

Tres libros de ciencia

Francisco J. Ynduráin

Es costumbre (o tal vez deberíamos decir era costumbre, antes de que se pervirtiese el aprendizaje pretendiendo que es posible estudiar sin esfuerzo) recomendar a los jóvenes, según iban pasando de la infancia a la edad adulta, distintas lecturas, cuyo grado de dificultad y sofisticación aumentaba con la edad del lector. Lecturas que, se supone, se elegían para que proporcionasen una base que formara la personalidad.

La elección de estos textos es relativamente sencilla en el dominio de la literatura: desde los cuentos de hadas de la niñez, a los que se puede volver en la edad adulta después de haber leído su interpretación psicoanalítica por Bettelheim, pasando por las novelas de aventuras (físicas o emocionales) para adentrarse, en los comienzos de la edad adulta, en lo que podríamos calificar de literatura «seria». Ésta es la escalera literaria habitual, aunque no todos hemos seguido la misma. En su obra autobiográfica *Les mots*, Jean-Paul Sartre nos cuenta cómo su idiosincrásica educación fue tal que descubrió a Racine y Homero antes que las novelas de aventuras. Y que, al leer estas últimas, encontró, con sorpresa, que la lectura también podía ser divertida. Pero, aparte de casos peculiares, aunque hay muchas posibilidades concretas, ciertamente todas son más o menos equivalentes. Por ejemplo, en lo que respecta a libros de aventuras, elegir entre los de Ryder Haggard o Conan Doyle cambia muy poco, en el sentido de que son igual de accesibles y probablemente igual de provechosos (o de no provechosos) para casi cualquier lector.

La situación resulta muy distinta si intentamos graduar lecturas que sirvan de introducción a la ciencia. La divulgación científica tiene un techo muy bajo; en cuanto se intenta pasar más allá de las meras descripciones, la necesidad de conocimientos técnicos presenta un obstáculo insuperable para prácticamente todos los lectores que no sean profesionales. Por eso no intentaré aquí hacer una selección de libros científicos o sobre la ciencia. Reconociendo mi incapacidad para tal tarea, me voy a limitar a comentar tres libros específicos: una novela en la que la ciencia desempeña un papel central (el libro de Volpi *En busca de Klingsor*), la biografía de una científica (*Marie Curie y su*

tiempo, de Sánchez Ron) y un libro de divulgación: *El universo en una cáscara de nuez*, de Hawking. Estos comentarios son, de hecho, reelaboraciones de recensiones escritas para las revistas *Saber Leer* (hoy extinta), de la fundación Juan March, y *Revista de Física*, de la Real Sociedad Española de Física. Pienso que su repetición puede tener la virtud de hacer estas recensiones accesibles a un grupo más amplio de lectores.

* * *

El texto de Jorge Volpi *En busca de Klingsor* (Barcelona: Seix Barral, 1999) es, desde bastantes puntos de vista, un libro especial. Narra una historia que puede parecer un relato convencional de espionaje (más al estilo de Le Carré que de Ian Fleming), en el que se entrecruzan tres historias de amor, alguna bastante tórrida, pero ninguna extraordinaria. Y sin embargo, el libro lo es.

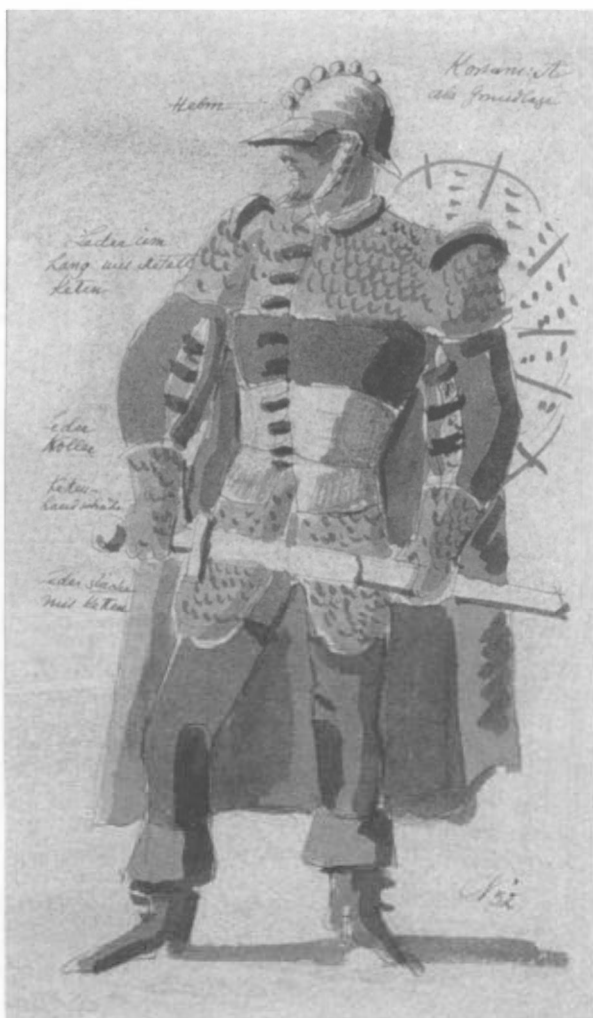
En la obra de Volpi seguimos las peripecias de sus dos protagonistas, Francis Bacon, un físico americano, y Gustav Links, un matemático alemán. Ya la elección del nombre del protagonista americano, que nos recuerda inmediatamente al de Guillermo de Baskerville de *El nombre de la rosa* (obra con la que nuestra novela tiene más de un elemento en común), nos indica que su trabajo de espionaje, o contraespionaje, no va a ser trivial. Después de pasar unos años en Princeton, en el famoso Instituto de Estudios Avanzados, Bacon se alista en el ejército de los Estados Unidos durante la Segunda Guerra Mundial, y al acabar ésta es enviado a Alemania en dos misiones. En una de ellas, la misión «Alsos» (dirigida por el holandés Samuel Goudsmit y dedicada a recopilar información sobre el programa científico alemán), arresta y escolta nada menos que a Werner Heisenberg, uno de los más grandes científicos alemanes, que, además, había sido líder del programa atómico del Tercer Reich.

La segunda misión, que es la que da nombre al libro, consiste en buscar a un personaje imaginario, cuyo nombre en clave es Klingsor y que, según la ficción, habría sido el hombre de confianza de Hitler en el programa científico alemán, encargado por éste de vigilar a un colectivo cuya falta de simpatía hacia el nacionalsocialismo era notoria. En esa tarea le ayuda Links, un colaborador de Heisenberg también imaginario.

Por supuesto, no es la novela de Volpi la única, ni muchísimo menos, en pasearse, tal una sombra ficticia, por uno de los períodos más turbulentos de la historia: piénsese en Fabricio del Dongo, en *La cartuja de Parma*, o casi todos los personajes de *Guerra y paz*, por citar dos ilustres ejemplos. Tampoco son las historias de espías, ni las de amores, a pesar de que están indudablemente bien escritas, las que hacen destacar al libro, al menos en mi opinión. Lo que Volpi nos propone, entremezclado con estas historias, es un extraordinario paseo por la gran ciencia alemana de la primera mitad del siglo XX y un contacto vívido con sus protagonistas. Bacon y Links entrevistan sucesivamente a Planck, Stark, Heisenberg (varias veces), Schroedinger (quien, fiel a su fama

de conquistador, intenta ligarse a la novia de Bacon) y, finalmente, Bohr, reconstruyendo su famoso encuentro con Heisenberg, en plena guerra. Y no sólo esto; antes de partir para Alemania, durante la estancia de Bacon en Princeton, tenemos ocasión de trabar conocimiento, a través de él, con otros tres genios de la ciencia: el húngaro John von Neumann, el austriaco Kurt Goedel y, cómo no, Albert Einstein.

Por lo dicho parecería que la novela fuese un *potpourri*; pero no sucede así. Volpi es capaz de ensamblar y dar verosimilitud a sus historias y de hacer que todos estos personajes míticos adquieran vida ante nosotros. Y no sólo eso. El autor no es cientí-



Diseño de vestuario para un personaje de ópera, por Caspar Neher. Ilustración de portada de *En busca de Klingsor*, de Jorge Volpi. Barcelona: Seix Barral, 1999

fico, ni físico, ni matemático, pues, según la biografía que aparece en la solapa del libro, Volpi (mexicano) estudió Derecho y Letras en su país, para doctorarse después en Filología Hispánica en Salamanca. Pero, a pesar de ello, consigue algo que a buen seguro hará palidecer de envidia a más de un divulgador profesional: no cometer apenas errores científicos, ni históricos, y convertir abstrusas disquisiciones sobre temas nada sencillos en interesantes exposiciones. Interesantes no sólo para un científico como el que esto escribe: el libro de Volpi consiguió el Premio Biblioteca Breve de 1999, y de hecho a mí me lo descubrió un literato sin conocimientos científicos, lo que prueba su accesibilidad e interés para cualquier lector.

Por el libro de Volpi desfila la teoría matemática de juegos aplicada a la economía y a la guerra, explicada por Von Neumann, su creador; se nos explica la incompletitud intrínseca de la aritmética, con ocasión de una visita de Goedel, y el problema del continuo (junto con una breve biografía de su originador, Cantor), y se nos introduce en las disputas sobre los fundamentos de la mecánica cuántica por boca de dos de sus creadores, Heisenberg y el austriaco ligón Erwin Schrodinger. Y se nos pasea por el programa atómico alemán, *en busca de Klingsor*.

El programa atómico alemán y la conjura para asesinar a Hitler son dos de los hilos conductores de este fascinante libro. Y éste, de nuevo, constituye uno de sus atractivos. Aunque por supuesto existen varios textos históricos o científicos acerca del tema, no hay, que yo conozca, una obra de ficción dedicada a él. Únicamente la obra de teatro *Copenhague*, de Michael Frayn, aparecida hace pocos años, se refiere indirectamente al asunto. *Copenhague* trata del encuentro entre Bohr y Heisenberg en 1943 en esa ciudad, ocupada por los alemanes; encuentro que, como dijimos, también aparece en el libro de Volpi. A pesar de la existencia de textos de divulgación, lo cierto es que el gran público no es consciente de los verdaderos hechos en relación tanto con el proyecto atómico alemán como con los de otros países (con la excepción, tal vez, del proyecto americano). *En busca de Klingsor* puede ayudar a rellenar alguno de estos huecos.

Pero el libro de Volpi no se limita al programa nuclear alemán: pasamos ahora a comentar otros dos temas que tienen un papel importante en él. El primero del que hablaremos es la cuestión *moral* de la participación de los científicos en los esfuerzos bélicos de sus países, que en el texto aparece, sobre todo, en relación con Heisenberg. ¿Estaba justificada esta participación por patriotismo? ¿Y está justificado el patriotismo cuando tiene por objeto una nación regida por un partido violento y fanático? ¿Tenía razón Heisenberg cuando reprochaba al comité aliado que lo interrogó que, después de todo, habían sido los *aliados* quienes habían lanzado bombas atómicas? ¿Y habían tenido razón los aliados al lanzarlas, y los científicos que colaboraron con ellos al hacerlo?

La cuestión se puede ver bajo dos aspectos. Uno de ellos se refiere al caso personal de Heisenberg; y otro es el más general de la colaboración de los científicos con el poder.

Con respecto al primero, Volpi nos recuerda la dura polémica que enfrentó a Heisenberg con Stark, líder del grupo antijudío, que calificaba la relatividad y la mecánica cuántica de *ciencia degenerada*. Parece claro que Heisenberg salió victorioso de la confrontación y que, después de esto, se convirtió en el niño bonito del régimen, a cuyas adulaciones sucumbió. Cierto es que no resulta fácil exiliarse, ni siquiera interiormente, y que si Heisenberg no hubiese aceptado este papel le hubiera sido difícil seguir con sus trabajos en física; pero también es cierto que el régimen nazi no era una dictadura cualquiera, sino una de las más odiosas y sanguinarias que hayan existido. Por más que quien esto escribe admire a Heisenberg, cuyo brillo como teórico no es inferior al de ningún otro físico de nuestro siglo (con la posible excepción de Einstein), no cabe duda de que su actitud no fue particularmente ejemplar. Otros colegas suyos, como Planck y Von Laue, por citar sólo a dos de los más famosos, rechazaron la degradación moral que el colaborar con el nazismo conllevaba.

El segundo aspecto es el de la colaboración en programas bélicos. Personalmente, no creo en el pacifismo absoluto. Pienso que hay que agotar todos los recursos antes de llegar a la violencia; incluso para oponerse a la propia violencia. Pero llega un momento en que la no beligerancia nos pone en peligro de exterminio, y en ese momento no utilizar todos los medios posibles para frenar la agresión tiene como consecuencia un daño incalculablemente mayor que hacerlo. Desde el punto de vista de un judío o, como en el caso de Fermi, de una persona casada con alguien de este grupo social, oponerse a Hitler con todos los medios era algo totalmente justificado. Pero no sólo para un judío; si hay algo evidente es que Hitler no se hubiese detenido en ellos en sus planes de exterminio y esclavitud, sino que los habría extendido a otros grupos «raciales»: eslavos, gitanos (a los que prácticamente liquidó por completo) y, después, «razas» arias consideradas degeneradas. Personalmente, no me parece que se pueda condenar a quienes colaboraron en la derrota del cáncer nacionalsocialista empleando los medios que para ello fueron necesarios. Eso no quiere decir que acepte todos los medios, ni mucho menos; considero a los responsables del bombardeo de Dresde, que fue un puro acto de venganza económica y militarmente innecesario, poco mejores que los verdugos del Tercer Reich.

Acerca de la cuestión específica de la bomba atómica y la moralidad de lanzarla sobre Japón, sobre lo que el libro de Volpi no se pronuncia a pesar de hacer hablar a Heisenberg y Schroedinger sobre ello, creo que es válido el análisis del presidente americano Truman, responsable de este lanzamiento: si no se hubiera hecho, la guerra habría durado muchos meses más, con un coste final de vidas (incluso japonesas) muy superior. Y, por otra parte, me parece una actitud puramente hipócrita la de quienes condenan la bomba atómica pero conviven alegremente con otros métodos de exterminio: al oírlos parece que, para ellos, lo malo no es que te maten, sino que lo hagan con un arma que no entienden.

* * *

Después de estas disquisiciones, y abandonando las cuestiones éticas o bélicas, volvemos a los temas propiamente científicos. Las entrevistas de los protagonistas con varios gigantes de la ciencia permiten a Volpi internarse en cuestiones bastante profundas. Y sus disquisiciones sobre ellas se revelan certeras: tan solo en unos pocos casos Volpi patina, como cuando se hace un pequeño lío a propósito de la desviación de la luz por campos gravitatorios predicha en la teoría de la relatividad de Einstein. Pero a cambio de esto puede el lector encontrar algunas explicaciones brillantes y sencillas, auténticas joyas de la divulgación científica. Por citar unas pocas, mencionaremos una descripción magistral del problema de la medida en mecánica cuántica, puesta en boca de Bohr; o un comentario particularmente lúcido de los problemas de Einstein con esta mecánica. Aparte de eso, Volpi muestra un conocimiento y una comprensión sorprendentes de temas científicos, algunos tan abstrusos como el mazazo de Goedel al programa matemático de Hilbert o su utilización de la parábola matemática de dos líneas que se cruzan, de tal nivel que quizás su altura no sea apreciada por los no expertos.

¿De dónde ha sacado Volpi los conocimientos para tales alardes? No, ciertamente (o al menos no sólo), de los textos que cita en su bibliografía. Sin duda, el autor de *En busca de Klingsor* ha debido de tener un contacto personal importante con científicos profesionales. Muchos detalles del libro parecen apuntar en esa dirección; entresacamos dos pasajes: en la página 161 puede leerse, acerca de su personaje: «Aún tenía esa soberbia característica de los científicos jóvenes que se creen capaces de un gran descubrimiento»; y en la página 280 leemos la siguiente frase, puesta en boca de Schroedinger: «Los físicos participaron en el proyecto Manhattan por orgullo». Frases que indican una notable intuición sobre la mentalidad de los científicos de carne y hueso, a diferencia de los fantasmas idealizados de tantas biografías; intuición que, como se ha indicado, sugiere un conocimiento directo de la personalidad de los científicos.

Además de todos los aspectos ya reseñados, es de agradecer la existencia de *En busca de Klingsor* por otro motivo más: representa la incorporación a la literatura en lengua castellana de un libro perteneciente a un género apenas representado antes en ella. Un género en el cual se combina la fluidez literaria y la ficción con el rigor intelectual, que implica, en particular, un estudio difícil y profundo del tema, siendo este tema de carácter científico o relacionado con la ciencia. Resulta difícil catalogar este género, pero el lector adicto encontrará en el texto de Volpi resonancias de muchos autores anglosajones, y alguno francés, que han entretijido la ciencia en sus relatos. Por supuesto, los Poe, Wells, Huxley o Verne; pero también los más recientes *Galileo's Daughter*, de Dava Sobel, o la citada *Copenhague*, de Frayn. En español sólo conozco a

Borges, aunque éste se inclina mucho más por la filosofía que por la ciencia, y alguna, rara, incursión de Baroja, por ejemplo, en *Paradox, rey*. En la mayoría de los casos, los autores en lengua castellana han ignorado la ciencia: alguno de ellos incluso alardeando de esta ignorancia.

El éxito que ha cosechado el libro de Volpi parece demostrar que el público hispano es tan receptivo como el de lengua inglesa a tales aventuras literarias; tal vez porque la sociedad española, ya que no nuestros gobernantes, comienza a estar sensibilizada sobre la importancia y el interés de la ciencia y empieza a apreciar la fascinación de las aventuras intelectuales.

* * *

El segundo libro que comentaré aquí es el de José Manuel Sánchez Ron *Marie Curie y su tiempo* (Barcelona: Crítica, 2000).

En 1998, el conocido historiador de la ciencia y físico teórico José Manuel Sánchez Ron, comisionado por el Consejo de Seguridad Nuclear para conmemorar el centenario del descubrimiento del radio y el polonio, escribió *Marie Curie y la radioactividad*. Este libro, editado por el propio Consejo, no tuvo distribución comercial y pudo únicamente ser disfrutado por un reducido círculo de lectores. Posteriormente el autor, respondiendo sin duda (al menos en parte) a las presiones de los que, conocedores del texto, pensaban que era una lástima que no pudiese llegar a un público más amplio, produjo una nueva versión con el título *Marie Curie y su tiempo*, que es el objeto de este comentario. Con respecto a la «antigua» versión, la nueva ha recortado el material gráfico (la inclusión de la totalidad del contenido hubiera hecho el precio del nuevo libro prohibitivo), lo que se compensa por la mayor extensión con la que se tratan ciertos temas. Entre ellos, una discusión más detallada de los esfuerzos por entender la radioactividad, la relación entre radioactividad y medicina y el papel de Marie Curie en la institucionalización de los estudios acerca de la radioactividad, por ejemplo, con la creación de revistas dedicadas al tema.

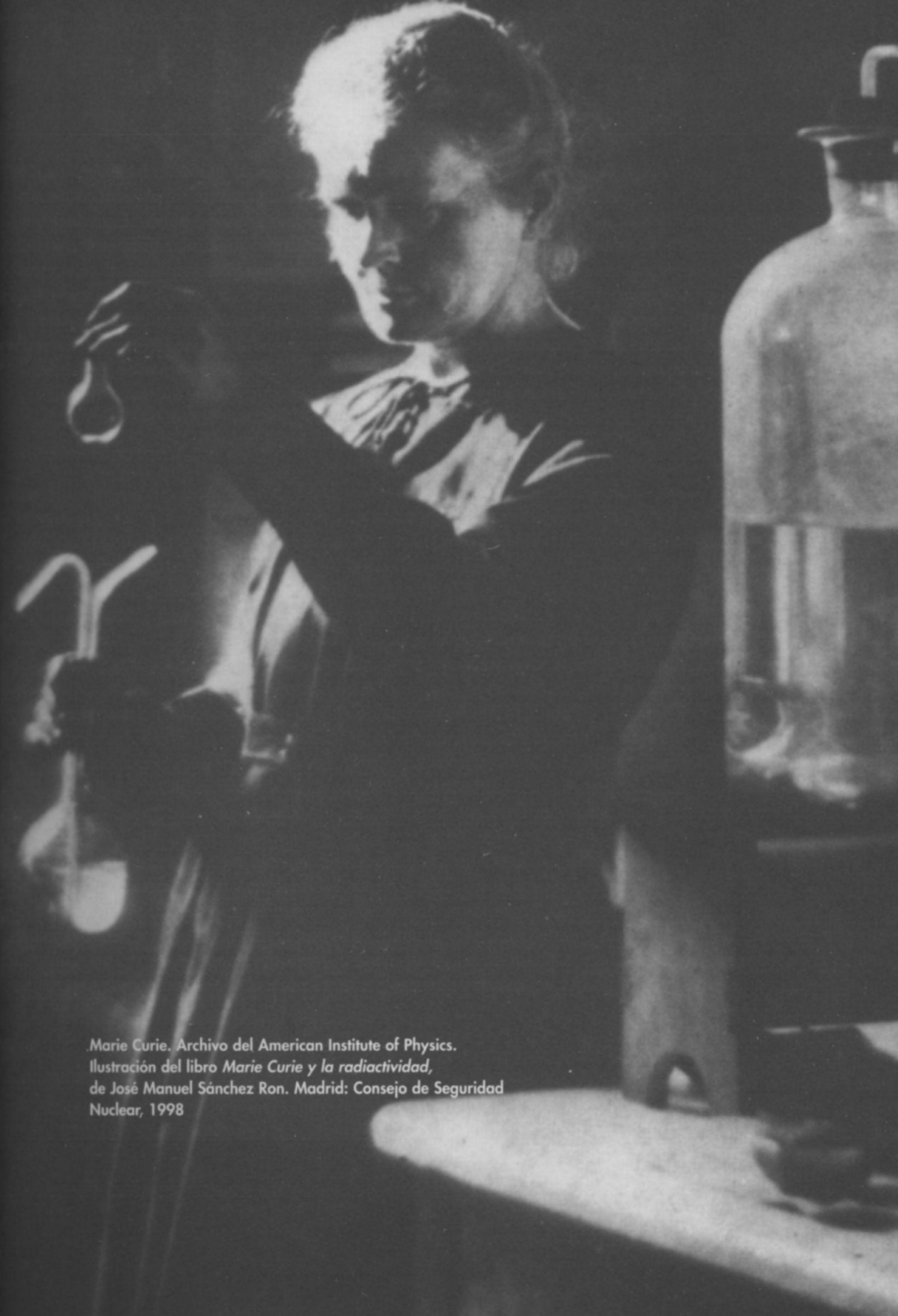
El resultado es un texto muy entretenido, accesible al gran público y que, además, constituye una utilísima guía y obra de referencia para la ciencia de la radioactividad (en un sentido amplio) en el primer tercio del siglo XX, esencialmente hasta el inicio de la Segunda Guerra Mundial. Con buen criterio, el autor no se limita a la biografía de la protagonista, sino que se ocupa con detalle de otras personalidades, muy especialmente los científicos conectados con la exploración de los fenómenos del mundo atómico y nuclear, el colectivo a cuyos miembros el gran físico alemán Pauli, en una famosa carta de 1930, se refiere como «señoras y señores radioactivos». En este sentido, el contenido del libro hace más justicia al título primitivo (*Marie Curie y la radioactividad*) que al nuevo. Entre estas personalidades que aparecen en el libro

de Sánchez Ron encontramos a figuras destacadas de la física y de la química de la época (no olvidemos que durante cierto tiempo los estudios de los fenómenos radioactivos involucraron a ambas ciencias). Aparecen en el libro los Rutherford y Soddy, Fermi, Thomson y Roentgen; y, por supuesto, Pierre Curie, esposo de Marie y copartícipe de sus más importantes descubrimientos, así como Irène y Frédéric Joliot-Curie, hija y yerno, respectivamente, de Marie, y muchos otros.

Divide Sánchez Ron el tema de su libro en tres grandes líneas, que se entrecruzan. La primera es la que podríamos denominar historia personal. Esta nos lleva desde los orígenes polacos de Maria Sklodowska, que nació en Varsovia en 1867, y sus primeros estudios allí, hasta la continuación de éstos en Francia y su matrimonio con Pierre Curie, después del cual, siguiendo la costumbre francesa, adoptó el apellido de su marido y pasó utilizar el nombre de Marie Curie con el que es universalmente conocida. En este punto se funde la historia personal de Marie con su historia como científica, y ésta con la de la nueva ciencia de la radioactividad. En efecto, Marie conoció a Pierre (por aquella época ya con prestigio profesional) en 1894; colaboró científicamente y se casó con él dos años después, lo que coincidió en el tiempo con el descubrimiento de la radioactividad por Becquerel (1896), y realizó alguna de las primeras contribuciones importantes al tema muy poco después.

Más adelante retoma Sánchez Ron la historia personal de su heroína cuando, como resultado de sus investigaciones sobre la radioactividad, Marie Curie se convierte en una celebridad mundial: el autor nos entretiene con la narración de sus apasionantes actuaciones y peripecias, unas veces más relacionadas con la ciencia y otras menos. Entre ellas se incluyen éxitos profesionales, como sus dos Premios Nobel, uno en Física y otro en Química, y fracasos casi simétricos: Marie Curie no fue admitida en la Academia de Ciencias de París, rechazada como química por los físicos y por ser física por los químicos (pero en realidad, muy probablemente, por el machismo de la Academia). Y también nos cuenta el autor las aventuras sentimentales de Marie, como el *romance* con el gran físico Paul Langevin, y su actividad política: viajes a América o a España, su actitud ante nuestra República o sus contactos con la Sociedad de las Naciones. La personalidad generosa de Marie, que probablemente contribuyó a encumbrarla a la fama casi tanto como sus méritos científicos, queda patente en sus actuaciones durante la Primera Guerra Mundial, cuando, al volante de un coche equipado con material para fines médicos, recorrió París en ayuda de los heridos en la contienda. Más de una vida pudo salvarse gracias a los tratamientos radiológicos (tanto rayos X como radioactividad) transportados por la *voiture radiologique*.

Todo esto contribuye a hacer más real y próxima la imagen de una de las personalidades más prominentes del siglo XX. Pero el autor no cae en la hagiografía. Aunque es evidente la simpatía con que trata a Marie Curie, no oculta sus carencias: en primer lugar, su escasa formación teórica (comparada, por ejemplo, con la de Rutherford), un



Marie Curie. Archivo del American Institute of Physics.
Ilustración del libro *Marie Curie y la radiactividad*,
de José Manuel Sánchez Ron. Madrid: Consejo de Seguridad
Nuclear, 1998

mal endémico de la física experimental francesa que hizo que la *comprensión* de los fenómenos que descubrió fuese reservada a otros; o la indudable medida en que su fama se benefició de la muerte de su marido, quedando ella como única representante del tándem, así como el origen de su mito, debido en parte a su condición de mujer, que, si bien le cerró las puertas de la conservadora Academia Francesa, la rodeó de un aura de irrealidad.

El segundo tema, que se entrecruza con el anterior, es la historia del descubrimiento y estudio del fenómeno de la radioactividad, una de las empresas científicas más apasionantes de la historia y una de las que han tenido repercusiones más impactantes en la sociedad. Haciendo justicia a la segunda parte del título de su libro, Sánchez Ron describe los trabajos de las figuras clave de esta aventura. Primero, los de los pioneros Roentgen y Becquerel, Mendeleev y Crookes y, por supuesto, el matrimonio Curie; después, los decisivos del neozelandés Rutherford y el americano Soddy.

El último capítulo del libro, en cierto modo un epílogo, se liga a los dos temas anteriores en dos vertientes: la primera, porque en él se describe el desenlace de la aventura científica de la radioactividad, con su explicación y comprensión básicas a cargo de personalidades como Heisenberg, Pauli y Fermi desde un punto de vista teórico, y, desde el experimental, Chadwick, de nuevo Fermi y el matrimonio Frédéric Joliot e Irène Curie. Estos dos, yerno e hija de Marie, proporcionan el segundo nexo, el personal, con las historias anteriores. Tal vez aquí se echa de menos una coda en la que, con la brevedad y superficialidad que fuesen necesarias, se contasen al menos las líneas básicas de los desarrollos de los estudios sobre la radioactividad después de la Segunda Guerra Mundial. El lector, al menos el profesional, hubiera apreciado unas palabras al respecto: porque lo cierto es que la comprensión definitiva de los mecanismos de la radioactividad sólo se completó en los años setenta del siglo xx.

La radioactividad, fenómeno que, como hemos dicho, constituye uno de los *leitmotiv* del libro de Sánchez Ron, fue descubierta en 1896 por Becquerel, de forma accidental. Recordamos que consiste en que algunas sustancias, como el uranio en el caso de los experimentos de Becquerel, emiten de forma espontánea ciertas *radiaciones* que tienen la capacidad de impresionar placas fotográficas. Dos años después, los Curie descubrieron nuevas sustancias (el radio y el polonio) que también emiten radiaciones; en años posteriores, el número de sustancias radioactivas, tanto naturales como artificiales, se incrementó, y en la actualidad ascienden a varios centenares.

Ya en un primer momento la naturaleza de estas radiaciones pareció misteriosa, pero los científicos no se percataron de la revolución (las revoluciones) que su existencia iba a plantear: revoluciones no sólo científicas, sino también sociales: piénsese en las causadas por la energía atómica, explosiva o no, cuyo desarrollo forma el telón de fondo de *Marie Curie y su tiempo*. Durante los primeros años se intentó explicar la radioactividad en términos de esquemas conocidos: como debida a alguna reacción

química de particular virulencia, y se consideró que las radiaciones emitidas podían ser similares a los rayos X, o los catódicos, descubiertos poco tiempo antes.

Sin embargo la radioactividad se fue revelando poco a poco como algo rebelde a la física y la química tradicionales; de hecho, como un fenómeno totalmente distinto de los hasta entonces estudiados y, en especial, de naturaleza no química. Podemos, siguiendo —en parte— el libro de Sánchez Ron, dividir la historia de la radioactividad en etapas, a partir de la primerísima de los descubrimientos pioneros.

En la siguiente etapa (que podemos hacer llegar hasta los años treinta), científicos como Bothe, Chadwick, Rutherford, Soddy o el matrimonio Joliot-Curie estudian la composición tanto de los rayos emitidos como de los átomos que los emiten. En particular, se establece que el radio emite tres tipos distintos de radiación, que se denotan con los nombres de las letras griegas *alfa*, *beta* y *gamma*. Las radiaciones *gamma* resultaron ser idénticas a la luz ordinaria o los rayos X, pero con mucha más energía. Los rayos *beta* se identificaron como electrones, también muy energéticos y, finalmente, los rayos *alfa* aparecieron como núcleos del átomo de helio. Lo sorprendente de estas radiaciones eran las características que se mencionan a continuación.

En primer lugar, tenemos el misterio del origen de las enormes energías, de hasta docenas de *millones* de electronvoltios por partícula, producidas en desintegraciones radioactivas. Este hecho fue utilizado por Rutherford para emplear las partículas como proyectiles y, gracias a su poder de penetración, explorar la estructura del átomo; pero su explicación no era evidente: recordemos que las energías químicas son normalmente inferiores al electronvoltio.

En segundo lugar, cabía preguntarse de dónde provenían los electrones o las partículas alfa emitidos por las sustancias radioactivas. Y, en tercer lugar, al analizar los productos de procesos radioactivos se llegó a la conclusión de que la naturaleza química de las sustancias radioactivas se alteraba, algo en lo que se distinguió la gran escuela de radioquímicos y radiofísicos alemanes: los nombres de Hahn, Strassmann o Lise Meitner aparecen en este contexto en nuestro libro. Esta transmutación de los elementos contradecía la hasta entonces sacrosanta ley de Lavoisier de invariancia de los elementos químicos.

Parte de estos misterios pudieron desvelarse recurriendo a las nuevas mecánicas descubiertas a principios del siglo XX: así, la energía de la radioactividad se identificó muy pronto como debida a la conversión de masa en energía según la famosa fórmula de Einstein, $E=mc^2$; pero esa explicación fue en un principio insuficiente: se producía más energía de la que se observaba en los productos de la desintegración.

Ello nos lleva a la tercera etapa, a partir de los años treinta. En aquella época los físicos comenzaron a desarrollar la comprensión teórica del fenómeno y, por tanto, pudieron ir por delante de la experimentación. Así, en 1930, Pauli explicó el problema de la energía perdida suponiendo que en la radiación se emite una nueva partícula además de las observadas, el *neutrino*. Dos años después Fermi desarrolló la pri-

mera teoría exitosa, basada en relatividad, la mecánica cuántica y la existencia de los neutrinos, sobre las desintegraciones radioactivas de tipo *beta*; teoría que, en sus líneas básicas, ha perdurado hasta la década de 1970. Esta comprensión de los fenómenos radioactivos supuso su control, en particular la posibilidad de crear trasmutaciones o radioactividad inducidas, lo que abrió las puertas a la radiomedicina o la energía nuclear.

Hay aún otra etapa, la que va desde el final de la Segunda Guerra Mundial hasta nuestros días, en la que un intensivo estudio experimental y teórico de las interacciones responsables de la radioactividad, en especial de las interacciones débiles, ha culminado en su descripción fundamental, y que, como mencionamos, queda fuera del libro de Sánchez Ron (el lector curioso puede encontrar información al respecto, por ejemplo, en mi libro *Electrones, neutrinos y quarks*. Barcelona: Crítica, 2001), lo que está compensado por la amplitud con la que trata los aspectos sociales del tema, en especial las importantes repercusiones de la ciencia en la sociedad y viceversa, así como las interacciones sociales de los propios científicos. En particular, por supuesto, las de la principal protagonista, Marie Curie, con especial hincapié en las relaciones que involucraron a nuestro país, lo que explica la aparición en el texto de personajes en principio tan alejados de la ciencia como Unamuno o Madariaga.

Otra cuestión en la que el autor se ha esforzado por construir un cuerpo de información riguroso (que, sin duda, sorprenderá a más de un lector) es en el análisis de los méritos científicos de Marie Curie, una de las personalidades científicas más mitificadas de nuestro siglo. ¿Hasta qué punto está justificado el mito? Porque nadie duda de la gran calidad del trabajo de la protagonista, pero, como todos los mitos, el que nos ocupa está basado en buena medida en el desconocimiento. No voy a revelar el detalle de estas consideraciones, que el lector presuroso puede encontrar resumidas en la carta de Rutherford a Boltwood (1910), citada en la página 121 del libro de Sánchez Ron. Pero, sumando todo, Marie sale muy bien parada en la biografía; tal vez más como persona que como científica.

Sin embargo, por importante que sean estos aspectos, en mi opinión el núcleo del libro lo constituye la parte científica, en la el autor que consigue hacer compatible el rigor histórico y científico con un alto grado de comprensibilidad y amabilidad. Características éstas que hacen el texto altamente recomendable para todos los públicos. Por supuesto para científicos; pero también, simplemente, para cualquier persona que posea un mínimo de conocimientos y de curiosidad intelectual.

* * *

El tercer y último libro que voy a comentar es *El universo en una cáscara de nuez*, del científico inglés Stephen Hawking (Barcelona: Planeta, 2001).

Como introducción a los comentarios propiamente dichos, comenzaré por plantear la siguiente pregunta: ¿qué es la ciencia? O, con más precisión, ¿cuándo una actividad humana puede calificarse de científica? Ésta no es una pregunta trivial; en los dos últimos siglos la ciencia ha influido de manera decisiva en la sociedad humana, y por tanto ha suscitado un enorme interés. A veces este interés ha sido admirativo y otras, sin embargo, ha consistido en un fuerte rechazo (recuérdense las memorias del gran director de cine Luis Buñuel, que decía odiarla), pero resulta difícil sentirse indiferente a ella.

A intentar responder a esta pregunta de qué es la ciencia se han dedicado filósofos, filósofos de la ciencia y científicos; y, tal vez sorprendentemente, son (somos) los últimos los que más parcos han sido en sus definiciones. Frente a pensadores como Reichenbach, Popper o Russell, que han llenado volúmenes sobre el tema, hace falta escarbar entre las obras de los grandes científicos para encontrar disquisiciones acerca del significado del objeto de su profesión.

No es éste el lugar para hacer un estudio exhaustivo de la cuestión, ni soy yo la persona adecuada para ello. Pero sí voy a citar unas pocas las opiniones de algunos de los pensadores más significativos. La primera, del conocido filósofo de la ciencia Karl Popper, para quien lo esencial de una teoría científica es que sea *falsable* (¡horrible neologismo!), lo que quiere decir que, para que una teoría sea científica, es necesario que puedan realizarse experimentos u observaciones y que sean tales que, si sus resultados no coinciden con lo que la teoría predice, esta pueda considerarse falsa (falsada). Como corolario de la visión popperiana, se sigue que es posible demostrar que una teoría es falsa, pero nunca se puede probar que sea cierta: lo más que podemos decir es que aún no ha sido falsada.

Esta visión de Popper, como las de casi todos los filósofos, adolece del problema de que, según cómo la miremos, es una trivialidad o resulta absurda. En todo caso, al intentar ser demasiado general, choca con el más elemental sentido común: ¿acaso alguien puede tener una duda razonable de que la Tierra gira alrededor del Sol o de que la materia está hecha de átomos?

Menos pretenciosa es la visión de Einstein y, como veremos más adelante, también la de Feynman. A propósito de Galileo, afirma Einstein que

Las proposiciones que se obtienen por un proceso puramente lógico son vacías de contenido en lo que respecta a la realidad. Debido a que Galileo se dio cuenta de esto y, en particular, debido a que lo impuso en el mundo científico, debemos considerar a Galileo como el padre de la física moderna; y, de hecho, de toda la ciencia moderna [citado en el libro de Sobel *Galileo's Daughter*].

Otras veces expresó Einstein opiniones parecidas. Así, en el artículo publicado en *Scientific American* en abril de 1950, escribe:

El escéptico dirá: «Puede muy bien ser cierto que este sistema de ecuaciones sea razonable desde el punto de vista lógico, pero esto no demuestra que corresponda a la naturaleza». Tiene usted razón, querido escéptico. Solamente el experimento puede decidir sobre la verdad.

Finalmente, y como de costumbre, Feynman es quien hace una definición más breve, sencilla y (en mi opinión) correcta de lo que es la ciencia. Definición que también resulta demoledora para las peregrinas filosofías postmodernas. Para Feynman, la ciencia es preguntarse: «Si yo hago esto, ¿qué sucederá?»; y manifiesta que, si una teoría, por bella o elegante que sea, no satisface el criterio de predecir correctamente qué sucederá, debemos abandonarla.

Esta definición de Feynman coincide con la concepción que tienen los practicantes de la ciencia acerca de lo que constituye la esencia del método científico, en contraste con las alambicadas elucubraciones de los filósofos de la ciencia (entre los que Popper es uno de los más razonables). Lo básico de la ciencia, y la razón de que haya sido tan extraordinariamente exitosa, es que su validación se debe a su capacidad predictiva (quizá debamos explicar aquí que estas definiciones se aplican a las ciencias de la naturaleza y dejan fuera, por tanto, a las matemáticas, validadas simplemente por su falta de contradicciones internas). En efecto, en tanto en economía se pueda predecir lo que va a ocurrir cuando (por ejemplo) se bajan los tipos de interés, entonces, en la misma medida, la teoría económica de los tipos de interés será una ciencia; y los pedagogos podrán aplicar el calificativo de científicos a sus métodos de enseñanza cuando nos demuestren que con ellos se consigue lo que pregonan, es decir, un mejor rendimiento de la docencia. Por otra parte, y por volver a algo más próximo al tema de este artículo, la cosmología está pasando en la actualidad del nivel especulativo al científico, porque los modernos telescopios son capaces de comprobar algunas de las consecuencias de lo que hasta hace poco eran elucubraciones: *big bang*, universo inflacionario, etcétera.

Pero, no importa cuál sea el punto de vista que adoptemos (popperiano, einsteiniano o feynmanesco), ninguna de las teorías que Hawking discute en su libro *El Universo en una cáscara de nuez*, sean suyas o de otros investigadores, cumple con los criterios mínimos para poder considerarlas científicas. Ni el teorema de Hawking-Penrose sobre la existencia de una singularidad en el espacio al principio de los tiempos ni la radiación de Hawking emitida por agujeros negros (por la que, medio en broma, considera éste que podría recibir un Premio Nobel) ni las teorías de cuerdas, membranas y otras entidades fantásticas han sido verificadas experimentalmente, ni es probable que lo sean en un futuro previsible.

Sin embargo, y a pesar de este desierto en lo que respecta a ciencia dura (por oposición a las especulaciones), Hawking es, sin duda, uno de los científicos más conocidos y admirados; sobre todo, justo es decirlo, por los no profesionales. ¿Cuál es la



Albert Einstein en la Escuela Industrial de Barcelona, 28 de febrero de 1923.
Archivo del Institut Municipal d'Historia de la Ciutat, Barcelona

razón de este éxito de Hawking? Y en particular, ¿cuál es la razón de que sus libros, (incomprensibles para al menos el 99,99% de los mortales) tengan tal éxito de ventas? Porque su anterior texto divulgativo, la *Breve historia del tiempo* (de 1988) se mantuvo durante cuatro años en la lista de superventas del *London Sunday Times* y continúa siendo un fenómeno de masas, que lo siguen comprando aunque ni lo lean ni lo entiendan.

Por supuesto, y como ya hemos insinuado, el éxito no se debe a la categoría científica del autor; en la solapa del libro que comentamos se lee que «Se le considera internacionalmente como el físico más brillante después de Einstein». Sin embargo, sólo personas sin conocimientos técnicos pueden tomarse esto como algo más que una de las exageraciones a las que la publicidad nos tiene acostumbrados. Hawking es, sin duda, un físico brillante, pero está bastante por debajo del nivel intelectual de un Hooft, un Witten o un Wilson, y no digamos de Feynman o Dirac.

La respuesta a la primera pregunta (la popularidad de Hawking) nos la da, parcialmente, Sánchez Ron en su libro *Los mundos de la ciencia*. Hawking sufre desde los 21 años una terrible enfermedad, la esclerosis amiotrófica, un mal que destruye lentamente los nervios que controlan el cuerpo y los hace consumirse hasta que, uno tras otro, van quedando paralizados. De hecho, hace muchos años que Hawking, confinado en una silla de ruedas, es incapaz de mover más que una mano, con la que, a través de un sintetizador de voz, se comunica con el mundo. Como nos recuerda Sánchez Ron,

No creo que sea irreverente o exagerado decir que la presencia física de Hawking, sentado, desmañado, incapaz de sujetarse en una silla de ruedas, crecientemente incapaz de ser entendido, ha sido muy importante en la atracción que el público ha sentido y siente por él y por su libro. Con justicia, la sociedad, el mundo, ha apreciado, admirado y [se ha] conmovido con el esfuerzo de un científico severamente incapacitado [...] que es capaz de realizar complicados cálculos en su mente, sin un papel que le pueda ayudar, y que, a pesar de todo, no ha perdido el sentido del humor.

A esto se puede añadir el morbo que tal situación provoca: Hawking responde bastante a la imagen del científico de los terrores populares (imagen que él, con su sentido del humor, y del negocio, se complace en explotar); aparte del papanatismo de buena parte del público, e incluso de más de un científico profesional, que confunde oscuridad con genialidad.

Porque, en efecto, las teorías que discute Hawking en *El universo en una cáscara de nuez* son extraordinariamente abstrusas. Hawking se define repetidas veces en su libro como un científico pragmático o positivista que utiliza las teorías meramente como descriptores de la realidad, sin inquirir si dichas teorías tienen consistencia propia o son simples modelos. Por supuesto, el que esto escribe no tiene nada que objetar a dicho punto de vista, con tal de que (como requieren Feynman o Einstein) las teorías o modelos sean en efecto validadas por la *realidad*; pero de eso, a pesar del posi-

tivismo declarado de Hawking, hay muy poco en su libro. Por otra parte, y como ya hemos anunciado, estas teorías son enormemente complicadas. Así, por ejemplo, Hawking nos manifiesta que un agujero negro puede describirse como la intersección de dos membranas multidimensionales (conocidas como *p-branas*) y que esto puede resolver el problema de la pérdida de información que ocurre al caer materia dentro de un agujero negro. En efecto,

La información [que haya caído en un agujero negro] no se perderá, sino que acabará por salir del agujero negro en la radiación [emitida por] las *p-branas* [...].

Es evidente que con el modelo de las «*p-branas*» Hawking no está explicando nada de lo que ocurre en la realidad, dado que nadie ha observado un agujero negro (ni mucho menos su radiación emitida), y además dudo mucho de que lo que Hawking dice sea comprensible para quien no tenga estudios superiores en física de altas energías, y ni siquiera para muchos de quienes los tengan. No parece que Hawking haga honor en esta explicación a su cacareado punto de vista pragmático.

¿Quieren estos comentarios decir que el libro que estamos comentando sólo puede ser leído por científicos del ramo? Creo que no. En primer lugar, Hawking se ha rodeado de un equipo de diseñadores extraordinario; las figuras que ilustran *El universo en una cáscara de nuez* son de gran calidad, y estoy tentado de decir que aunque sólo fuese por ellas valdría la pena comprar el libro. Pero además es posible que, aquí y allá, el profano pueda, si no entender, al menos vislumbrar la riqueza de algunas de las especulaciones más imaginativas de la física de partículas actual y de la cosmología. Aunque estas especulaciones no cumplan hoy por hoy con ninguno de los criterios que permitirían considerarlas ciencia, sí que constituyen una interesante aventura intelectual, e incluso en algunos momentos una agradable diversión.

Porque lo cierto es que, a pesar de su oscuridad técnica (y un tanto paradójicamente), el libro de Hawking destila brillantez. El capítulo en el que discute sobre la posibilidad de los viajes en el tiempo es soberbio, como lo es la descripción de la radiación (hipotéticamente) emitida por los agujeros negros, la conocida como «radiación de Hawking»; aunque, tal vez, dicha brillantez sólo sea apreciada completamente por los profesionales. Y estos capítulos que hemos mencionado no son los únicos. A Hawking no le arredran las más delirantes especulaciones; muy al contrario. No escoge temas mundanos, como las curiosas propiedades de los neutrinos que han demostrado los modernos experimentos, basados muchas veces en la observación de procesos cósmicos. Tampoco se preocupa por los detalles de la generación de materia en el principio del *big bang*. A Hawking le interesan, sobre todo, especulaciones puramente intelectuales: las *teorías-M*, la generación espontánea de universos por fluctuaciones cuánticas a partir de la nada o la posibilidad de que nuestro cosmos sea un mero holograma es lo que le fascina y con lo que consigue fascinar al lector.

El que esto escribe confiesa que esta actitud de Hawking le resultó irritante en una primera lectura del libro: la impresión recibida era la de un charlatán haciendo publicidad de cuestiones sin un mínimo fundamento empírico; como se dijo antes, pocas de las especulaciones que se presentan en *El universo en una cáscara de nuez* cumple con un criterio que permita considerarlas científicas. Pero reconozco que una segunda lectura me ha reconciliado con el texto. El truco para apreciarlo es considerar *El universo en una cáscara de nuez* no como un libro de ciencia, ni siquiera de divulgación científica, sino como una brillante fantasía: lo que podríamos llamar *física-ficción*.

Francisco J. Ynduráin