

La leyenda dice que el Cid Campeador ganó batallas después de muerto. En cierto sentido, algo parecido se puede decir de Albert Einstein, en la medida en que su ciencia ha superado bien el paso del tiempo. Aunque se opuso —ya lo vimos— a la mecánica cuántica, sus contribuciones a esa física ganaron fuerza a lo largo de la segunda mitad del siglo XX y comienzos del siglo XXI: el efecto fotoeléctrico, por supuesto, se esconde detrás de multitud de artilugios con los que nos relacionamos todos los días, pero, también lo he comentado ya, los condensados de Bose-Einstein figuran entre las novedades más apreciadas de la física cuántica de las últimas décadas y, a pesar de que los resultados no fueron en la dirección que Einstein deseaba, las consecuencias de los análisis inspirados en el artículo que firmó con Nathan Rosen y Boris Podolsky han ofrecido nuevas y sorprendentes vías a la física cuántica, las de la no localidad y el entrelazamiento.

Nada hay que decir de la teoría de la relatividad especial, pilar hoy, más que cuando se concibió en 1905, de todo el edificio de la física. Diferente es el caso de la teoría de la relatividad general, puesto que, por mucha que fuera la admiración que suscitaba su original belleza, cuando Einstein murió estaba inmersa en una fase de decadencia. Se encontraba, y siguió encontrándose así durante algún tiempo, en manos de matemáticos que exploraban su estructura, y la mayoría de los físicos eran ajenos a ella. «Trabajé en el campo de la relatividad desde 1937 hasta 1967 —recordaba el muy distinguido matemático francés André Lichnerowicz (1992: 103) en un artículo—; en 1937, la comunidad de relativistas era una extraña mezcla. Existía un pequeño grupo de físicos especializados en ella, amigos o estudiantes de Einstein, tales como W. Pauli, L. Infeld, B. Hoffmann y V. Fock (Unión Soviética), un pequeño grupo de astrónomos especializados, como G. Lemaître, y un pequeño grupo de matemáticos, como T. de Donder y G. Darmais. Sus intereses oscilaban entre la geometría diferencial y la mecánica racional, pasando por la teoría de ecuaciones en derivadas parciales. La comunidad de físicos de entonces, apasionadamente dedicada a la mecánica cuántica, consideraba a los relativistas marginales. Sólo P. Dirac era una excepción.»

En la misma publicación, Lichnerowicz (1992: 104) explicaba cómo había llegado a interesarse por la relatividad:

En 1936 y 1937, después de haber recibido una sólida formación en geometría diferencial de Élie Cartan, siguiendo el consejo de George Darmais y con la anuencia de Cartan, me interesé en la teoría de la relatividad. En 1926, Darmais había dado un curso de cuatro lecciones en Bélgica sobre «las ecuaciones de la gravitación einsteiniana», en presencia de Donder. La versión publicada (Darmais, 1927), que apareció en la serie *Mémorial des Sciences Mathématiques*, se convirtió en mi lectura de cabecera. En ese libro, aunque tratado en coordenadas gaussianas, que en mi opinión presentaban serios problemas, se encuentra el primer análisis riguroso de la naturaleza hiperbólica de las ecuaciones de Einstein, esto es, el fundamento de la teoría relativista de la gravitación como una teoría de propagación de ondas. Se estudiaba, con un profundo conocimiento, la separación de las ecuaciones de Einstein relativas al problema de Cauchy en dos grupos: uno trataba de las condiciones iniciales y el otro, de la evolución

temporal. Una interpretación geométrica de las condiciones de las coordenadas de Donder se conoce ahora como condiciones *armónicas*.

Fue entonces cuando comencé a pensar sobre la estructura diferenciable de la variedad espacio-temporal, de manera que pudiese atacar lo que me interesaba: los problemas globales de la relatividad, las claves para la verdadera comprensión de la teoría. En 1939, sintiendo que la guerra estaba cerca, publiqué en la serie *Actualités Scientifiques et Industrielles* una monografía algo imperfecta titulada *Problèmes globaux en mécanique relativiste* (Lichnerowicz, 1939). Después de haber analizado de manera completa el problema formal de Cauchy para coordenadas locales arbitrarias, di la primera demostración (parcial) de un resultado que habían buscado Einstein y Pauli: *un espacio-tiempo exterior estacionario, regular y asintóticamente euclideo en todos sus puntos, debe ser plano localmente*, esto es, sin gravitación. Di una demostración completa de este teorema en 1945 que mereció la felicitación de Pauli.

Los problemas que mencionaba aquí Lichnerowicz eran, por supuesto, interesantes y relevantes, pero sobre todo desde el punto de vista de la estructura matemática de la teoría de la relatividad general, no desde el de las posibles consecuencias o contrastaciones experimentales, físicas. De hecho, cabe argumentar que acaso sirvieran más al avance de ciertas ramas de la matemática pura que a la física, aunque indudablemente también sirvieron a ésta. Algo de esto posiblemente tenía en mente el matemático chino-americano Shiing-Shen Chern, considerado uno de los grandes nombres de la geometría diferencial del siglo XX, cuando en una reseña de uno de los libros de Lichnerowicz, *Théorie globale des connexions et des groupes d'holonomie* (1955), señaló (Chern, 1957: 57): «Este libro, dedicado a la teoría moderna de las conexiones, es muy adecuado al momento actual. La teoría clásica la iniciaron sobre todo Levi-Civita y Schouten, y recibió un amplio desarrollo, en parte, por sus aplicaciones a la teoría general de la relatividad».

Aunque la situación comenzó a cambiar precisamente el año de la muerte de Einstein, a raíz de un congreso celebrado en Berna entre el 11 y el 16 de julio de 1955, homenaje a los cincuenta años del nacimiento de la teoría de la relatividad especial, y de otro que tuvo lugar en enero de 1957 en la Universidad de Carolina del Norte, Chapel Hill, los avances no fueron todavía lo suficientemente atractivos como para evitar las opiniones que Richard Feynman escribió a Gweneth, su esposa, mientras participaba en el III Congreso Internacional de Relatividad General, que, presidido por Leopold Infeld, se celebró en Varsovia y Jablona (Polonia), del 25 al 31 de julio de 1962.¹ En su carta a Gweneth, Feynman (2006: 147) decía:

No voy a sacar nada de la reunión, no estoy aprendiendo nada. Este campo no es un campo activo (pues no hay experimentos) y pocos de los mejores hombres están trabajando en él. El resultado es que hay un montón (126) de pasmarotes aquí y eso no es bueno para mi tensión. Se dicen y se discuten seriamente cosas inanes —y yo me enzarzo en discusiones fuera de las sesiones formales, por ejemplo en la comida, cuando alguien me hace una pregunta o empieza a hablarme de su «trabajo»—. Siempre es 1) completamente incomprensible, 2) vago e indefinido, 3) algo correcto

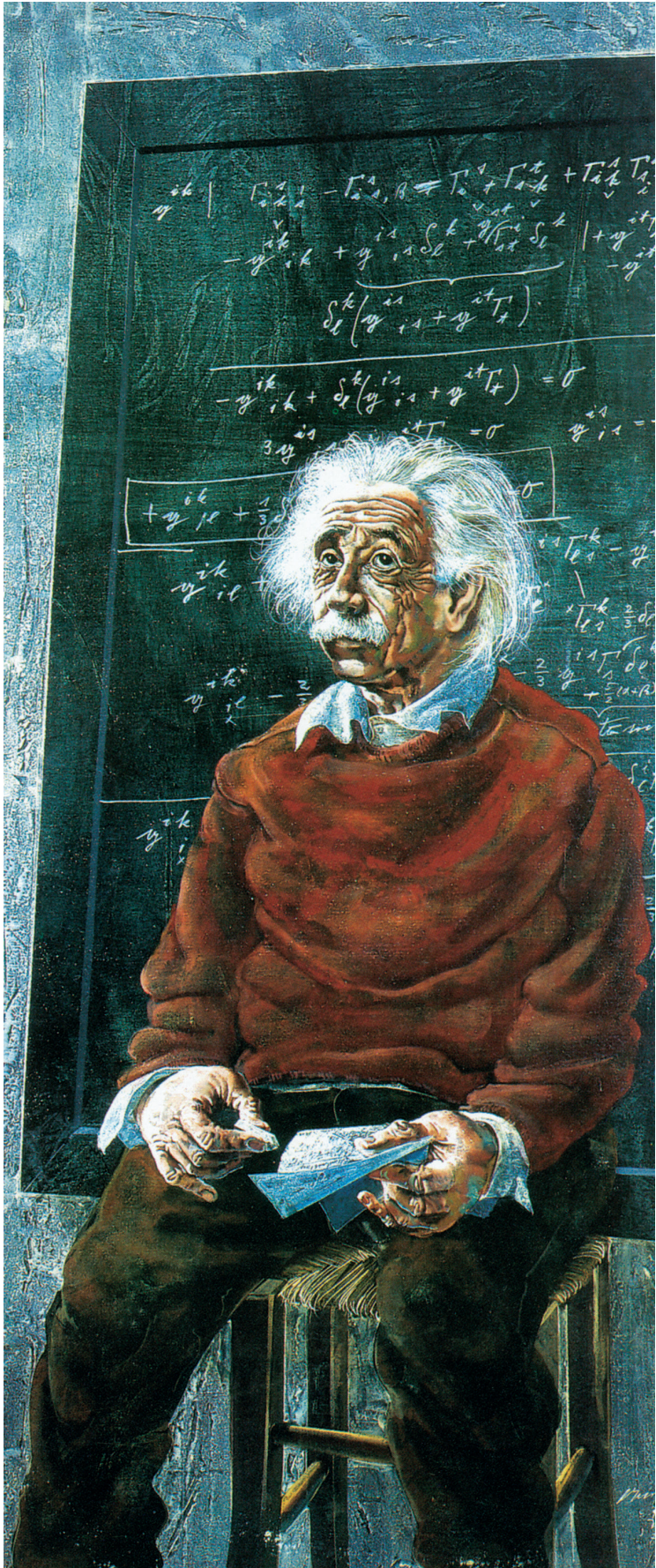
que es obvio y evidente pero calculado mediante un análisis largo y difícil y presentado como un descubrimiento importante, 4) una afirmación, basada en la estupidez del autor que dice que algo obvio y correcto, aceptado y comprobado durante años, es de hecho falso (éstos son los peores... ningún argumento convencerá a los idiotas...), 5) un intento de hacer algo probablemente imposible, pero con certeza de ninguna utilidad y que, finalmente, se revela, al final falla [...] o 6) sólo es falso. Hay mucha «actividad en el campo» estos días, pero esta «actividad» consiste principalmente en mostrar que la «actividad» previa de algún otro terminó en un error o en nada útil o en algo prometedor, etcétera, como un montón de gusanos tratando de salir de una botella arrastrándose sobre los demás. No es que la materia sea difícil, es simplemente que los buenos están ocupados en otro lugar. Recuérdame que no vaya a más congresos sobre gravedad.

La historia, sin embargo, es difícil de prever, plena como está de cambios inesperados, de acontecimientos, algunos pequeños al principio, semillas de un futuro diferente. En 1962, cuando Feynman asistió, frustrado, al congreso de Polonia, estaba abriéndose una nueva era, dorada para muchos, en la historia de la teoría de la relatividad general: la de los *agujeros negros* y la de manifestaciones de la teoría en dominios experimentales. A semejante nueva era se ha referido en sus memorias un físico como el célebre Stephen Hawking (2014: 52-53):

Cuando empecé a investigar [1962], las dos áreas que parecían más atractivas eran la cosmología y la física de las partículas elementales. Ésta constituía un campo en continuo cambio que atraía a la mayoría de las mentes más privilegiadas, mientras que la cosmología y la relatividad general estaban estancadas en el mismo punto que en la década de 1930 [...]. La cosmología y la gravitación eran campos desatendidos que en aquel momento estaban maduros para su desarrollo. A diferencia de las partículas elementales, existía una teoría bien definida –la teoría general de la relatividad–, pero se consideraba de una dificultad imposible. La gente disfrutaba de tal manera tratando de encontrar una solución a las ecuaciones de campo de Einstein que describen la teoría que no se planteaban qué significado tenía esa solución en la física, si es que tenía alguno. Era la vieja escuela de la relatividad general con la que Feynman se había topado en Varsovia. Resulta irónico pensar que aquel congreso de Varsovia también marcó el inicio del renacimiento de la relatividad general, aunque hay que disculpar a Feynman por no detectarlo en su momento.

Una generación nueva entró en la disciplina y aparecieron nuevos centros de estudio de la relatividad general.

Antes de que los agujeros negros ganasen el interés y la fe de la mayoría de los físicos, de la mano de un espectacular desarrollo de los medios tecnológicos de observación, otros objetos estelares aparecieron en escena, objetos como los cuásares (Schmidt, 1963) o los pulsares (Hewish, Bell, Pilkington, Scott y Collins, 1968), estrellas de neutrones que emiten radiación de forma extremadamente regular, objetos cuyas características, lejanas del mundo newtoniano, obligaron a volver a considerar la relatividad general, hasta que ésta se enquistó en la física «puntera», sola



Albert Einstein por Hans Erni, 1970.

o aliada con los físicos de altas energías, que vieron en los «primeros instantes de vida del Universo» un magnífico escenario para avanzar en su comprensión de la estructura de la materia.

Y, de esta manera, a través de la teoría de la relatividad general, Albert Einstein ganó nuevas batallas después de muerto.

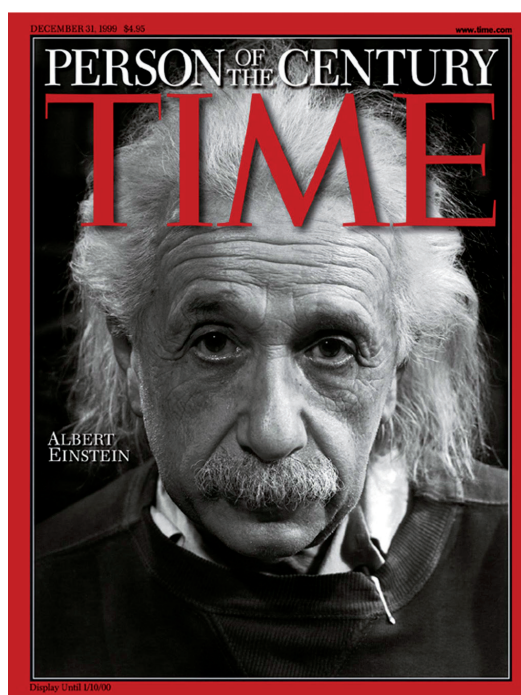
EL «PERSONAJE DEL SIGLO XX»

El nombre de Albert Einstein está asociado a la mejor y más revolucionaria ciencia del siglo XX, un periodo que algunos consideran «El Siglo de la Ciencia».² Por otra parte, y tanto por la mera circunstancia del periodo histórico que le tocó vivir como por la notoriedad social que adquirió, su biografía es algo así como un «espejo de la primera mitad del siglo XX» y, en la medida en que en esa mitad tuvo lugar una buena parte de los acontecimientos políticos, sociales y científicos más notables, un «espejo de todo el siglo XX». Por todo ello, no es sorprendente que cuando estaba próximo el final del siglo XX, aquel siglo tan terrible como maravilloso, la revista estadounidense *Time*, en su último número del año, 31 de diciembre de 1999, designase a Einstein «PERSON OF THE CENTURY» («PERSONAJE DEL SIGLO»).³ Tal era, en efecto, el encabezamiento de la portada, una portada ocupada por la fotografía y el nombre del personaje seleccionado: Albert Einstein. Quedaron «finalistas», Franklin Delano Roosevelt (1882-1945) y Mohandas Gandhi (1869-1948). Tres personajes perfectamente adecuados a los tres grandes apartados que caracterizaron el siglo XX: «Ciencia y Tecnología», «Democracia» y «Derechos civiles».

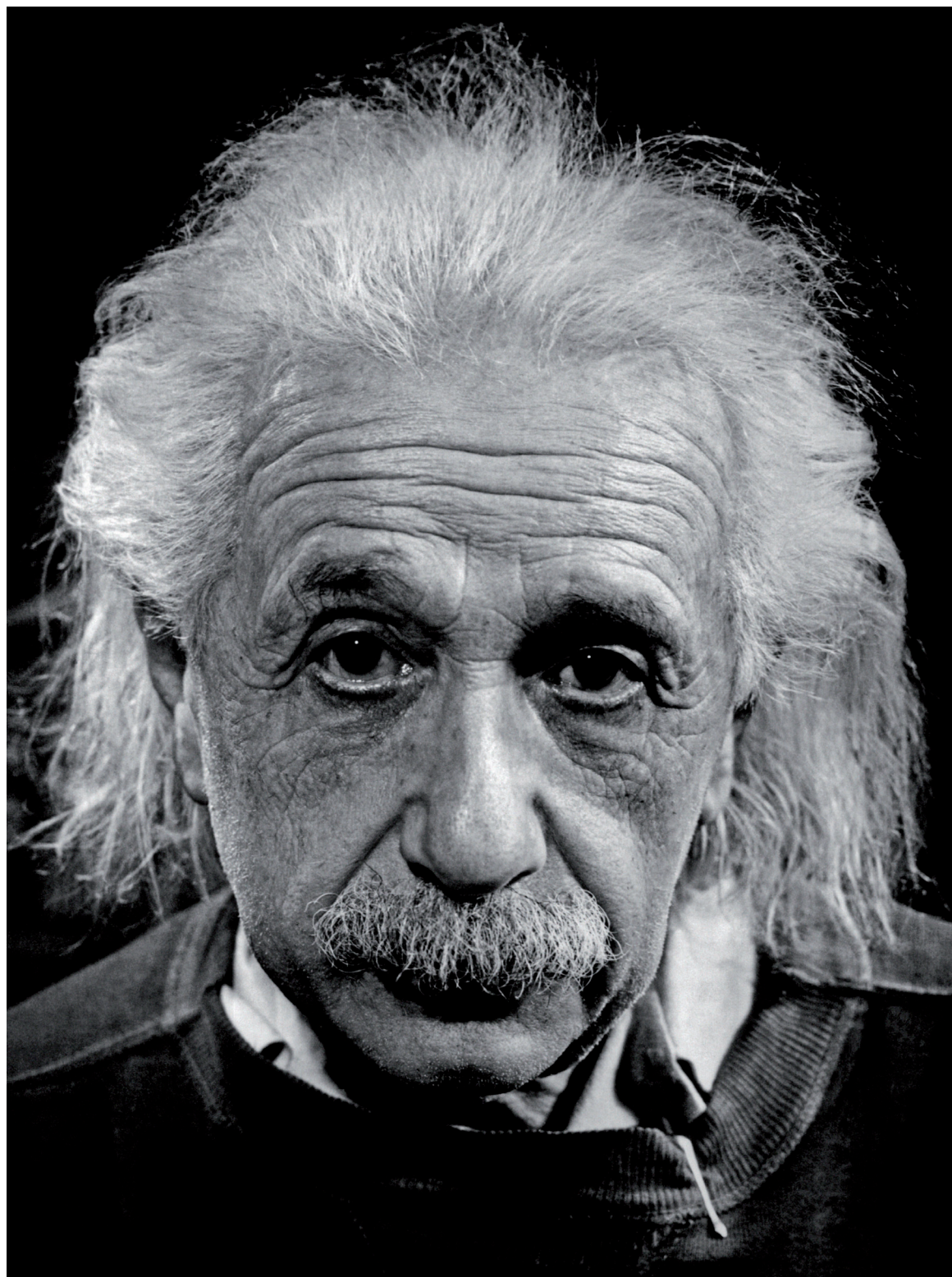
En el artículo en el que uno de los editores de la revista, Walter Isaacson, más tarde biógrafo de Einstein, justificaba la elección, leemos (Isaacson, 1999: 26):

Es difícil comparar la influencia de políticos con la de científicos. Sin embargo, nos damos cuenta de que existen algunas épocas que fueron definidas especialmente por sus políticas, otras por su cultura y otras por sus avances científicos.

El siglo XVIII, por ejemplo, estuvo marcado claramente por la política: sólo en 1776, están Thomas Jefferson y Benjamin Franklin escribiendo la Declaración de Independencia, Adam Smith publicando *The Wealth of Nations* [*La riqueza de las naciones*] y George



Portada del *Time*, 31 de diciembre de 1999



Albert Einstein en 1947, fotografía de Philippe Halsman.

Washington dirigiendo las fuerzas revolucionarias. Por otra parte, el siglo XVII, a pesar de líderes tan señalados como Luis XIV y del castillo que nos dejó, será recordado sobre todo por su ciencia: Galileo explorando la gravedad y el Sistema Solar, Descartes desarrollando la filosofía moderna y Newton descubriendo las leyes del movimiento y del cálculo. Y el siglo XVI estará en nuestra memoria por el florecimiento de las artes y la cultura. Miguel Ángel, Leonardo y Shakespeare creando obras maestras, Isabel I dando origen a la era isabelina.

¿Y cómo será recordado el siglo XX? Por su democracia, sí. Y también por los derechos civiles.

Pero el siglo XX será recordado sobre todo, al igual que el XVII, por sus estremecedores avances en ciencia y tecnología. En su extensa historia del siglo XX, Paul Johnson manifiesta: «El genio científico afecta a la humanidad, para bien o para mal, mucho más que cualquier político o señor de la guerra». Albert Einstein fue más expresivo: «La política es para el momento. Una ecuación es para la eternidad».

Una expresión que me recuerda a otra debida a otro científico, esta vez un matemático, Godfrey Harold Hardy, quien en su magnífico y conmovedor libro de 1940 *A Mathematician's Apology* (*La apología de un matemático*) escribió (Hardy, 1999: 82): «La matemática griega es permanente, más permanente incluso que la literatura griega. Arquímedes será recordado cuando Esquilo sea olvidado, porque los idiomas mueren y las ideas matemáticas no».

Pero continuemos con *Times* y su editorial (p. 32):

Como el mayor pensador del siglo, como un inmigrante que huía de la opresión hacia la libertad, como un idealista político, Einstein engloba de la mejor forma posible lo que los historiadores considerarán significativo acerca del siglo XX. Y como un filósofo con fe tanto en la ciencia como en la belleza de la obra de Dios, personifica el legado que pasará al próximo siglo.

Dentro de cien años, cuando entremos en otro siglo –incluso, dentro de diez veces cien años, cuando entremos en un nuevo milenio–, el nombre que demostrará ser más perdurable de nuestra propia asombrosa era será el de Albert Einstein: genio, refugiado político, humanista, descifrador de los misterios del átomo y del Universo.

No estoy nada seguro de lo que sucederá dentro de cien años, mucho, infinitamente menos de lo que ocurrirá al cabo de un milenio, pero, como la revista *Time*, pienso que, efectivamente, Albert Einstein, su obra científica y sus escritos constituyen el mejor o uno de los mejores legados que pueden y deben pasar a la posteridad. Fue un hombre al que bien se le puede aplicar aquella frase que Publio Terencio Africano incluyó en su comedia *Heanton Timoroumenos* (*El enemigo es sí mismo*; 165 a.C.): «*Homo sum, humani nihil a me alienum puto*» («Hombre soy, nada de lo humano me es ajeno»). Lo mostró en la compleja intimidad de su vida privada, en sus preocupaciones sociales –esto es, por «los otros»– y en su interés y su habilidad para desentrañar los fenómenos que tienen lugar en la Naturaleza. Como poco, merece la pena que al menos quienes no estamos aún demasiado alejados de su tiempo, lo recordemos y comprendamos algo de lo que hizo y sintió.