

REFLEXIONES SOBRE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

por

CRISTÓBAL DE LOSADA Y PUGA
Universidad Católica del Perú
Lima (Perú)

La palabra *teoría* tiene varias acepciones. Dejando de lado su significación en el lenguaje artístico—*teoría de niños, teoría de caballos*—, nos detendremos a examinar los dos sentidos, casi antitéticos, que tiene en el dominio científico; y que son el de imagen provisional que se sustituye a una realidad desconocida (como cuando hablamos, por ejemplo, de la *teoría* de la gravitación de Lesage), y el de conjunto de conocimientos, quizá definitivos, adquiridos sobre un asunto cualquiera (como cuando se habla, en Mecánica Celeste, de la *teoría* de la Luna). En la primera acepción, *teoría* tiene un sentido vecino del de *hipótesis*; en la segunda, un sentido vecino del de *doctrina*.

Ahora bien, ¿qué acepción de la palabra *teoría* tenemos en mente cuando hablamos de la teoría de la relatividad? Hace unos 30 años, se empleaba la primera acepción, la de hipótesis; pero las sanciones repetidas que la Relatividad ha recibido de la experiencia y aun su propio desarrollo interior y lo que podríamos llamar su fuerza expansiva, la han conducido desde la etapa de una hipótesis discutible y audaz en sus tiempos heroicos, a su situación presente, de un cuerpo de doctrina que llena el campo entero de la ciencia y a cuyos principios deben sujetarse todas las investigaciones y todas las construcciones del pensamiento.

Puesto que la ciencia es más bien una actitud espiritual que un conjunto de conocimientos adquiridos, mal podríamos esperar que la teoría de la relatividad no tenga que sufrir en

el futuro perfeccionamientos, ampliaciones y modificaciones más o menos profundas. Pero creo que ya podemos contar con su estabilidad general y con su permanencia de conjunto, y que podemos considerarnos asegurados contra una regresión en el inmenso movimiento de ideas que la Relatividad ha suscitado en el mundo.

Y, no obstante, una crítica severa no puede dejar de reconocer ciertos elementos de arbitrariedad que Einstein ha empleado para edificar su edificio, y entre los cuales dos son, en mi sentir, los más significativos. El primer elemento de arbitrariedad, que se presenta en el origen mismo de la teoría, es más bien una generalización audaz: la de suponer que el movimiento de la Tierra con respecto al éter hipotético, que se ha revelado indiscernible hasta los fenómenos de segundo orden (experimento de Michelson, etc.), ha de ser igualmente indiscernible aun para fenómenos de un orden cualquiera. El segundo elemento de arbitrariedad—y este es mucho más profundo que el primero—consiste en suponer que, puesto que la métrica en un espacio euclídeo y no sometido a un campo de gravitación está definida por la anulación del tensor de Riemann-Christoffel, la métrica en un espacio deformado por un campo de gravitación ha de ser definida por la anulación del mismo tensor contraído. Que esta manera de establecer las ecuaciones del campo de gravitación haya conducido a resultados que han recibido de la experiencia confirmaciones brillantes, no puede hacernos olvidar la falta de una razón suficiente para formular el postulado mismo, que se ofrece a nuestra admiración tan inesperado como plausible, tan arbitrario como genial.

Pero acaso en el porvenir, si existen razones para perfeccionar la teoría de la relatividad, se seguirán otros caminos para establecer las ecuaciones que definan la métrica del espacio en un campo de gravitación: no olvidemos jamás que el camino actual no tiene otra justificación que la muy considerable de habernos conducido a resultados precisos, verificables y de gran envergadura.

Y ahora, quisiera decir algunas palabras acerca de las célebres paradojas que se presentan, principalmente en la teoría restringida de la relatividad, y que han hecho correr tanta tinta.

Considerando dos sistemas de referencia S y S' , recíprocamente animados de un movimiento de traslación rectilíneo y uniforme, y en los cuales los físicos O y O' realizan experimentos, la teoría nos conduce a concluir que el observador O instalado en S y considerándose a sí mismo en reposo, para tener en cuenta los resultados obtenidos por O' en S' se verá forzado a admitir que las longitudes en el sistema S' sufren un acortamiento en el sentido del movimiento, y que los relojes de S' marchan con retardo. ¿Y qué pensará el observador O' , del sistema S' ? ¿Creerá acaso, juzgando por sus medidas acertadas y sus relojes de marcha lenta, que las medidas de O en el sistema S se encuentran alargadas y que sus relojes marchan demasiado de prisa? ¡De ninguna manera! Si el criterio del observador O' instalado en el sistema S' fuera opuesto al del observador O instalado en S , esta oposición de criterios permitiría ya establecer una distinción entre un observador en reposo y un observador en movimiento. ¿Qué piensa, entonces, el observador O' ? Pues piensa exactamente lo que piensa el otro observador O , a saber, que las medidas hechas por su colega están falseadas: que en el sistema que no es el suyo propio, las longitudes sufren un acortamiento en el sentido de la traslación, que los relojes se atrasan y que, a consecuencia del primer fenómeno, los objetos son deformados en el sistema móvil, en el que no es el suyo. Una figura divertida e ingeniosa que se puede encontrar en el librito de L. Hopf, *Relativitätstheorie (Sammlung Allgemeinverständliche Wissenschaft)* ⁽¹⁾, da una idea de lo que ven los dos observadores.

Ahora bien, ¿cuál de los dos observadores tiene razón? ¡Los dos! Y los dos tienen razón, porque precisamente la teoría de la relatividad nos enseña que la longitud de una regla no tiene un valor absoluto, sino que depende de su estado de reposo o de movimiento relativo.

La alteración que la distancia introduce en el aspecto de los objetos y en la intensidad de los fenómenos constituye una analogía interesante de esta otra alteración introducida por la velocidad; y esta similitud no ha sido advertida hasta ahora, al menos que yo sepa.

⁽¹⁾ Berlin, Springer, 1931.

Consideremos dos observadores, *A* y *B*, situados a distancia bastante grande el uno del otro. Yo, que soy el observador *A*, veo a *B* como un hombre diminuto, más pequeño que un pigmeo; parece tener las dimensiones de un insecto, y todo en él es pequeño para mí: su cuerpo es minúsculo y su voz un vagido apenas sensible; le veo moverse y agitarse en una escala reducida, y no comprendo bien lo que hace; lo juzgo impotente y me siento invulnerable a sus agresiones. ¿Estaría yo justificado en suponer que este hombre, disminuido por la distancia, me juzga a mí como un gigante de voz estentórea, cuyos movimientos tienen una importancia colosal, y cuya sola presencia hace temblar? No; no estaría justificado en suponer tales cosas: en realidad este hombre me ve a mí, en todo y por todo, tan pequeño como yo a él. ¿Cuál de nosotros dos tiene razón? ¡Los dos! Este hecho de observación elemental, que la distancia disminuye los objetos, viene a completarse ahora por este otro hecho, conquistado después de veinticinco siglos de cultura científica: que la velocidad modifica profundamente nuestra percepción de las cosas, no sólo en lo que concierne al tamaño de los objetos, sino también a su forma y al ritmo al cual obedecen los sucesos que se desarrollan en el curso del tiempo. Es muy fácil explicar esta demora del pensamiento humano en descubrir la influencia de la velocidad sobre las medidas de longitud y de tiempo, porque mientras que la distancia actúa muy fuertemente para disminuir los objetos, el efecto de la velocidad sobre las medidas de longitud y de tiempo es muy pequeño para velocidades moderadas, y sólo se hace considerable para velocidades comparables con la velocidad de la luz: esta circunstancia explica el que haya sido menester esperar que investigaciones fruto de la experiencia más refinada, hayan sido hechas antes de reconocer ese efecto.

Para terminar, voy a resumir los resultados de una discusión sobre la fórmula de Einstein para la composición de velocidades de igual dirección, que publiqué en los *Archivos de la Asociación Peruana para el Progreso de la Ciencia* (vol. 1, p. 65). He aquí las conclusiones de ese trabajo:

A. - Una velocidad de arrastre y una velocidad relativa mayores que la velocidad de la luz y ambas positivas.

dan una velocidad positiva menor que la velocidad de la luz: pero si ambas son negativas, la resultante es negativa. Dos velocidades de distinto signo y mayores en valor absoluto que la velocidad de la luz dan una resultante de valor absoluto menor que la velocidad de la luz, y del signo de la componente de mayor valor absoluto.

- B. - Una velocidad mayor que la luz y otra menor, dan una resultante mayor que la velocidad de la luz. El signo de la resultante es el de la componente de mayor valor absoluto.
- C. - Cuando una de las componentes es igual a la velocidad de la luz, la resultante es igual a la velocidad de la luz y su signo es el mismo que el de la componente igual a la velocidad de la luz. Cuando las dos velocidades componentes son iguales a la velocidad de la luz y de signos contrarios, el resultado es indeterminado. El límite de su valor es cero.
- D. - Dos velocidades menores que la de la luz dan una resultante menor que la velocidad de la luz. El signo lo dá la componente de mayor valor absoluto.
- E. - Cuando una de las componentes es cero, la resultante es igual en valor y en signo a la otra componente. Cuando las dos componentes son nulas la resultante es nula.
- F. - Velocidades de igual valor y distinto signo dan resultante nula.

Esta consideración de velocidades mayores que la velocidad de la luz, puede parecer sorprendente, puesto que la teoría de la relatividad parece excluir la posibilidad de tales velocidades, que darían a los objetos animados de ellas, dimensiones imaginarias. Pero en la misma revista hice ver (vol. 2, p. 17), que no debe excluirse la posibilidad de velocidades superiores a la de la luz, si no en el movimiento de un cuerpo, por lo menos en la propagación de una acción, y para probarlo me valí del siguiente ejemplo. Sea una hilera de focos eléctricos que, mediante dispositivos eléctricos y mecánicos fáciles de concebir,

pueden ser encendidos sea sucesiva, sea simultáneamente. Llamemos L la longitud de la hilera, y regulemos el encendido sucesivo de las lámparas de tal suerte que entre el encendido de la primera y el de la última, transcurra un tiempo T : la velocidad de propagación de este fenómeno—el encendido de las lámparas—será L/T , cuyo valor puede ser cualquiera, aun infinito (lo que correspondería a un encendido simultáneo de todas las lámparas). Es a velocidades tales como la de este ejemplo a las que se pueden aplicar los resultados de mi discusión.