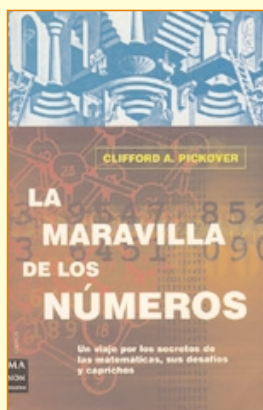
Gómez Aranda, Mariano. "Sefarad científica. La visión judía de la ciencia en la edad media". Edita: NIVOLA libros y ediciones, S.L. Madrid, 2003. 157 páginas.

Los judíos de Sefarad heredaron la ciencia de los musulmanes, que a su vez habían asimilado los conocimientos científicos de los países que conquistaron, transmitiendo la ciencia griega, persa, egipcia e india.

El desarrollo de la astronomía y la astrología por Abraham ibn Ezra y Abraham Zacuto y la aportación de Maimónides en el terreno de la medicina ponen de relieve la preocupación de los judíos de Sefarad por integrar la ciencia heredada de la Antigüedad en su propio sistema de pensamiento.

También fueron conscientes de que les abría el camino para alcanzar las altas esferas del poder y les permitía justificar, ante los defensores de las otras religiones, que los principios fundamentales del judaísmo y las tradiciones más antiguas en las que siempre habían creído tenían sólidos fundamentos racionales.

Mariano Gómez Aranda es científico titular del CSIC e investiga sobre la lengua y la cultura de los judíos en España en la Edad Media. Es autor de varias publicaciones sobre exégesis medieval en las que analiza cómo influyó la ciencia en las interpretaciones judías de la "Biblia"; entre ellas destaca la edición crítica, traducción y estudio de "El comentario de Abraham ibn Erza al libro del Eclesiastés".



Pickover, Clifford A. "La Maravilla de los Números". Un viaje por los secretos de las matemáticas, sus desafíos y caprichos. Edita: MA NON TROPPO. Un sello de ediciones Robinbook. Barcelona, 2002. 275 páginas.

¿Por qué los números romanos no se utilizan más que para usos muy concretos? ¿En qué consiste la demostración matemática de Gödel de la existencia de Dios? ¿Cuáles son los problemas matemáticos no resueltos más importantes? ¿Quiénes son los cinco matemáticos más "raros" de la historia? ¿Cuáles son las fórmulas matemáticas que cambiaron la faz del mundo? ¿Y los diez artículos matemáticos más extraños que se han publicado?

En este libro, continuación de "El prodigio de los números", Clifford A. Pickover vuelve a hacer las delicias de los amantes de las matemáticas. En "La maravilla de los números" se dan cita lo mejor y lo más sorprendente del mundo de las matemáticas: observaciones asombrosas, entretenidos y paradójicos rompecabezas de diferentes grados de dificultad, distracciones matemáticas..., con las respectivas respuestas a cada problema. Y si estos juegos le harán divertirse, también le apasionarán las ampliaciones temáticas, pensadas para el lector que quiera profundizar en los temas propuestos.

«Pickover ha escrito un libro maravilloso para poner a prueba su ingenio con una increíble variedad de acertijos y juegos matemáticos. Por el camino hallará fascinantes acontecimientos históricos y chismorreos matemáticos con los que disfrutar [...]

Una deliciosa selección de joyas refrescantes y poco conocidas de las matemáticas recreativas».



Nelkin, Dorothy "La ciencia en el escaparate". Libros de Fundesco, Colección Impactos. Madrid, 1990 ISBN: 84-86094-68-2. 147 páginas. Precio: 14 euros.

Dorothy Nelkin, socióloga de la Universidad de Nueva York, experta en la relación entre ciencia y sociedad, falleció este verano a los 69 años en su casa de Manhattan, vic-

tima de un cáncer. Nos deja un legado escrito muy notable y altamente recomendable para todos aquellos que estén interesados en la relación entre ciencia, medios de comunicación y sociedad. Cabe destacar: «Selling Science: How the Press Covers Science and Technology» (1987, reeditado en 1995, y del que existe traducción castellana de 1990 en la colección Impactos de Fundesco con el título «La ciencia en el escaparate»).

La Ciencia y la Tecnología están hoy en día muy presente en la prensa popular, para la mayor parte del público, sus conocimientos sobre estos temas provienen casi exclusivamente de lo que recibe por la prensa. La autora parte de que en una sociedad cada vez más dependiente del conocimiento es extremadamente importante contar con información honesta, crítica y exhaustiva sobre Ciencia y Tecnología.

Científicos, ingenieros y técnicos están siempre dispuestos a criticar la realidad de los informes científicos en los medios, y a achacar a los periodistas las imágenes negativas que los receptores puedan tener, no obstante según la autora, pocas veces pueden los técnicos documentar y especificar qué está realmente equivocado en las informaciones.

La relación Ciencia-Prensa es complicada pero desde los dos sectores hay que contribuir para que el público tenga realmente acceso a ese conocimiento, no basta sólo con transmitirlo; el verdadero conocimiento llega con la explicación de las circunstancias que concurren, así como del hecho en sí.



Elías, Carlos. "La ciencia a través del periodismo". Ediciones: Nivola, colección: Ciencia Abierta. Madrid, 2003 ISBN: 85-95599-73-2. 288 páginas. Precio: 19,50 euros.

La divulgación científica en los medios de comunicación es difícil, por ello, en un intento de unir a informadores y científicos Carlos Elías ha escrito un libro que, a través de artículos publicados por él en el diario El Mundo, reflexiona sobre la importancia y

las dificultades del periodismo científico.

"Un científico que no puede explicar la teoría más complicada a un niño de ocho años es un charlatán". Esta frase, con la que comienza el prólogo, atribuida a Einstein, es asumida por la mayoría de los científicos anglosajones, pero no por los españoles. La ciencia no es patrimonio de los científicos, sino de toda la sociedad, y para que llegue al público general ha de ser divulgada de una forma clara, sencilla y con un lenguaje accesible.

Los medios de comunicación actúan como difusores de la cultura y los hallazgos científicos. Si no fuera por los medios de comunicación, muy poca gente en estos momentos sabría algo del genoma, de cómo es Marte, del cambio climático, los océanos o la carrera espacial. Incluso tampoco sabría nada de lo poco que cobran los investigadores y de lo difícil que es dedicarse a esta actividad en España.

Con este libro el autor pretende aportar soluciones a los problemas a los que se enfrenta el periodista científico en nuestro país. Culpa de ello a las reticencias de los investigadores a facilitar la información y a la falta de sensibilidad de los medios hacia estos temas.

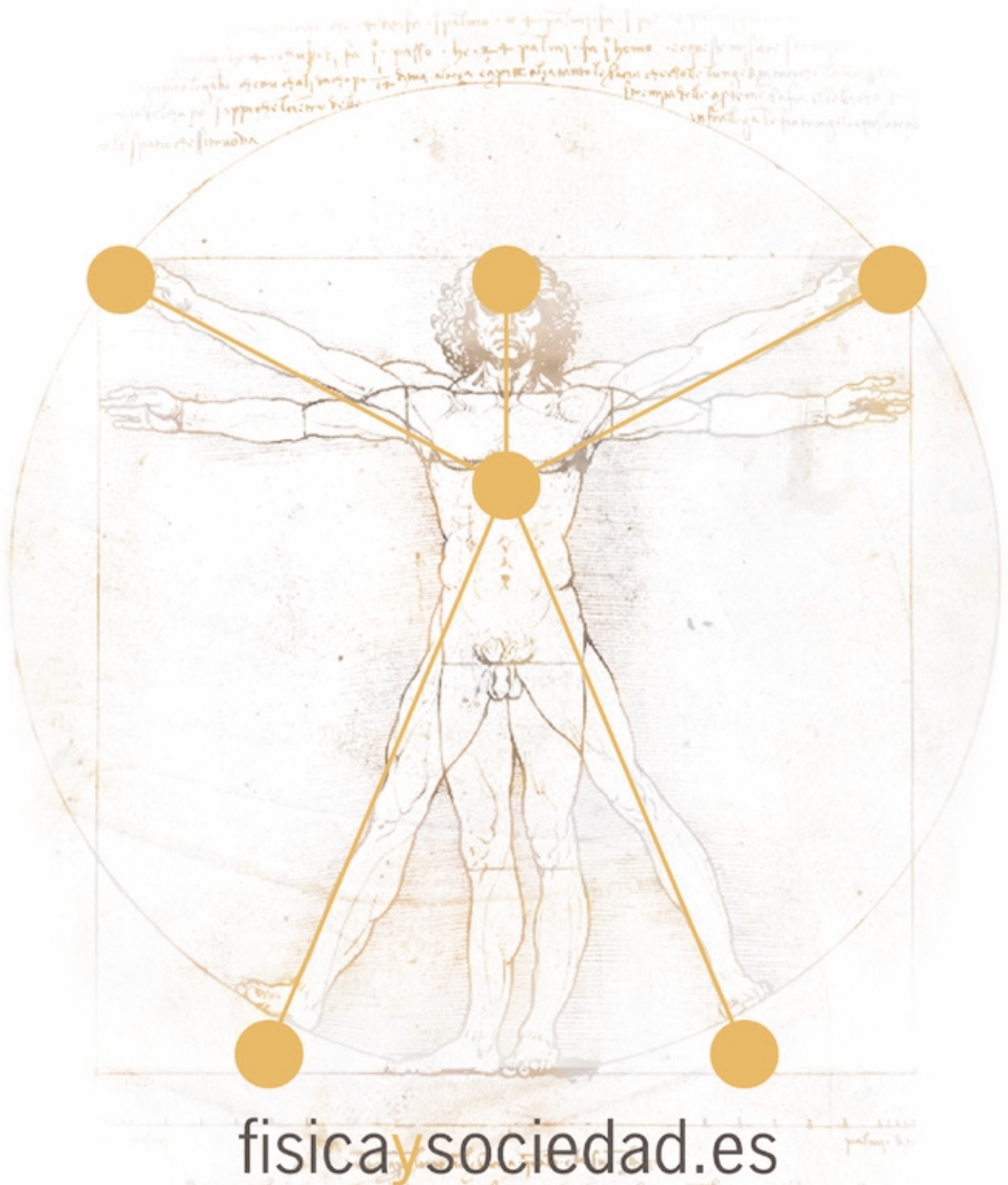


Atkins, Peter. "El dedo de Galileo". ISBN: 84-670-1110-6. Editorial Espasa Calpe. 436 páginas.

El autor es profesor de Química en la Universidad de Oxford, y también imparte clases en la Universidad de Lincoln, Oxford. Habitualmente es invitado a programas de radio y televisión, colabora en el programa "Great Britons" de la BBC 2. Es autor de varios libros de texto de Química muy conocidos: Cómo crear el mundo, La creación, Química general, La segunda ley y Química Física, entre otros.

Este, es un texto muy claro, con ingenio y encanto, escrito, en un estilo muy accesible para que los no científicos puedan entender de forma clara las ideas más complicadas, por uno de los grandes comunicadores de la ciencia a nivel internacional actualmente. ■

La Física en la Sociedad



fisicaysociedad.es



El nuevo Congreso Nacional
del Medio Ambiente

www.conama.es

CONAMA  **VII**

CUMBRE DEL DESARROLLO SOSTENIBLE

del 22 al 26 de noviembre de 2004

**Madrid · Palacio Municipal de Congresos
del Campo de las Naciones**

C/General Martínez Campos, 17 · 28010 Madrid

Tel.: 91 447 06 77 · Fax: 91 447 20 06

e.mail: info@conama.es