

(Publicado por el diario El Universal con motivo del 75 aniversario de la observación que hizo famoso a Einstein, 7 de Noviembre, 1994)

"Y Einstein dijo: que la luz se curve..."

*Desde todos sus materiales, toda la luz. del Universo
iniciará su carrera veloz y curva, doblándose sobre la presencia
fugaz de los cuerpos dormidos del propio Universo...*

Carlos Fuentes, La Muerte de Artemio Cruz

En el otoño de 1919 Alberto Einstein recibió un telegrama de Heinrich Lorentz que decía:

"Eddington consiguió un desplazamiento de las estrellas en el borde del Sol, preliminarmente entre 0,9 segundos de arco y el doble. Saludos. Lorentz."

El futuro Premio Nobel no pudo vislumbrar que unos días después, gracias a ese minúsculo desplazamiento de las estrellas, su vida daría un vuelco inesperado, que lo convertiría en el científico más popular de todos los tiempos y en una de las unanimidades del siglo XX.

El 7 de noviembre de 1919, hace exactamente 75 años y los días siguientes, el Times de Londres, el New York Time, en nuestro país El Universal y otros periódicos de la época titularon:

"Revolución en la Ciencia: Nueva teoría del universo. Ideas newtonianas derribadas".

"La luz sesgada en los cielos. La teoría de Einstein triunfa. Las estrellas no están donde parecían o donde se había calculado, pero nadie debe preocuparse".

'Observaciones del eclipse".

¿A qué se referían estas noticias, ¿Por qué tanto revuelo alrededor de una teoría científica? ¿Por qué Einstein fue convertido repentinamente en una celebridad mundial por gente que no comprendía nada de sus trabajos? Las respuestas a estas preguntas forman un interesante capítulo de la historia de la ciencia que ilustra paradigmáticamente el funcionamiento de la ciencia, su forma particular de crecer y cómo puede estar contaminada por el virus racial. Sus consecuencias tienen mucho que ver en nuestra comprensión actual del Universo.

Los precursores

No es difícil imaginarse que fue Isaac Newton quien primero conjeturó que la trayectoria de un rayo de luz puede ser curvada por la gravedad: "¿No actúan los cuerpos sobre la luz a través de la distancia y por su acción curva sus rayos?, ¿y no es esta acción más fuerte a distancias menores?", prefiguró en un adendum a su *Opticks*". Al fin y al cabo él era el padre de la criatura llamada Ley de la Gravitación Universal. Sin embargo, no fue sino muchos años después, en 1804, cuando el astrónomo bávaro Johann George Von Soldner respondió lo que la Teoría de Newton tenía que decir al respecto: calculó el valor del ángulo que se desviaría luz de una estrella que pasase apenas rozando el Sol. Soldner consideró a la luz como diminutos corpúsculos e hizo el cálculo como si se tratase de hallar la desviación de un cometa, sólo que por moverse mucho más rápido, la luz se desvía mucho menos. El valor conseguido por Soldner fue de 0,85 segundos de arco.

El trabajo, publicado en una oscura revista, fue rápidamente olvidado, fundamentalmente porque prevaleció la concepción de la luz como una onda, para la cual la teoría de Newton nada tiene que decir respecto a una posible desviación.

Einstein

Más de un siglo después, Einstein, empleado como técnico III en la oficina de 'Patentes de Berna, tiene el "pensamiento más feliz de su vida" al darse cuenta de que para un observador en caída libre, la gravitación en su entorno desaparece.

Einstein ha descubierto que tras la observación de Galileo de que todos los cuerpos caen con la misma aceleración, se enmascara una profunda clave de la naturaleza y formula el Principio de Equivalencia, piedra angular de lo que habría de ser su teoría de relatividad general. Dos años antes había formulado la relatividad especial, que establece que ninguna entidad física puede desplazarse a una velocidad mayor que la de la luz, Como la teoría newtoniana de la gravedad suponía una velocidad infinita, se embarca en la formidable tarea de concebir una teoría de la gravitación, libre del pecado de la velocidad infinita. En contra de lo que establece el manual, la motivación para desarrollar lo que habría de ser la relatividad general fue de orden conceptual; no había ni la más remota evidencia experimental u observacional que indicara que la teoría de Newton debía ser corregida o sustituida por otra, no había crisis del paradigma. Se trataba de mantener la coherencia conceptual en la descripción de la naturaleza.

En su trabajo de 1907, Einstein señaló que de acuerdo a su principio de equivalencia, la luz debía curvarse en, un campo gravitacional, pero que el efecto era demasiado tenue como para diseñar un experimento en el laboratorio y detectarlo.

En 1911, mientras trabajaba como profesor en la Universidad de Praga, logra calcular el ángulo de desviación de un rayo de luz que pase cerca del Sol. Todavía no ha dado con la geometría curva como base para su teoría; esta más cerca de Newton que de su propio final. Por eso, el valor que obtiene es 0,85" de arco, ¡¡¡el mismo valor de Soldner!!! Aunque él desconocía ese trabajo. Pero hay un avance importante. Einstein escribe:

"Ahora me doy cuenta que una de las consecuencias más importantes de las consideraciones previas, es susceptible de verificación experimental".

En efecto, si durante un eclipse de Sol se fotografían las estrellas en su periferia, podemos comparar la fotografía con otra de la misma zona del cielo, pero cuando el Sol no esté presente. Si el Sol desvía la trayectoria de la luz, entonces las estrellas lucirán desplazadas y este desplazamiento permitirá calcular cuanto se desvía la luz.

Al año siguiente, en 1912 y como profesor en Zurich, da con la idea del espacio-tiempo curvo. Sabe que lo que tiene hasta ahora es una aproximación, pero no sabe aún a qué y tendrán que pasar varios años más antes de que comprenda cómo la curvatura del espacio-tiempo afecta la trayectoria de la luz. Comienza a urgir a los astrónomos para que intenten observar la desviación.

En 1913 decide irse a Berlín como miembro de la Academia Prusiana de Ciencias, sin la presión ni los nervios que le ocasionaba tener que dar clases y en donde podía mantener un cercano contacto con los astrónomos Max Planck le escribe refiriéndose al status de la teoría de gravitación:

"Como un viejo amigo te prevengo que no tendrás éxito, y si lo tienes, nadie te creerá...".

En abril del 14 llega a Berlín, separado de su esposa Mileva Maric y de sus hijos. Allí permanecerá hasta 1932. Todavía no tiene a mano la forma final de su teoría, ni se imagina que el valor del ángulo que está prediciendo no es el correcto. Sin embargo, le escribe con demasiada confianza en sí mismo a su gran amigo Michael Besso:

"Ya no dudo de lo correcto de sistema entero, así la observación del eclipse tenga éxito o no".

Un año después, en noviembre de 1915 presenta la relatividad general en su forma final. Ya ha descubierto (¿o inventado?) las ecuaciones que relacionan la geometría del espacio-tiempo, con la materia-energía presente en él. Su teoría concuerda con la de Newton cuando la gravedad es débil, pero difiere de ella para campos gravitacionales intensos. Einstein estrena sus nuevas ecuaciones calculando la trayectoria de un rayo de luz, o como dicen los relativistas, las geodésicas nulas de la geometría. Para su sorpresa el resultado es el doble del valor newtoniano obtenido por Soldner y por él mismo antes de tener su teoría completa. La curvatura del espacio hace que ahora el valor predicho por Einstein sea de 1,75" de arco. Las observaciones durante un eclipse son ahora vitales, porque hay una manera de deslindar entre la teoría de Newton con su espacio absoluto y su ley de gravitación universal, o entre la de Einstein con su geometría

curva. Apenas un factor dos debe decidir en la confrontación entre un gigante proclamado y otro emergente.

Las expediciones

Varios caprichos de la historia se confabularon para que Einstein no tuviera que confrontar su predicción equivocada con los resultados de la observación. En efecto, una expedición argentina que viajó a Brasil en 1912 para efectuar observaciones de un eclipse, tuvo que soportar los embates de una tormenta y no observó nada.

En 1914 otra expedición a Crimea, entonces perteneciente a la desaparecida URSS y conducida por Erwin Freundlinch, director del Observatorio de Berlín, fue apresada y luego liberada al declararse la Primera Guerra, antes de que pudiera realizar las observaciones. Freundlinch no cayó preso porque aún no había viajado, pero cayó presa de una depresión por el fracaso de la expedición y tuvo que ser hospitalizado. En nuestro país se presentó la nueva oportunidad de observar un eclipse en 1916, cuando Einstein ya había obtenido el valor corregido del ángulo y nuevamente la guerra frustró las esperanzas. En 1917, sir Arthur Eddington, la gran figura de la astronomía inglesa resaltó con énfasis en una disertación ante la Royal Astronomical Society la importancia de medir la desviación de la luz. Nueva decepción al fracasar una expedición norteamericana durante un eclipse en junio del 18.

Por fin, en 1919, a escasos meses de haberse declarado el fin de las hostilidades y con una subvención gubernamental de 1.000 libras esterlinas, dos expediciones británicas parten para escrutar el eclipse que habría de producirse el 27 de mayo. Una de ellas va dirigida por Andrew Grommelin, del Observatorio de Greenwich y su destino es Sobral, en el oriente de Brasil. La otra va para la isla Príncipe, enfrente de la costa de la Guinea Española, en Africa, conducida por Eddington, quien antes de zarpar escribió:

"La presente expedición podría por primera vez demostrar el peso de la luz (valor newtoniano), la extraña teoría del espacio no euclideo, o llegar a un resultado de mayores consecuencias: ninguna curvatura".

La expedición de Eddington logró apenas dos fotos confiables con apenas cinco estrellas, de un total de 16 placas, porque una tormenta matutina que casi arruina la misión dejó nublado el cielo. La expedición a Sobral tuvo más fortuna con el clima y logró ocho placas con unas siete estrellas cada una. Al regresar comenzó el análisis de las fotografías.

La canonización

El día 6 de noviembre de 1919 ocurrió la canonización de Einstein. Ese día en una solemnísimas reunión conjunta de la Royal Society y de la Astronomical Royal Society, dirigida por el astrónomo real, sir Frank Dyson, Eddington tomó la palabra y difundió oficialmente los resultados de las observaciones del eclipse del 27 de mayo: los datos de la expedición a Sobral confirmaban una desviación de 1,98" con un error experimental de 0,30", mientras que la de Africa daba 1,61" con igual precisión. Conclusión: la luz se comportaba de acuerdo a lo que la relatividad general establecía. Einstein tenía razón. No faltó, por supuesto, el *advocatus diaboli*, quien se encargó de presentar las *animadversiones*. Ludwick Silverstein, un polaco instalado en Inglaterra previno: "No es científico afirmar por el momento que la desviación, cuya realidad admito, se deba a la gravitación". Y luego, en tono admonitorio y señalando el cuadro de Isaac Newton que reposaba en una de las paredes del recinto, advirtió: "Le adeudamos a ese gran hombre, proceder muy cuidadosamente al modificar o retocar su Ley de Gravitación". Luego Joseph John Thompson sentenció la canonización: "Este es el resultado más importante obtenido en relación con la teoría de gravitación desde los días de Newton y es apropiado que sea anunciado en un encuentro de la Sociedad tan cercanamente vinculada a él... El resultado es uno de los más elevados logros del pensamiento humano".

Nace una estrella

En 1919 Einstein tenía cuarenta años. Justamente el día de los enamorados se había divorciado de Mileva y en junio se casó con su doble prima Elsa. Desde muchos años disfrutaba de un sólido y bien ganado prestigio ante sus colegas de

la comunidad científica quienes concebían su ciencia como de la más alta calidad, Como lo ilustran las nominaciones al Premio Nobel desde 1910 hasta 1922 exceptuando los años 11 y 15. Llevaba una vida de burgués académico que no prefiguraba una fama más allá de las fronteras de la ciencia.

Pero al día siguiente de la histórica sesión conjunta de las dos sociedades científicas inglesas, el 7 de noviembre, fue inevitable que naciera la leyenda del "repentinamente famoso doctor Einstein". Ese día comenzaría el siglo XX.

Un mundo impactado por el pavor de la guerra, saturado de noticias de batallas, con la incertidumbre de imperios devastados e imperios emergentes y ante un futuro incierto, vio en este hombre un símbolo de un Nuevo orden cósmico. Hablaba en el idioma ignoto de las matemáticas, y cuando traducía al lenguaje común, en sus palabras había un algo misterioso: cuarta dimensión, espacio curvo, materia-energía, geometría no euclídeana... Hablaba de las estrellas y del tiempo, que siempre han estado presente en los mitos; y satisfacía la doble necesidad de saber y de no saber sitio creer. Pero además fueron su pacifismo militante, su carácter distraído, su afición por la filosofía y el violín, una dosis de *vedettismo* y una prensa que descubría el arte de vender más, los detonantes de una gloria que lo llevó por toda Europa, de Tokio a Montevideo, de Shanghai a Río de Janeiro y de ¡Palestina a Estados Unidos, que no lo abandonó hasta su muerte y que alternativamente lo divirtió o lo irritó, pero siempre lo desconcertó.

Un episodio racista

El auge del nazismo alemán en el período entre las dos guerras tocó de cerca en más de una oportunidad a la ciencia. En febrero de 1920, en el curso de una conferencia en la Universidad de Berlín, se produjeron unos disturbios. Einstein declaró a la prensa que sintió una hostilidad que se podía interpretar como antisemitismo. En agosto de ese año en el teatro más grande de Berlín se realizó un encuentro para criticar la relatividad y la propaganda de mal gusto que le hacía su autor. Einstein asistió y los tres días escribió en la prensa que la reacción hubiese sido diferente de él haber sido un alemán nacionalista con o sin esvástica, en lugar de un judío con convicciones liberales internacionales'. Además insultó

abiertamente al físico Philippe Lenard, nazi declarado, Premio Nobel y adalid en la purificación de la ciencia alemana de cualquier contaminación de ciencia no aria. Lenard descubrió el artículo de Soldner en 1921 y lo publicó nuevamente después de mutilarlo y anexarle un extenso prólogo donde reclamaba prioridad para Soldner en el cálculo de la desviación de la luz. Que el cálculo de Soldner no haya sido confirmado por las observaciones del eclipse era para Lenard un detalle irrelevante, lo importante era desacreditar a Einstein. Inmediatamente Max von Laue dio cuenta (científica) de Lenard. En 1932 Einstein abandonó a Alemania para siempre. Al año siguiente Hitler era nombrado canciller.'

Las lentes gravitacionales

Mientras tanto las observaciones de los eclipses continuaron para intentar mejorar el valor de entre 10 y 20% de error experimental; en las observaciones de 1919. Hubo nuevas observaciones: en 1922 en Australia; en 1929 en Sumatra; en 1936 en la Unión Soviética; en 1947 en Brasil; otra en 1952 y finalmente en Mauritania en el año 1973. En ninguna de ellas, ni siquiera en la de Mauritania, en la que se disponía del poder de la tecnología sofisticado de los setenta, hubo notables mejoras en la precisión, incluso en alguna de ellas las observaciones contradecían la predicción de la relatividad. la expedición de 1973 fue la última de su tipo porque los astrónomos pudieron contar con el perfeccionado radiotelescopio y los recientemente descubiertos cuasares. La antena parabólica del radiotelescopio es capaz de "ver" las ondas de radio provenientes de diversos astros. Los cuasares son los objetos más lejanos que a una distancia de unos 10.000 años luz, y si los podemos detectar es gratis a que emiten formidables cantidades de energía en forma de ondas de radio. Debido a su enorme distancia de nosotros, lucen mucho más puntuales que las estrellas y con varios radiotelescopios sincronizados se puede lograr una localización muy precisa de su posición. Además, la observación de los cuasares se puede hacer de día, de modo que no hay que esperar eclipses para tomar mediciones. Hoy, la predicción de la relatividad está confirmada con menos del 1 % de precisión.

En 1979, el año del centenario del nacimiento de Einstein un radiotelescopio detectó la imagen de dos cuasares muy cercanos entre sí. Sorpresivamente ambos cuasares tenían idénticas características individuales. La explicación de la coincidencia no hizo esperar: se trataba de dos imágenes del mismo quasar; cuyos rayos fueron enfocados por una galaxia interpuesta entre el quasar y nosotros y que actuó como una lente gravitacional produciendo imágenes múltiples. Posteriormente se han descubierto los "anillos de Einstein", que ocurren cuando la galaxia que curva los rayos está exactamente sobre la línea entre el quasar y la tierra.

Actualmente se pueden detectar pequeñas variaciones de las imágenes que a su vez brindan información acerca de la galaxia que hace de lente gravitacional. Ya la desviación de los rayos no se somete a verificación. ahora se le emplea como instrumento de exploración. La comprensión cabal de este microenfoco gravitacional es en la actualidad un "área caliente" de la astrofísica.,

¿Por qué se impuso la relatividad?

Cuando Einstein recibió la noticia de que las observaciones de eclipse favorecían su teoría, se encontraba trabajando con una joven alumna, Ilse Rosenthal-Schneider. Ante la actitud impasible de Einstein que contrastaba con el júbilo que ella manifestaba, Ilse le preguntó que cuál hubiese sido su reacción en caso de que las observaciones le hubieran sido adversas; Einstein respondió: Lo sentiría por el pobre Señor, la teoría es correcta. Aparte de que se sabe que los resultados de las expediciones lo emocionaron con intensidad, la broma de Einstein refleja su convicción profunda en que la simplicidad conceptual, la elegancia y la belleza de la teoría, garantizaban su armonía con la realidad. La relatividad predijo el desvío de los rayos de luz, pero además explicó una perversión en la órbita de Mercurio que había sido observada desde los tiempos de Leverrier, a mediados del siglo XIX, y que la teoría de Newton no podía explicar. Einstein contó cómo "sintió palpitaciones" al darse cuenta que sin proponérselo, su teoría explicaba la anomalía. Curiosamente esta "retrodicción'

no jugó un papel importante en el proceso de validación de la teoría, ni siquiera la confirmación relativamente pobre de la predicción del comportamiento de la luz a pesar del vasto impacto publicitario que tuvo. De hecho, grandes científicos como Hilbert, Lorentz, Born, Sommerfeld, Eddington, Langevin y De Sitter, ya la habían aceptado antes de 1919. Planck nominó a Einstein para el Nobel en 1919, cuatro meses antes de los resultados del eclipse, por su teoría de la gravitación. ¿Cómo explicar que la relatividad general prendara en el interés de los físicos que consideran valioso trabajar en ella, contrastarla con los experimentos, señalarla a las generaciones siguientes. La única respuesta posible invoca la majestad formal de la teoría. La magia de su estructura y su simplicidad conceptual, explica que la teoría se impusiera, a pesar de la débil evidencia experimental a su favor. Hoy, a 75 años de la creación del mito, la relatividad ha superado, con éxito todas las confrontaciones con la realidad, es nuestra mejor teoría de la gravitación y una de las maneras de concebir el "inconcebible universo".