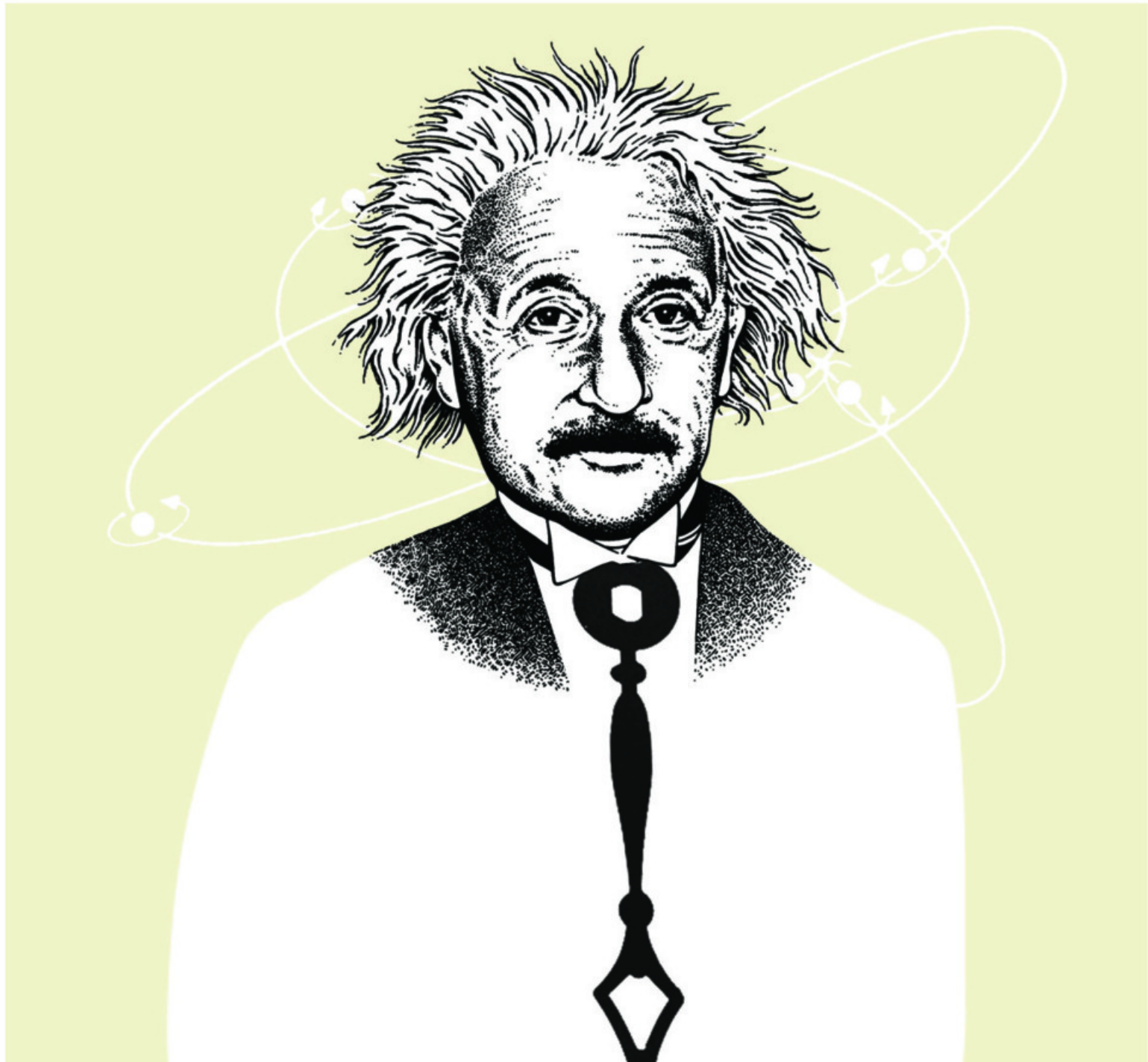


EL  **MUNDO**

TRIBUNA • CIENCIA

Una teoría prodigiosa





SEAN MACKAOUI

RAFAEL BACHILLER

ACTUALIZADO 25/11/2015 10:41

Se cumplen ahora 100 años de la publicación de la teoría de la relatividad general, sin duda una de las construcciones más bellas y abstractas producidas por la humanidad, **una auténtica obra de arte científico que fue pergeñada por la mente de una persona de 36 años** de edad, un hombre que, refugiándose de las múltiples condiciones adversas que le rodeaban, trabajaba en solitario: Albert Einstein.

En noviembre de 1915 Einstein se encontraba en Berlín y era víctima de varias guerras. La primera, la mundial, había penetrado en los despachos del instituto dirigido por el químico Fritz Haber en donde trabajaba Einstein. Los tres científicos que le habían atraído a Berlín -Max Planck, Walther Nernst y el propio Haber- **consternaban a Einstein con su actitud belicista y su colaboracionismo con el ejército**. En concreto, Haber, quien había encontrado ya su célebre método para sintetizar el amoníaco, lo que permitía la fabricación masiva de explosivos, se encontraba reorganizando el instituto para dedicarlo a la fabricación de armas químicas para el ejército alemán. La irracionalidad de esta guerra llevó a Einstein a defender unos ideales sociales y políticos de talante internacionalista y pacifista que mantuvo y acentuó durante el resto de su vida. La segunda guerra la estaba librando Einstein en un plano personal: su separación de Mileva Maric, con dos hijos por medio, era una fuente interminable de amargas desavenencias.

Einstein se refugiaba en el trabajo, pero también libraba una guerra en este plano pues mantenía una frenética competición con David Hilbert, el gran matemático de Gotinga que igualmente se encontraba trabajando, aunque desde un punto de vista puramente matemático, en **la deducción de unas ecuaciones para la relatividad general**. Según refiere Walter Isaacson, en su excelente biografía de Einstein, éste escribió en una carta a su hijo Hans Albert el 4 de noviembre: "A menudo estoy tan enfrascado en mi trabajo que me olvido hasta de comer". Se encontraba además "agotado y agobiado" por dolores de estómago que no le permitían ir a Gotinga para debatir con Hilbert en persona.

"La fórmula de la relatividad que resolvió Einstein es un resultado de la ciencia básica que encuentra aplicaciones tecnológicas en la vida cotidiana"

Aún en este estado, Einstein fue capaz de concentrarse en el estudio de los tensores (unos objetos matemáticos similares a las matrices) y de la geometría no-euclídea de cuatro dimensiones, las herramientas que debían permitirle generalizar la teoría de la relatividad que, en una formulación restringida, había enunciado en 1905. Einstein se había comprometido previamente a dar una serie de cuatro conferencias al medio centenar de miembros de la Academia Prusiana en los jueves de noviembre. Y, mientras polemizaba epistolarmente con Hilbert, **esa serie de conferencias constituyó el estímulo definitivo que le llevó a culminar su teoría.**

En la primera de esas conferencias, impartida el día 4, rememoró las numerosas dificultades con las que llevaba luchando durante los últimos años para encontrar las **ecuaciones que debían regir el comportamiento del campo gravitatorio** y puso de manifiesto que las que estaba considerando entonces no eran aún completamente satisfactorias; sabemos hoy que aún le faltaban tres semanas para lograrlo. En la segunda presentó unas ecuaciones revisadas que no eran substancialmente mejores. En la tercera de las conferencias, el día 18, anunció que sus ecuaciones en el último formato eran capaces de explicar el movimiento de Mercurio (que no podía explicarse con la teoría tradicional de Newton) con total precisión y anunció un nuevo valor para la curvatura que debía sufrir un rayo de luz a su paso por la vecindad solar. El jueves siguiente, el día 25, fue cuando pronunció su famosa y apoteósica conferencia titulada 'Las ecuaciones de campo de la gravitación' en la que presentó el conjunto de ecuaciones que culminaban la teoría de la relatividad general.

Estas 10 ecuaciones, conocidas hoy como 'ecuaciones de Einstein', se expresan de una manera sorprendentemente compacta y elegante: $G = 8\pi T$. Es una manera concisa de decir que la geometría del espacio-tiempo (representada por G) está determinada por los movimientos de los objetos materiales que se encuentran en su seno (representados por T) y, viceversa, que los movimientos de tales objetos están determinados por la curvatura del espacio-tiempo. De acuerdo con estas ecuaciones, espacio, tiempo, materia y energía forman un intrincado entramado en el que cada uno de estos elementos tiene un efecto sobre los otros. Este mundo físico es muy diferente pues a aquél de Newton en el que espacio y tiempo eran unos marcos absolutos inalterables en cuyo seno tienen lugar los movimientos de los cuerpos materiales. Muy al contrario, en el universo de Einstein, **una masa situada en una zona del espacio hace que, en su entorno, el tiempo transcurra más lentamente y que el espacio se deforme** y, a su vez, esta deformación determina el movimiento de otros objetos próximos.

Tal y como anunció en sus célebres conferencias de 1915, la propagación de la luz debía verse influida por la gravitación, lo que permitiría realizar comprobaciones experimentales. Por ejemplo, un rayo de luz que pase junto al Sol debía desviarse por 1,74 segundos de arco. El astrónomo británico Sir Arthur Eddington propuso entonces que una ocasión para medir la curvatura de la luz la brindaría el eclipse total de Sol del 29 de mayo de 1919. En efecto, durante un eclipse solar es posible observar estrellas brillantes en el entorno del astro rey. Si el Sol es capaz de desviar la trayectoria de los rayos de luz, algunas de estas estrellas brillantes observadas en direcciones cercanas al Sol eclipsado deberían verse en posiciones aparentes diferentes respecto de sus posiciones habituales, medidas cuando el Sol se encuentre en una posición distante del firmamento. La Royal Society organizó dos expediciones a la zona de totalidad del eclipse, una al norte de Brasil y otra a la Isla del Príncipe, en el golfo de Guinea, para medir las posiciones estelares en la vecindad solar. Eddington comprobó así, de manera espectacular y ante una gran expectación a nivel mundial, que las pequeñísimas desviaciones de los rayos de luz predichas por la relatividad general (1,74 segundos de arco equivalen a media milésima de grado) eran absolutamente reales.

"La teoría de Einstein es una combinación de intuición física y erudición matemática con implicaciones filosóficas"

Esta medida de la desviación de la luz venía a sumarse a la explicación precisa del movimiento de Mercurio anunciada en la

tercera de las conferencias de la Academia de Prusia. Desde entonces, la teoría ha sido sometida a muchas más pruebas de las que siempre ha salido airosa. **La relatividad general resulta hoy imprescindible para calcular las distancias y las propiedades de los objetos más lejanos del universo** y, de hecho, es en las condiciones de gravitación extrema, como las que se dan en las proximidades de los agujeros negros, donde la relatividad general produce sus efectos más espectaculares.

Conviene destacar, sin embargo, que la relatividad general no solo trata de elucubraciones teóricas y de descripciones de situaciones astrofísicas extremas. Como es el caso para otras teorías, la relatividad general es un resultado de la ciencia básica que encuentra grandes aplicaciones tecnológicas en la vida cotidiana. Por ejemplo, **gracias a la relatividad general funciona una tecnología que hoy puede parecerse banal: el 'GPS'**. En efecto, al estar sometido el satélite a una fuerza gravitacional menor que la que actúa en la superficie de la Tierra, el tiempo transcurre más rápidamente en el satélite 'GPS' que en el receptor en tierra. Este efecto se suma a otro predicho por la relatividad restringida: la dilatación del tiempo ocasionado por la alta velocidad del satélite. Y ambos efectos, cuando se tienen en cuenta, hacen posible que el sistema 'GPS' funcione correctamente.

Gracias a la teoría de la relatividad general de Einstein, contemplamos hoy el universo como un todo, un entramado en el que unas bellas ecuaciones describen la interconexión del espacio, el tiempo, la materia y la energía. Esta descripción integral del universo ha tenido una **influencia decisiva en todas las teorías de la cosmología moderna que intentan explicar el origen y evolución del universo** tratándolo como un ente único y completo. La teoría de Einstein es pues una genial combinación de intuición física y erudición matemática que posee unas implicaciones filosóficas de alcance asombroso. No es extraño que el propio Einstein calificase a esta teoría como "el mayor logro de mi vida".

Rafael Bachiller es astrónomo, director del Observatorio Astronómico Nacional (IGN) y miembro del Consejo Editorial de EL MUNDO.

2 Comentarios



mrsorderah

25/11/2015 23:29 horas

#2

Genial el artículo!! Aquí un par de vídeos que lo complementan: <http://www.gaiaciencia.com/2015/11/la-teoria-de-la-relatividad-general-cumple-100-anos>



Luisa33

25/11/2015 11:30 horas

#1

Fenomenal artículo. Dan ganas de ponerse a estudiar Física otra vez.

VER 2 COMENTARIOS

Lo más leído

1 ['Appnalfabetos'](#)

2 [Por qué votan a don Mariano](#)

3 [Un encuentro en París](#)

4 [Inestabilidad](#)

5 [Vida y trabajo](#)

Destacados

- Últimas Noticias
- Temas
- Euromillones
- Horóscopo Diario
- Premios Goya
- Premios Oscar
- Ganadores Oscar 2015
- Calendario electoral 2015
- Mejores colegios
- Calendario laboral 2016
- Lotería de Navidad 2015
- Lotería del Niño 2016

En vivos

Servicios

- Orbyt
- Traductor
- Guía TV
- Diccionarios
- Horóscopo
- El tiempo
- Promociones
- Lotería
- Tarot
- Comparador financiero
- Comparador seguros

- Darussafaka Dogus - Unicaja ▪ Schalke 04 - Hannover 96
 - Real Madrid vs Getafe, en vivo ▪ Granada vs Atlético, en vivo
 - Valencia vs Barcelona, en vivo
-
-