



Centro de Estudios Internacionales para el Desarrollo

[www.ceid.edu.ar](http://www.ceid.edu.ar) - [admin@ceid.edu.ar](mailto:admin@ceid.edu.ar)

Buenos Aires, Argentina

# EINSTEIN Y LA RELATIVIDAD

01/03/2009



**Marcelo Medrano\***

[mmedrano@telegrafo.com.ec](mailto:mmedrano@telegrafo.com.ec)

**El Telégrafo, Guayaquil, Ecuador<sup>1</sup>**

Buen día. Permítanme presentarle a Albert Einstein... Vamos, anímese, estimado lector, déle la mano y salude; también usted, estimada lectora, besito en la mejilla...a Einstein, no a mí,..., bueno, también a mí, gracias: mucho gusto. Entonces, entremos en el tema: señor Einstein, ¿qué mismo es eso de la relatividad?, ¿es cierto que, a partir de lo que usted dijo, ahora todo es relativo? Obviamente, yo no he dicho esto último -nos cuenta ese Einstein de pelo cano y alborotado-, mis investigaciones se refieren al tema de los sistemas físicos; es decir, estudié, entre otras cosas, si las leyes de la naturaleza son las mismas para 'observadores' que se mueven los unos respecto a los otros, sea con velocidad constante o con aceleración. ¡Ahhh!, parece interesante. Es interesante, continúa, sobre todo porque permitió romper con una forma de ver el mundo:

---

\* Columnista *El Telégrafo*, Guayaquil, Ecuador.

<sup>1</sup> El presente artículo está integrado por tres artículos de la edición impresa de *El Telégrafo*: *Einstein y la relatividad (1)*, del 15 de febrero del 2009 [http://www.telegrafo.com.ec/opinion/columnista/archive/opinion/columnistas/2009/02/15/Einstein-y-la-relatividad-2800\\_1\\_2900-.aspx](http://www.telegrafo.com.ec/opinion/columnista/archive/opinion/columnistas/2009/02/15/Einstein-y-la-relatividad-2800_1_2900-.aspx) ; *Einstein y la relatividad (2)*, del 22 de febrero del 2009 [http://www.telegrafo.com.ec/opinion/columnista/archive/opinion/columnistas/2009/02/22/Einstein-y-la-relatividad-2800\\_2\\_2900.aspx](http://www.telegrafo.com.ec/opinion/columnista/archive/opinion/columnistas/2009/02/22/Einstein-y-la-relatividad-2800_2_2900.aspx) ; *Einstein y la relatividad (3)*, del 01 de marzo del 2009 [http://www.telegrafo.com.ec/opinion/columnista/archive/opinion/columnistas/2009/03/01/Einstein-y-la-relatividad-2800\\_3\\_2900-.aspx](http://www.telegrafo.com.ec/opinion/columnista/archive/opinion/columnistas/2009/03/01/Einstein-y-la-relatividad-2800_3_2900-.aspx) .

una forma de percibir la realidad desde la mecánica y a través de sistemas mecánicos absolutos es ya incompleta.

Para el siglo XIX, prosigue Einstein, la física había encontrado que la luz era una onda pero, como tal, necesitaría de un medio material para transmitirse (como el sonido): ese sustrato material era el enigmático 'éter'. Y realmente era misterioso ese éter: debía ser una sustancia que ocupase todo el universo (pues debía llegarnos la luz del sol y de las estrellas, por ejemplo), lo suficientemente elástica para permitir el movimiento de los cuerpos pero debía tener una rigidez comparable al acero, y ser más ligera que cualquier vapor o gas. ¿Sorprendidos? Tomen un vasito de agua: así pensaban los físicos de esa época. Y se hicieron muchos experimentos para demostrar la existencia del éter, pero: nada. Nada de nada. En 1887, Michelson y Morley realizaron un experimento para comprobar la naturaleza del éter y para determinar la velocidad de la luz con respecto al éter. Ellos querían demostrar que si la Tierra se movía alrededor del sol, lo hacía a través de un espacio lleno de éter. Como la Tierra se mueve, esto produciría un fenómeno típico similar a cuando usted viaja en automóvil o buseta con la ventanilla abierta: siente un viento en su rostro. Ellos pensaban encontrar el viento del éter, y eso era demostrable al medir la velocidad de la luz.

Imagínense ustedes en un bote a motor yendo río abajo: la velocidad total a la que ustedes se mueven será la suma de las velocidades del bote y del río, ¿cierto? Si fueran río arriba, esa velocidad total sería la diferencia de las velocidades entre el río y el bote. En definitiva, tendrían ustedes una mayor velocidad si viajan a favor del movimiento del río, y una menor velocidad si lo hacen en contra. Lo mismo debía ocurrir con la velocidad de la luz (de un impulso luminoso) si se la medía viajando a favor o no del viento de éter. La sorpresa, y tomen asiento y más agua: ¡la velocidad de la luz permanecía siempre constante! Para aquella época, era imposible creer en ello. Lo que hice yo –continúa Einstein- fue aceptar ese resultado como un hecho de la realidad física, propio de la naturaleza, y eliminar la hipótesis del éter.

Señor Einstein, ¿cómo está? Ha pasado ya una semana desde nuestro diálogo; es mucho tiempo pero, como usted sabe, el tiempo también es relativo y parece que fue ayer cuando conversamos, jaja. Entonces, Albert, tomando un sorbo de agua, le dirige una mirada fulminante y, en tono amable, le comenta: una cosa es el tiempo subjetivo, el que usted, como ser humano, ha 'sentido' como largo o corto; otra cosa es el tiempo objetivo: éste debe medirse con un instrumento y no depende de la conciencia. Ahora bien, imagínese usted que se encuentra de pie en un punto de una calle recta muy larga y caen a tierra, exactamente a la misma distancia, a su izquierda y su derecha, dos rayos: 'fueron simultáneos', piensa; pero, ¿cómo demostrar esto? 'Fácil', se responde: en los puntos de caída de

los rayos se han dispuesto dos espejos que dirigen la luz de las chispas hacia usted: caen los rayos y mide, con un reloj, cuánto demora la luz en recorrer las distancias entre cada espejo y usted. El tiempo es el mismo: los 'sucesos' son simultáneos. Usted, ubicado en ese punto y alegre por el resultado, es lo que se considera un 'sistema de referencia', porque relaciona las coordenadas de espacio y de tiempo para ese lugar y aplica, allí, las leyes de la física.

Considere, entonces, que a lo largo de la calle, mientras caen los rayos, pasa un tren lo suficientemente extenso, con una velocidad constante. Y la estimada lectora que nos acompaña se halla en él. Al pasar justo por donde se encuentra usted, ella también mira los dos rayos y repite la experiencia de medir, con un reloj, el tiempo de los 'sucesos'. Sin embargo, como el tren avanza hacia uno de los espejos, medirá su tiempo menor que el medido respecto al otro punto del cual se aleja, porque el tren avanza hacia el encuentro de la luz que proviene de un espejo y, al mismo tiempo, se aleja de la luz que viene del otro. El resultado sorprende: al usar el tren como sistema de referencia, los tiempos medidos para la caída de los rayos a tierra, que usted, lector en tierra, ha medido como iguales, son diferentes.

Este experimento, continúa Einstein, rompe con dos principios que la física del siglo XIX consideraba como válidos. El primero: el intervalo de tiempo entre dos sucesos no dependía de si un sistema de referencia estaba en movimiento o no. Esto significaba que los sucesos medidos en cualquier parte del universo podían ser simultáneos porque la velocidad de la luz era infinita: era el llamado 'tiempo absoluto' (planteado por Newton y con un saborcito a Dios).

Sin embargo, como la velocidad de la luz es finita (el experimento de Michelson-Morley), el tiempo deja de ser absoluto y se transforma en 'relativo': 'relativo al sistema de referencia considerado'. La conclusión más general es que un intervalo de tiempo medido en un sistema de referencia que se mueve es mayor que aquel medido en un sistema de referencia en reposo, o sea: ¡los relojes ubicados en un cuerpo en movimiento caminan más lento que aquellos que se encuentran en un cuerpo en reposo (relativo)! ¡Genial!

Ahora bien, imaginemos que el tren se mueve a una velocidad constante muy grande y cercana a la velocidad de la luz, en una trayectoria rectilínea. Le sorprenderá saber -prosigue Einstein- que si midiéramos su longitud desde el lugar donde nos encontramos, que es nuestro sistema de referencia, esa longitud parecería ser menor: ¡la longitud del tren observada (es decir, medida) cuando el tren está en movimiento respecto al observador es menor que la longitud observada (medida) cuando el tren está en reposo respecto al observador! Pero, esta ley es, incluso, más general, pues puede aplicarse a cualquier objeto, en definitiva, al mismo espacio (sin

interesar si existe o no un objeto en el intervalo de espacio que se pretende analizar) Esta conclusión rompe el segundo principio que la física del siglo XIX consideraba como válido: que el intervalo de espacio entre dos puntos correspondientes a un cuerpo rígido tampoco dependía del movimiento de un sistema de referencia. Si la velocidad de la luz es finita (experimento de Michelson-Morley), se invalida este principio que hablaba de la existencia de un 'espacio absoluto'.

En definitiva, ni espacio ni tiempo son absolutos, sino que son relativos, relativos al sistema de referencia considerado: cualesquier observadores -nosotros en la Tierra, otro en el Sol, un tercero en una lejana galaxia y otros más en cualquier parte del universo- tienen el privilegio de considerarse 'en reposo' y mirar al resto del universo como en estado de movimiento: ¡cada uno de los anteriores, y todos al mismo tiempo, puede considerarse a sí mismo como el centro del universo! Este es el principio de la relatividad especial: no existen sistemas de referencia absolutos. Hay, además, otras consecuencias de este principio (como lo referente a la masa), pero, eso sí, no tiene nada que ver con que se diga que: 'ahora, todo es relativo'.

A partir de lo expuesto, deja de hablarse del espacio y del tiempo en el universo para referirse al espacio-tiempo. ¡Un ratito!, interrumpen ustedes, estimados lectores: ¿qué es eso de 'espacio-tiempo'? Nos estábamos llevando bien, señor Einstein,... pero de allí a que nos hable de 'espacio-tiempo', así, unido y de improviso, es desconcertante. Con mirada amable, el despeinado y viejo sabio les brinda un vasito de agua... 'que sean dos, por favor', dice usted. Y, aquel continúa: siempre se consideró el espacio como compuesto de tres dimensiones (largo, ancho y altura) y siempre se lo ubicó en un determinado tiempo; el descubrimiento de la constancia de la velocidad de la luz permite destruir las concepciones de espacio y tiempo absolutos y separados, para fundirlos en un universo de cuatro dimensiones simultáneas: ¡es el famoso, sugestivo e implacable 'continuo tetradimensional espacio-tiempo'!

'Pero, don Albert, le notamos algo preocupado -dicen ustedes-, ¿algo no está bien?' Rompiendo el momentáneo silencio y pidiendo un vaso de agua, el pensativo Einstein contesta: 'lo que no llevo a comprender es porqué no se estudian los principios de la teoría de la relatividad en los colegios'.