

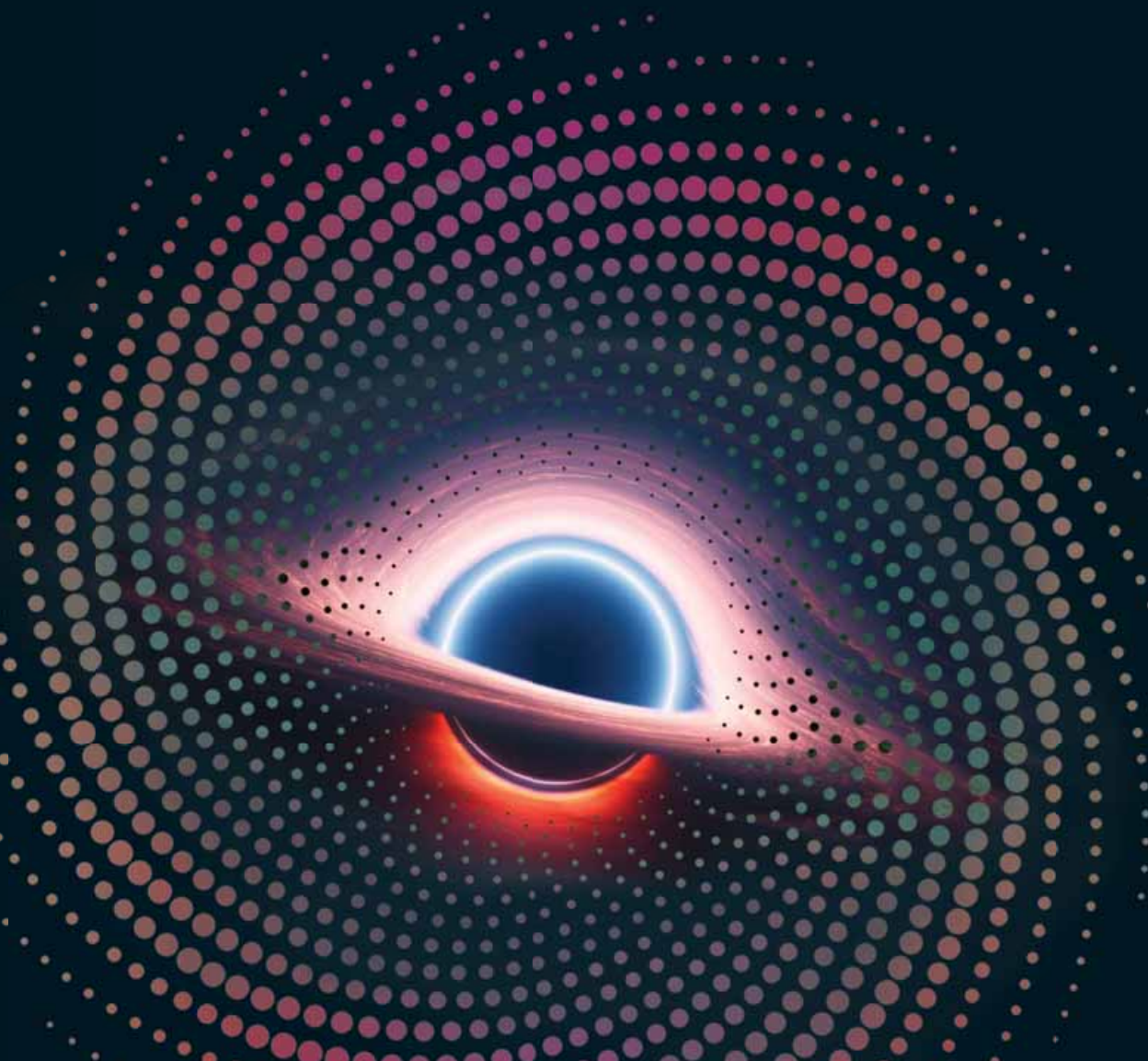


El siglo de la gravedad

*Del eclipse de Einstein
a las imágenes de los agujeros negros*

RON COWEN

Traducción de Alejandro Pérez Sáez



RON COWEN

es un divulgador de la ciencia, maestro en física por la Universidad de Maryland y editor en el Physical Measurement Laboratory. Actualmente radica en los suburbios de Washington, D. C.

Fue ganador en dos ocasiones del premio a la excelencia en escritura científica por el American Institute of Physics (en 2000 y 2016), del Science Writing Award por la Acoustical Society of America en 2013 y del Popular Writing Award en 2012 por la American Astronomical Society, entre otros. Ha publicado múltiples artículos para prestigiosos medios como *National Geographic*, *Nature*, *The New York Times*, *Science*, *Science News*, *Scientific American* y *U.S. News & World Report*.

SECCIÓN DE OBRAS DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

EL SIGLO DE LA GRAVEDAD

RON COWEN

El siglo de la gravedad

*Del eclipse de Einstein
a las imágenes de los agujeros negros*

Traducción de
ALEJANDRO PÉREZ SÁEZ



FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Primera edición en inglés, 2019
Primera edición en español, 2025

[Primera edición en libro electrónico, 2026]

Cowen, Ron

El siglo de la gravedad. Del eclipse de Einstein a las imágenes de los agujeros negros / Ron Cowen ; trad. de Alejandro Pérez Sáez. — México : FCE, 2025
156 p. ; 23 × 17 cm — (Colec. Ciencia y Tecnología)

Título original: *Gravity's Century. From Einstein's Eclipse to Images of Black Holes*

ISBN 978-607-16-8929-0

1. Relatividad general (Física) 2. Gravedad 3. Teoría cuántica 4. Astrofísica
5. Gravitación I. Pérez Sáez, Alejandro, tr. II. Ser. III. t.

LC QC173.6 C68

Dewey 530.11 C253s

Distribución mundial

© 2019, Ron Cowen. Todos los derechos reservados.

Traducción al español con el acuerdo de Harvard University, Estados Unidos.

Título original: *Gravity's Century. From Einstein's Eclipse to Images of Black Holes*

D. R. © 2025, Fondo de Cultura Económica

Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14110 Ciudad de México

www.fondodeculturaeconomica.com

Comentarios: editorial@fondodeculturaeconomica.com

Tel.: 55-5227-4672

Diseño de portada: Neri Ugalde

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta obra, sea cual fuere el medio, sin la anuencia por escrito del titular de los derechos.

ISBN 978-607-16-8929-0 (impreso)

ISBN 978-607-16-9231-3 (pdf)

Impreso en México • *Printed in Mexico*

Para Larry Holmes
In memoriam

SUMARIO

<i>Introducción</i>	11
I. Génesis	15
II. De la confusión al éxito	29
III. Eddington emprende una misión	46
IV. Expandir el universo	65
V. Los agujeros negros: la relatividad general puesta a prueba	76
VI. Gravedad cuántica	89
VII. El sonido de los agujeros negros	106
VIII. Las imágenes de los agujeros negros	126
<i>Bibliografía</i>	139
<i>Lecturas sugeridas</i>	143
<i>Índice analítico</i>	147
<i>Índice general</i>	155

INTRODUCCIÓN

Para el monstruo agazapado en el corazón de la Vía Láctea, el 11 de abril de 2017 fue un momento estelar.

Ese día, un equipo de astrónomos concluyó cinco noches de observaciones estelares a través de una red de radiotelescopios que en conjunto formaban una antena del tamaño de la Tierra. Distribuidos entre Hawái y el Polo Sur, un consorcio de ocho telescopios observaron durante esas noches algo nunca antes visto, un objeto cósmico que los científicos visionarios y los amantes de la ciencia ficción sólo habían imaginado durante siglos: un agujero negro.

Para ser más precisos, lo que en realidad se observó ese día fue el borde de un agujero negro, una capa externa de gravedad tan poderosa que nada puede escapar a su atracción, ni siquiera la luz. Todo lo que cruza esa frontera —que se conoce como horizonte de sucesos u horizonte de eventos— desaparece de nuestro universo para siempre. No obstante, todo lo que engulle el agujero negro participa en la creación de una deformación del tiempo y el espacio tan desafiante para la lógica y las matemáticas que hay que ver para creer, pues constituye uno de los fenómenos más extremos de la naturaleza.

La motivación de los creadores del proyecto Event Horizon Telescope (Telescopio del Horizonte de Eventos) no fue la sola convicción, sino el entendimiento, porque entender qué es un agujero negro significa entender el universo de una forma diferente, dar inicio a una era de exploración cuya posibilidad incluso fue negada por el propio Albert Einstein, aun cuando él, más que nadie, fue quien abrió el camino para hacerlo posible.

Un siglo atrás, en 1915, Einstein concluyó la formulación de su teoría de la relatividad general. Sólo él supo comprender la verdadera trascendencia de una ley física descubierta por Galileo tres siglos antes: que todos los objetos, sin importar su masa o su composición, caen al mismo tiempo en un campo gravitacional. Tomando esa ley como la esencia fundamental de una teoría revolucionaria sobre la aceleración de los objetos, Einstein fundó una nueva forma de pensamiento científico no sólo sobre la gravedad, sino sobre el universo entero. Borró por completo la idea imperante de la gravedad como una fuerza y refutó la noción aceptada durante mucho tiempo del espacio y el tiempo como espectadores

silenciosos sin participación alguna en los avatares del universo. El espacio-tiempo es tan maleable como una argamasa moldeada por la presencia de masa y energía. Un cuerpo no cae a la Tierra porque sea atraído por ésta, sino porque la masa y la energía de la Tierra curvan el espacio-tiempo en derredor de forma tal que todo cuerpo que pasa por ahí inevitablemente desvía su trayectoria hacia el planeta. La misma influencia recíproca aplica para dos objetos cualesquiera del universo. Incluso la luz está sujeta a esta ley de la naturaleza, de modo que, cuando pasa cerca de un cuerpo suficientemente masivo —el Sol, por ejemplo—, su trayectoria también se curva.

En una Europa devastada por la primera Guerra Mundial, dos equipos de astrónomos británicos viajaron a Brasil y a la costa occidental de África para observar el eclipse solar del 29 de mayo de 1919 y poner a prueba la nueva teoría de la gravedad propuesta por Einstein, el científico de origen alemán. Durante los seis minutos y 51 segundos en los que la Luna se interpuso entre el Sol y la Tierra ese 29 de mayo —uno de los eclipses solares más largos del siglo xx—, los científicos fotografiaron las estrellas que se dejaron ver cuando el cielo diurno se oscureció repentinamente. De regreso en su país, compararon las fotografías con las de las mismas estrellas cuando la luz del Sol está presente y comprobaron lo que Einstein afirmaba: el peso del Sol curva la luz estelar. Su teoría acaparó los titulares en todo el mundo y, de la noche a la mañana, Einstein se convirtió en una celebridad científica. El siglo de la gravedad había comenzado.

Los dos experimentos referidos —las expediciones del eclipse de 1919 y las observaciones del Event Horizon Telescope un siglo después— enmarcan una era sin precedentes en la historia de la ciencia.

Hace 100 años, cuando Einstein formuló su teoría de la relatividad general, se creía que el universo encerraba una sola galaxia; hoy no sólo sabemos que el universo está poblado por al menos 100 000 millones de galaxias, sino que se encuentra en expansión, incrementando su volumen a un ritmo mayor cada segundo. A lo largo del último siglo, el desarrollo de la astronomía ha pasado del estudio de una estrecha banda óptica del espectro electromagnético, visible a través de telescopios simples, al rango completo del espectro, de las microondas a los rayos gamma. En los albores del siglo xxi, la astronomía se ha extendido incluso más allá del espectro electromagnético y hoy sabemos que entidades misteriosas e invisibles, conocidas como materia negra y energía negra, conforman hasta 96% del cosmos.

Todo aquel que persiga entender esos descubrimientos estará en deuda con la relatividad general. Pero ningún fenómeno es tan contraintuitivo como un agujero negro. La idea deriva lógicamente de la relatividad general, como com-

prendieron unos pocos teóricos inmediatamente después de que Einstein formulara su teoría. Si un objeto fuera lo suficientemente masivo y denso, ¿acaso el espacio-tiempo no podría distorsionarse hasta encerrarse en sí mismo? Si una luz pasara cerca de ese objeto se curvaría, pero si llegara a pasar muy cerca caería en una trampa gravitacional de la que jamás escaparía.

Einstein nunca estuvo del todo conforme con la idea de los agujeros negros porque sus elegantes ecuaciones se descontrolaban hasta perder su significado, así que durante décadas él y otros físicos pudieron darse el lujo de ignorar ese concepto. Pero entonces llegó otro tipo de revolución, esta vez relacionada con la tecnología de los telescopios. Observaciones realizadas a partir de principios de la década de 1960 revelaron la presencia de compactos haces de radiación provenientes de rincones muy remotos del universo que opacaban galaxias completas, y también estrellas que giraban alrededor de núcleos galácticos a velocidades asombrosamente altas. Esas enormes cantidades de energía y descomunales velocidades revelaban la presencia de gigantes gravitacionales en el centro de las galaxias. Los agujeros negros, esas fauces gravitacionales devoradoras de luz en el espacio-tiempo, se habían vuelto realidad.

No tardaron los teóricos en estudiar seriamente el asunto. Comprendieron que los agujeros negros eran el crisol que permitiría unir el mundo microscópico —el ámbito de la teoría cuántica— con el de la gravedad extrema, donde gobiernan las leyes de la relatividad general, una unión que Einstein pasó décadas intentando conciliar sin lograrlo jamás.

Y cuando los astrónomos comprendieron que la nueva tecnología del radiotelescopio les permitiría tomar fotografías del horizonte de sucesos de un agujero negro, ¿cómo resistirse a la tentación de intentarlo?

El proyecto colaborativo Event Horizon Telescope eligió estudiar dos agujeros negros en particular. El primero es una estructura cuyos monstruos gravitacionales reciben el nombre de Sagitario A*; palpita en el centro de nuestra galaxia, la Vía Láctea, y su masa es cuatro millones de veces la del Sol. El segundo tiene una masa mil veces mayor y ocupa el centro de la galaxia M87, localizada a una distancia de 54 millones de años luz de la Tierra. Se sospechaba que esos dos agujeros negros podrían proporcionar a la ciencia una prueba crucial de la teoría general de la relatividad de Einstein, es decir, determinar qué tan certeramente coincidían sus predicciones con las observaciones del entorno gravitacional más extremo del universo conocido.

A las 11:22 a.m., hora del Este de un día de la primavera de 2017, que de otra forma habría sido irrelevante, el Event Horizon Telescope registró el último fotón

de su temporada de observación. Los investigadores sabían que les esperaban muchos meses de trabajo por delante para analizar un conjunto de datos equivalente a la capacidad de almacenamiento de 10 000 *laptops*; paralelamente harían los preparativos de una segunda ronda de observaciones para el siguiente año. Mientras tanto, en ese momento específico, sin dejar de pensar en el camino que les esperaba podían darse el lujo de detenerse un momento a contemplar cuán lejos habían llegado: un astrónomo celebró con los acordes victoriosos de *Bohemian Rhapsody* de Queen, mientras otro rompió el sello de una botella de whisky escocés de 50 años de añejamiento. Y si bien el motivo real del festejo era la culminación de un experimento que abarcaba el largo y ancho de la Tierra, el contexto histórico era todavía más grande, pues sabían que esa celebración había tenido que esperar un siglo.