

Albert Einstein: su vida y su obra

José Manuel Sánchez Ron

Real Academia Española

Albert Einstein nació en Ulm (Alemania) el 14 de marzo de 1879, de padres judíos. Aunque, como buen científico, una de las características más fuertes de su personalidad fue la de intentar ir más allá de lo particular, de la situación específica, buscando la intemporalidad de las leyes generales y la trascendencia de las teorías científicas, su ascendencia judía terminó ejerciendo una influencia indudable en su biografía. Ello fue así debido a las circunstancias históricas en las que se desarrolló su vida, no como consecuencia del ambiente familiar: a pesar de que su certificado de nacimiento identificaba a sus padres, Hermann y Pauline, como “pertenecientes a la fe israelita”, ninguno era religioso, ni seguían las costumbres judías. Como en tantos otros casos de la Alemania del siglo XIX y primeras décadas del XX, los Einstein eran, se consideraban o pretendían ser, “judíos asimilados”, esforzándose por no distinguirse de cualquier otro alemán.

Ahora bien, el que sus padres intentasen ser “buenos alemanes”, no quiere decir que participasen de ese cáncer que plaga la historia de la humanidad llamado nacionalismo. Por lo que se sabe de ellos, sus deseos no iban más allá de una asimilación que permitiese vivir, ejercer libremente, sin obstáculos, una profesión. De hecho, cuando las condiciones lo requirieron, esto es, cuando, tras un período inicial floreciente, la empresa electrotécnica que regentada con su hermano Jakob comenzó a declinar, el padre de Albert no tuvo ningún problema en trasladar— hacia 1894— el negocio a Pavía, asociándose con italianos para fundar una nueva empresa: la Società Einstein, Garrone e Cia.

Es muy probable, por tanto, que para los padres de Einstein los sentimientos nacionalistas no significasen demasiado. Menos, mucho menos, significaron para su hijo, que mostró a lo largo de toda su vida lo poco que estimaba los nacionalismos, acaso no solo porque su propio intelecto y sentimientos humanitarios le mostraban con claridad lo irracionales que son los discursos, las ideologías, en los que el rechazo a los “otros” constituye un elemento fundamental para definir la propia identidad, sino también como

consecuencia de su propia experiencia. Un ejemplo que muestra cuales fueron sus ideas en este punto lo encontramos en lo que manifestó el 3 de abril de 1935 en una carta que escribió a un tal Gerald Donahue. “En última instancia”, señaló Einstein, “toda persona es un ser humano, independientemente de si es un americano o un alemán, un judío o un gentil. Si fuese posible obrar según este punto de vista, que es el único digno, yo sería un hombre feliz”.

Si rechazaba el nacionalismo en general, simplemente como concepto, más lo hacía en el caso alemán. Así, incapaz de soportar la filosofía educativa germana, en diciembre de 1894 —era prácticamente un niño cuando abandonó Munich, donde estudiaba, siguiendo a su familia a Pavía. El 28 de enero de 1896 renunciaba a la nacionalidad alemana, permaneciendo apátrida hasta que en 1901 logró la ciudadanía suiza, la única que valoró a lo largo de su vida. En este sentido, el 7 de junio de 1918 escribía a Adolf Kneser, catedrático de Matemáticas en la Universidad de Breslau (actualmente Wroclaw, en Polonia): “Por herencia soy un judío, por ciudadanía un suizo, y por mentalidad un ser humano, y *sólo* un ser humano, sin apego especial alguno por ningún estado o entidad nacional”. No debe pasar desapercibido el que cuando Einstein escribía estas frases era, desde 1914, catedrático de la Universidad de Berlín y miembro de la Academia Prusiana de Ciencias, es decir, un alto funcionario de Prusia, lo que llevaba asociado la nacionalidad alemana, una circunstancia que él preferiría pasar por alto, manteniendo y refiriéndose siempre a su ciudadanía suiza (durante sus años en Berlín viajó habitualmente con pasaporte suizo; incluso lo renovó después de haber adquirido, en 1940, la nacionalidad estadounidense, un acto también de dudosa legalidad desde el punto de vista de la legislación norteamericana). Muestra también de la peculiar manera en que miraba las adscripciones nacionales es lo que escribió sobre él mismo al *Times* londinense el 28 de noviembre de 1919, poco más de un año después de que hubiese finalizado la Primera Guerra Mundial: “hoy soy descrito en Alemania como un sabio alemán, y en Inglaterra como un judío suizo. Si alguna vez mi destino fuese el ser representado como una bestia negra, me convertiría, por el contrario, en un judío suizo para los alemanes y en un sabio alemán para los ingleses”.

La persecución que sufrían los judíos —una persecución que no comenzó con Hitler (con él llegó a extremos absolutamente insoportables)— fue lo que le acercó a ellos, la que le hizo sentirse miembro de ese pueblo bíblicamente legendario. “Hace quince años”, escribió en 1929, “al llegar a Alemania, descubrí por primera vez que yo era judío y debo ese descubrimiento más a los gentiles que a los judíos”.

Su solidaridad con el pueblo judío y la fama mundial de que llegó a gozar explican que, en noviembre de 1952, tras la muerte de Chaim Weizmann, el primer presidente del estado de Israel, a quien había ayudado en diversas ocasiones, Einstein recibiese la oferta de sucederle en el cargo. Como es bien sabido, rechazó la oferta. Merece la pena citar

la carta en la que transmitió su decisión al gobierno de Israel: “Estoy profundamente conmovido por la oferta de nuestro Estado de Israel, y al mismo tiempo apesadumbrado y avergonzado de no poder aceptarla. Toda mi vida he tratado con asuntos objetivos, por consiguiente carezco tanto de aptitud natural como de experiencia para tratar propiamente con personas y para desempeñar funciones oficiales. Sólo por estas razones me sentiría incapacitado para cumplir los deberes de ese alto puesto, incluso si una edad avanzada no estuviese debilitando considerablemente mis fuerzas. Me siento todavía más apesadumbrado en estas circunstancias porque desde que fui completamente consciente de nuestra precaria situación entre las naciones del mundo, mi relación con el pueblo judío se ha convertido en mi lazo humano más fuerte”.

Aunque sintió una profunda aversión por mucho de lo alemán, ello no significa que no amase, y muy profundamente, dominios básicos de la cultura germana o, mejor, centroeuropea de habla alemana; que no amase, en primer lugar, a su idioma, que siempre maneja con amor y sencillez, pero también con elegancia, un idioma que le permitía giros y combinaciones que encajaban magníficamente con su personalidad, plena de humor e ironía. Ni que no valorase especialmente a la filosofía de habla alemana: en sus labios aparecían con frecuencia los nombres de Schopenhauer o Kant. ¡Y que decir de la física y los físicos! Desde joven había bebido de las fuentes de los Kirchhoff, Helmholtz, Hertz, Mach o Boltzmann; estimaba especialmente a Max Planck, no tanto por sus aportaciones científicas, que desde luego valoraba, sino por la persona que era, aunque mantuvieran en ocasiones posturas encontradas. Y junto a Planck, Max von Laue, ario, y el químico físico Fritz Haber, judío. En los peores tiempos, en agosto de 1933, desde Princeton, escribía a Haber, tras haber sabido que éste también se había convertido finalmente en un exiliado: “Espero que no regresará a Alemania. No merece la pena trabajar para un grupo intelectual formado por hombres que se apoyan en sus estómagos delante de criminales comunes y que incluso simpatizan en algún grado con estos criminales. No me decepcionan, porque nunca tuve ningún respeto o simpatía por ellos, aparte de unas finas personalidades (Planck, 60 por ciento noble, y Laue, 100 por ciento)”.

La aversión de Einstein por Alemania culminaría tras la Segunda Guerra Mundial: “un país de asesinos de masas”, la denominó en una carta que escribió el 12 de octubre de 1953 al físico Max Born, uno de los creadores de la mecánica cuántica, también alemán, también judío, y que también tuvo que abandonar Alemania (terminó instalándose en Edimburgo) debido a la política racial implantada por Hitler. De hecho, Einstein, al contrario que muchos de sus colegas (Born incluido), nunca aceptó volver a pisar suelo germano, que había abandonado en 1932, en principio para pasar un tiempo, como ya había hecho en otras ocasiones, en el California Institute of Technology. Tras la llegada al poder de Hitler el 30 de enero de 1933, decidió romper sus relaciones con la nación que le había

visto nacer. El manifiesto que hizo público en marzo de 1933 contiene la esencia de la filosofía que defendió a lo largo de su vida en cuestiones sociales: “Mientras se me permita elegir, sólo viviré en un país en el que haya libertades políticas, tolerancia e igualdad de todos los ciudadanos ante la ley. La libertad política implica la libertad de expresar las propias opiniones políticas verbalmente y por escrito; la tolerancia implica el respeto por todas y cada una de las creencias individuales. Estas condiciones no existen en Alemania hoy. Quienes más han hecho por la causa de la comprensión internacional, entre quienes se encuentran muchos artistas, sufren, en ella, persecución”.

Einstein, liberal, pacifista y judío, fue una auténtica bestia negra para los nazis. Su personalidad política constituían obstáculos insalvables para el régimen de Hitler. Y no sólo fue repudiada su persona, también su ciencia: surgió un movimiento en favor de una “ciencia aria”, uno de cuyos presupuestos era que la relatividad einsteniana representaba una aberración. Científicos tan notables como Philipp Lenard, premio Nobel de Física en 1905, se erigieron en líderes de semejante movimiento. Aunque no le faltaron ofertas en Europa (entre ellas una de Madrid, apoyada por el Gobierno de la Segunda República), finalmente (octubre de 1933) entró a formar parte del selecto claustro de la Escuela de Matemáticas del entonces recientemente creado *Institute for Advanced Study* de Princeton. Nunca abandonaría el suelo norteamericano.

Años de formación, de esperanzas y de frustraciones

Como ya he indicado, en 1894 el joven Albert abandonó por iniciativa propia el *Gymnasium* Luipold de Munich, donde estudiaba, para seguir a su familia a Italia. Esto no significaba, sin embargo, que no deseara seguir estudios universitarios. De hecho, en el otoño de 1895 se trasladó a Zúrich con el propósito de entrar directamente en la Escuela Politécnica Federal de aquella ciudad, que por entonces había alcanzado reputación como centro de vanguardia en la enseñanza superior de la física y la matemática en el mundo de habla alemana. Al no cumplir ninguno de los requisitos para acceder a esta prestigiosa Escuela, tuvo que someterse al examen de admisión especial para los solicitantes sin título. Fracasó en el intento, aparentemente por no realizar satisfactoriamente la parte general del examen, pero siguió el consejo del director de la Escuela y se matriculó en la Escuela Cantonal de Aargau, en Aarau, para finalizar su educación secundaria. Durante aquel año inicial en Aarau se forjó el apego del futuro gran físico por la nación helvética, cuyo espíritu de tolerancia y costumbres se acomodaban perfectamente a su personalidad. Apátrida desde el 28 de enero de 1896, fecha en la que se aceptó su renuncia a la ciudadanía de Württemberg, Einstein comenzó el intrincado proceso de solicitar la nacionalidad suiza a finales de 1899, culminándolo poco más de un año después, el 7 de febrero de 1901.

En octubre de 1896 obtuvo el título necesario, e inmediatamente entró en la Sección de Matemáticas de la Escuela Politécnica de Zúrich. Cuando llegó, 23 de los 841 estudiantes de la Escuela seguían estudios en esa sección, 11 de los cuales en el curso inicial. Entre esos 11 solamente había una mujer, una serbia llamada Mileva Maric, que años más tarde se convertiría en su esposa.

En su autobiografía, Einstein se refirió a sus maestros en la Escuela de la siguiente manera: “Allí tuve excelentes profesores (por ejemplo, Hurwitz, Minkowski), de manera que realmente podría haber adquirido una profunda formación matemática. Yo, sin embargo, me pasaba la mayor parte del tiempo trabajando en el laboratorio de Física, fascinado por el contacto directo con la experiencia”. Heinrich Weber fue el principal responsable de este hecho: siguió ocho de sus cursos de física experimental (principalmente electrotecnia). De hecho, su intención era continuar utilizando el laboratorio de Weber tras graduarse, para investigar en la termoelectricidad, con la esperanza de poder utilizar los resultados para una tesis doctoral dirigida por el propio Weber.

Tales esperanzas no llegaron, sin embargo, a concretarse. Ni las de iniciar una carrera académica inmediatamente después de finalizar sus estudios. Fue el único de los cuatro estudiante que pasaron los exámenes finales de su Sección en julio de 1900, que no consiguió un puesto de ayudante, el primer escalón en la carrera universitaria, y ello a pesar de que la nota media que obtuvo fue razonable: 4,91 de un máximo de 6. El que ocurriese esto fue una sorpresa para el propio Einstein. Tenía, por ejemplo, esperanzas de llegar a ocupar un puesto con el matemático Adolf Hurwitz: “es probable que con la ayuda de Dios llegue a criado de Hurwitz”, escribía a Mileva Maric el 13 de septiembre de 1900. Pero no tuvo éxito. Ni tampoco con Eduard Riecke, director de la División de Física Experimental del Instituto de Física de la Universidad de Gotinga, a quien escribió en marzo de 1901. Por entonces estaba convencido que tenía en su contra a Weber, a quien no perdonó jamás: cuando éste falleció, en 1912, escribió a un amigo (Heinrich Zangger): “La muerte de Weber es buena para la Escuela Politécnica”.

Al mismo tiempo que se dirigió a Riecke, hizo lo propio —y con análogo resultado— con Wilhelm Ostwald, el célebre químicofísico de la Universidad de Leipzig, algunos de cuyos trabajos Einstein estudió en aquella época. Infatigable, no cesaba en sus esfuerzos por encontrar otras posibilidades para obtener un puesto de *assistant*. A Mileva, con quien se casó el 6 de enero de 1903, le contaba (4 de abril de 1901) que se había dirigido “al Politécnico de Stuttgart, donde hay un puesto libre, y he vuelto a escribir a Ostwald. Pronto habré honrado con mi oferta a todos los físicos desde el Mar del Norte hasta la punta meridional de Italia!”.

En esta situación, algunos de sus amigos intentaron ayudarle. Fue, finalmente, su amigo y compañero de estudios Marcel Grossmann, con quien en 1912, siendo ambos

profesores en el Politécnico de Zúrich, aprendió y desarrolló el aparato matemático (la geometría riemanniana) necesario para la relatividad general, quien logró, con la ayuda de su padre, un puesto estable para Albert en la Oficina de Protección de la Propiedad Intelectual de Berna, a la que se incorporó en junio de 1902, como “Técnico Experto de tercera clase”. Hasta el 15 de octubre de 1909, en que fue nombrado profesor asociado de la Universidad de Zúrich, aquel sería su lugar de trabajo. Fue, por consiguiente, mientras era un empleado de la Oficina de Patentes suiza cuando escribió sus tres grandes artículos de 1905, su *annus mirabilis*.

Contribuciones científicas

Aquel año, en efecto, Einstein publicó en la revista *Annalen der Physik* tres trabajos que terminarían conmoviendo los pilares de la física. El primero se titula, “Sobre un punto de vista heurístico relativo a la producción y transformación de la luz”, y en él Einstein extendió a la radiación electromagnética la discontinuidad cuántica que Planck había introducido en la física cinco años antes; por una de las aplicaciones de los principios que sentó en este artículo, y que aparece al final del mismo, el efecto fotoeléctrico, en 1922 la Academia Sueca de Ciencias le concedió el premio Nobel de Física correspondiente a 1921. El segundo de los artículos de 1905, lleva por título “Sobre el movimiento requerido por la teoría cinéticomolecular del calor para partículas pequeñas suspendidas en fluidos estacionarios”, y contiene un análisis teórico del movimiento browniano que permitió a su autor demostrar la existencia de átomos de tamaño finito, un logro en absoluto menor en un momento en el que muchos negaban tal atomicidad. Finalmente, en el tercero, “Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento”, creó la teoría de la relatividad especial, sistema teórico conceptual que eliminaba las discrepancias que habían surgido entre la mecánica newtoniana y la electrodinámica maxwelliana, que estaban causando una crisis en una parte importante de la física teórica. La relatividad especial, que substituyó a la mecánica que Isaac Newton había establecido en 1687, condujo a resultados que socavaban drásticamente conceptos hasta entonces firmemente afincados en la física, como los de tiempo y espacio, conduciendo, en manos de su antiguo maestro en Zúrich, el matemático Hermann Minkowski, a la creación del concepto, matemático y físico, de espaciotiempo cuadrimensional, que el propio Minkowski presentó de manera pública con singular fuerza y dramatismo el 21 de septiembre de 1908, ante el Congreso de Científicos y Médicos Alemanes reunidos en Colonia: “A partir de ahora”, manifestó en aquella ocasión, “el espacio por sí mismo y el tiempo por sí mismo están condenados a desvanecerse en meras sombras, y solamente una especie de unión de los dos conservará su independencia”.

Esta unión espaciotemporal no es sino reflejo de uno de los resultados más celebrados de la relatividad especial: el de que la simultaneidad de acontecimientos o la medida de

longitudes depende del sistema de referencia (inercial) en que se encuentran aquellos que realizan las observaciones, consecuencia a su vez de un postulado básico de la teoría, el de que la velocidad de la luz es independiente del estado de movimiento de la fuente que la emite, postulado totalmente contraintuitivo, y que a pesar de las evidencias indirectas en su favor que se habían ido acumulando a lo largo de las últimas décadas sólo Einstein —y no otros en principio en mejor situación (notablemente el gran físico holandés Hendrik Antoon Lorentz)— imaginó. Esta relatividad en las medidas, junto al propio nombre de la teoría, “*de la relatividad*”, es responsable de una deformación conceptual especialmente importante y lamentable: la afirmación de que la construcción einsteniana de 1905 es una teoría de “relativos”, y que su propio éxito en la descripción de la naturaleza induce a pensar que el principio “todo es relativo” debe ser introducido en otros ámbitos, entre ellos los filosóficos y sociológicos. Sin embargo, y muy al contrario de este planteamiento, la relatividad especial es una “teoría de absolutos”, que pretende suministrar los elementos necesarios para que sea posible describir las *leyes* (que es lo verdaderamente esencial, no conceptos cinemáticos como longitudes o tiempos) de la física de forma tal que sean comunes a observadores situados en sistemas de referencias inerciales diferentes, un hecho éste que sostuvo con frecuencia el propio Einstein y en el que insistió Max Planck, el primero en darse cuenta de la importancia y novedad de la nueva teoría.

Naturalmente, es inevitable mencionar también lo que no es sino un mero corolario de la teoría, condensado en una sencilla expresión matemática, $E = mc^2$ (en donde E representa la energía, m la masa, y c la velocidad de la luz), que permitió comprender inmediatamente la razón —aunque no la causa que subyacía en el fenómeno— de la aparente infinita energía producida en los procesos radiactivos, descubiertos a finales del siglo XIX. Las explosiones nucleares que pusieron término a la Segunda Guerra Mundial dieron buena prueba de que masa y energía son, efectivamente, equivalentes.

Una vez explotadas las principales consecuencias de la relatividad especial, hasta aproximadamente 1911, Einstein centró sus investigaciones principalmente en el campo de la física cuántica, esto es, en el mundo de las radiaciones y de los fenómenos microscópicos. De aquella época son sus trabajos sobre la aplicación de los principios cuánticos al estudio de los sólidos, lo que le permitió explicar, por ejemplo, desviaciones que se observaban en la ley de Dulong y Petit, o sobre la coexistencia de propiedades ondulatorias y corpusculares en varios fenómenos, que allanaron el camino a las más definidas ideas de Louis de Broglie sobre la dualidad onda-corpúsculo (1923–1924).

No obstante, a partir de 1911 Einstein dedicó sus energías casi de manera exclusiva a la búsqueda de una teoría de la interacción gravitacional que fuese compatible con los requisitos de la relatividad especial, ya que la teoría de la gravitación universal de Newton no satisface los requisitos —la invariancia Lorentz— de la relatividad especial.

En realidad, ya antes de 1911 había identificado la pieza maestra que le serviría para orientarse en esa búsqueda: “el principio de equivalencia”, la idea de que a distancias pequeñas un sistema de referencia acelerado es equivalente a un campo gravitacional. La manera cómo Einstein llegó a este principio, que desvela la profunda significación de un hecho aceptado hasta entonces (por Galileo y Newton) sin mayores problemas — la proporcionalidad (igualdad en un sistema de unidades adecuado) entre masa inercial y masa gravitacional—, muestra de manera espléndida la gran característica del estilo científico einsteiniano: su increíble capacidad para encontrar lo realmente esencial de la naturaleza, aquello que proporciona las claves más simples, pero a la vez más profundas, de la estructura del mundo. En este caso, como en otros (por ejemplo, al introducir en la relatividad especial el postulado de la constancia de la velocidad de la luz), Einstein únicamente recurrió a experimentos mentales (con observadores situados en ascensores, en presencia y en ausencia de campos gravitacionales) que cualquiera puede entender.

El principio de equivalencia llevó a Einstein a la conclusión de que la nueva teoría gravitacional que buscaba debía basarse en un espaciotiempo curvo dinámico. El problema es que aunque reconocía la necesidad de recurrir a una geometría curva no estática, Einstein no disponía de los conocimientos necesarios. Es cierto que el programa de estudios que había seguido en Zúrich incluía un curso sobre geometría dictado por el matemático Carl Friedrich Geiser, en el que se trató de los trabajos de Gauss sobre superficies curvas descritas de forma intrínseca (sin considerar que podían estar sumergidas en un espacio de dimensión superior), pero no parece que lo aprovechara demasiado, no, desde luego, como para poder ser matemáticamente autosuficiente en 1913. En cuanto a los trabajos de Riemann o el artículo que los matemáticos italianos Gregorio Ricci Curbastro y Tullio Levi Civita publicaron en 1901, que contiene la mayor parte de los elementos de la geometría riemanniana necesarios para la relatividad general, simplemente los desconocía.

La ayuda le llegó de Marcel Grossmann. Cuando en febrero de 1912 Einstein fue nombrado catedrático en su antigua *alma mater*, el Instituto Politécnico de Zúrich, se encontró allí con Grossmann, que ocupaba una cátedra de matemáticas. Fue una coincidencia afortunada, ya que Grossmann se había especializado precisamente en geometría diferencial. Juntos escribieron un artículo que representa un momento decisivo en la carrera de Einstein, así como en la historia de la física. En la carrera de Einstein porque el “estilo einsteiniano” cambiaría de una manera radical a partir de entonces. En la historia de la física, porque nadie hasta entonces había hecho lo que sus autores llevaron a cabo en aquel trabajo: “reducir”, geometrizar, la gravitación; utilizar un marco geométrico curvo que dependía de su contenido energético-material.

El artículo en cuestión, que la editorial Teubner decidió publicar a finales de 1913 como un folleto de 28 páginas, se titulaba *Esbozo de una teoría general de la relatividad*

y de una teoría de la gravitación. Su estructura no dejaba dudas acerca de las diferentes responsabilidades de sus autores: comenzaba con una “Parte física”, firmada por Einstein, y continuaba con una “Parte matemática”, debida a Grossmann.

Las ecuaciones del campo gravitacional que se proponían en este *Esbozo* no eran correctas y Einstein terminaría por abandonarlas. Comenzó entonces un largo, complejo y con frecuencia oscuro conceptualmente, período —que sólo finalizaría en noviembre de 1915— durante el cual Einstein pugnó por determinar los principios básicos de la teoría relativista de la gravitación. No puedo, naturalmente, detenerme en los detalles de esa búsqueda; para mis propósitos hoy lo realmente importante es señalar que aunque los argumentos físicos no desaparecieron de los razonamientos de Einstein, cada vez iban cobrando más fuerza los puramente matemáticos, con el cálculo tensorial ocupando una posición central. La fascinación que Einstein iba sintiendo por el poder de las matemáticas se hace patente en el pasaje inicial del artículo que leyó en la sesión plenaria de la Academia Prusiana de Ciencias el 4 de noviembre de 1915, en el que se quedó a un paso de formular la versión final de la teoría de la relatividad general: “Nadie que la haya entendido realmente [la teoría presentada aquí] puede escaparse de su belleza, porque significa el verdadero triunfo del cálculo diferencial absoluto tal y como fundado por Gauss, Riemann, Christoffel, Ricci y Levi Civita”.

Veintiún días después, el 25 de noviembre de 1915, Einstein presentaba a la Academia Prusiana la formulación definitiva de la teoría general de la relatividad; esto es, la formulación que incluía las ecuaciones correctas del campo gravitacional, expresadas, por supuesto, en forma tensorial. “Finalmente”, escribía allí Einstein, en el párrafo último, “hemos completado la teoría general de la relatividad como una estructura lógica. El postulado de la relatividad en su formulación más general (que convierte a las coordenadas espaciotemporales en parámetros desprovistos de significado físico) conduce con absoluta necesidad a una teoría de la gravitación muy específica que también explica el movimiento del perihelio (punto de la órbita más cercano al Sol) de Mercurio”, un problema que había permanecido sin resolver en la teoría newtoniana durante más de un siglo. No hacía referencia a otras dos predicciones experimentales, el desplazamiento de las líneas espectrales y la curvatura de los rayos de luz debido al campo gravitacional, una limitación que desaparecería en un nuevo artículo, más extenso, completo y pedagógico: “Los fundamentos de la teoría general de la relatividad”, recibido en la redacción de los *Annalen der Physik* el 20 de marzo de 1917.

Casi inmediatamente, en 1916, Einstein aplicó su nueva teoría de la gravitación (modificada introduciendo un nuevo elemento en sus ecuaciones básicas: la constante cosmológica) al conjunto del cosmos, encontrando un modelo de universo estático de densidad uniforme, con el que creó la cosmología, entendida como disciplina auténticamente

científica, frente a las apenas analíticas, escasamente predictivas, cosmogonías anteriores. Tal modelo fue finalmente arrinconado ante la evidencia experimental —proporcionada por el astrofísico estadounidense Edwin Hubble a comienzos de la década de 1930— de que el universo no es estático sino que se expande. Afortunadamente para la cosmología relativista, existen soluciones de sus ecuaciones (que además no necesitan de la constante cosmológica), estudiadas por diversos científicos (como Georges Lemaître, Alexander Friedmann, Howard P. Robertson o Arthur G. Walker) que conducen a modelos de universo en expansión.

A partir de entonces, el mundo de la relatividad general fue el tema de investigación preferido por Einstein; en especial, lo que llamó “teoría del campo unificado”, con la que pretendía encontrar un marco (geométrico) común para las dos interacciones conocidas en aquella época, la electromagnética y la gravitacional. Al dedicarse a este problema, tuvo que terminar siguiendo un camino en el que eran las posibilidades matemáticas —estructuras formales suficientemente ricas como para, en principio, dar cabida a variables electromagnéticas y gravitacionales— las que dirigían sus esfuerzos. Fue la suya una lucha titánica y casi solitaria (sólo recibió la ayuda de jóvenes colaboradores suyos, matemáticos la mayoría de las veces), ya que la gran mayoría de sus colegas no compartían sus esperanzas, entre las que figuraba de forma prominente desarrollar una teoría que no renunciase a la continuidad y al determinismo, los fenómenos de que daba cuenta recurriendo a la discontinuidad la teoría cuántica. Y es que Einstein, que junto con Planck había sido uno de los originadores del movimiento que condujo a la mecánica cuántica, nunca aceptó completamente esta teoría, que entendía no se podía considerar completa. No aceptaba su carácter estadístico, situación un tanto peculiar, toda vez que también fue él quien, en 1917, introdujo realmente tal rasgo en la física cuántica. Ahora bien, tal oposición no le impedía reconocer que se trataba de la teoría física de más éxito de su tiempo, en tanto que permitía comprender unitariamente las experiencias relativas al carácter cuántico de los procesos microscópicos.

Más concretamente, el rasgo de la física cuántica que chocaba sobre todo a Einstein era el de que en ella el resultado de una medida dependiese del proceso de medición; pensaba que tal característica de la interpretación más ampliamente aceptada de la mecánica cuántica la interpretación de Copenhague, era incompatible con una definición aceptable del concepto de “lo físicamente real”. Es particularmente famosa una de sus manifestaciones “antiprobabilista” y “realista” contenida en una carta que escribió a Max Born el 4 de diciembre de 1926: “La mecánica cuántica obliga a que se la respete. Pero una voz interior me dice que todavía no es la cosa real. La teoría nos aporta muchas cosas, pero apenas nos acerca al secreto del Viejo. De todas maneras, yo estoy convencido de que Él, al menos, no juega a los dados”.

Lejos de limitarse a expresar una oposición de carácter meramente programático o metodológico, Einstein expresó su rechazo mediante argumentos que utilizaban situaciones experimentales posibles. La manifestación más conocida de sus ideas es el artículo que publicó en 1935, en colaboración con Boris Podolsky y Nathan Rosen, en la revista *Physical Review*: “¿Puede considerarse completa la descripción mecanocuántica de la realidad?. El efecto de este artículo fue inmediato. Niels Bohr, el creador del primer modelo atómico cuántico, gran patrón de la física cuántica y, en particular, de la interpretación de Copenhague (ciudad en la que se encontraba su Instituto de Física), que de hecho había mantenido vivas discusiones con Einstein sobre estos temas durante el Congreso Solvay de 1930, publicó inmediatamente, con el mismo título y en la misma revista, una respuesta a las objeciones de Einstein, abriendo un debate que todavía no se ha cerrado.

Y puesto que he mencionado este artículo de 1935 quiero aprovechar para hacer hincapié en la falsedad de la historia de que después de 1915–16 la carrera científica de Einstein terminó, que, obnubilado por sus deseos de una física causal y realista, ya no hiciera ninguna contribución a la física. Es cierto, desde luego, que no produjo aportaciones como las de 1905 o la relatividad general, pero, y olvidándonos de su artículo con Podolsky y Rosen, recordemos otros trabajos suyos notables como, por ejemplo, el que realizó con dos ayudantes suyos, Leopold Infeld y Banesh Hoffmann: “Gravitational equations and the problem of motion”, publicado en la revista *Annals of Mathematics* en 1938, y que suministró un método importantísimo —la denominada “aproximación EIH”— para resolver mediante aproximaciones las ecuaciones del movimiento de la relatividad general. Para hacerse una idea de lo complicado que era, matemáticamente, el problema, citaré lo que Infeld manifestó en la “Introducción” del libro que escribió con su compatriota Języ Plebanski, *Motion and Relativity* (1960): “El problema del movimiento en la teoría gravitacional fue resuelto por primera vez en un artículo de Einstein, Infeld y Hoffmann en 1938. Los cálculos fueron tan complicados que tuvimos que dejar como referencia en el *Institute for Advanced Study* de Princeton el manuscrito completo de los cálculos para que lo utilizaran otros”.

Por fin, un respetado científico profesional

La lógica interna que existe en los intereses y aportaciones científicas de Einstein me ha llevado más allá de la época en la que trabajaba en la Oficina de Patentes de Berna. Es preciso, para reconstruir su biografía, y la del tiempo que le tocó vivir, volver, otra vez, hacia atrás.

Gracias a las aportaciones a la física que realizó a partir de 1905, el mundo académico comenzó a advertir su presencia. En 1909 consiguió su primer puesto universitario, profesor asociado en la Universidad de Zúrich. En 1911 fue designado catedrático de Física

en la Universidad alemana de Praga, aunque permaneció allí muy poco tiempo: el año siguiente regresó a Suiza para ocupar una cátedra en el Politécnico, su *alma mater*. Dos años más tarde alcanzaba la cumbre de su profesión: catedrático sin obligaciones docentes en la Universidad de Berlín, director de un Instituto de Física teórica, que se crearía especialmente para él en la Asociación Kaiser Guillermo, y miembro, con un salario de 12.000 marcos, de la Academia Prusiana de Ciencias. Planck y Walther Nernst en persona viajaron desde Berlín a Zurich, en el verano de 1913, para transmitirle la oferta. ¿Cómo resistirse ante ella, más aún con semejantes embajadores? Aunque el humor de Einstein no le impidió comentar, justo después de la visita, a su amigo y futuro premio Nobel de Física Otto Stern: “¿Sabes?, los dos me parecieron como si quisiesen obtener un raro sello postal”.

Pacifista

La física einsteniana pudo ser intrincada, pero su palabra era transparente, y de una belleza y altura moral singular, cuando hablaba de cuestiones humanas transcendentales. Y entre esas cuestiones humanas, una llamó muy particularmente su atención: la lucha contra la guerra, el pacifismo. Un interés promovido por las circunstancias históricas en las que se desarrolló su vida. Circunstancias históricas como la Primera Guerra Mundial.

Al poco de comenzar la Gran Guerra, el 4 de octubre de 1914, movidos en parte por las negativas repercusiones que había tenido en el mundo la invasión de Bélgica, 93 intelectuales alemanes dieron a conocer lo que denominaron “Llamamiento al mundo civilizado”. Aquel manifiesto defendía con una parcialidad sobrecogedora las acciones germanas. Contenía puntos como el siguiente: “*No es verdad* que la lucha contra lo que se ha llamado nuestro militarismo no sea una lucha contra nuestra cultura, como pretenden hipócritamente nuestros enemigos. Sin el militarismo alemán, la cultura alemana habría desaparecido de la faz de la tierra hace mucho tiempo. Es para proteger esa cultura, que un país que durante siglos ha sufrido más invasiones que ningún otro, ha salido de sus fronteras. El ejército y el pueblo alemanes forman una unidad. Semejante convicción une hoy día a 70 millones de alemanes, sin distinción de educación, condición social y partido”.

Entre los firmantes de este llamamiento figuraban 15 científicos, algunos del calibre de los químicos Adolf von Baeyer, Emil Fischer, Fritz Haber, Walter Nernst, Wilhelm Ostwald y Richard Willstätter, el matemático Felix Klein, y los físicos Philipp Lenard, Max Planck, Wilhelm Röntgen y Wilhelm Wien.

En la atmósfera que reinaba entonces en Alemania era difícil oponerse públicamente a aquella declaración (en otros países tampoco fue fácil defender posiciones no beligerantes,

como demuestra el caso de Bertrand Russell en Inglaterra). Sin embargo, pocos días después de su publicación un destacado pacifista alemán, Georg Nicolai, preparó una réplica que hizo circular entre sus colegas universitarios. Sólo tres personas se adhirieron a ella: uno de ellos era Einstein. El documento en cuestión, titulado “Manifiesto a los europeos”, fue distribuido a mediados de octubre, y contenía párrafos como los siguientes: “La guerra que ruge difícilmente puede dar un vencedor; todas las naciones que participan en ella pagarán, con toda probabilidad, un precio extremadamente alto. Por consiguiente, parece no sólo sabio sino obligado para los hombres instruidos de todas las naciones el que ejerzan su influencia para que se firme un tratado de paz que no lleve en sí los gérmenes de guerras futuras, cualquiera que sea el final del presente conflicto. La inestable y fluida situación en Europa, creada por la guerra, debe utilizarse para transformar el Continente en una unidad orgánica... Nuestro único propósito es afirmar nuestra profunda convicción de que ha llegado el momento de que Europa se una para defender su territorio, su gente y su cultura... El primer paso en esa dirección sería el que unan sus fuerzas todos aquellos que aman realmente la cultura de Europa; todos aquellos a los que Goethe proféticamente llamó buenos europeos”.

Sin embargo, con dolorosa frecuencia la vida de los humanos se mueve en situaciones que provocan sentimientos encontrados, sentimientos que impiden mantener líneas de comportamiento sencillas o lineales. Así, a pesar de sus ideas pacifistas, Einstein contribuiría a impulsar el establecimiento del proyecto nuclear estadounidense, el “Proyecto Manhattan”, que culminó con el lanzamiento de dos bombas atómicas sobre Japón. El 2 de agosto de 1939, a petición de tres físicos de origen húngaro que también habían tenido que abandonar Alemania, Leo Szilard, Edward Teller y Eugene Wigner, Einstein escribió una carta al presidente Franklin D. Roosevelt en la que indicaba el peligro potencial de que, a raíz del descubrimiento de la fisión del uranio, realizado por Otto Hahn y Fritz Strassmann, en Berlín en diciembre de 1938, Alemania pudiese fabricar bombas atómicas.

Aunque es difícil determinar en qué medida la carta de Einstein influyó en la posterior decisión del gobierno estadounidense de establecer el proyecto Manhattan, que conduciría a la fabricación de las bombas que se lanzaron sobre las ciudades japonesas de Hiroshima y Nagasaki en agosto de 1945 y que provocaron la inmediata rendición de Japón, el hecho es que el temor que sentía por un mundo dominado por Hitler hizo que Einstein violentase sus creencias pacifistas. En tiempos difíciles, cuando las pasiones y la sangre empañan la tierra, la pureza es un bien que se agosta rápidamente.

Científico famoso

La continuamente ascendente carrera académica de Einstein desde que abandonó la Oficina de Patentes de Berna, y que culminó al llegar a Berlín a principios de 1914, muestra

el reconocimiento que recibió. Pero ello ocurrió entre sus colegas, entre los físicos que se daban cuenta de lo extraordinario de sus contribuciones científicas. Entre los legos, en el mundo social, su apellido sólo pasó a ser conocido, multitudinariamente, en noviembre de 1919, cuando una expedición británica confirmó, midiendo las trayectorias de la luz de algunas estrellas durante un eclipse de Sol, que, efectivamente, se verificaba que los rayos de luz cambian de dirección en presencia de campos gravitacionales, una de las predicciones de la teoría que había desarrollado a finales de 1915, la relatividad general.

Los resultados de la misión británica se dieron a conocer el 6 de noviembre de 1919, en la sede londinense de la Royal Society, en una reunión conjunta de la sociedad anfitriona con la Royal Astronomical Society. Alfred North Whitehead, que asistió a aquella reunión, describió años más tarde (en su libro *Science and the Modern World*, 1926) el ambiente que la rodeó: “Toda la atmósfera de tenso interés era exactamente la de un drama griego: nosotros eramos el coro comentando el decreto del destino revelado en el desarrollo de un incidente supremo. Había una cualidad dramática en la misma representación; el ceremonial tradicional, y en el transfondo el retrato de Newton para recordarnos que la mayor de las generalizaciones científicas iba a recibir ahora, después de más de dos siglos, su primera modificación”.

El día siguiente, *The Times* anunciaba en sus titulares:

REVOLUCION EN CIENCIA

Nueva teoría del Universo

Ideas newtonianas desbancadas”

También en *The Times*, el día 8, Joseph John Thomson (1856–1940), que en 1897 había identificado el electrón como la primera partícula elemental, y que había presidido la reunión celebrada dos días antes, declaraba: “Uno de los grandes logros en la historia del pensamiento humano... No es el descubrimiento de una isla remota, sino de todo un continente de nuevas ideas científicas... Es el mayor de los descubrimientos en relación con la gravitación desde que Newton enunciase sus principios.”

Y con ello, Einstein se convirtió en una figura mundialmente célebre. A partir de entonces rara vez tuvo la paz que siempre dijo desear y buscar.

Y famoso murió en Princeton el 18 de abril de 1955, como consecuencia de la rotura de un aneurisma aórtico.