



Einstein

Banesh Hoffmann

**Biblioteca
Científica
Salvat**

Einstein

Banesh Hoffmann

Con la colaboración de Helen Dukas

SALVAT

Versión española de la obra original en inglés:
Albert Einstein. Creator and Rebel, de Banesh Hoffmann
con la colaboración de Helen Dukas,
publicada por Viking Penguin, Nueva York.

Traducción: Jesús Fernández Zulaica
Diseño de cubierta: Ferran Cartes / Montse Plass

Se agradece la colaboración de: los herederos de Sir David Low por la fotografía del profesor Einstein; y de *The Washington Post* por la pintura de Herblock (sin título), en la que se representa el Sistema Solar con las palabras «Albert Einstein Lived Here» escritas en la Tierra, de *Herbloeck's Here and Now* (Simon & Schuster, 1955).

Escaneado: thedoctorwho1967.blogspot.com.ar
Edición digital: Sargont (2018)

© 1993 Salvat Editores, S.A., Barcelona
© Helen Dukas y Banesh Hoffmann, 1972
Publicada de acuerdo con Viking Penguin,
una división de Penguin Books USA Inc.
ISBN: 84—345—8880—3 (Obra completa)
ISBN: 84—345—8899—4 (Volumen 19)
Depósito Legal: B—33636—1993
Publicada por Salvat Editores, S.A., Barcelona
Impresa por Printer, i.g.s.a.. Noviembre 1993
Printed in Spain

ÍNDICE

PRÓLOGO

I. EL HOMBRE Y EL NIÑO

II. EL NIÑO Y EL JOVEN

III. PRELUDIO

IV. AMANECE UNA NUEVA LUZ

V. LA AGITACIÓN ATÓMICA

VI. TIEMPOS MEJORES

VII. DE BERNA A BERLÍN

VIII. DE LOS *PRINCIPIA* A PRÍNCIPE

IX. DE PRÍNCIPE A PRINCETON

X. LA BATALLA Y LA BOMBA

XI. UN MARCO MÁS AMPLIO

XII. TODOS LOS HOMBRES SON MORTALES

AGRADECIMIENTOS

CRONOLOGÍA

TESTIMONIOS

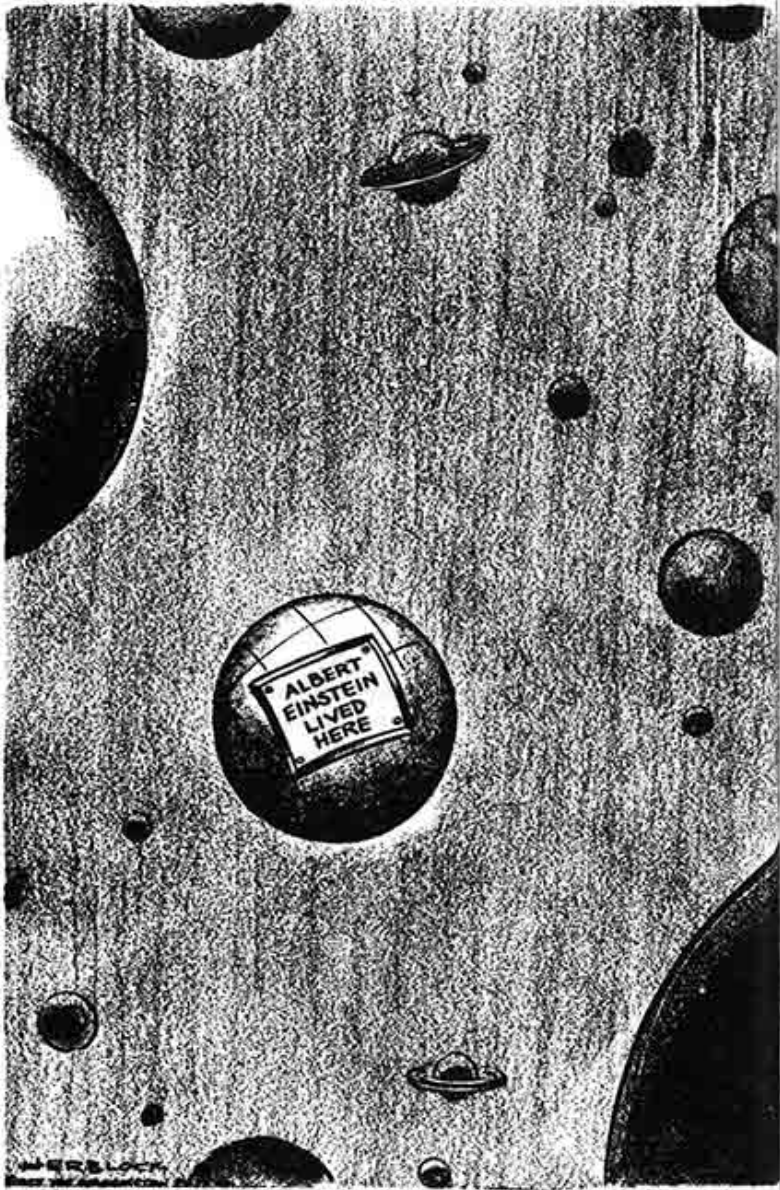
«En mi larga vida he aprendido una cosa: que toda nuestra ciencia, comparada con la realidad, es primitiva e infantil y que, a pesar de todo, es lo más valioso que tenemos.»

Albert Einstein

Albert Einstein, hacia 1946.

ALBERT EINSTEIN (1879-1955)

El físico de origen alemán Albert Einstein nació en Ulm, Alemania, en 1879. Estudió en la Escuela Politécnica Federal de Zurich y obtuvo la ciudadanía suiza en 1901. Cuatro años más tarde se doctoró por la Universidad de Zurich, enseñó en diversos centros y publicó sus primeros trabajos sobre problemas fundamentales de física, en uno de los cuales ya apuntaba los primeros atisbos de su teoría de la relatividad. En 1913 se trasladó a Berlín como profesor extraordinario de la Universidad y fue director del Instituto de Investigación Física *Kaiser Wilhelm*. Su primera exposición de la teoría general y restringida de la relatividad apareció en 1916; sin embargo, el premio Nobel de Física, que le fue concedido en 1921, resaltaba su descubrimiento de la ley del efecto fotoeléctrico. Ante los problemas que por su origen judío le ocasionó la subida de Hitler al poder, en 1933 se trasladó a Estados Unidos, adoptando la nacionalidad de este país en 1940. Fue designado profesor vitalicio del Instituto de Estudios Superiores de Princeton, donde ejerció un fecundo magisterio y dedicó gran parte de sus esfuerzos a la búsqueda de una teoría unitaria que pudiera reunir en un mismo esquema las leyes de la gravitación y las del electromagnetismo. Tras la tragedia de Hiroshima, Einstein condenó la utilización bélica de la energía atómica y participó en numerosas campañas por la paz internacional. En 1952 rechazó cortésmente el ofrecimiento para ocupar la presidencia del Estado de Israel. Murió en Princeton en 1955.



«Albert Einstein vivió aquí.»

PRÓLOGO

ALBERT EINSTEIN, EL CÉLEBRE DESCONOCIDO

por Mario Bunge

Si se le pide a una persona cualquiera de nuestro tiempo que nombre al científico que primero le venga a la mente, probablemente responderá: Einstein. Ningún otro científico de la historia, ni siquiera Arquímedes, Euclides, Galileo, Newton o Darwin, ha alcanzado la popularidad de que goza Einstein entre nuestros contemporáneos.

Es improbable que la popularidad de Einstein se deba a la difusión de sus teorías: al contrario, éstas sólo están al alcance de especialistas. E incluso éstos han debatido durante años el significado de muchas de las fórmulas debidas a Einstein. Se cuenta que, hacia 1920, alguien le aseguró al célebre astrofísico sir Arthur Eddington que sólo dos personas habían entendido la teoría general de la relatividad. Eddington, sorprendido y mosqueado, habría respondido: «¿Quién es el otro?»

¿A qué se debe la popularidad de Einstein? ¿Tal vez a que fue uno de los grandes revolucionarios de la ciencia? No cabe duda de que lo fue, pero tampoco cabe duda de que en nuestro siglo ha habido muchas otras revoluciones científicas, igualmente importantes, producidas por científicos muchísimo menos conocidos que Einstein. Baste recordar las teorías cuánticas, la física nuclear, la teoría sintética de la evolución, la biología molecular, la psicología fisiológica y la sociología matemática, por no mencionar revoluciones técnicas tales como la televisión, la informática y la exploración espacial. Es obvio entonces que el ser revolucionario en ciencia o en técnica no garantiza la fama.

Es posible que la celebridad de Einstein se deba a la conjunción de cinco características: obra científica, impacto desconcertante de la misma, opiniones desusadas sobre asuntos mundanos, atribución de la bomba atómica y personalidad. Analizaremos brevemente estos cinco rasgos.

La obra científica de Einstein fue notable por haber abarcado una multitud de problemas difíciles y profundos durante medio siglo. (El científico corriente trabaja en un solo campo y produce su obra principal en el curso de un puñado de años, dedicando el resto de su vida a trabajos menores, a enseñar o a administrar.) Einstein contribuyó a probar la existencia de átomos y moléculas, de la que se había dudado hasta entonces. Postuló la existencia del fotón o quantum luminoso. Construyó la teoría especial de la relatividad, en particular la mecánica relativista. Edificó la relatividad general, o teoría del campo gravitatorio. Y fue uno de los fundadores de la física cuántica. Recibió el premio Nobel por uno de sus primeros trabajos (el referente al fotón), pero pudo haberlo recibido por cualquiera de otros tres o cuatro trabajos, o incluso por su brega por la paz mundial. En resumen, mereció media docena de premios Nobel.

El impacto de algunas de las contribuciones de Einstein fue desconcertante para la mayoría de la gente. Muchos científicos se negaron inicialmente a aceptar las ideas einsteinianas de que las distancias y duraciones, así como las masas y energías, no son absolutas sino relativas al sistema de referencia. Muchos legos extrajeron la conclusión equivocada de que Einstein había probado que todo es relativo e incluso subjetivo. La mayoría de los científicos cerraron los ojos a las objeciones que Einstein formulara a algunos aspectos de las teorías cuánticas. Otros reconocieron que, aunque estas teorías son exitosas, Einstein puso el dedo en algunas llagas. En todo caso, las ideas científicas de Einstein causaron una profunda impresión, unas por ser bien entendidas como revolucionarias, y otras por ser mal entendidas como conservadoras.

El tercer rasgo de la vida de Einstein que contribuye a explicar su popularidad es que, desde 1920 hasta su muerte, fue lo que hoy llamaríamos el *guru*, o sabio consejero, de la humanidad. Se le consultaba acerca de todo: psicoanálisis, parapsicología y religión: nazismo, socialismo y sionismo; guerra, paz y bomba atómica.

Einstein escribió tanto o más sobre problemas públicos que sobre ciencia. Al igual que al filósofo romano, nada humano le era ajeno.

Uno de los episodios más difundidos y peor comprendidos de la vida de Einstein fue su participación en la construcción de la primera bomba atómica. Hay quienes creen que ésta fue diseñada con ayuda de las teorías de Einstein; otros piensan que éste

fue quien persuadió al presidente Roosevelt de que ordenara la construcción de la bomba. Nada de esto es verdad. La famosa fórmula einsteiniana que relaciona la energía con la masa no fue sino una de las muchísimas fórmulas que aparecen en las teorías del núcleo atómico. La base científica de la tecnología nuclear es la física nuclear, no la teoría de la relatividad.

En cuanto a la participación de Einstein en la construcción de las primeras bombas nucleares, hoy sabemos tres cosas. Primero, Einstein no tomó la iniciativa: fueron otros, en particular Szilard, quienes «torcieron su brazo» y le persuadieron de que firmara la famosa carta dirigida a Roosevelt. (Quien recuerde el avance fulmineo del nazismo en 1940 comprenderá el temor que muchos sentían de que pudiera llegar a dominar al mundo entero, particularmente si lograba fabricar bombas nucleares.) Segundo, Roosevelt no respondió inmediatamente a dicha exhortación. Tardó un tiempo en hacerlo, y finalmente dio la orden, posiblemente influido por los militares. Tercero, al enterarse de que el presidente Truman había ordenado usar la bomba contra Japón, quebrantando así el compromiso contraído por el gobierno con los físicos que participaron en su construcción, Einstein se arrepintió de haber firmado esa carta. Fue entonces cuando declaró que, si le fuese dado vivir por segunda vez, elegiría el oficio de fontanero.

Por último, está el factor personalidad. Einstein era eminentemente simpático e inspiraba tanto amor como respeto. Su correspondencia privada muestra que se dolía de la desgracia ajena e intentaba ayudar a colegas en aprietos políticos o económicos. Se adhería a cualquier causa humanitaria o democrática que recabase su firma. Pese a su fama y a tener plena conciencia de su valía, conservó la modestia (pero no la humildad) de quien busca y no siempre encuentra. Pese a todos los honores que recibió, respondía cartas de gente humilde, desdeñaba la ceremonia y vestía poco menos que como un *beatnik*. Aunque se ocupaba a menudo de asuntos mundanos, mantuvo siempre ese aire de sabio distraído, más selenita que terráqueo. Y nunca le faltó tiempo para reunirse con amigos y tocar el violín. Tuvo muchos amigos, con quienes sostuvo una correspondencia nutrida sobre los asuntos más diversos. Y, como todo revolucionario, tuvo algunos adversarios científicos y filosóficos, pero todos le respetaron. Sus únicos enemigos fueron los nazis de todo pelaje, tanto en Europa como en los EE.UU.

(Entre paréntesis, he aquí una anécdota que muestra la modestia del sabio. En 1953 el autor de estas líneas se dirigió a Einstein por medio de un amigo común, el físico David Bohm, pidiéndole autorización para traducir su obra completa al castellano. La respuesta del sabio no tardó en llegar y ocupaba una sola línea: «Dígale al Dr. Bunge que no vale la pena, porque la mayor parte de mis escritos han sido superados». ¡Qué error y qué lástima!)

Einstein, el sabio más célebre de la historia, fue también el peor conocido. Murió ignorado por casi todos sus colegas. (Oppenheimer, un físico de segunda fila, le llamaba «el viejo tonto».) Al final de su vida pocos físicos creían en la importancia de sus ideas: sólo el público seguía respetándole y adorándole. A los físicos de aquel entonces les parecía que la teoría einsteiniana de la gravitación era marginal y que nada nuevo se podía esperar de ella. También creían que las críticas de Einstein a la física cuántica habían sido respondidas definitivamente por Bohr.

Estas evaluaciones cambiaron drásticamente a partir de 1960, cuando los físicos experimentales y los astrónomos empezaron a sacar pleno provecho de la teoría general de la relatividad. En pocos años los tres «efectos» clásicos que la habían confirmado inicialmente se convirtieron en una veintena. Los matemáticos, acuciados por estos éxitos, estudiaron con mayor ahínco las ecuaciones del campo gravitatorio, y en pocos años acumularon centenares de nuevas soluciones a las mismas. Y a partir de 1970, los físicos cuánticos redescubrieron algunas de las críticas de Einstein a la interpretación ortodoxa de la física cuántica. En particular, dedicaron mucha atención a la famosa paradoja de Einstein-Podolsky-Rosen, que sigue causando insomnio a muchos de nosotros. En suma. Einstein ha vuelto a estar de moda. Casi todos reconocen hoy que muchos de los problemas que le ocuparon siguen abiertos. Echemos un vistazo a algunos de ellos.

¿Es verdad que, según la teoría de la relatividad, todo es relativo? No. Según esa teoría, que ha sido ampliamente confirmada en el laboratorio, algunas propiedades son relativas al sistema de referencia, al par que otras son absolutas, o sea, independientes del sistema de referencia. Por ejemplo, la velocidad y la temperatura son relativas, pero la carga eléctrica y la entropía son absolutas. Las ecuaciones básicas del movimiento y de los campos son absolutas, o sea, valen relativamente para todos los sistemas de referencia de cierto tipo. En cambio sus soluciones (por ejemplo, las órbitas de los cuerpos y las trayectorias de las ondas luminosas) son relativas, porque lo son las posiciones, distancias, formas

y duraciones. En resumen, la teoría de la relatividad relativiza algunas propiedades no todas. Y, por supuesto, se limita a propiedades físicas: nada dice, por ejemplo, acerca de la moral o de las costumbres.

Algunos filósofos creyeron que la relatividad implicaba un retorno al subjetivismo, o sea, a la doctrina según la cual todo es del color del cristal con que se mira. Este es un error y proviene de identificar sistema de referencia (cuerpo semi-rígido) con observador o experimentador. Todo observador puede servir como sistema de referencia, por cierto imperfecto. Pero la recíproca es falsa, ya que la enorme mayoría de los sistemas de referencia, tales como las estrellas y los sistemas estelares, están deshabitados. En todo caso, la física no se ocupa del acto psíquico de la percepción. La relatividad es tan objetiva como cualquier otra teoría científica.

Otro error común es el creer que, puesto que la elección de sistema de coordenadas (rectangulares, esféricas, cilíndricas, etc.) es convencional, las distancias son convencionales. La verdad es que las distancias no cambian con los sistemas de coordenadas (que son objetos conceptuales), sino con los sistemas de referencia (que son sistemas físicos). Si la distancia entre dos cuerpos es de un metro cuando se emplean coordenadas rectangulares, sigue siendo de un metro cuando se pasa a coordenadas cilíndricas. Pero esta distancia es de un metro en relación a cierto sistema de referencia. En relación a un referencial en movimiento respecto del primero, la distancia podrá ser de 10 cm o de 1 cm, según sea la velocidad.

Las duraciones son relativas, pero la dirección temporal de un proceso causal no lo es. Por ejemplo, ninguna manipulación de coordenadas espaciotemporales puede invertir la relación temporal entre la emisión de un fotón y su absorción por un cuerpo: primero ocurre el primer hecho, y luego el segundo, y esto en cualquier sistema de referencia. Lo único que podrá cambiar es el tiempo que media entre los dos sucesos: respecto de un sistema de referencia podrá ser de un segundo, mientras que respecto de un sistema de referencia en movimiento respecto del primero podrá ser de 10 o de 100 segundos.

Según la teoría especial de la relatividad, los valores de la energía E y de la masa m de un cuerpo están relacionados entre sí por la fórmula más célebre de la historia: $E = mc^2$, donde c es la velocidad de la luz en el vacío. Muchos han creído que esta fórmula implica que todo lo que tiene energía también tiene ma-

sa: en particular, han creído que la luz posee masa puesto que tiene energía. Esto no es verdad: dicha fórmula pertenece a la mecánica relativista, no a las teorías de campos, tales como los luminosos. La luz carece de masa y por tanto también de peso.

Tal vez se pregunte: si la luz no tiene peso, ¿cómo es que los rayos luminosos se curvan al pasar cerca de un cuerpo masivo, como si cayeran sobre él? La respuesta es que se curvan porque siguen la línea más corta, que en un campo gravitatorio puede ser una curva (geodésica). Los campos gravitatorios curvan el espacio (y el tiempo). Esto no significa que la teoría einsteiniana de la gravitación haya reducido ésta a un fenómeno geométrico. Einstein no geometrizó la física, sino que asignó una interpretación física a ciertas fórmulas geométricas que aparecen en su teoría de la gravitación. La física teórica sigue siendo tan matemática y tan física como antes de Einstein: o sea, es un esqueleto matemático relleno de contenido físico.

El rasgo más notable de la relatividad general es, quizá, que no trata al espacio y al tiempo como un escenario fijo en el que se desenvuelven los agentes físicos. Al contrario, las distancias y duraciones, así como la forma (en particular la curvatura) del espacio y del tiempo dependen de la distribución de los cuerpos y de los campos. Y esto es así hasta el punto de que cabe suponer que, si no hubiese ni unos ni otros, tampoco habría espacio ni tiempo. En la relatividad general, la física no se geometriza, sino que la geometría se «fiscaliza».

La astronomía extragaláctica, o cosmología, es impensable hoy sin la teoría einsteiniana de la gravitación. Todos los modelos de universo que emplean los cosmólogos son compatibles con dicha teoría. Pero al mismo tiempo, la novísima cosmología incluye también porciones de la física cuántica. Y la unión de ambas teorías es forzada, porque el campo gravitatorio sigue rebelde a las tentativas de *cuantizarlo*, o sea, tratarlo según los principios de la teoría cuántica. Quienes creen que las teorías cuánticas son básicamente verdaderas esperan que, tarde o temprano, la teoría general de la relatividad, que es de corte clásico, será superada por una teoría cuántica del campo gravitatorio. La teoría de Einstein seguirá valiendo para campos gravitatorios en gran escala. Quien viva verá.

La relación de Einstein con las teorías cuánticas es complicada. Él fue el primero en comprender que la célebre fórmula de Planck implica que la energía radiante está *cuantizada*: que un campo lumínico es un sistema de fotones. Sin saberlo y sin que-

erlo, Planck y Einstein pusieron la piedra fundamental de la electrodinámica cuántica, edificio que no se construyó sino veinte años más tarde. Otra contribución importante de Einstein a la física cuántica fue su teoría del calor específico de los sólidos. En ésta, al igual que en sus contribuciones a la teoría del movimiento browniano. Einstein hizo uso del concepto de probabilidad objetiva como propiedad física independiente de nuestras expectativas. Su tercera contribución a la teoría cuántica fue su examen de diversas fórmulas v de varios experimentos ideales. Las discusiones que sobre estos temas sostuvo con Bohr, Born, Pauli y otros grandes son un modelo de penetración, claridad v honestidad. Aún hoy, dichas discusiones, recogidas en actas de congresos y en el archivo de Einstein, así como en libros, son motivo de nuevas discusiones entre los físicos.

Se cree a menudo que la principal objeción de Einstein a la física cuántica es que ésta es probabilista. Suele citarse su dicho de que Dios no juega a los dados con la naturaleza: se cree que Einstein abrazó consecuentemente un determinismo de tipo laplaciano. Esto no es verdad: Einstein parece haber fluctuado entre este determinismo y otro más amplio, que incluye la legalidad probabilista. Esta opinión se confirma por el hecho de que Einstein construyó teorías físicas en que la probabilidad figura como una propiedad objetiva en pie de igualdad con la masa o la intensidad de campo.

El principal motivo de la discordia entre Einstein y los demás cofundadores de la física cuántica es que éstos, con la excepción de De Broglie y Schrödinger, propiciaban una interpretación semisubjetiva de la teoría. En efecto, Bohr, Heisenberg, Pauli, Jordan, Von Neumann y otros sostenían que no hay tal cosa como sucesos atómicos o nucleares independientes de los experimentadores: que todo acontecimiento microfísico es producido por algún observador, que la medición crea el fenómeno. En su apoyo aducían que el experimentador, al variar el dispositivo experimental, puede hacer que los electrones y demás «partículas elementales» exhiban, ya propiedades corpusculares, ya propiedades ondulatorias. Einstein rechazaba esta interpretación semisubjetiva. Para él, el experimento no crea propiedades físicas, sino que las pone de manifiesto y las mide.

¿Quién tuvo razón. Einstein o Bohr? La respuesta a esta pregunta nos llevaría a una discusión técnica en la que no podemos entrar aquí. Nos limitaremos a afirmar las conclusiones. Primera, es verdad que en ciertos casos (no en todos) el experimentador