

La divulgación de la física en el siglo XX

Popularization of physics in the 20th century

David Jou

Este artículo nos ofrece un recorrido por los descubrimientos científicos y las revoluciones conceptuales que han determinado el conocimiento que hoy tenemos de la realidad: cómo es el universo o cuál es la naturaleza íntima de la materia. Se analiza la tradición divulgativa que estos temas han suscitado a través de libros y revistas publicados fuera y dentro de nuestro país.

This article leads us in a trip through scientific discoveries and conceptual revolutions determinant for our current knowledge about reality: how is the Universe like or which is the inner nature of matter. The author analyses as well the popularization tradition generated by those subjects, by means of books and magazines published within and outside our borders.

La física ha constituido una fuerza cultural de primer orden a lo largo del siglo XX. Lo ha sido no propiamente como ciencia especializada, sino como base de revoluciones tecnológicas que han incidido profundamente en la vida cotidiana de millones de personas, y como fuente de profundos cambios conceptuales en la forma de comprender e imaginar el mundo. Recordemos, entre las primeras, cinco revoluciones: microelectrónica, ordenadores, energía nuclear, vuelos espaciales y telecomunicaciones y, entre los segundos, los cambios de visión del mundo provocados por la teoría de la relatividad y la física cuántica. La ruptura de la frontera entre un saber especializado y un auténtico motor cultural hubiera sido imposible sin una amplia actividad divulgativa, que extendiera entre el gran público las novedades de los sucesivos descubrimientos y las inquietudes por ellos suscitadas.

Al intentar trazar una panorámica de la divulgación de la física en el siglo XX conviene, para alcanzar una cierta nitidez de visión que trascienda el agobio de la multitud de obras de divulgación, centrarse en unas pocas grandes líneas conductoras. Propongo adoptar para éstas cinco grandes ámbitos temáticos: 1) astronomía y cosmología, 2) partículas elementales, 3) las revoluciones conceptuales de la relatividad y la física cuántica, 4) las consideraciones macroscópicas sobre la materia y 5) la reflexión general sobre la física en un contexto cultural más amplio. Excluyo, en cambio, no por falta de interés sino por carencia de suficiente documentación, la divulgación de los conceptos físicos más directamente relacionados con la tecnología: tengo la impresión de que la bibliografía no es tan amplia en este campo como en los otros ámbitos a que me he referido anteriormente. Sin embargo, la discusión del papel de la tecnología en la vida y la cultura es incluida en no pocos textos dedicados a la reflexión general sobre la ciencia.

Debo advertir que me limitaré a libros de divulgación y ensayo, y sólo mencionaré a los escritos periodísticos muy ocasionalmente. También esta restricción es debida a mis limitaciones documentales y temporales, y no a una falta de interés del tema, tan sugerente. De hecho, los artículos periodísticos y los titulares de prensa han ejercido una influencia mucho más amplia que la de los libros, y creo que sería muy interesante profundizar en la relación entre periodismo científico y libros de divulgación escritos por científicos: cómo la prensa ha estimulado a los científicos a escribir, cómo ha dado a conocer sus obras divulgativas, o cómo ha falseado, con simplificaciones demasiado drásticas, esperanzas exageradas o errores manifiestos, las informaciones científicas. He optado por dedicar un apartado específico a la divulgación de la física realizada por científicos españoles, en lugar de incluirla en la actividad divulgativa estudiada en los apartados generales. Ello nos permitirá subrayar con mayor énfasis esta aportación, cuyo estudio pormenorizado y profundo podría resultar de gran interés para una historia del

desarrollo científico del país.

Astronomía y cosmología

Dedicamos el primer apartado al tema que más poderosamente y de forma más persistente a lo largo de los siglos ha atraído la atención del público: la contemplación del cielo y la consideración de los enigmas cósmicos. La física del siglo XX ha aportado tres grandes novedades a este campo: el incremento de posibilidades de observación, con el desarrollo de astronomía de radioondas, de rayos X y de rayos gamma, con el uso de satélites especializados y con el tratamiento informatizado de datos, que han abierto nuevas ventanas a aspectos sorprendentes del cosmos. En segundo lugar, la comprensión del papel decisivo de las reacciones nucleares como base de los procesos físicos subyacentes a la evolución y la estructura de las estrellas, que nos ha permitido comprender con profundidad la formación, evolución y final de las estrellas. En tercer lugar, la observación de la expansión del universo, que ha proporcionado la base de un modelo cosmológico sorprendente por su dinamismo expansivo y por la posibilidad, inédita anteriormente, de evaluar su edad a partir de datos observacionales. A estas consideraciones, deberíamos añadir los conceptos teóricos aportados por la relatividad general, que constituyen la base para la comprensión de dicho modelo, y que han cautivado la curiosidad del gran público.

Recordemos que la expansión del universo fue descubierta por Hubble en 1929, y que la fusión nuclear no fue propuesta como fuente esencial de energía de las estrellas, por Bethe, hasta 1939. Por ello, hasta mitades de los años cuarenta, no encontramos propiamente libros que recojan los aspectos más novedosos de las aportaciones de dicho siglo. Desde este punto de vista, y sin querer en absoluto minimizar ni desdeñar la actividad divulgativa de astrónomos relevantes anteriores (pensemos por ejemplo en la obra de divulgación de Eddington, *La naturaleza del mundo físico*, 1928), propondría concentrar nuestra atención en la obra divulgativa de la segunda mitad de siglo, que es la que por otro lado tenemos más presente.

El número de autores y de libros en este campo es tan grande, que es especialmente necesario adoptar unas referencias como patrón donde situarnos, antes de esbozar una panorámica. Así, mencionaré en primer lugar la obra divulgadora de cinco científicos: G. Gamow (*Un, dos, tres, infinito*), S. Weinberg (*Los tres primeros minutos del universo*, 1977), H. Reeves (*Paciencia en el azul*, 1986, *La hora de embriagarse*), S. Hawking (*Breve historia del tiempo*, 1988, *El universo en una cáscara de nuez*, 2001) y C. Sagan (*Cosmos*, 1982). Cada uno de estos autores ha realizado aportaciones valiosas a la cosmología. Y cada uno tiene, como divulgador, su propio estilo: Gamow es chispeante y ligero, Weinberg es más secamente especializado, Hawking es conciso y autoreferencial, Reeves es lírico, Sagan se adapta al lenguaje televisivo en su serie sobre el Cosmos que tanta audiencia alcanzó.

El campo de la cosmología ha atraído a tantos divulgadores que sólo podemos aspirar a mencionar algunas líneas. Mencionemos, por ejemplo, que algunos divulgadores han defendido modelos alternativos al del big bang, en especial, el modelo de la creación continua, entre ellos F. Hoyle (*El universo inteligente*, 1983), J. Narlikar (*La estructura del universo*, 1987), J. Singh (*Teoría de la cosmología moderna*, 1979), H. Arp (*Controversias sobre distancias cósmicas y los cuásares*), lo cual tiene el interés de subrayar los puntos débiles y las posibles limitaciones de la teoría dominante. Los autores de influencia francesa prestan mayor atención que los restantes a lo cultural y lo literario, quizás como resultado de la influencia del discurso a la vez riguroso y poético de Reeves, en autores como M. Cassé (*Del vacío y de la creación*, 1993), T.X. Thuan (*La melodía secreta*, 1988). Otros autores tratan aspectos diversos de las teorías recientes de la gravitación o de las partículas, como J. Wheeler (*Un viaje por la gravedad y el espacio-tiempo*, 1994), S. Hawking, G. Ellis y R. Penrose (*Cuestiones cuánticas y cosmológicas*, 1993), B. Greene (*El universo elegante*). Así como algunos,

entre los cuales están I. Novikov (*Cómo explotó el universo*, 1988) y M. Rees (*Antes del principio. El cosmos y otros universos*) se interesan en la posibilidad (mediante la física cuántica) de imaginar qué había antes del big bang (algo inadmisibles en el contexto clásico de la relatividad general) otros indagan, en cambio, el futuro del universo, como F. Close (*Fin*) y F. Dyson (*Infinito en todas direcciones*). Otros aportan detalles de diversa índole, como J. Trefil (*La cara oculta del universo*, 1993), R.V. Wagoner y D.W. Goldsmith (*Horizontes cósmicos*, 1982). Algunos dedican atención al desarrollo histórico de las teorías cosmológicas, como T. Ferris y H. Pagels, Otros han estructurado sus obras divulgativas en torno a la idea del principio antrópico, cuyo manifiesto inicial fue el libro de J. Barrow y F. J. Tipler (*The cosmological anthropic principle*, 1986), que destaca el papel crucial de los valores numéricos de las diversas constantes físicas para que pueda haber materia viva en el universo, y que ha sido tratado, desde perspectivas diversas, por J. Gribbin (*Coincidencias cósmicas*), O. Spiridónov (*Las constantes físicas universales*, 1984) y M. Rowan-Robinson (*Los nueve números del cosmos*).

En astrofísica, la nueva visión de las estrellas como hornos nucleares donde se han formado los átomos que nos constituyen, y su espectacular desmesura: los aspectos llamativos de los agujeros negros, y la violencia extraordinaria de las explosiones de las supernovas resultan muy atractivos. También en el contexto astrofísico se presta cada vez mayor atención a la formación de estrellas y sistemas planetarios, para analizar las posibilidades de existencia de vida en otros planetas. Entre otros autores, mencionaremos a M. Cassé (*Genealogía de la materia*, 2000), L.A. Marschall (*Historia de la supernova*), y J. Heidmann (*La vida en el universo*) y E. Schatzman (*Los hijos de Urania*, 1986). Asimismo, la información adquirida con las numerosas misiones espaciales ha arrojado nueva luz sobre numerosos detalles del sistema solar, divulgados por autores como R. Smoluchowski (*El sistema solar*, 1986).

Partículas elementales

El descubrimiento, entre 1950 y 1970, a medida que se incrementaba la energía que se podía alcanzar en los aceleradores, de una gran cantidad de nuevas partículas, y el esfuerzo de clasificarlas consistentemente fue uno de los motores más importantes de la física en este período. Dicha clasificación culminó hacia mitades de la década de 1970, con el éxito de las predicciones de la teoría de los quarks. En la actualidad, las partículas elementales se clasifican en dos grupos: los leptones (partículas elementales no sensibles a la interacción fuerte, como por ejemplo el electrón) y hadrones (partículas compuestas por quarks, sensibles a las interacciones nucleares fuertes, como por ejemplo el protón y el neutrón). Este campo se ha ido vinculando cada vez más a la cosmología, ya que en el universo primitivo, en concreto en momentos anteriores a las primeras décimas de segundo, muchas de estas partículas eran muy abundantes. La obra ya mencionada de Weinberg (*Los tres primeros minutos del universo*, 1977) fue una de las primeras en establecer este puente entre el conjunto del universo y sus constituyentes elementales. Por ello, muchas de las obras que hemos mencionado en la sección anterior, contienen mucha información sobre partículas. Entre los autores que han dedicado mayor atención al tema de las partículas sin situarlas de entrada en el contexto cosmológico podemos mencionar a H. Fritzsch (*Los quarks, materia prima del universo*), R. Feynman y S. Weinberg (*Las partículas elementales y las leyes de la física*, 1991), M. Gell-Mann (*El quark y el jaguar*), F. Close (*La cebolla cósmica*), R.L. Forward y J. Davis (*Explorando el mundo de la antimateria*).

El segundo gran motor de la investigación en grandes energías ha sido la búsqueda de una unificación de las interacciones conocidas (gravitatoria, electromagnética, nuclear débil y nuclear fuerte). Las interacciones electromagnética y nuclear débil fueron unificadas por la teoría de Weinberg, Glashow y Salam, confirmada experimentalmente en numerosas ocasiones, y existe también una teoría de gran unificación, que combina la

teoría unificada electrodébil con las interacciones nucleares fuertes. Sigue constituyendo un problema abierto la unificación de estas interacciones con la fuerza gravitatoria, que exige combinar gravitación con mecánica cuántica, lo cual sigue siendo uno de los objetivos principales de la física actual. Intentos en esta dirección se producen en el campo de las teorías de supercuerdas, según las cuales el espacio-tiempo tendría diez dimensiones, y las partículas no serían objetos puntuales, sino excitaciones de unas cuerdas que se movieran en este espacio de dimensionalidad superior. No se puede desglosar este campo de los desarrollos modernos en cosmología (toda la obra de Hawking, por ejemplo, es un intento de combinar relatividad general y física cuántica) ni de las teorías de partículas elementales. Entre los autores que han dedicado una atención más explícita a este tema podríamos citar a S. Glashow (*Interacciones*, 1990; *El encanto de la física*, 1993), P.C.W. Davies (*Superfuerza*), P.C.W. Davies y J. Brown (*Supercuerdas: ¿una teoría de todo?*, 1988).

Las revoluciones conceptuales de la relatividad y la cuántica

La relatividad especial y la física cuántica nos han obligado a cambiar profundamente algunos aspectos de nuestra imagen del mundo. En la relatividad especial, el espacio y el tiempo dejan de ser absolutos, para pasar a serlo la velocidad de la luz en el vacío. En la física cuántica, hallamos incertidumbre, indeterminación, complementariedad entre el sujeto y el objeto. Veamos con mayor detalle cómo se han divulgado estas novedades. La teoría de la relatividad especial, de 1905, ya llenó de asombro a los pensadores y al público. Éste, probablemente, interpretó la teoría más como una formulación de relativismo a ultranza que en su propio significado de absolutización de la velocidad de la luz y del intervalo espacio-temporal entre dos acontecimientos, en detrimento del carácter absoluto del espacio y el tiempo, viejos conocidos de la humanidad. La figura poco convencional de Einstein y de sus posiciones pacifistas y progresistas ampliaron el radio de atracción de estas ideas en el público. El desarrollo de la relatividad general, en 1915, y la comprobación observacional de algunas de sus predicciones más espectaculares, ocuparon titulares de portada en la prensa de la época, y elevaron a Einstein al nivel de Newton. Súmese a ello la participación indirecta de Einstein en el inicio de los proyectos de investigación nuclear que condujo a las bombas de 1945, cuyo desarrollo no hubiera sido posible sin la comprensión teórica del fenómeno nuclear a partir de la famosa ecuación $E = mc^2$. No sorprende, pues, que la relatividad y la figura de Einstein sean uno de los polos de la divulgación científica a lo largo del siglo XX. Evocaremos aquí, entre muchas otras, las obras divulgativas o ensayísticas del propio Einstein (*El significado de la relatividad*, 1921; *La teoría de la relatividad especial y general*, 1917; *Mi visión del mundo*, 1953; *Notas autobiográficas*, 1949), el repaso de los conceptos físicos efectuado por A. Einstein y L. Infeld (*La evolución de la física*, 1938), la introducción a la relatividad de B. Russell (*ABC de la relatividad*), y obras de G. Cohen-Tanoudji y M. Spiro (*Materia, espacio, tiempo*, 1986), B. Hoffman (*La relatividad y sus orígenes*, 1985), A. Sazánov (El universo tetradimensional de Minkowski, 1988), C. Will, (¿Tenía razón Einstein?), D. Bodanis (*$E = mc^2$. Biografía de una ecuación*) y las numerosas biografías de Einstein, en particular la tan detallada y precisa de A. Pais (*El Señor es sutil. Vida y obra de A. Einstein*) y las más descriptivas de C. Seelig, P. Michelsmore, H. Cuny, C. Bidon Chanel, E. Quintanilla, J. Rodríguez Lázaro, B. Kouznetsov, L. Navarro Veguillas y otros.

En una primera etapa, la del primer cuarto del siglo XX, las sorpresas conceptuales de la mecánica cuántica se centraban en la dualidad de partícula y onda, es decir, en el hecho de que la luz y la materia se presentaran a veces como partículas y a veces como ondas, siendo éstas dos incompatibles. Se tuvo que modificar la visión clásica, de manera que ondas y partículas no constituían la realidad más profunda, sino manifestaciones de esta realidad que resultaba inaccesible a la intuición. Pero este distanciamiento entre

fenómeno y nómeno, para decirlo en términos kantianos, no agotaba las sorpresas de la física. Se descubrió que la física cuántica implicaba un indeterminismo de fondo de la naturaleza, plasmado en las relaciones de incertidumbre de Heisenberg, lo que llamó poderosamente la atención de los filósofos. Estas sorpresas impregnan las publicaciones ensayísticas o divulgativas de los fundadores de la teoría cuántica, como Planck (*Conferencias y recuerdos*, 1949), Bohr, Heisenberg (*El todo y la parte, Encuentros y conversaciones con Einstein y otros ensayos*), Born (*Ciencia y conciencia en la era atómica*), Schrödinger (*Qué es la materia*, y otras obras de las que hablaremos posteriormente). De estos autores, la mayoría escriben tan sólo artículos surgidos de conferencias, más que aspirar propiamente a libros en conjunto, con la excepción de Schrödinger.

El éxito predictivo de la física cuántica hizo que la mayoría de físicos optaran por un positivismo bastante elemental y limitaran su atención a efectuar predicciones sobre resultados experimentales, sin preguntarse más a fondo por la realidad. P. Feynman (*Electrodinámica cuántica. La extraña teoría de la luz y la materia*, 1985). El trabajo de físicos como D. Bohm y J. Bell sobre la existencia o no de una realidad objetiva condujo, a finales de la década de 1960, a posibilidades de confrontación experimental entre las predicciones que surgirían del carácter completo o no completo de la descripción cuántica, con éxito considerable para la descripción cuántica. Entre los autores que han divulgado estas novedades conceptuales debemos mencionar a B. d'Espagnat (*En busca de lo real*, 1979), J.S. Bell (*Lo decible y lo indecible en mecánica cuántica*, 1987), S. Ortolí y J.P. Pharabod (*El cántico de la cuántica*, 1984), J.M. Jauch (*Sobre la realidad de los cuantos*, 1973), F. Selleri (*Física sin dogmas, El debate de la teoría cuántica*, 1986), J. Gribbin (*En busca del gato de Schrödinger*), P.C. Davies (ed.) (*El fantasma en el átomo*), M. Talbot (*Más allá de la teoría cuántica*). Algunas de estas inquietudes han sido relacionadas con las filosofías orientales por F. Kapra (*El tao de la física*, 1979), en una línea esbozada inicialmente por Schrödinger, y ha alcanzado un gran éxito de público.

Materia

Hemos hablado ya de las partículas elementales como constituyentes básicos de la materia. Pero la materia no se presenta a nuestra experiencia directamente en esta forma, sino formando objetos macroscópicos que van desde las células biológicas hasta el planeta, para no extendernos a escala superiores, ya tratadas al hablar de cosmología y de astrofísica. El análisis de la materia supone diversas perspectivas. Una de ellas es la termodinámica. Destaca, en este campo, la obra de I. Prigogine, que ha realizado importantes aportaciones a la termodinámica del no equilibrio, y ha contribuido a la reflexión sobre el tiempo y sobre la estructura en sistemas alejados del equilibrio. Sus obras, la mayoría de las cuales escritas en colaboración con I. Stengers, son *La nueva alianza* (1982), *¿Sólo una ilusión?* (1983) y *Entre el tiempo y la eternidad* (1979). También en termodinámica, especialmente en la relación de esta teoría con el concepto de flecha de tiempo, podemos mencionar asimismo las obras de P. Coveney y R. Highfield (*La flecha del tiempo*, 1990), R. Morris (*Las flechas del tiempo*) y P.W. Atkins (*La segunda ley*).

La teoría del caos determinista ha recibido una gran atención popular, en buena parte por su nombre especialmente llamativo (algo semejante ocurrió anteriormente con la obra del matemático R. Thom sobre teoría de las catástrofes). Alcanzó un gran éxito la obra del periodista J. Gleick (*Caos. El nacimiento de una nueva ciencia*, 1988). Entre los creadores de la teoría, destacan las obras de B. Mandelbrot (*Los objetos fractales*, 1975; *La geometría fractal de la naturaleza*, 1982), D. Ruelle (*Azar y caos*, 1993) y E. Lorenz (*La esencia del caos*, 1995), las de los matemáticos J. Briggs y E.D. Peat (*Espejo y reflejo. Del caos al orden*, 1989), I. Stewart (*¿Juega Dios a los dados?*, 1991) y también la de M. Gell-Mann (*El quark y el jaguar*) que, pese a provenir de la física de las

partículas elementales, se ha interesado abiertamente por las nuevas teorías no lineales de la física.

La investigación en nuevos materiales (superconductores, fibras ópticas, semiconductores, suspensiones, medios granulares) y su posible incidencia en la tecnología ha sido objeto de textos de P.G. de Gennes (*Los objetos frágiles*, 1991) y S. Ortolí y J. Klein (*Historia y leyendas de la superconductividad*), entre otros. También ha recibido una atención considerable (aunque pocos libros en esta dirección han sido traducidos al castellano) la física del mundo cotidiano, que presenta situaciones de gran atractivo en divulgación científica. En este contexto debemos tener presentes varias obras de I. Asimov (*Cien preguntas sobre la ciencia*) y de J. Trefil. Otro campo de interés divulgativo, pero poco explorado, es la relación entre la física y la vida, en que podemos mencionar, por ejemplo, los escritos de S. Vogel (*Ancas y palancas. Mecánica natural y mecánica humana*, 1998).

Cultura

Muchos científicos se han preguntado por el papel de la física en la cultura contemporánea, por sus resonancias en la sociedad, por la responsabilidad del científico frente a las aplicaciones de la ciencia. Empezaremos este breve repaso por la obra de A. Einstein y L. Infeld, *La evolución de la física* (1938) que se mantiene dentro del campo de la física, pero desde una perspectiva conceptual; E. Schrödinger, después de la Segunda Guerra Mundial, pronunció en el Instituto de Estudios Avanzados de Dublín, donde se refugió tras el ascenso del nazismo, diversas series de conferencias que resultaron muy influyentes: especialmente, el ciclo “¿Qué es la vida?”, atrajo a bastantes físicos jóvenes hacia el estudio molecular de la biología, y se anticipó, con algunas intuiciones memorables, a los desarrollos futuros de la biología molecular tras el descubrimiento de la estructura del DNA; otros ciclos de conferencias de Schrödinger son: «¿Qué es una ley de la naturaleza?» y «Mente y materia». También otros autores se han interesado especialmente por la naturaleza de las leyes físicas y por el papel de las matemáticas en la descripción del mundo; cabe mencionar, especialmente, a R. Feynman (*El carácter de la ley física*) y J. Barrow (*Impossibility*, 1998; *Pi in the Sky*, 1992; *A world within a world*, 1990; *The cosmological anthropic principle*, 1986, y otras obras, pocas de ellas traducidas al castellano).

Algunos autores han esbozado visiones muy generales de la física orientadas hacia la resolución de grandes cuestiones culturales. Así, R. Penrose (*La nueva mente del emperador*, 1991; *Sombras de la mente*, 1995) trazaba un cuadro en que física cuántica, relatividad general y termodinámica eran utilizadas para argumentar el carácter no algorítmico de la conciencia y, por lo tanto, de la imposibilidad de conseguir ésta mediante algoritmos de inteligencia artificial. D. Bohm (*La totalidad y el orden implicado*) combinaba una interpretación de la mecánica cuántica mediante variables ocultas no locales con algunas analogías basadas en los hologramas para perfilar una nueva visión, poco convencional, sobre el orden de la naturaleza. J.M. Lévy-Léblond (*Conceptos contrarios o el oficio de científico*, 1996) ha analizado con espíritu crítico diversos aspectos sociológicos de la práctica de la ciencia.

Las biografías de científicos son otro campo de divulgación, especialmente eficaz para establecer un puente de diálogo con humanistas y para llegar a un público más o menos amplio. La figura más emblemática de la física del siglo XX es indudablemente A. Einstein, al cual se han dedicado numerosas biografías y ensayos, ya mencionados en el apartado sobre relatividad; otras personalidades llamativas, dentro del tono externamente anodino de la vida de la mayoría de científicos, han sido Schrödinger (biografía escrita por W. Moore, 1991), Feynman (biografía escrita por J. Gleick, 1992) o S. Hawking (biografías escritas por J. Boslough 1990, y K. Ferguson, 1991) que han suscitado recientemente la atención, fuera por el humor, el desenfado y la brillantez de Feynman como por las duras condiciones de vida de la enfermedad que ha paralizado a Hawking

desde su juventud.

Asimismo, es grande el interés de la perspectiva histórica como ámbito de divulgación científica. Para el gran público, destaca I. Asimov, divulgador tan influyente, autor, entre muchas otras obras de una Biografía de la física. Entre los historiadores de la ciencia, y aún de la cultura en general, ha sido muy influyente los estudios de T.S. Kuhn (*La estructura de las revoluciones científicas*) en que establecía un modelo general de cambio científico y de progreso y el de K. Popper (*La lógica de la investigación científica*); ambos autores utilizan muchos ejemplos extraídos de la historia de la investigación en ciencias físicas. El mismo Kuhn ha estudiado con detalle el inicio de la teoría cuántica (*La teoría del cuerpo negro y la discontinuidad cuántica*). Tema que ha atraído a muchos otros autores, como P. Forman (*Cultura, causalidad y teoría cuántica en Weimar 1918-1927*). Otros libros influyentes sobre la historia de la física son los de A. Koyré (*Estudios galileanos*, 1966), G. Holton (*Ensayos sobre el pensamiento científico en la época de Einstein*), I.B. Cohen (*La revolución newtoniana y la transformación de las ideas científicas*), W. Berkson (*Las teorías de los campos de fuerza. Desde Faraday a Einstein*), L. Sklar (*Filosofía de la física*, 1994).

El interés de las nuevas visiones de la realidad, sobre todo en cosmología, física cuántica, constitución de la materia y teoría del caos, ha alcanzado la teología, otra exploradora de los fundamentos de la realidad. Por ello, conviene mencionar algunas obras sobre las relaciones entre la física y la teología. Desde el lado de la física, podemos mencionar a P.C.W. Davies (*Dios y la nueva física*) y F. Tipler (*La física de la inmortalidad*), desde el lado de la teología, a C. Tresmontant (*Teología y ciencias de la naturaleza*, 1970) y dos teólogos con formación de físicos, S. Jaki (*La importancia de la física*) y J. Polkinghorne (*Ciencia y creación*, 1988; *Ciencia y providencia*, 1989; *Ciencia y fe cristiana*, 1994; *Quarks, caos y cristianismo*, 1994). En algunas ocasiones, conversaciones entre filósofos creyentes y científicos agnósticos han alcanzado una gran difusión, como en el caso del libro de J. Guitton, I y G. Bogdanov (*Dios y la ciencia*, 1996). Finalmente, algunos autores han relacionado la física con otras espiritualidades, como el ya mencionado F. Kapra (*El tao de la física*, 1979) o M. Talbot (*Misticismo y física moderna*, 1980).

La divulgación de la física en España

Dedico este último apartado a considerar con cierto detalle la divulgación realizada en Cataluña, y en España en general, durante el siglo XX. Durante los primeros años del siglo, destacan dos figuras notables que dedican un esfuerzo considerable a esta labor: se trata de Josep Comas i Solà, astrónomo, director del Observatorio Fabra de Barcelona y a quien se deben bastantes descubrimientos de interés, que mediante su participación en la prensa barcelonesa de la época logra suscitar una atención considerable en sus conciudadanos, y en Cataluña en general, donde aparecerán sociedades astronómicas, entre las cuales destaca la de Sabadell. En Madrid, el matemático, físico e ingeniero de caminos José Echegaray, que también recibió el premio Nobel de Literatura en 1902, publicó numerosos artículos sobre temas físicos.

Después, esta tradición divulgativa parece truncarse, en tanto que se aumenta, en cambio, el interés por potenciar el desarrollo de la investigación científica. El Institut d'Estudis Catalans en Barcelona y la Junta de Ampliación de Estudios en Madrid convocan becas de investigación en el extranjero e invitan a científicos de prestigio, entre los cuales destaca Einstein, cuya visita a ambas ciudades en 1923 fue seguida con notable interés por la prensa.

La tradición editorial de Barcelona se refleja también en la divulgación. Hacia 1920 es fundada la revista Ibérica por los jesuitas, fundadores y responsables de dos iniciativas científicas tan influyentes como el Instituto Químico de Sarriá y el Observatorio del Ebro. Más o menos en la misma época es fundada en Barcelona la editorial Labor, que durante unos setenta años realizará una importantísima tarea de publicación de libros

científicos, técnicos y divulgativos.

La Guerra Civil truncará la mayoría de las iniciativas culturales españolas, durante un período bastante largo —con una represión acentuada, en Cataluña, por la prohibición del uso del catalán en todos los ámbitos públicos—. No obstante, de forma ocasional, algunos autores, como M. Masriera, hablarán de las novedades de la física desde sus colaboraciones en *La Vanguardia*. Poco a poco irán surgiendo y multiplicándose las editoriales interesadas en divulgación, aunque buena parte de esta tarea irá más bien enfocada hacia las ciencias naturales. En Barcelona, además de la ya mencionada Labor, destacan Tusquets (con la colección Metatemas), Ariel, Crítica (actualmente del grupo Planeta), Plaza Janés, Gedisa, Omega, Kairós y Prensa científica, en castellano; Rubes Editorial en castellano y catalán, y Edicions 62 y Pòrtic en catalán. En Madrid, Alianza Editorial, Espasa Calpe y Debate. En lo que respecta a la producción de colecciones para la distribución en quioscos, Orbis y RBA. No debemos olvidar las editoriales vinculadas a las universidades, alguna de las cuales (Complutense de Madrid, por ejemplo, publican colecciones de divulgación). En lo que respecta a las revistas, en Barcelona, son traducidas *Scientific American (Investigación y ciencia)* y *La Recherche (Mundo científico)*, mientras aparecen en catalán la revista *Ciència* (cuya aparición ha quedado truncada en dos ocasiones) y la *Revista de Física*, de la Societat Catalana de Física. En Madrid, son publicadas *Muy Interesante* y otras revistas dedicadas a un público muy amplio y, más especializada, la *Revista Española de Física*, de la real Sociedad Española de Física. En Valencia, destaca la publicación reciente, en catalán, de la revista *Mètode* y la editorial Bromera, con una colección de divulgación, también en catalán.

La mayoría de obras de divulgación publicadas en España corresponden a traducciones. No obstante, hacia principios de 1980, alcanzada ya una cierta masa crítica en el número de investigadores, una serie de investigadores o de personas con elevada formación científica empiezan a colaborar en la prensa y a publicar libros. El suplemento de Ciencia y Tecnología de *La Vanguardia*, por ejemplo, ejerció un importantísimo papel movilizador en esta dirección, en lo que se refiere, al menos, a Cataluña. Destacaremos a continuación algunos autores.

En catalán, podemos mencionar Francesc Nicolau (*Ciències físiques i filosofia de la naturalesa, La constitució de la matèria*, 1986; *Els astres i l'astrofísica*, 1992, además de obras sobre la evolución, el cerebro, la geología), Xavier Duran (*L'esperit de la ciència*, 1991; *En el llindar del futur*, 1990; *El nacionalisme a l'era tecnològica*, 1994; *Les cruïlles de la utopia, Cent noves preguntes sobre la ciència*), Santiago Riera (*Origen i evolució de l'univers*), Eduard Salvador (*L'univers conegut*, 1992), Giner-Sorolla (*Un nou Gènesi*, 1975), J.M. Trigo (*Nosaltres a l'univers, L'origen del sistema solar*), A. Lloret (*Física pop*, 1974; *Diccionari de física nuclear*, 1972), J.E. Llebot (*Els fluids de la vida*, 1995; *El canvi climàtic*, 1997), D. Jou (*Matèria i materialisme*, 1994; *El temps i la memòria en la ciència contemporània*, 1999).

En castellano, J. Wagensberg (*Ideas sobre la complejidad del mundo*, 1985; *Ideas para la imaginación impura*, 1999), D. Jou y M. Baig (*La naturaleza y el paisaje*, 1993), E. Battaner (*La física de las noches estrelladas*), C. Sánchez del Río (*Desarrollo de los conceptos y de las teorías físicas*), F.J. Ynduráin (*Electrones, neutrinos y quarks*), J.M. Sánchez Ron (*El origen y el desarrollo de la relatividad*, 1983; *Historia de la física cuántica*, 2000), L. Navarro Veguillas (*Einstein, científico y rebelde*), C. Pajares, Fernández Rañada, R. Alemán (*Grandes metáforas de la física*, 1998; *Tras los secretos del universo*, 2001). También ha habido obras dedicadas a la relación entre física y teología como Fernández Rañada (*Físicos y Dios*), M. García Doncel, u obras de pensadores procedentes de otros campos pero con un interés notable por algunos aspectos de la física, como el filósofo J. Ferrater Mora (*De la materia a la razón*), o el historiador de la medicina y académico P. Laín Entralgo (*Cuerpo y alma*, 1991).

Desgraciadamente, la bibliografía producida por nuestros científicos no ha ejercido casi nunca una influencia internacional de alcance mundial, ya que casi ninguna obra ha sido traducida a otras lenguas.

Conclusiones

Esta breve síntesis sobre la divulgación de la física ha dejado en la penumbra las aportaciones de los periodistas, limitación de la que ya he advertido en la introducción del artículo. Creo que sería muy interesante profundizar en el análisis de la interacción entre científicos y periodistas. En concreto, se podría explorar hasta qué grado los científicos han participado directamente en la prensa o, por el contrario, han dejado a los periodistas la labor de divulgación. Se debería ponderar cuál ha sido el interés de los periodistas por tener una relación directa con los científicos para transmitir al público información de primera mano, dar a conocer su labor, y estimular las vocaciones científicas en los jóvenes. Se podría estudiar qué resonancia tuvieron en la prensa los descubrimientos que hemos ido mencionando. Sería ilustrativo analizar cómo recibió la crítica la aparición de libros de divulgación y rastrear su influencia en los escritos de los pensadores contemporáneos. De hecho, en el último cuarto de siglo se ha vivido una explosión de la divulgación realizada por científicos, superando así la desconfianza que anteriormente muchos de ellos sentían hacia la divulgación. Han contribuido a ello los grandes éxitos de ventas de algunos títulos, que han estimulado a las editoriales a invertir y promocionar colecciones de divulgación.

Un segundo aspecto a considerar sería la influencia de los medios audiovisuales en la divulgación. Estos medios requieren para el científico una dedicación muy superior a la de un artículo o un libro de divulgación, y puede contribuir a alejar a los científicos del mundo de la divulgación, si bien, por el contrario, puede acercar al público. Aún en el caso de que el científico se sienta atraído por participar en la divulgación, el medio expresivo basado en la imagen supone una dinámica a la cual el investigador no está acostumbrado.

En tercer lugar, cabe reflexionar sobre el papel que las redes informáticas de comunicación están jugando en la divulgación. Los periodistas pueden acudir directamente a ellas, sin necesidad de trato personal con el científico, lo que puede tener ventajas e inconvenientes. Entre las primeras, la mayor disponibilidad de información; entre los segundos, la falta de una relación directa que permita una discusión detallada de las dudas que surgen en la interpretación de las informaciones, o en la ampliación de las mismas.

Sería interesante, finalmente, seguir el rastro de las ideas científicas en la ciencia ficción y en la literatura, que permiten evaluar hasta qué punto el imaginario de una época se ha ido impregnando, desde la sorpresa a la naturalidad, del espíritu científico. En definitiva, me interesa no ocultar las limitaciones de este breve artículo; creo que el deseo de superarlas suscita numerosas cuestiones que podrían dar pie a investigaciones más profundas sobre la actividad de la divulgación científica.

David Jou

Poeta y físico. Doctor en Ciencias por la Universidad Autónoma de Barcelona (UAB). Catedrático de Física de la Materia Condensada de la UAB. Es miembro de la sección de ciencias y tecnología del Institut d'Estudis Catalans y de la Comisió per a l'Estímul de la Cultura Científica que asesora al Departamento de Cultura de la Generalitat de Catalunya. Ha publicado un centenar de trabajos de investigación sobre termodinámica de procesos irreversibles y mecánica estadística fuera del equilibrio, en revistas de difusión internacional, y cinco libros sobre estas especialidades. Por su obra científica ha obtenido los premios Eduard Fontserè (1983), Rey Juan Carlos I (1986), medalla Narcís Monturiol (1991) y Ciutat de Barcelona (1993). Como divulgador científico fue colaborador habitual del desaparecido Suplemento de Ciencia de *La Vanguardia*, donde publicó más de un centenar de artículos, dos libros y ha obtenido el premio Divulga (1981) del Museo de la Ciencia de Barcelona. Como poeta ha publicado 16 libros de poesía y ha recibido diversos premios literarios. Ha publicado también estudios sobre el escultor Pere Jou (1991).

david.jou@uab.es

Bibliografía

DOCE CLÁSICOS DE LA DIVULGACIÓN Y EL ENSAYO EN FÍSICA

En el texto me he limitado a obras traducidas al castellano, por lo cual he dado los títulos en esta lengua. La fecha indicada junto a cada obra corresponde, en cambio, a la de la primera edición en la lengua original, lo cual permite tener una visión más precisa del desarrollo histórico. En esta última sección, selecciono doce textos clásicos del ensayo o la divulgación en física del siglo XX, cuya lectura, generalmente accesible, es recomendable para quien quiera tener una idea de la influencia de la física en la cultura contemporánea.

- I. Asimov: *El Universo*, Alianza, Madrid, 1970.
- A. Einstein y L. Infeld, *La evolución de la física*, Salvat Editores, 1986.
- B. d'Espagnat: *En busca de lo real*, Alianza editorial, Madrid, 1983.
- R. Feynman y S. Weinberg: *Las partículas elementales y las leyes de la física*, 1991.
- J. Gleick: *Caos. El nacimiento de una nueva ciencia*, Madrid, 1990.
- S. Hawking: *Breve historia del tiempo*, Crítica, Barcelona, 1988.
- T.S. Khun: *La estructura de las revoluciones científicas*, Fondo de cultura económica, México, 1971.
- B. Mandelbrot: *La geometría fractal de la naturaleza*, Metatemas, Busquets, 1999.
- R. Penrose: *La nueva mente del emperador*, Mondadori, Madrid, 1992.
- I. Prigogine y I. Stengers: *La nueva alianza*, Alianza editorial, Madrid, 1983.
- E. Schrödinger: *¿Qué es la vida?*, Metatemas, Tusquets, Barcelona, 1980.
- S. Weinberg: *Los tres primeros minutos del universo*, Alianza editorial, Madrid, 1977.