



CRITICA DE LIBROS

ORIGENES, DESARROLLO Y RECEPCION DE LA RELATIVIDAD

MIGUEL FERRERO MELGAR

Oviedo



Al finales del siglo XIX la Física se encontraba en una difícil situación. Parecía imposible acoplar dentro del marco newtoniano, sin romper su coherencia, aquellos supuestos que se precisaban para proporcionar una adecuada explicación de los fenómenos de campo. Uno de los aspectos más conflictivos giraba en torno al hecho de que la teoría clásica, que proporcionaba descripciones adecuadas del movimiento de los planetas o de las interacciones entre «fluidos» eléctricos —basándose para ello en el postulado de que las fuerzas variaban según el cuadrado de la distancia que separaba a las sustancias y estaban sobre la línea de unión de éstas—, era incapaz de incorporar a este esquema experiencias como las de Oersted, Faraday o Rowland sin sufrir, al mismo tiempo, profundas transformaciones, ya que éstas experiencias parecían sugerir la presencia de fuerzas perpendiculares a las líneas de unión de los fluidos y dependientes además de la velocidad de éstos (Rowland). Se abrió así una grieta en el cuerpo de la Física cuya consecuencia más inmediata era que ésta proporcionaba ahora dos imágenes de la realidad no conciliables: la que se desprendía de la Física de Newton y aquella otra que sugerían los nuevos fenómenos de campo. Grieta que fue imposible cerrar y que, por el contrario, se hizo cada vez más insalvable a medida que se desarrollaba la teoría electromagnética. La visión unitaria inicial se escindió de este modo en dos. Una afectaba a los fenómenos mecánicos y la otra a los electromagnéticos y a la óptica. La primera contenía acciones instantáneas a distancia y en la segunda éstas se transmitían con velocidad finita de un punto a otro contiguo. Las leyes de una eran invariantes respecto a las transformaciones de Galileo, las de la otra no. Y en ambas había dificultades internas que hacían muy difícil su desarrollo posterior. La dualidad de imágenes era pertur-

badora y se deseaba una reducción. Pero, ¿cómo explicar desde las ideas de campo el movimiento de los planetas?, o ¿cómo explicar con la teoría de Newton las experiencias de Oersted?

El edificio, construido con tanto trabajo y esfuerzo —y en opinión de muchos científicos, ya casi concluido— amenazaba con derrumbarse. ¿Cómo proceder? ¿Sugería la situación que las dificultades posiblemente fuesen la consecuencia inevitable de la inadecuación de los principios de los que se había partido? De ser así habría que proceder a una crítica exhaustiva de los conceptos tradicionales que, de modo sutil e inapreciable, impregnaban el ambiente y con los que se entretrejan casi inconscientemente los parámetros de comprensión. Y entonces ya no se trataría sólo de examinar todo el esquema de interpretación de la realidad para buscar aquellos conceptos y aquellos axiomas de los que era preciso desprenderse para formular, en su lugar, otros nuevos y adecuados sino que habría que proceder, más profundamente, a la sustitución del mismo esquema. Entonces no sería tampoco sólo cuestión de modificar las ideas sobre el espacio, el tiempo, los sistemas de coordenadas, la masa, la cantidad de movimiento, la fuerza, etc..., sino que, aquí también, habría que proceder al análisis del significado que se estaba dando a los instrumentos de medida, a la propia medida, a los experimentos, a las hipótesis, a la contrastación, etc..., construyendo además de una nueva teoría científica, con todo lo que esto suponía, una teoría de la ciencia que estuviese vinculada a ella.

De estudiar cómo se produjo esto, qué génesis histórica tuvo, cómo se desarrolló y cómo lo recibió la comunidad científica se encarga J.M. Sánchez Ron en su libro «Relatividad Especial, Relatividad General (1905-

1923)». En él puede verse con claridad, sobre todo, la línea conductora del pensamiento de Einstein desde la gestación de la Relatividad Especial hasta el intento de una generalización que pudiese llevarle al establecimiento de una teoría de campos, y esto tanto en el plano de la Física como en el de la gnoseología. Es pues un libro que se refiere a Einstein y a las ideas de Einstein y en el cual se analiza con rigor, demostrando un profundo conocimiento del tema, cómo éste postula:

—1º que la velocidad de la luz en el vacío es la misma en todos los sistemas de coordenadas en movimiento uniforme relativo y

—2º que las leyes de la naturaleza son las mismas en todos los sistemas de coordenadas en movimiento uniforme relativo,

para proceder a continuación, desde ahí, a una crítica estricta (quizá animado por los trabajos previos de Hume y Mach) del concepto clásico de tiempo, concepto que suponía un único reloj y un único «fluir» para todo el universo. Porque si dos sucesos simultáneos en un sistema de coordenadas pueden no serlo en otro ¿cómo decir lo que tiene lugar «antes» y lo que tiene lugar «después». Y, entonces, ¿por qué creer en un flujo absoluto del tiempo?, ¿por qué creer en distancias inalterables?, ¿por qué no explicar la pertinaz constancia de la velocidad de la luz por cambios en los ritmos de los relojes y en las longitudes de las barras cuando están en movimiento?. El punto de partida es pues, como se sabe, el establecimiento de la imposibilidad *operacional* de determinar la simultaneidad de dos sucesos cuando éstos tienen lugar en dos sistemas que están en movimiento relativo. «A partir de este momento Einstein obtiene todos los resultados de su artículo de una manera estrictamente lógica utilizando como base los dos postulados y la definición de simultaneidad» (pág. 79).

La discutida cuestión de la influencia que los experimentos de Michelson pudieron tener en la relatividad einsteiniana, los enfoques diversos que se hacen de la problemática de Lorentz, Poincare y Einstein, el análisis minucioso del documento relativista de Einstein de 1905 sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento y el rastreo de su génesis histórica son, como allí se dice, algunos de los momentos en los que el autor manifiesta una posición más original y a través de los cuales es fácil imaginarse el ingente trabajo realizado que ahora se nos ofrece en un libro, salpicado de términos lakatianos, que cabría calificar de apasionante desde el principio hasta el final.

Parece sorprendente en cierto modo que, a pesar del impacto y de la influencia que la teoría de la relatividad llegó a tener, y no sólo en la comunidad científica, sino también a nivel popular, en un primer momento fuese recibida —como se sabe— con el escepticismo y con el silencio. Sánchez Ron estudia allí como en Estados Unidos y en Inglaterra apenas tuvo respuesta y como en Francia esta fue el silencio más absoluto: «es extremadamente difícil encontrar, dice S. Ron, mención alguna al nombre de Einstein, en lo que al contexto de la relatividad especial se refiere, antes de la visita que realizó a Francia en 1910» (pág. 96). Sólo en un país, Alemania, la teoría fue, entre 1905 y 1911 'discutida, analizada y desarrollada en mayor o menor grado'... y ...'sin el esfuerzo y la colaboración de Max Planck principalmente y

de Max von Laue y Jakob Laub es muy posible que el establecimiento definitivo de la relatividad especial se hubiese demorado un buen número de años» (pág. 101).

Por lo que a la interpretación física respecta Sánchez Ron diferencia tres corrientes:

—1ª la de aquéllos que captaron su significado de *teoría de principios* (utilizando la expresión de Einstein), de cinemática previa a cualquier dinámica específica —y aquí hay que incluir a Planck, a Klein, a Minkowski y sobre todo al propio Einstein.

—2ª la de aquéllos que vieron en ella una mera parte de la electrodinámica como por ejemplo Abraham, Witteraker y ya con posterioridad Bunge, y

—3ª la de los que creyeron que se trataba de una teoría mecanicista (Sommerfeld).

Consideración aparte le merece al autor el hecho de si el primer postulado, el de la constancia de la velocidad de la luz, es o no imprescindible para obtener las transformaciones de Lorentz. La contestación a esta pregunta es, como Woldemar von Ignatowsky demostró en 1909 y en 1910, que en efecto se pueden obtener sin hacer ninguna referencia a la teoría electromagnética o a la propagación de la luz si uno parte de la teoría de grupos continuos de Lie. Esto lo presenta Sánchez Ron como un éxito de los positivistas (P. Frank, J. Petzold, A. Lampa) empeñados en compatibilizar la teoría de Einstein con la relatividad epistemológica de Mach, que conseguirían así eliminar «o trivializar al menos este absoluto de la teoría... poniendo de manifiesto cómo la Filosofía puede llegar a ser operativa en el desarrollo aparentemente interno de las teorías físicas» (pág. 124). Como resultado de lo anterior «la relatividad especial puede considerarse perfectamente como una consecuencia de la estructura geométrica del espacio-tiempo» (pág. 119).

El párrafo anterior contiene una referencia explícita a una persona que, como muy bien se encarga de relatar S. Ron, tuvo, gracias a su prodigiosa mente geométrica, una importancia decisiva en la interpretación final de la teoría. Nos referimos a Minkowski. Partiendo de un famoso artículo que Poincare había publicado en 1906 en el Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo, dice el autor, Minkowski percibe que «las transformaciones de Lorentz pueden interpretarse como rotaciones en el *espacio* (x, y, z, ict) y que los invariantes se pueden interpretar ahí como distancias» (pág. 141)... «llegando así a la idea de un espacio cuatridimensional que llena el mundo absoluto espacio-temporal»... «¿Qué estatus ontológico debería otorgársele a ese espacio?». Minkowski concluye que «en cierto sentido... el mundo es una variedad euclídeana cuatridimensional y en consecuencia adjudica a la *geometría* un estatus de realidad física que la sitúa en una posición prioritaria por respecto a la *física*, tomando por tanto ese espacio cuatridimensional su fuerza *no* de la física experimental sino de las matemáticas.

A partir del capítulo 6 comienza Sánchez Ron una presentación detallada de «los caminos tortuosos por los que Einstein transitó cuando elaboró la relatividad gene-

ral y comienza quizás también la parte del libro más difícil para el lector no demasiado introducido en el tema. La complicada transición desde la relatividad especial a la general la presenta el autor en dos planos diferentes:

— uno gnoseológico, provocado por la evolución personal del propio Einstein que pasa de intentar reducir toda la física a la mecánica (con el fin de solucionar los problemas a los que hacíamos referencia al comienzo de esta reseña) y en «este sentido el concepto de campo debería ser eliminado de la ciencia» a una posición que defiende en la relatividad general y que se podría resumir diciendo que ahora el concepto de campo «es el concepto fundamental de la física» (pág. 152). Y

—el otro genético. La relatividad general sería así el resultado de un febril trabajo realizado «en el período aproximado entre 1880 y 1911 en torno a los problemas suscitados por el tratamiento cuantitativo de los fenómenos gravitacionales, actividad encaminada incluso hacia la reformulación de la ley de la gravitación universal de Newton» (pág. 177).

¿Cuál era la razón de tanto esfuerzo?. Resumiendo mucho la situación, y aún corriendo el riesgo que toda simplificación entraña, podríamos decir que después de la relatividad especial muchos de los problemas habían sido satisfactoriamente resueltos. El éter ya no era una dificultad y tanto las leyes mecánicas como las electromagnéticas eran invariantes respecto a la transformación de Lorentz en los sistemas inerciales. ¿Pero dónde están estos sistemas?. Desde un punto de vista operatorio la contestación nos devuelve a la situación de partida: un sistema será inercial si en él se cumplen las leyes de la naturaleza. No parece posible la determinación de un sistema semejante. Tenemos unas leyes válidas para todo sistema inercial pero no sabemos cómo hallar ese sistema. Se puede avanzar una salida a esta situación por medio de la siguiente pregunta: ¿no es posible formular las leyes de tal modo que se cumplan en cualquier sistema de coordenadas?. La clave que permitiría a Einstein una adecuada contestación estaba, según él mismo confesó repetidamente, en el principio de equivalencia: es imposible distinguir un sistema inercial en un campo gravitatorio de un sistema inercial acelerado en un espacio «libre de gravedad». Y es aquí, en este contexto, donde la proporcionalidad entre las masas gravitacional e inercial juega su papel esencial. Un aspecto que para la Física clásica había pasado desapercibido fue para Einstein el hilo conductor irrenunciable que le permitiría finalmente coronar con éxito su «programa de investigación». ¿Cómo llegó Einstein a deducir que la gravitación curva el espacio-tiempo? ¿A qué conclusiones llegó cuando se planteó el problema del disco que gira uniformemente?. A través de éstas y de otras preguntas semejantes, Sánchez Ron recorre los caminos que llevaron a Einstein desde la teoría que en 1913 elaborara con Grossmann hasta noviembre de 1915 «mes decisivo en el desarrollo de la relatividad general... y en el cual, en tres sesiones consecutivas de la Academia Prusiana de Ciencias —los días 4, 11 y 18— Einstein presenta dos nuevas teorías... que le conducirían casi inmediatamente a la relatividad general que comunicaba a la Academia en la sesión del día 25».

Es sin duda el libro de Sánchez Ron un libro inteligente que viene a cubrir en parte el hueco que existe en nuestra bibliografía, muy escasa en trabajos que expliquen de manera satisfactoria y documentada, como aquí se hace, el proceso de gestación de una de las grandes teorías de nuestro siglo. Por esta razón sería ya una buena contribución. Pero lo es también porque, con respecto a los libros que sobre esta materia están publicados en lengua castellana, presenta bastantes aspectos originales. Entre éstos se podrían considerar (aparte de los que hemos ido recogiendo ya a lo largo de la reseña):

— las observaciones que se hacen sobre la influencia que las enseñanzas epistemológicas y metodológicas derivadas de la relatividad tuvieron en los miembros del Círculo de Viena, en el operacionismo y en Popper.

— las referencias a las posibles influencias de otros autores en Einstein. Aquí se incorpora, a las clásicas de Hume y Mach, como digno de consideración a Helmholtz «que dedicaba la mitad del volumen introductorio de sus Lecciones de Física Teórica a temas tales como: Filosofía y ciencia, crítica de la antigua lógica, conceptos y su expresión, hipótesis como bases para las leyes, ... enfoque de marcado cariz epistemológico... prestando muy poca atención a la experimentación... sin prácticamente ninguna referencia a los experimentos» (pág. 60). La obra de Einstein, no experimental, parece en efecto afirmar este supuesto.

— la inclusión de artículos y cartas de la época no traducidos hasta ahora, etc...

Estamos pues ante un trabajo importante, de síntesis en algunas partes y de creación en otras, referencia ya imprescindible para todo aquel que quiera avanzar o profundizar en los temas que trata.

De sus aspectos externos habría que decir que su propia génesis —nació como una versión ampliada de unos cursos de doctorado— ha condicionado su estructura y que a pesar del «esfuerzo de redacción ulterior» la lectura de ciertos pasajes, que cuantificamos como mínimos en el conjunto total del libro, resulta algo difícil y pesada. Por lo demás parece necesario felicitar al Departamento de Física Teórica de la Universidad Autónoma de Barcelona —y en concreto a Manuel García Doncel, profesor de Historia y Epistemología de la Física— por esta iniciativa de intentar difundir aquellos documentos y trabajos que como en el caso que nos ocupa «son de enorme interés tanto para los científicos que realizan investigación de punta como para todos aquellos docentes, filósofos y hombres cultos que deseen captar en su germen ciertas revoluciones culturales de su tiempo». Participamos con ellos en la idea de que los estudios y las reflexiones sobre las ciencias en su génesis histórica y sobre todos aquellos aspectos que se podrían englobar bajo la denominación, en sentido amplio, de teoría de la ciencia son hoy día imprescindibles tanto para los científicos teóricos como para los experimentales porque ya no se puede participar ingenuamente de la idea de que la existencia de las leyes físicas y la verdad de las teorías son algo evidente, como permanentemente se propone a hacernos creer, sino algo problemático.