JORGE SERRANO

Einstein Setenta años de la relatividad generalizada

Albert Einstein no fue solamente un gran espíritu; también fue un gran corazón al cual nada que fuera humano le era extraño. No hay que admirarse de esto; la ansiedad ante la muerte y el porvenir de los hombres no se da sin relación con la angustia ante los enigmas del mundo físico, pues una y otra hunden sus raíces en el misterio del ser.

L. de Broglie

ES INTERESANTE RECORDAR que Albert Einstein, uno de los físicos más abstractos de todos los tiempos, siempre manifestó un vivo interés por las observaciones concretas, por alejadas que éstas pudieran parecer de las cimas heladas de la física teórica.

A Einstein le debemos la teoría de los meandros que producen las corrientes de los líquidos; esto puede ilustrarse por medio de un experimento que cualquiera puede realizar en un vaso de agua. Fue un apasionado de las invenciones prácticas sin desdeñar las más modestas; y esto no solamente en el breve periodo que pasó trabajando en la oficina de patentes en Berna, sino a lo largo de toda su vida. Esa pasión le permitió decir que "El cuidado del hombre y de su destino debe constituir el interés principal de todos los esfuerzos técnicos. No olvidéis esto jamás en medio de vuestros diagramas y en medio de vuestras ecuaciones."

Sería demasiado largo reseñar todas y cada una de las aportaciones de Einstein a la física. Cada uno de sus trabajos, por separado, le hubiera bastado para asegurar su importancia como físico. En el momento en que Einstein ingresó a la palestra de las ciencias, la teoría de los *quanta* de M. Planck hacía su aparición. Einstein apreció de inmediato el valor heurístico de la teoría y no cesó de referirse a ella y de contribuir a extender el descubrimiento a toda la física. Sabido es que, en 1907, a partir de la idea de que los átomos de los cuerpos sólidos oscilan en tres direcciones, y aplicando la teoría de los *quanta* a estas vibraciones, bosquejó una evaluación del calor específico de

los cuerpos sólidos, estableciendo así la 'teoría cuántica de la ley del decremento de los calores específicos con la temperatura'.

Pero toda esta diversidad no debe disimular la vocación sintética de Einstein. Esta pasión por la unidad explota y corona su aportación esencial a la física moderna: la teoría de la relatividad —en particular la generalizada de 1916, hace justamente setenta años. Esta teoría viene a coronar una tradición que, en parte, se inicia con los griegos, por lo que se refiere a la parte astronómica. Aristarco de Samos —y algunos otros más— tenía la idea de que los astros giraban alrededor del sol. Aunque es cierto que nunca pudo probarlo. Sabemos, igualmente, que esta visión no fue la 'oficial', y que lo fue en cambio la de Aristóteles-Ptolomeo, que prevaleció por más de quince siglos.

En la teoría de la relatividad, o mejor quizá, en los desarrollos teóricos que con ella realizó, el pensamiento de Einstein se presenta como una serie de construcciones, cada una de las cuales, al emplear la anterior señala o apunta al descubrimiento de una permanencia subyacente a la multiplicidad de las apariencias. Así, por ejemplo, la mecánica y la física clásicas no son ya sino una aproximación a la teoría de la relatividad restringida, válidas solamente para las pequeñas velocidades. Las velocidades no se adicionan más, se componen de manera que la velocidad resultante no pueda superar nunca la velocidad de la luz en el vacío. Esta velocidad de la luz —o más bien, para señalar toda la generalidad del principio, la velocidad de la energía en el vacío— representa una de las llaves maestras de la nueva física, pues interviene en numerosas fórmulas de múltiples sectores del tratamiento científico de la física. Esto altera la variación de la masa debido a la velocidad, acarreando consecuencias de alcances —aun hoy en día— insospechadas. En primer lugar, la materia puede transformarse en energía y recíprocamente. No deben, pues, considerarse los dos principios de la conservación de la materia —Lavoisier— y de la conservación de la energía —Meyer— como verdaderos separadamente; habrá que fundirlos en un principio único: la conservación de la masa-energía. Equivalencia de masa y energía, expresada en la célebre fórmula: $E = mc^2$. Equivalencia einsteniana apreciable en la astrofísica actual: es justamente porque la materia es un condensado de energía que las estrellas radian tan intensamente y durante periodos tan largos, como lo mostró, entre otros Hans Bethe hace ya varias décadas.

Efectivamente, nada sería más falso que negar no sólo el genio de Einstein, sino su deseo de síntesis. Definido por los sabios italianos, el objetivo de la investigación científica —que es voluntad de

conocimiento y no interés práctico— escribía: “Existe en la naturaleza de esta aspiración hacia el conocimiento el tender hacia la dominación de los aspectos diversos y múltiples de las experiencias hacia una simplificación y hacia una limitación de las hipótesis de base.” Simplificación y limitación que no son —en la ciencia física— perfectamente alcanzados sino por la fórmula matemática de la ley. Sobre este punto esencial, Einstein apareció mucho más como el heredero fiel que como el destructor místico de aquello que había constituido la ambición de la ciencia humanista desde el Renacimiento y particularmente en el siglo XIX: llegar a la expresión matemática adecuada de los fenómenos físicos. Para llegar a ello, Einstein no duda absolutamente de las fuerzas del entendimiento y de su cultura, aunque se guarda bien de afirmar —como fue el caso de espíritus demasiado apresurados— la estrechez e insignificancia de lo conocido, lo cual se debe a la pobreza del sujeto cognoscente. Frecuentemente se cita su frase: “Lo más incomprensible del mundo es que el mundo es comprensible”; frase que es, quizá, uno de los más bellos elogios que se hayan hecho del entendimiento humano.

La aportación monumental de Einstein a la física ha permitido, primeramente, trabajar asiduamente a los físicos durante varias décadas. Esta contribución ha permitido, de igual manera, el desarrollo de la astrofísica por senderos —aún en 1916— insospechados. La visión que actualmente se tiene del cosmos, y que sólo está al alcance de unos cuantos científicos, pero que actualmente el gran público empieza a asomarse a ella, se deriva en gran medida de la teoría de la relatividad generalizada de Einstein.

De igual manera, desde el punto de vista científico, la concepción einsteniana ha tenido repercusiones en algunas concepciones de filosofía de la ciencia. Hoy en día, una de las ramas más importantes de la filosofía de la ciencia —si hemos de crearle a José Manuel Sánchez Ron en *Origen y desarrollo de la relatividad*, 1984 —es la metodología; rama que se puede decir que alcanzó su estado actual con la publicación de la *Lógica de la investigación científica*, 1934, de K. Popper. Pues bien, también las ideas de algunas corrientes de la metodología de la ciencia surgieron, en gran medida, como una reflexión filosófica ante los trabajos de Einstein “Volviendo la vista hacia aquel año —1919— me maravilla el que, en un periodo tan corto le pueda ocurrir tanto al desarrollo intelectual de uno mismo. Puesto que fue en aquella época cuando supe acerca de Einstein; y esto llegó a ser una influencia dominante en mi pensamiento, a la larga tal vez la influencia más importante de todas”, declara Popper.

“Max Elstein me llamó la atención ante el hecho de que el mismo Einstein consideraba como uno de los principales argumen-

tos en favor de su teoría —la Relatividad generalizada— el que condujese a la de Newton como una aproximación muy buena; también el que Einstein, aunque convencido de su propia teoría, la concebía como un paso hacia una teoría más general”, continúa Popper. Einstein mismo estuvo trabajando durante algunas décadas en la búsqueda de dicha teoría: ‘teoría del campo unificado’, ‘teoría del campo asimétrico’, etc.

Sin duda alguna, Einstein tenía todo esto, y especialmente su propia teoría en mente cuando escribió: “No podría existir mejor destino para una teoría física que el que señale el camino hacia una teoría más amplia, en la que continuase viviendo como un caso límite.” Pero, lo que más me impresionó, continúa Popper, fue la clara afirmación de Einstein en el sentido de que “consideraría su teoría insostenible si no pasase ciertas pruebas”. Así —escribió— esto es fundamentalmente la parte que más me interesa: “si el desplazamiento hacia el rojo de las líneas espectrales debido al potencial gravitatorio no existiese, entonces no se podría seguir manteniendo la Teoría de la Relatividad general”. Para el parecer de muchos científicos ésta es la actitud científica en relación con las teorías; radicalmente diferente de la actitud dogmática que constantemente anuncia el hallazgo de verificaciones para sus teorías favoritas. “Así es como llegué —cito a Popper— hacia finales de 1919, a la conclusión de que la actitud científica es la actitud crítica, que no busca verificaciones sino pruebas cruciales, pruebas que podrían refutar la teoría que se está cuestionando, pero que nunca puede ser establecida de manera definitiva.”

Quizá poco se pueda añadir en esta dirección. Resulta difícil encontrar otro pasaje en el que aparezca de forma más clara y definitiva el origen y el significado de gran parte de los temas de la filosofía de la ciencia actual.

Para todo hombre medianamente cultivado, aunque no sea en el campo de las ciencias, el nombre de Albert Einstein evoca el genial esfuerzo intelectual que desterró los datos más tradicionales de la física, llegando a establecer la relatividad de las nociones de espacio y tiempo, de inercia y de energía. Por otro lado, desarrollando una interpretación, en cierto modo puramente geométrica de las fuerzas de gravitación.

En estas pocas páginas he pretendido presentar —obviamente de manera enunciativa— algunas ideas básicas acerca del universo que han surgido en los últimos decenios. En particular he hecho especial énfasis en la investigación teórica y la forma como los descubrimientos podrían ayudar a explicar las observaciones.

Una pregunta importante es: ¿Cuánto del material presentado es realmente correcto? Desde luego que en el momento actual no hay modo de saberlo con precisión. En los casos en que las observaciones astronómicas planeadas para la década de los ochentas aporten aclaraciones, se ha tratado de señalar en qué forma podrían cambiar las ideas. Pero, sin embargo, no constituyen ninguna ayuda el preguntar cómo serán las teorías dentro de cincuenta o cien años. Hemos recordado algunas de las ideas antiguas acerca de la cosmología, tales como el sistema de Ptolomeo, que se basó en la orientación filosófica general del hombre de la antigüedad y en la cantidad limitada de información de que se disponía. Si viviéramos en la Grecia de hace dos mil años, probablemente habría que pensar en epiciclos, aunque Aristarco hubiera sugerido que los planetas giraban alrededor del sol. Hay que estar dispuestos a comprender que cualquiera de las ideas modernas deben incorporar toda la información y las observaciones disponibles; pero, ¿de qué manera ha afectado nuestra orientación psicológica —tomada en un sentido muy amplio— a los conceptos enunciados anteriormente? El tratamiento general de toda la física moderna es mecanicista, no en el sentido vulgar de engranajes, palancas y poleas, sino más bien en lo que se refiere a tratar de reducir toda la realidad a leyes físicas concretas, en donde las cantidades realmente importantes son las que se pueden medir con aparatos tales como espectrógrafos, galvanómetros, placas fotográficas, computadoras y ciclotrones. El hombre del pasado pensaba en los planetas como dioses y les atribuía cualidades espirituales específicas. El científico moderno sostiene que tales ideas no contribuyen en nada a la comprensión, y sí a la confusión. Pero, cuando este mismo científico se dirige a su telescopio, computadora o ciclotrón, lleva consigo un conjunto de axiomas que son parte de su psique, que son semejantes a los conceptos incuestionados que estaban en la mente del astrónomo babilónico que subía a lo alto de un cigurat. Es obvio, entonces, que si conociéramos más acerca de nosotros mismos, podríamos descubrir y comprender más acerca de la naturaleza del universo.