

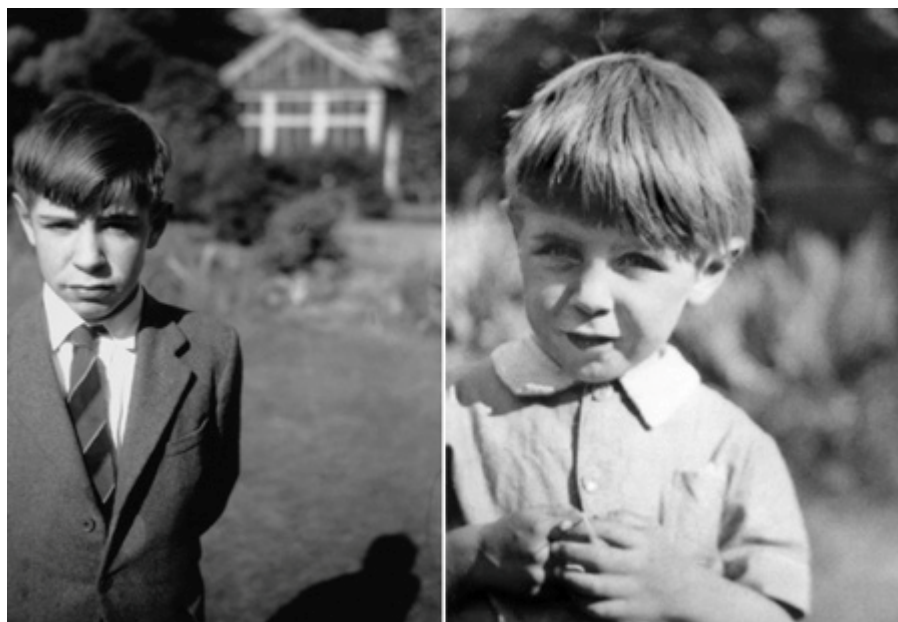
Reseña

La mente maravillosa de Stephen Hawking ha deslumbrado al mundo entero revelando los misterios del universo. Ahora, por primera vez, el cosmólogo más brillante de nuestra era explora, con una mirada reveladora, su propia vida y evolución intelectual.

Breve historia de mi vida cuenta el sorprendente viaje de Stephen Hawking desde su niñez en el Londres de la posguerra a sus años de fama internacional. Espléndidamente ilustrada con fotografías poco conocidas, esta autobiografía concisa, ingeniosa y sincera presenta a un Hawking raramente vislumbrado en sus libros anteriores: el alumno inquisitivo cuyos compañeros de clase apodaron «Einstein»; el bromista que una vez hizo una apuesta con un colega sobre los agujeros negros; o el joven padre de familia que se esforzó por hacerse un sitio en el mundo académico.

Escrito con su humildad y humor característicos, Hawking se sincera sobre los desafíos a los que se enfrentó tras ser diagnosticado, con 21 años, de esclerosis lateral amiotrófica. Traza su desarrollo como pensador, explica cómo la perspectiva de una muerte temprana lo empujó hacia numerosos desafíos intelectuales y habla sobre la génesis de su obra maestra, *Historia del tiempo*, sin duda una de las obras más importantes del siglo XX.

Para William, George y Ros



Ambas fotografías cortesía de Mary Hawking

Índice

1. Infancia
2. St. Albans
3. Oxford
4. Cambridge
5. Ondas gravitacionales
6. El Big Bang
7. Agujeros negros
8. Caltech
9. Matrimonio
10. Historia del tiempo
11. Viaje en el tiempo
12. Tiempo imaginario
13. Sin límites

Capítulo 1

Infancia

Mi padre, Frank, procedía de una familia de agricultores con propiedades en Yorkshire (Inglaterra). Su abuelo —mi bisabuelo John Hawking— era un granjero adinerado, pero compró demasiadas granjas y se arruinó con la depresión agrícola que se produjo a principios del siglo XX. Su hijo Robert —mi abuelo— intentó ayudar a su padre, pero también quebró. Afortunadamente, la esposa de Robert era propietaria de una casa en Boroughbridge en la que dirigía una escuela, lo que reportaba unos pequeños ingresos. Así lograron enviar a su hijo a Oxford, donde estudió medicina.



Mi padre y yo (Cortesía de Mary Hawking)

Mi padre obtuvo una serie de becas y premios que le permitieron enviar dinero a sus padres. Luego se inició en la investigación en medicina tropical,

y en 1937 viajó al este africano para continuar con sus investigaciones. Al estallar la guerra realizó un viaje por tierra por África y descendió el río Congo para regresar en barco a Inglaterra, donde se presentó voluntario para el servicio militar. Sin embargo, le dijeron que era más valioso en la investigación médica.

Mi madre nació en Dunfermline (Escocia), la tercera de ocho hijos de un médico de familia. La mayor era una niña con síndrome de Down que vivió separada con una cuidadora hasta que murió a los trece años. La familia se mudó al sur, a Devon, cuando mi madre tenía doce años. Al igual que la de mi padre, su familia no tenía muchos recursos, pero también lograron enviar a mi madre a Oxford. Después de la universidad tuvo varios trabajos, incluido el de inspectora de Hacienda, que no era en absoluto de su agrado. Lo dejó para ser secretaria, y así conoció a mi padre durante los primeros años de la guerra.



Con mi madre (Cortesía de Mary Hawking)

Nací el 8 de enero de 1942, exactamente trescientos años después de la muerte de Galileo. Calculo que aquel día nacieron unos doscientos mil niños más, no sé si alguno de ellos más adelante se interesó por la astronomía.

Nací en Oxford, aunque mis padres vivían en Londres. La causa fue que durante la segunda guerra mundial los alemanes habían pactado que no iban a bombardear Oxford y Cambridge y a cambio los británicos no bombardearían Heidelberg y Gotinga. Es una lástima que ese tipo de acuerdos civilizados no se extendieran a otras ciudades.

Vivíamos en Highgate, al norte de Londres. Mi hermana Mary nació dieciocho meses después que yo y, según me contaron, no fue muy bienvenida por mi parte. Durante toda nuestra infancia existió cierta tensión entre nosotros, alimentada por la escasa diferencia de edad. No obstante, en nuestra vida de adultos esa tirantez ha desaparecido porque hemos seguido caminos distintos. Ella se convirtió en médico, para gran orgullo de mi padre.

Mi hermana Philippa nació cuando yo tenía casi cinco años y era más capaz de comprender lo que ocurría.



Con Mary y Philippa (Cortesía de Stephen Hawking)



Mis hermanas y yo en la playa (Cortesía de Mary Hawking)

Recuerdo esperar con ilusión su llegada para poder jugar los tres. Era una niña muy intensa y perspicaz, yo siempre respeté su opinión y sus razonamientos. Mi hermano Edward fue adoptado mucho después, cuando tenía catorce años, así que apenas estuvo presente en mi infancia. Era muy distinto de los otros tres niños, pues no era nada académico ni intelectual, algo que probablemente fue bueno para nosotros. Pese a ser un niño más bien difícil, era inevitable cogerle cariño. Murió en 2004 por causas que nunca fueron esclarecidas adecuadamente. La explicación más plausible es que se intoxicara con los vapores de la cola que estaba utilizando para reformar su piso.

Mi primer recuerdo es estar de pie en la guardería de la Byron House School de Highgate llorando como un loco. Alrededor los niños jugaban con unos juguetes que parecían maravillosos, y yo quería unirme a ellos, pero solo tenía dos años y medio, era la primera vez que me dejaban con gente que no conocía y estaba asustado. Creo que mis padres se llevaron una sorpresa con mi reacción, pues era su primer hijo y habían leído en manuales de desarrollo infantil que los niños debían estar preparados para empezar a

entablar relaciones sociales a los dos años. Sin embargo, se me llevaron de allí tras aquella horrible mañana y no volvieron a enviarme a Byron House durante el siguiente año y medio.

En aquellos tiempos, durante la guerra y justo después de que terminara, Highgate era una zona donde vivían varios científicos y académicos. (En otro país se les habría llamado intelectuales, pero los ingleses jamás han admitido tenerlos). Todos aquellos padres enviaban a sus hijos a la Byron House School, un colegio muy progresista para la época.



Nuestra calle en Highgate (Londres). (Cortesía de Mary Hawking)

Recuerdo quejarme a mis padres de que en la escuela no me enseñaban nada. Los educadores de Byron House no creían en lo que por aquel entonces era la manera aceptada de inculcarnos saberes, y en cambio se suponía que debíamos aprender a leer sin darnos cuenta de que nos estaban enseñando. Al final aprendí a leer, pero no lo conseguí hasta los ocho años, una edad bastante tardía. A mi hermana Philippa le enseñaron con métodos más convencionales y a los cuatro años sabía leer, pero sin duda ella era más lista que yo.

Vivíamos en una casa victoriana alta y estrecha que mis padres habían comprado a muy buen precio durante la guerra, cuando todo el mundo creía

que Londres iba a ser arrasado por las bombas. De hecho, un cohete V2 impactó a unas cuantas casas de la nuestra. En ese momento yo estaba fuera con mi madre y mi hermana, pero mi padre seguía en casa. Afortunadamente, no resultó herido, y la casa no sufrió daños graves. No obstante, durante años hubo un gran agujero provocado por una bomba más abajo en la misma calle, donde jugaba con mi amigo Howard, que vivía a tres puertas de mi casa. Howard fue toda una revelación para mí porque sus padres no eran intelectuales como los de todos los niños que conocía. Además, iba a la escuela pública y no a Byron House, y sabía de fútbol y boxeo, deportes que mis padres no seguirían ni en sueños.



Londres durante el Blitz, bombardeo alemán en el Reino Unido (Créditos: Archivo Nacional del Reino Unido y Registro Central)

Otro recuerdo temprano es el de mi primer tren eléctrico. Durante la guerra no se fabricaban juguetes, por lo menos no para el mercado nacional, pero a mí me apasionaban los trenes. Mi padre intentó hacerme un tren de madera, pero no me di por satisfecho porque quería algo que se moviera solo, así que consiguió un tren de juguete de segunda mano, lo arregló con una soldadura

y me lo dio por Navidad, cuando yo tenía casi tres años. El tren no funcionaba muy bien, pero justo después de la guerra mi padre viajó a Estados Unidos y cuando regresó, en el *Queen Mary*, trajo medias para mi madre, que por aquel entonces no se conseguían en Gran Bretaña; una muñeca que cerraba los ojos cuando la acostabas, para mi hermana Mary, y para mí, un tren americano muy completo, con quitapiedras y una pista en forma de ocho. Aún recuerdo la emoción que sentí al abrir la caja.



Con mi tren de juguete (Cortesía de Mary Hawking)

Los trenes de juguete, que funcionaban dándoles cuerda, estaban muy bien, pero lo que a mí me gustaba de verdad eran los trenes eléctricos. Me pasaba horas observando la maqueta de un club de trenes de juguete que había en Crouch End, cerca de Highgate. Soñaba con los trenes eléctricos. Finalmente, un día que mis padres estaban fuera, aproveché la oportunidad para sacar del banco de correos todo el dinero que la gente me había dado en ocasiones especiales como mi bautizo, una cantidad muy modesta. Lo invertí en comprar un juego de tren eléctrico, pero me llevé una gran decepción al ver que tampoco funcionaba muy bien. Debería haberlo devuelto y exigir a la

tienda o al fabricante que me dieran otro, pero por aquel entonces sentía que era un privilegio comprar algo, así que si resultaba ser defectuoso, mala suerte. De modo que pagué por reparar el motor eléctrico, pero ni siquiera así acabó de funcionar bien.

Más adelante, en mi adolescencia, construía maquetas de aviones y barcos. Nunca fui muy hábil con las manos, pero lo hacía con mi amigo del colegio John McClenahan, que era mucho mejor que yo y cuyo padre tenía un taller en su casa. Mi objetivo siempre era construir modelos que funcionaran y yo pudiera controlar, no me importaba su aspecto. Creo que era el mismo impulso que me llevó a inventar una serie de juegos muy complejos con otro amigo del colegio, Roger Ferneyhough. Teníamos un juego de fabricación, muy completo, con fábricas donde se hacían unidades de diferentes colores, carreteras y vías ferroviarias por las que se transportaban, y contaba también con un mercado de valores. Había un juego de guerra que se jugaba sobre un tablero de cuatro mil cuadrados, e incluso un juego feudal en el que cada jugador era una dinastía entera con su árbol genealógico. Creo que esos juegos, así como los trenes, los barcos y los aviones, eran fruto de una necesidad de saber cómo funcionaban los sistemas y cómo controlarlos. Desde que empecé mi doctorado, esa inquietud quedaba cubierta con mis investigaciones en cosmología. Si entiendes cómo funciona el universo, en cierto modo lo controlas.

Capítulo 2

St. Albans

En 1950 mi padre pasó de trabajar en Hampstead, cerca de Highgate, al recién construido National Institute for Medical Research en Mill Hill, en el extremo norte de Londres. En vez de acudir al trabajo desde Highgate, le pareció más sensato mudarse con la familia fuera de Londres y desplazarse a la ciudad para trabajar. Por tanto, mis padres compraron una casa en St. Albans, una ciudad con catedral a unos dieciséis kilómetros al norte de Mill Hill y treinta al norte de Londres. Era una gran casa victoriana con cierta elegancia y carácter. Mis padres no andaban muy boyantes cuando la compraron y tuvieron que hacer bastantes reformas antes de poder mudarnos. A partir de entonces, como buen oriundo de Yorkshire, mi padre se negó a pagar más reparaciones. A cambio, hacía todo lo posible por mantenerla en buen estado y pintada, pero era una casa grande y él no era muy ducho en esas cosas. No obstante, la casa era de buena construcción, así que soportó ese abandono. La vendieron en 1985, cuando mi padre ya estaba muy enfermo, un año antes de morir.



Nuestra casa en St. Albans. (Cortesía de Mary Hawking)

La vi hace poco y no parecía que hubieran hecho más reformas.

La casa había sido diseñada para una familia con servicio, y en la despensa había un panel donde se indicaba desde qué habitación se había hecho sonar la campanilla. Por supuesto, nosotros no teníamos servicio, pero mi primer dormitorio era una pequeña habitación en forma de ele que debía de ser para una criada. La pedí por sugerencia de mi prima Sarah, que era un poco mayor que yo y por la que sentía una gran admiración. Me dijo que allí nos lo pasaríamos muy bien. Uno de los atractivos de la habitación era que se podía salir por la ventana al tejado del cuarto de las bicicletas, y de ahí bajar al suelo.

Sarah era la hija de la hermana mayor de mi madre, Janet, que tenía estudios de medicina y estaba casada con un psicoanalista. Vivían en una casa muy parecida en Harpenden, un pueblo que estaba ocho kilómetros más al norte, y era uno de los motivos por los que nos mudamos a St. Albans. Para mí era un gran aliciente estar cerca de Sarah, y a menudo seguía en el autobús hasta Harpenden para verla.

St. Albans se encontraba junto a las ruinas de la antigua ciudad romana de Verulamium, el asentamiento romano más importante de Gran Bretaña después de Londres. En la Edad Media albergó el monasterio británico más rico. Fue construido alrededor del santuario de Saint Alban, un centurión romano considerado la primera persona en Gran Bretaña en ser ejecutada por su fe cristiana. Lo único que quedaba de la abadía era una iglesia muy grande y más bien fea y la antigua entrada del edificio, que ahora formaba parte de la St. Albans School, donde estudié más tarde. St. Albans era un lugar en cierto modo aburrido y conservador en comparación con Highgate o Harpenden. Mis padres apenas hicieron amigos allí. En parte fue por su culpa, pues eran de natural bastante solitarios, sobre todo mi padre, pero también era el reflejo de una población diferente: sin duda, no podría

describirse como intelectual a ninguno de los padres de mis amigos del colegio de St. Albans.

En Highgate nuestra familia era bastante normal, pero creo que en St. Albans nos consideraban excéntricos. Mi padre fomentaba esa percepción con su comportamiento, pues no le importaban las apariencias si algo le permitía ahorrar dinero. Su familia era muy pobre cuando él era joven, y la impresión que le causó aquello le dejó marcado. No soportaba gastar dinero en su propia comodidad, ni siquiera durante los últimos años, cuando podía permitírselo. Se negaba a encender la calefacción central, aunque sintiera el frío en los huesos, y se ponía muchos jerséis y una bata encima de la ropa normal. Sin embargo, era muy generoso con los demás.



Cortesía de Stephen Hawking

En la década de 1950 pensaba que no podíamos permitirnos un coche nuevo, así que compró un taxi de Londres anterior a la guerra, y él y yo construimos una barraca prefabricada a modo de garaje. Los vecinos estaban escandalizados, pero no pudieron pararnos. Como a la mayoría de los niños, me avergonzaban mis padres, pero a ellos esto nunca les preocupó.

Para las vacaciones mis padres compraron una caravana de gitanos que ubicaron en un campo de Osmington Mills, en la costa del sur de Gran Bretaña, cerca de Weymouth.

Los propietarios originales de la caravana la habían dotado de una decoración brillante y elaborada. Mi padre la pintó toda de verde para que fuera menos obvio.



Nuestra caravana gitana (Cortesía de Mary Hawking)

La caravana tenía una cama doble para los padres y un armario debajo para los niños, pero mi padre lo convirtió en literas utilizando camillas sobrantes del ejército, mientras que mis padres dormían al lado en una tienda, también excedente del ejército. Pasamos las vacaciones de verano allí hasta 1958, cuando por fin las autoridades del condado lograron retirar la caravana.

Cuando llegamos a St. Albans, me enviaron al High School for Girls, que a pesar de su nombre aceptaba a niños hasta los diez años. No obstante, después de pasar allí un trimestre mi padre hizo una de sus visitas casi anuales a África, esta vez por un período bastante largo, de unos cuatro meses. A mi madre no le apetecía quedarse sola todo ese tiempo, así que

nos llevó con ella a mis dos hermanas y a mí a visitar a su amiga del colegio Beryl, que estaba casada con el poeta Robert Graves. Vivían en un pueblo llamado Deià, en la isla de Mallorca. Solo habían pasado cinco años desde la guerra, y el dictador español Francisco Franco, que había sido aliado de Hitler y Mussolini, estaba aún en el poder. (De hecho, siguió en el poder durante dos décadas más). No obstante, mi madre, que había sido miembro de la Liga de Jóvenes Comunistas antes de la guerra, fue con sus tres hijos en barco y tren hasta Mallorca. Alquilamos una casa en Deià y nos lo pasamos en grande. Yo compartía tutor con el hijo de Robert, William.



Navegando en barca. (Cortesía de Stephen Hawking)

El tutor era un protegido de Robert con más interés en escribir una obra de teatro para el festival de Edimburgo que en darnos clase. Para mantenernos ocupados nos hizo leer un capítulo de la Biblia cada día y escribir una redacción sobre lo leído. La idea era enseñarnos la belleza de la lengua

inglesa. Leímos todo el Génesis y parte del Éxodo antes de irnos. Una de las principales cosas que aprendí de aquel ejercicio fue a no empezar una frase con «y». Cuando comenté que casi todas las frases de la Biblia empezaban por «y», me dijo que el inglés había cambiado desde los tiempos del rey Jacobo I de Inglaterra. Entonces, argumenté, ¿por qué nos hacía leer la Biblia?

Todo fue en vano. En aquel momento Robert Graves estaba entusiasmado con el simbolismo y el misticismo de la Biblia, así que no tenía a quién recurrir.

Regresamos cuando el Festival de Gran Bretaña estaba empezando. Fue idea del gobierno laborista para intentar recrear el éxito de la Exposición Universal de 1851, organizada por el príncipe Alberto y la primera feria mundial en el sentido moderno. Supuso un agradecido alivio a la austeridad de los años de la guerra y la posguerra en Gran Bretaña. La exposición, ubicada en la orilla sur del Támesis, me abrió los ojos a nuevas formas de arquitectura y a la nueva ciencia y tecnología. Sin embargo, fue breve: los conservadores ganaron las elecciones en otoño y la clausuraron.

A los diez años hice un examen de inteligencia con el que se pretendía diferenciar a los niños que eran adecuados para recibir una formación académica de los demás, que eran enviados a escuelas de secundaria no académicas. Aquel sistema hizo que una serie de niños de la clase trabajadora y media-baja llegaran a la universidad y a ocupar puestos importantes, pero hubo protestas generalizadas contra el principio de hacer una selección única y definitiva a los once años, sobre todo por parte de los padres de clase media, que veían cómo sus hijos eran enviados a colegios con los niños de la clase trabajadora. El sistema se abandonó casi por completo en la década de 1970 por una educación integral.



Nuestro hogar temporal: Deià, Mallorca

La enseñanza inglesa en la década de 1950 era muy jerárquica. Las escuelas se dividían entre académicas y no académicas, y además las académicas se dividían en líneas A, B y C. El sistema funcionaba para los de la línea A, pero no tanto para los de la línea B y muy mal para los de la línea C, que se desanimaban. A mí me pusieron en la línea A de St. Albans School, basándose en los resultados del examen de inteligencia. Sin embargo, pasado el primer año, todo el que quedaba por debajo del vigésimo puesto en la clase era asignado a la línea B, un tremendo golpe para la autoestima del que algunos jamás se recuperaban. Durante mis primeros dos trimestres en St. Albans quedé el vigésimo cuarto y el vigésimo tercero, respectivamente, pero en el tercer trimestre quedé el decimoctavo, así que me libré de que me bajaran de grupo al final del año.

Cuando tenía trece años, mi padre quiso que probara con Westminster School, uno de los mejores colegios privados de Gran Bretaña. En aquella época, como ya he dicho, había una fuerte división de clases en la educación, y mi padre pensaba que las relaciones sociales que me proporcionaría un colegio de esas características serían una ventaja en mi vida. Estaba

convencido de que su propia falta de desenvoltura y de contactos le habían perjudicado en su carrera a favor de otras personas de menor valía.



Con William (derecha), el hijo de Robert Graves. (Cortesía de Stephen Hawking)

Tenía cierto complejo porque sentía que otras personas que no eran tan válidas pero contaban con los orígenes y las relaciones adecuadas le habían sacado ventaja. Solía advertirme contra ese tipo de gente.

Dado que mis padres no eran ricos, tenía que ganar una beca para ir a Westminster, pero estuve enfermo en la época de los exámenes para la beca y no los hice. Me quedé en St. Albans School, donde recibí una educación igual de buena, si no mejor, que la que me habrían dado en Westminster. Nunca me ha parecido que mi falta de relaciones sociales fuera un obstáculo, pero creo que la física funciona de manera un poco diferente que la medicina. En la física no importa a qué colegio fuiste o cuáles son tus contactos: importa lo que haces.

Nunca estuve más que por encima de la media de la clase. (Era una clase muy brillante). Mi trabajo en el aula era muy desordenado, y mi caligrafía

desesperaba a los profesores. Pero mis compañeros de clase me apodaron «Einstein», así que supongo que vieron en mí señales de algo mejor. A los doce años uno de mis amigos apostó con otro una bolsa de dulces a que yo nunca haría nada importante. No sé si la apuesta se saldó en algún momento, y si lo hicieron, no sé quién la ganó. Tenía seis o siete buenos amigos, y con la mayoría sigo en contacto. Teníamos largas conversaciones y discusiones sobre todo, desde las maquetas de control remoto a la religión, pasando por la parapsicología y la física. Uno de los temas de los que hablábamos era el origen del universo, y si era necesario un dios para crearlo y hacerlo funcionar. Había oído que la luz proveniente de galaxias lejanas se desviaba hacia el extremo rojo del espectro y que en principio era un indicio de que el universo se estaba expandiendo. (Una desviación hacia el azul significaría que se contraía).



Al final de mi adolescencia. (Cortesía de Mary Hawking)

Sin embargo, estaba convencido de que tenía que haber otro motivo para ese desplazamiento hacia el rojo, pues me parecía mucho más natural un universo básicamente inmutable y eterno. Tal vez la luz simplemente se cansaba y se volvía más roja hasta llegar a nosotros, especulaba. Solo tras unos dos años de doctorado de investigación me di cuenta de que estaba equivocado.

Mi padre participaba en la investigación de enfermedades tropicales y solía llevarme de visita a su laboratorio de Mill Hill. Yo disfrutaba mucho, sobre todo mirando por los microscopios. También me llevaba a la casa de los insectos, donde guardaban los mosquitos infectados de enfermedades tropicales, y a mí me inquietaba porque siempre me parecía que había mosquitos volando sueltos. Mi padre era muy trabajador y entregado a su investigación.



Mi padre en uno de sus viajes de investigación de campo para estudiar la medicina tropical. (Cortesía de Mary Hawking)

Siempre sentí un gran interés por cómo operaban las cosas, las desmontaba para ver cómo funcionaban, pero no era tan bueno volviéndolas a montar.

Mis habilidades prácticas nunca estuvieron a la altura de mis investigaciones teóricas.

Mi padre fomentaba mi interés por la ciencia, incluso me daba clases de matemáticas hasta que llegué al punto de superar sus conocimientos. Con este trasfondo y el trabajo de mi padre me pareció lo más natural dedicarme a la investigación científica.

Cuando llegué a los dos últimos cursos escolares quise especializarme en matemáticas y física. Había un profesor de matemáticas brillante, el señor Tahta, y además el colegio acababa de construir una nueva sala de matemáticas que el departamento utilizaba de aula. Sin embargo, mi padre se oponía con rotundidad porque pensaba que no había trabajo para los matemáticos más que como profesores.



Yo (el primero por la izquierda) en St. Albans School. (Créditos: Herts Advertiser)

En realidad le habría gustado que hubiera estudiado medicina, pero yo no mostraba interés alguno por la biología, que me parecía demasiado descriptiva y no lo bastante esencial. Además, en el colegio no gozaba de

gran prestigio. Los chicos más inteligentes hacían matemáticas y física, y los menos listos, biología.

Mi padre sabía que no iba a estudiar biología, pero me obligó a estudiar química y solo un poco de matemáticas. Pensaba que así mantendría abiertas mis opciones científicas.

Ahora soy profesor de matemáticas, pero no he recibido educación formal en esa disciplina desde que abandoné el colegio de St. Albans a los diecisiete años. He tenido que aprender lo que sé a medida que iba avanzando. Supervisaba a estudiantes universitarios en Cambridge y solo iba una semana por delante de ellos en el curso.

La física siempre fue la asignatura más aburrida del colegio porque era muy fácil y obvia. La química era mucho más divertida porque no paraban de ocurrir cosas inesperadas, como explosiones.

Sin embargo, la física y la astronomía me ofrecían la esperanza de comprender de dónde veníamos y por qué estamos aquí. Quería entender las profundidades del universo. Tal vez lo haya conseguido hasta cierto punto, pero aún quiero saber muchas cosas.

Capítulo 3

Oxford

Mi padre estaba convencido de que tenía que ir a Oxford o a Cambridge. Él había estudiado en la University College (Oxford), así que pensó que debía solicitar mi ingreso en ese centro porque tendría más posibilidades de entrar. En aquella época en la University College no había ningún profesor de matemáticas, lo que suponía un motivo añadido para que quisiera que estudiara química: podía intentar obtener una beca en ciencias naturales en vez de en matemáticas.

El resto de la familia se fue un año a la India, pero yo me tuve que quedar para hacer los exámenes finales de secundaria y los de ingreso en la universidad. Me quedé con la familia del Dr. John Humphrey, colega de mi padre en el National Institute for Medical Research, en su casa de Mill Hill. La casa tenía un sótano con motores de vapor y otros modelos hechos por el padre de John Humphrey; yo pasaba mucho tiempo allí. Durante las vacaciones de verano viajé a la India para unirme al resto de la familia, que vivían en una casa en Lucknow alquilada a un exjefe de gobierno del estado indio de Uttar Pradesh, que había caído en desgracia por corrupción. Mi padre se negó a tomar comida india durante su estancia allí, así que contrató a un excocinero y portador del ejército indio británico para que preparara y sirviera comida inglesa. Yo habría preferido algo más emocionante.

Fuimos a Cachemira y alquilamos una casa flotante en el lago de Srinagar. Era la época del monzón, y la carretera que el ejército indio había construido en la montaña había desaparecido en algunos puntos (la ruta habitual cruzaba la línea de alto el fuego hasta Pakistán). Nuestro coche, que habíamos traído de Inglaterra, no podía afrontar más de siete centímetros de agua, así que nos tuvo que remolcar un camionero sij.

El director de mi colegio pensaba que era demasiado joven para Oxford, pero en marzo de 1959 fui a hacer el examen para la beca con dos chicos del

curso superior. Estaba convencido de que me había salido mal, y por tanto muy deprimido, al ver que durante el examen práctico iban pasando profesores universitarios para hablar con otros estudiantes, pero no conmigo. Al cabo de unos días de regresar de Oxford, recibí un telegrama en el que me comunicaban que me habían concedido la beca.



Haciendo de timonel para el club de remo. (Créditos: Gillman & Soame)

Tenía diecisiete años, la mayoría de los estudiantes de mi curso habían hecho el servicio militar y eran mucho mayores. Me sentí bastante solo durante mi primer año y parte del segundo. En el tercer curso entré como timonel en el club de remo para hacer más amigos. Sin embargo, mi carrera como timonel fue bastante desastrosa. Como el río en Oxford es demasiado estrecho para hacer carreras con los barcos en paralelo, hacen regatas en las que los equipos se colocan uno detrás de otro y cada timonel sujeta una cuerda de salida para mantener el barco a la distancia adecuada por detrás del barco que tenga delante.

En mi primera regata solté la cuerda en el momento en que sonó el pistoletazo de salida, pero se quedó atrapada en los radios del timón, de manera que nuestro barco se salió del circuito y nos descalificaron.



El club de remo en un descanso. (Créditos: Gillman & Soame)

Más adelante sufrí una colisión frontal con otro equipo, pero por lo menos en este caso puedo decir que no fue culpa mía, pues tenía preferencia sobre el otro equipo.



El club de remo en su tiempo libre. (Créditos: Gillman & Soame)

Pese a mi poco éxito como timonel, aquel año hice más amigos y estaba mucho más contento.

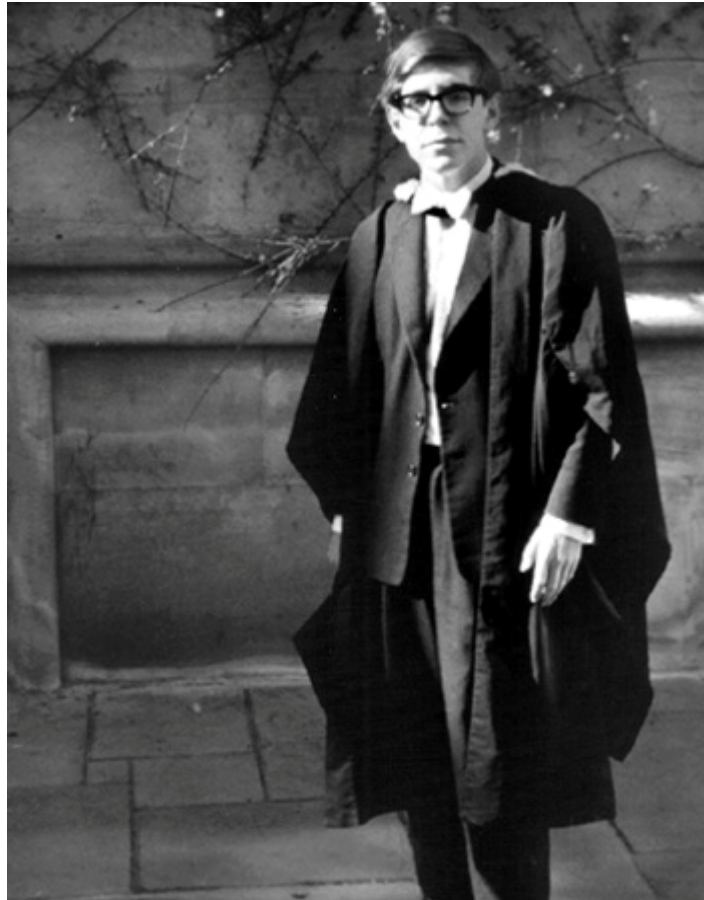
En aquella época la actitud preponderante en Oxford era muy contraria al trabajo. Se suponía que tenías que ser brillante sin esfuerzo o aceptar tus limitaciones y conformarte con una licenciatura. Esforzarse mucho por conseguir una mejor titulación se consideraba signo de ser «un hombre gris», el peor epíteto que existía en el vocabulario de Oxford.

Por aquel entonces las universidades se consideraban *in loco parentis* («en el lugar de los padres»), lo que significa que eran responsables de la moral de sus estudiantes. Por tanto, todas las universidades eran segregadas por sexos y las puertas se cerraban a medianoche, hora a la que las visitas — sobre todo las del sexo opuesto— debían estar fuera. Después, si querías salir había que trepar por un muro alto coronado por pinchos. Mi universidad no quería que sus estudiantes se hicieran daño, así que dejaba un hueco en los pinchos y resultaba bastante fácil trepar por la pared. Otra cosa era que te sorprendieran en la cama con un miembro del sexo contrario, en cuyo caso te expulsaban en el acto.

La reducción de la mayoría de edad a los dieciocho años y la revolución sexual de la década de 1960 lo cambió todo, pero eso fue después de mi paso por Oxford.

En aquella época el curso de física estaba organizado de tal forma que era muy fácil evitar el trabajo. Hice un examen antes de empezar la carrera y luego estuve tres años en Oxford haciendo solo los exámenes finales. En cierta ocasión calculé que trabajé unas mil horas durante los tres años que estuve allí, una media de una hora al día. No me siento orgulloso de la falta de trabajo, pero en aquel momento esa actitud era compartida por la mayoría de mis compañeros. Adoptábamos un aire de absoluto aburrimiento y trasmitíamos la sensación de que nada merecía el mayor el esfuerzo. Una de las consecuencias de mi enfermedad ha sido cambiar todo eso. Cuando uno se enfrenta a la posibilidad de una muerte temprana se da cuenta de que la vida vale la pena y de que quieres hacer muchas cosas.

Debido a mi falta de preparación tenía previsto aprobar el examen final resolviendo problemas de física teórica y evitando las preguntas que exigieran conocimientos objetivos. No obstante, la noche antes del examen no dormí por los nervios, así que no lo hice muy bien. Estaba en el límite entre el título de primera y segunda clase, de modo que me entrevistaron los examinadores para determinar cuál debía obtener.



Graduación de Oxford. (Créditos: Gillman & Soame)

En la entrevista me preguntaron por mis planes de futuro. Contesté que quería dedicarme a la investigación. Les dije que si me daban la nota superior iría a Cambridge, y si solo me daban un notable me quedaría en Oxford. Me dieron la máxima nota.

Como plan de emergencia, por si no podía dedicarme a la investigación, había solicitado entrar en la administración pública. No quería tener nada que ver con defensa por mis ideas acerca de las armas nucleares, de modo que puse como preferencia un trabajo en el Ministerio de Obras (que en aquella época se encargaba de cuidar de los edificios públicos) o un puesto de oficinista en la Cámara de los Comunes, pero aun así pasé las entrevistas y solo me quedaba un examen escrito. Por desgracia, se me olvidó por completo presentarme a la prueba. El comité de selección de la función pública me escribió una amable carta en la que me decía que podía intentarlo al año siguiente y que no me lo tendrían en cuenta. Tuve suerte de no entrar en la función pública: no habría conseguido afrontar mi discapacidad.



Graduación de Oxford. (Cortesía de Stephen Hawking)

Durante las largas vacaciones que siguieron a mis exámenes finales, la universidad ofrecía una serie de pequeñas becas de viaje. Pensé que tendría más opciones de conseguir una cuanto más lejos me propusiera ir, así que dije que quería ir a Irán. Viajé con un compañero de estudios, John Elder, que ya había estado allí y conocía el idioma, el farsi. Fuimos en tren a

Estambul y luego a Erzurum, en el este de Turquía, cerca del monte Ararat. A continuación el tren entraba en territorio soviético, así que tuvimos que tomar un autobús árabe repleto de gallinas y ovejas a Tabriz y luego a Teherán.

En Teherán John y yo nos separamos, y yo viajé hacia el sur con otro estudiante a Isfahán, Shiraz y Persépolis, que era la capital de los antiguos reyes persas, saqueada por Alejandro Magno. Luego crucé el desierto central hasta Mashhad.

De regreso a casa mi compañero de viaje, Richard Chiin, y yo nos quedamos atrapados en el terremoto de Bou'inZahra, de una magnitud de 7,1, que mató a más de doce mil personas. Debí de estar cerca del epicentro, pero no fui consciente porque estaba enfermo y en un autobús que daba tumbos por las carreteras iraníes. Como no sabíamos el idioma, no nos enteramos del desastre durante los días que pasamos en Tabriz mientras me recuperaba de una disentería grave y una costilla rota por haber salido disparado contra el asiento delantero del autobús. Hasta que llegamos a Estambul no supimos lo ocurrido.

Envié una postal a mis padres, que llevaban diez días angustiados esperando noticias. Lo último que sabían es que había salido de Teherán hacia la zona del desastre el día del terremoto.

Capítulo 4

Cambridge

Llegué a Cambridge como graduado universitario en octubre de 1962. Había solicitado trabajar con Fred Hoyle, el astrónomo británico más célebre del momento y principal defensor de la teoría del estado estacionario. Digo astrónomo porque en aquel momento la cosmología apenas estaba reconocida como un campo legítimo. Allí era donde quería llevar a cabo mi investigación, inspirado por mi asistencia a un curso de verano con un estudiante de Hoyle, Jayant Narlikar. No obstante, Hoyle ya tenía alumnos suficientes, así que para mi gran decepción me asignaron a Dennis Sciama, de quien no había oído hablar.

Probablemente fue lo mejor que pudo ocurrir. Hoyle se ausentaba muy a menudo, y no me habría prestado mucha atención. Sciama, en cambio, solía estar por allí, disponible para hablar. No estaba de acuerdo con muchas de sus ideas, sobre todo acerca del principio de Mach, la idea de que los objetos deben su inercia a la influencia del resto de la materia en el universo, pero eso me estimulaba para desarrollar mi propia visión.

Cuando empecé a investigar, las dos áreas que parecían más atractivas eran la cosmología y la física de las partículas elementales. Esta constituía un campo activo y en continuo cambio que atraía a la mayoría de las mentes más privilegiadas, mientras que la cosmología y la relatividad general estaban estancadas en el mismo punto que en la década de 1930. Richard Feynman, premio Nobel y uno de los físicos más importantes del siglo XX, relataba de forma muy divertida su asistencia a un congreso sobre relatividad general y gravitación en Varsovia en 1962. En una carta a su esposa, decía: «La reunión no me está sirviendo para nada. No estoy aprendiendo nada. Como no hay experimentos, es un campo inactivo, así que pocas de las mejores mentes están trabajando en él. El resultado es que

aquí hay huestes de tarugos (126) y eso no es bueno para mi tensión arterial... ¡Recuérdame que no vaya a más conferencias sobre gravedad!».

Por supuesto, no era consciente de todo eso cuando empecé con mi investigación, pero sentía que el estudio de las partículas elementales en aquella época era como la botánica. La electrodinámica cuántica —la teoría de la luz y los electrones que gobierna la química y la estructura de los átomos— había sido elaborada por completo en las décadas de 1940 y 1950. Ahora la atención se había desviado hacia las fuerzas nucleares débiles y fuertes entre partículas en el núcleo de un átomo, pero teorías de campo parecidas no funcionaban para explicarlas. De hecho, la escuela de Cambridge en particular afirmaba que no existía una teoría de campo subyacente. En su lugar, todo estaría determinado por la unitariedad —es decir, la probabilidad de conservación— y determinados patrones característicos en la dispersión de partículas. Visto desde ahora, parece increíble que se considerara que este enfoque podría funcionar, pero recuerdo el desdén con el que se trataron los primeros intentos en las teorías del campo unificado de las fuerzas nucleares débiles que a la larga ocuparían su lugar. Hoy en día ha quedado olvidado el trabajo de la matriz analítica S , y me alegro mucho de no haber empezado mi investigación en partículas elementales. No habría sobrevivido nada de mi trabajo de aquella época. Por otra parte, la cosmología y la gravitación eran campos desatendidos que en aquel momento estaban maduros para su desarrollo. A diferencia de las partículas elementales, existía una teoría bien definida —la teoría general de la relatividad—, pero se consideraba de una dificultad imposible. La gente disfrutaba de tal manera tratando de encontrar una solución a las ecuaciones de campo de Einstein que describen la teoría que no se planteaban qué significado tenía esa solución en la física, si es que tenía alguno. Era la vieja escuela de la relatividad general con la que Feynman había topado en Varsovia. Resulta irónico pensar que aquel congreso de Varsovia también

marcó el inicio del renacimiento de la relatividad general, aunque hay que disculpar a Feynman por no detectarlo en su momento.

Una generación nueva entró en la disciplina y aparecieron nuevos centros de estudio de la relatividad general, de los cuales dos tuvieron una especial importancia para mí. Uno estaba ubicado en la ciudad alemana de Hamburgo, bajo la dirección de Pascual Jordan. Nunca lo visité, pero admiraba los elegantes artículos que producían, tan distintos del caótico trabajo anterior sobre relatividad general. El otro centro se encontraba en King's College (Londres), bajo la dirección de Hermann Bondi.

Habida cuenta de que no había estudiado muchas matemáticas en St. Albans ni en el facilísimo curso de física de Oxford, Sciama me sugirió que trabajara en astrofísica. Sin embargo, después de que me impidieran trabajar con Hoyle no iba a estudiar algo tan aburrido y prosaico como la rotación de Faraday: había ido a Cambridge a estudiar cosmología, y eso estaba decidido a hacer. Así que leí viejos libros de texto sobre relatividad general y fui a conferencias en King's College todas las semanas con tres alumnos más de Sciama. Seguía las palabras y las ecuaciones, pero en realidad no me familiarizaba con el tema.

Sciama me introdujo en la llamada electrodinámica de Wheeler-Feynman. Esta teoría decía que la electricidad y el magnetismo eran simétricos en el tiempo. No obstante, cuando uno encendía una lámpara, la influencia del resto de la materia del universo hacía que las ondas de luz viajaran hacia el exterior de la lámpara, en vez de entrar desde el infinito y terminar en ella. Para que la electrodinámica de Wheeler-Feynman funcionara era necesario que toda la luz que viajara fuera de la lámpara fuera absorbida por otra materia del universo. Eso ocurriría en un universo en un estado estacionario en el que la densidad de la materia permanecería constante, pero no en un universo del Big Bang, donde la densidad descendería a medida que el universo se fuera expandiendo. Se consideraba otra prueba, si es que aún se necesitaban más, de que vivimos en un universo en estado estacionario.

En principio eso debía explicar la flecha del tiempo, la causa por la que aumenta el desorden y por qué recordamos el pasado pero no el futuro. En 1963 se celebró un congreso sobre la electrodinámica de Wheeler-Feynman y la flecha del tiempo en la Universidad de Cornell. Feynman estaba tan disgustado con el sinsentido planteado sobre la flecha del tiempo que se negó a que su nombre apareciera en las actas. Solo se hacía referencia a él como el señor X, pero todo el mundo sabía quién era.

Descubrí que Hoyle y Narlikar ya habían agotado la electrodinámica de Wheeler-Feynman en los universos en expansión y habían pasado a formular una nueva teoría de la gravedad simétrica en el tiempo. Hoyle desveló la teoría en una reunión de la Royal Society en 1964. Yo asistí a la conferencia, y en la tanda de preguntas dije que la influencia de todo el resto de la materia en un universo en estado estacionario convertiría sus masas en infinitas. Hoyle me preguntó por qué lo decía, y le contesté que lo había calculado. Todo el mundo pensó que me refería a que lo había calculado mentalmente durante la conferencia, pero en realidad, al compartir despacho con Narlikar, había visto previamente un borrador de la ponencia, lo que me permitió realizar cálculos antes de aquel encuentro.

Hoyle estaba furioso. Intentaba crear su propio instituto, y amenazaba con unirse a la fuga de cerebros a Estados Unidos si no conseguía el dinero. Pensó que me habían enviado para sabotear sus planes. No obstante, consiguió su instituto y más adelante me dio un trabajo, así que aparentemente no me guardaba rencor.

Durante mi último año en Oxford me di cuenta de que cada vez era más patoso. Fui al médico tras caerme por una escalera, pero lo único que me dijo fue: «Deja la cerveza».

Me volví más torpe después de mudarme a Cambridge. En Navidad fui a patinar al lago de St. Albans, me caí y no pude levantarme. Mi madre se percató de esos problemas y me llevó al médico de cabecera, que me derivó a un especialista y poco después de cumplir veintiún años ingresé en el

hospital para que me examinaran. Estuve ingresado dos semanas, durante las cuales me hicieron una gran variedad de pruebas. Extrajeron una muestra de músculo del brazo, me colocaron electrodos y luego me inyectaron un líquido radiopaco en la columna vertebral y con rayos X observaron cómo subía y bajaba mientras inclinaban la cama. Después de todo aquello no me dijeron qué tenía, excepto que no era esclerosis múltiple y que era un caso atípico. No obstante, deduje que su previsión era que seguiría empeorando y que lo único que podían hacer era darme vitaminas, aunque yo veía que no esperaban que surtieran mucho efecto. En aquel momento no pedí más información porque era obvio que no tenían nada bueno que decirme.

El hecho de saber que tenía una enfermedad incurable que probablemente me mataría en unos años supuso una buena sacudida. ¿Cómo podía pasarme algo así? Sin embargo, durante mi estancia en el hospital había visto morir de leucemia en la cama de enfrente a un chico al que conocía vagamente, y no había sido una imagen agradable. Estaba claro que había gente que estaba mucho peor que yo, ya que por lo menos mi enfermedad no hacía que me encontrara mal. Siempre que siento la tentación de compadecerme de mí mismo recuerdo a ese chico.

Dado que no sabía lo que me iba a ocurrir ni a qué velocidad avanzaría la enfermedad, me sentía perdido. Los médicos me dijeron que regresara a Cambridge y continuara con la investigación que acababa de empezar sobre relatividad general y cosmología. Sin embargo, no avanzaba porque no tenía mucha formación matemática, y además era difícil concentrarse cuando tal vez no fuera a vivir lo suficiente para terminar el doctorado. Me sentía como una especie de personaje trágico.

Empecé a escuchar a Wagner, pero la información que aparece en algunos artículos de revista sobre mis excesos con la bebida en aquella época son una exageración. Lo dijeron en una ocasión en un artículo, otros lo copiaron

porque así tenían una buena historia y probablemente todo el mundo creía que cualquier cosa que apareciera impresa tantas veces tenía que ser cierta. Sin embargo, por aquel entonces no dormía del todo bien. Antes de que me diagnosticaran la enfermedad me aburría mucho la vida, no me parecía que hubiera nada que valiera la pena hacer, pero poco después de salir del hospital soñé que me iban a ejecutar. De pronto me di cuenta de que había muchas cosas que valía la pena hacer si me indultaban. Otro sueño que tuve varias veces era que sacrificaba mi vida para salvar a los demás. Al fin y al cabo, si iba a morir de todas formas, podía hacer el bien.

Pero no morí. De hecho, aunque una nube se cernía sobre mi futuro, para mi sorpresa disfrutaba de la vida. Lo que de verdad fue definitivo fue que me prometí con una chica llamada Jane Wilde a la que conocí aproximadamente en el momento en que me diagnosticaron ELA (esclerosis lateral amiotrófica). Aquello me dio un motivo para vivir.



De paseo por el río Cam con Jane. (Créditos: Suzanne McClenahan)

Si nos íbamos a casar, necesitaba conseguir un trabajo, y para eso tenía que terminar mi doctorado. Así que empecé a trabajar por primera vez en mi vida. Para mi sorpresa, me gustó, aunque tal vez no sea justo llamarlo un trabajo. Alguien dijo una vez que a los científicos y las prostitutas les pagan por hacer lo que les gusta.

Para mantenerme durante mis estudios pedí una beca de investigación en el Gonville and Caius College, una facultad dentro de la Universidad de Cambridge. Dado que mi creciente torpeza me dificultaba escribir manualmente o a máquina, esperaba que Jane escribiera mi solicitud. Sin embargo, cuando vino de visita a Cambridge llevaba el brazo enyesado porque se lo había roto. Debo admitir que fui menos comprensivo de lo que debería haber sido. No obstante, era el brazo izquierdo, así que pudo escribir a mano la solicitud mientras yo se la dictaba, y conseguí que otra persona la pasara a máquina.

En mi solicitud tenía que dar los nombres de dos personas que pudieran ofrecer referencias sobre mi trabajo. Mi supervisor sugirió que le pidiera a Hermann Bondi que fuera uno de ellos. Por aquel entonces Bondi era catedrático de matemáticas en el King's College de Londres y experto en relatividad general. Nos habíamos visto varias veces en persona, y había presentado uno de mis artículos para su publicación en la revista *Proceedings of the Royal Society*. Tras una conferencia que dio en Cambridge le pregunté si podía dar referencias mías, me dirigió una mirada vaga y me dijo que sí, que lo haría. Era obvio que no se acordaba de mí, pues cuando la facultad le escribió para pedirle referencias contestó que no sabía quién era. Hoy en día hay tanta gente que solicita becas universitarias de investigación que si una de las referencias del candidato dice que no lo conoce, ahí se acaban sus posibilidades, pero aquella época era más tranquila. La facultad me escribió para contarme la embarazosa respuesta de mi referencia, y mi supervisor se puso en contacto con Bondi para refrescarle la memoria. Bondi luego me escribió una carta de referencia probablemente mucho mejor de lo que

merecía. Conseguí una beca de investigación y desde entonces soy miembro del cuerpo docente de Caius College.

La beca significaba que Jane y yo nos podíamos casar, y así lo hicimos en julio de 1965. Pasamos una semana de luna de miel en Suffolk, que era lo que me podía permitir. Luego fuimos a un curso de verano sobre relatividad general en la Universidad de Cornell.



Mi boda con Jane. Créditos: Lafayette Photography

Aquello fue un error. Nos alojamos en una residencia que estaba llena de parejas con niños pequeños ruidosos y eso sometió nuestro matrimonio a bastante tensión. Sin embargo, en otros aspectos el curso de verano me resultó muy útil porque conocí a muchos de los personajes destacados en la materia.

Cuando nos casamos, Jane aún era una estudiante universitaria del Westfield College de Londres, así que tuvo que ir a la capital desde Cambridge durante la semana para terminar sus estudios. La enfermedad me estaba provocando cada vez más debilidad muscular, lo que significaba que me costaba más

caminar y por tanto teníamos que encontrar un lugar céntrico donde pudiera arreglármelas solo. Pedí ayuda a la facultad pero el administrador me dijo que no era política de la institución ayudar al cuerpo docente con el alojamiento. Apuntaron nuestro nombre para alquilar uno de los pisos nuevos que se estaban construyendo en la plaza del mercado, una buena ubicación. (Años después descubrí que en realidad esos pisos eran propiedad de la facultad, pero eso no me lo dijeron). Sin embargo, cuando regresamos a Cambridge del verano en Estados Unidos descubrimos que los pisos no estaban terminados.

El administrador nos hizo la gran concesión de ofrecernos una habitación en una residencia para estudiantes universitarios. Dijo: «Normalmente cobramos doce chelines y seis peniques por noche por esta habitación. Sin embargo, como seréis dos en la habitación os cobraremos veinticinco chelines». Nos quedamos solo tres noches antes de encontrar una casita a unos cien metros de mi departamento en la universidad. Perteneecía a otra facultad, que se la había alquilado a uno de sus profesores. Él se acababa de mudar a una casa en las afueras, y nos la subarrendó durante los tres meses que le quedaban de contrato.

Durante ese tiempo encontramos otra casa en la misma calle que estaba vacía. Un vecino llamó a la propietaria de Dorset y le dijo que era un escándalo que estuviera vacía mientras los jóvenes buscaban alojamiento, y nos alquiló la casa. Después de vivir allí varios años quisimos comprarla y arreglarla, así que pedimos una hipoteca a mi facultad. Esta hizo un estudio y decidió no arriesgarse, de modo que al final conseguimos un crédito en otra parte y mis padres nos dieron el dinero para las reformas.

La situación en Caius College en aquel momento parecía sacada de las novelas de C. P. Snow. Se había producido una cruenta división en el cuerpo docente desde la llamada «revuelta de los campesinos», en la que una serie de docentes más jóvenes se habían aliado para que los profesores mayores no salieran reelegidos. Había dos bandos: por un lado, el grupo del director y

el administrador, y por otro, un grupo más progresista que quería destinar más dinero de la considerable riqueza de la facultad a fines académicos. El grupo progresista aprovechó una reunión del consejo de la facultad en la que el director y el administrador estaban ausentes para elegir a seis docentes de investigación, entre ellos yo.

En mi primera reunión de la facultad hubo elecciones al consejo. Los demás docentes de investigación nuevos habían recibido instrucciones sobre a quién votar, pero yo era un completo ingenuo y voté a candidatos de los dos grupos.



Con mi primer hijo, Robert. (Cortesía de Stephen Hawking)

El grupo progresista obtuvo la mayoría en el consejo de la facultad, y el director, *sir* Nevill Mott (que más adelante ganó un premio Nobel por su trabajo sobre la física de la materia condensada), dimitió hecho una furia. No obstante, el siguiente director, Joseph Needham (autor de una historia de la ciencia en varios volúmenes en China), logró que se cerrara la herida, así que la facultad vive relativamente en paz desde entonces.

Nuestro primer hijo, Robert, nació cuando llevábamos dos años casados. Poco después de su nacimiento lo llevamos a un congreso científico en Seattle. De nuevo, un error. Yo no podía ayudar mucho con el bebé por mi creciente discapacidad, así que Jane tenía que arreglárselas sola y se cansaba mucho. Su cansancio aumentó con el viaje que hicimos por Estados Unidos después de Seattle. Ahora Robert vive en Seattle con su mujer, Katrina, y sus hijos, George y Rose, así que es obvio que la experiencia no le asustó.



Jane y Robert. (Créditos: John McClenahan)

Capítulo 5

Ondas gravitacionales

En 1969 Joseph Weber informó de la observación de explosiones de ondas gravitacionales utilizando unos detectores que consistían en dos barras de aluminio suspendidas en un vacío. Cuando pasaba una onda gravitacional, estiraba las cosas en una dirección (perpendicular a la dirección de viaje de la onda) y las comprimía en la otra dirección (perpendicular a la onda). Eso hacía oscilar las barras a su frecuencia de resonancia —1.660 ciclos por segundo— y esas oscilaciones eran detectadas por unos cristales sujetos con correas a los cilindros. Visité a Weber cerca de Princeton a principios de la década de 1970 para inspeccionar su equipo. Con mi mirada inexperta no vi que nada estuviera mal, pero los resultados que Weber defendía eran realmente notables. Las únicas fuentes posibles de explosiones de ondas gravitacionales con una potencia suficiente para hacer oscilar los cilindros de Weber eran el desmoronamiento de una estrella enorme para formar un agujero negro o la colisión y fusión de dos agujeros negros, y esas fuentes tendrían que estar cerca, dentro de nuestra galaxia. Las estimaciones anteriores de esos eventos habían sido aproximadamente de una por siglo, pero Weber afirmaba ver una o dos explosiones al día, lo que significaría que la galaxia estaba perdiendo masa a un ritmo que no podría haber sido continuo a lo largo del tiempo de vida de la galaxia... o ahora no quedaría galaxia.

Cuando regresé a Inglaterra decidí que las increíbles afirmaciones de Weber requerían una verificación independiente. Escribí un artículo con mi alumno Gary Gibbons sobre la teoría de la detección de explosiones de ondas gravitacionales en el que proponíamos un diseño para un detector más sensible. Al ver que nadie parecía dispuesto a fabricarlo, Gary y yo dimos un paso audaz para dos teóricos: solicitar una beca al Consejo de Investigación Científica del Reino Unido para fabricar dos detectores. (Es necesario

observar coincidencias entre por lo menos dos detectores debido a las señales falsas que provocan el ruido y las vibraciones de la Tierra). Gary se recorrió los depósitos de excedentes de material de guerra en busca de cámaras de descompresión para utilizarlas como vacío mientras yo buscaba una ubicación adecuada.

Finalmente celebramos una reunión con otros grupos interesados en comprobar las afirmaciones de Weber en el Consejo de Investigación Científica, en la decimotercera planta de un edificio de Londres. (El Consejo de Investigación Científica no admitía las supersticiones, así que no me costó convencerles). Como había otros grupos persiguiendo el proyecto, Gary y yo retiramos nuestra solicitud. ¡Nos salvamos por los pelos! Mi discapacidad creciente me habría convertido en un experimentador pésimo. Además, es muy difícil dejar huella personal en un tema experimental, pues normalmente eres solo una parte de un gran equipo que realiza un experimento durante años. En cambio, para hacerse un nombre un teórico puede tener una idea en una sola tarde o, en mi caso, mientras se acuesta, y escribir un artículo solo o con uno o dos colegas.

Hoy en día los detectores de ondas gravitacionales son mucho más sensibles que los de los años setenta. Los actuales emplean medición láser para comparar las longitudes de dos brazos en ángulo recto. Estados Unidos tiene dos de esos detectores LIGO. Pese a ser diez millones de veces más sensibles que los de Weber, de momento no han realizado una detección fiable de ondas gravitacionales. Estoy muy contento de seguir siendo teórico.

Capítulo 6

El big bang

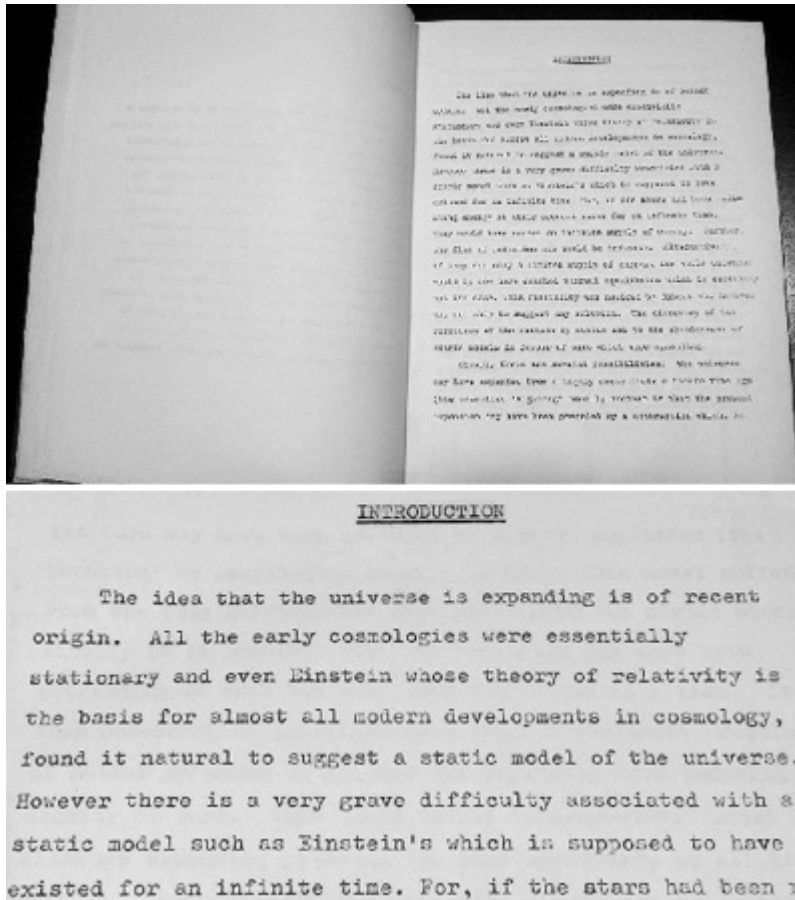
El gran tema de la cosmología a principios de la década de 1960 era si el universo tenía un principio. Muchos científicos se oponían por instinto a la idea, y por tanto a la teoría del Big Bang, porque pensaban que si existía un momento de creación allí se desmoronaba la ciencia, pues sería necesario apelar a la religión y la mano de Dios para determinar cómo se inició el universo.

Así, se planteaban dos escenarios alternativos. Uno era la teoría del estado estacionario, según la cual a medida que se expandía el universo se creaba nueva materia continuamente para mantener la densidad media constante. La teoría del estado estacionario nunca tuvo una base teórica muy sólida porque era necesario un campo energético negativo para crear la materia. Eso la habría convertido en inestable y propensa a una producción de fuga de materia y energía negativa, pero tenía el gran mérito de hacer predicciones definitivas que se podían comprobar con observaciones.

En 1963 la teoría del estado estacionario ya estaba de capa caída. El grupo de radioastronomía de Martin Ryle en el laboratorio de Cavendish hizo un estudio de fuentes de radio débiles y descubrió que las fuentes estaban distribuidas de forma bastante uniforme en el cielo. Eso indicaba que probablemente estaban fuera de nuestra galaxia, pues de lo contrario estarían concentradas a lo largo de la Vía Láctea. Pero al comparar el gráfico de la cantidad de fuentes con la fuerza de las mismas, el resultado no coincidía con la predicción de la teoría del estado estacionario. Había demasiadas fuentes débiles, lo que indicaba que la densidad de las fuentes había sido más alta en un pasado remoto.

Hoyle y sus defensores presentaban explicaciones cada vez más artificiosas de las observaciones, pero el tiro de gracia de la teoría del estado estacionario se produjo en 1965 con el descubrimiento de un débil fondo de

radiación de microondas. (Es como las microondas de un horno microondas pero a una temperatura mucho más baja, solo a 2,7 kelvin, muy poco por encima del cero absoluto). La teoría del estado estacionario no podía explicar la radiación, aunque Hoyle y Narlikar lo intentaron a la desesperada. Fue una suerte no ser estudiante de Hoyle, pues habría tenido que defender la teoría del estado estacionario.



Mi tesis, terminada después de mucho tiempo. (Cortesía de Stephen Hawking)

El fondo de microondas indicaba que el universo había pasado por una etapa caliente y densa. Sin embargo, no demostraba que esa etapa fuera el principio del universo. Cabía imaginar que el universo había tenido una fase anterior de contracción y que había oscilado entre la contracción y la

expansión a una densidad alta pero finita. Obviamente, una de las cuestiones fundamentales era si eso era cierto, y era justo lo que necesitaba para terminar mi tesis doctoral.

La gravedad reúne la materia, pero la rotación la separa, así que mi primera pregunta era si la rotación podía hacer que el universo oscilara. Junto con George Ellis pude demostrar que la respuesta era que no si el universo era espacialmente homogéneo, es decir, si era el mismo en todos los puntos del espacio. No obstante, dos rusos, Evgueni Lifshitz e Isaak Jalatnikov, decían haber demostrado que una contracción general sin una simetría exacta conduciría siempre a un rebote, donde la densidad se mantendría finita. Aquel resultado era muy adecuado para el materialismo dialéctico marxista-leninista porque evitaba preguntas incómodas sobre la creación del universo, de modo que se convirtió en un artículo de referencia para los científicos soviéticos.

Lifshitz y Jalatnikov formaban parte de la vieja escuela de la relatividad general, es decir, escribían un sistema enorme de ecuaciones e intentaban llegar a una solución. Sin embargo, no estaba claro que la solución que habían encontrado fuera la más general. Roger Penrose presentó un nuevo enfoque en el que no era necesario resolver explícitamente las ecuaciones de campo de Einstein sino solo determinadas propiedades generales, como que la energía es positiva y la gravedad es atractiva. Penrose dio un seminario sobre el tema en el londinense King's College en enero de 1965. No estuve en el seminario, pero me habló de él Brandon Carter, con quien compartía despacho en las nuevas instalaciones en Cambridge del Departamento de Matemáticas Aplicadas y Física Teórica (DAMTP, por sus siglas en inglés) en Silver Street.

Al principio no entendía qué sentido tenía. Penrose había demostrado que cuando una estrella que muere se contraía hasta alcanzar un determinado radio, inevitablemente se producía una singularidad, un momento en el que el espacio y el tiempo llegaban a su fin. Por supuesto, pensaba yo, ya

sabíamos que nada podía impedir que una estrella fría enorme se desmoronara bajo su propia gravedad hasta llegar a una singularidad de densidad infinita. Pero de hecho las ecuaciones se habían resuelto solo para el colapso de una estrella «perfectamente esférica», y por supuesto una estrella real no será exactamente esférica. Si Lifshitz y Jalatnikov estaban en lo cierto, las desviaciones de la simetría esférica aumentarían a medida que la estrella colapsara, y haría que las diferentes partes de la estrella no se encontraran, de modo que impedirían una singularidad de densidad infinita. Sin embargo, Penrose demostró que estaban equivocados: las pequeñas desviaciones de la simetría esférica no impedirían una singularidad.

Me di cuenta de que se podían aplicar argumentos parecidos a la expansión del universo y demostrar que existían singularidades en las que el espacio-tiempo tenía un principio. Una vez más, Lifshitz y Jalatnikov estaban equivocados. La relatividad general predecía que el universo debía tener un principio, un resultado que no pasó desapercibido para la Iglesia.

Los teoremas originales de la singularidad, tanto de Penrose como los míos, necesitaban aceptar la premisa de que el universo tenía una superficie de Cauchy, es decir, una superficie que cruzara todas las trayectorias de las partículas una sola vez. Por tanto, era posible que nuestros primeros teoremas de la singularidad simplemente demostraran que el universo no tenía una superficie de Cauchy. A pesar de que era interesante, no era comparable en importancia con que el tiempo tuviera un principio o un fin. Así que me puse a demostrar teoremas de singularidad que no precisaran la premisa de una superficie de Cauchy.

Durante los cinco años siguientes, Roger Penrose, Bob Geroch y yo desarrollamos la teoría de la estructura causal en la relatividad general. Era maravilloso sentir que disponíamos de un campo entero prácticamente para nosotros, una situación muy distinta de la física de las partículas, donde la gente se desvivía por entender la última idea. Aún siguen haciéndolo.

En parte lo escribí en un ensayo que ganó el Adams Prize en Cambridge en 1966. Fue la base del libro *The Large Scale Structure of Space-Time*, que escribí con George Ellis y que publicó Cambridge University Press en 1973. El libro se sigue imprimiendo porque es prácticamente lo último escrito sobre la estructura causal del espacio-tiempo, es decir, qué polo del espacio-tiempo puede afectar a acontecimientos en otros puntos. Debo advertir al lector común que no intente consultarlo. Es muy técnico y se escribió en un momento en el que intentaba ser igual de riguroso que un matemático puro. Hoy en día me preocupa más tener razón que ser razonable. De todos modos, es casi imposible ser riguroso en la física cuántica, porque la base matemática de la disciplina entera es muy frágil.

Capítulo 7

Agujeros negros

La idea que hay detrás de los agujeros negros se remonta a más de doscientos años atrás. En 1783 un profesor de Cambridge, John Michell, publicó un artículo en *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* sobre lo que llamaba «estrellas negras». Apuntaba que una estrella que fuera lo suficientemente grande y compacta tendría un campo gravitacional tan fuerte que la luz no podría escapar. Cualquier luz emitida desde la superficie de la estrella sería arrastrada de vuelta por la atracción gravitacional de la estrella sin que pudiera llegar muy lejos.

Michell sugería que podría haber una gran cantidad de estrellas así. A pesar de que no podríamos verlas porque la luz emitida por ellas no llegaría hasta nosotros, sentiríamos su atracción gravitacional. Esos objetos son lo que ahora llamamos agujeros negros, porque eso es lo que son: vacíos negros en el espacio. Pasados unos años un científico francés, el marqués de Laplace, hizo una aportación parecida, aparentemente sin tener nada que ver con Michell. Resulta interesante que Laplace la incluyera solo en la primera y la segunda edición de su libro *Exposition du système du monde* y la eliminara en las ediciones posteriores. Tal vez decidió que era una idea alocada.

Tanto Michell como Laplace pensaban que la luz estaba formada por partículas, como bolas de cañón que la gravedad podía ralentizar y hacer volver a la estrella. Eso no concordaba con el experimento de Michelson-Morley, realizado en 1887, que demostró que la luz siempre viaja a la misma velocidad. Hasta 1915 no llegó una teoría sólida sobre cómo la gravedad afecta a la luz, cuando Einstein formuló la teoría de la relatividad general. Haciendo uso de la relatividad general, Robert Oppenheimer y sus alumnos George Volkoff y Hartland Snyder demostraron en 1939 que una estrella que había agotado su combustible nuclear no podía aguantarse contra la gravedad si su masa superaba un determinado límite, aproximadamente el

orden de la masa del Sol. Las estrellas quemadas por encima de esta masa colapsarían sobre sí mismas y formarían agujeros negros que contendrían singularidades de densidad infinita. Pese a ser una predicción de su teoría, Einstein nunca aceptó los agujeros negros ni que la materia pudiera comprimirse hasta la densidad infinita.

Luego estalló la guerra y Oppenheimer acabó trabajando en la bomba atómica. Después de la guerra la física atómica y nuclear despertaba un mayor interés, y el colapso gravitacional y los agujeros negros quedaron abandonados durante más de veinte años.

El interés por el colapso gravitacional renació a principios de la década de 1960 con el descubrimiento de los cuásares, objetos muy distantes que constituyen fuentes ópticas y radioeléctricas muy compactas y potentes. La materia que cae en un agujero negro era el único mecanismo plausible que podía explicar la producción de tanta energía en una zona del espacio tan reducida. Se redescubrió el estudio de Oppenheimer y se empezó a trabajar en la teoría de los agujeros negros.

En 1967 Werner Israel obtuvo un resultado importante: demostró que, a menos que el rastro de una estrella no rotatoria que colapsa fuera exactamente esférico, la singularidad que contenía sería desnuda, es decir, visible para los observadores externos. Eso habría significado el fallo de la relatividad general en la singularidad de una estrella en colapso, de modo que destruiría nuestra capacidad de predecir el futuro del resto del universo.

Al principio la mayoría de la gente, incluido el propio Israel, creían que esa consecuencia era cierta porque las estrellas reales no son exactamente esféricas, de modo que su colapso daría lugar a singularidades desnudas y a un fallo en la predictibilidad. No obstante, Roger Penrose y John Wheeler plantearon una interpretación distinta: que el rastro del colapso gravitacional de una estrella no rotatoria enseguida adoptaría un estado esférico. Su propuesta era que existe una censura cósmica: la naturaleza es mojigata y esconde las singularidades en los agujeros negros, donde no se ven.

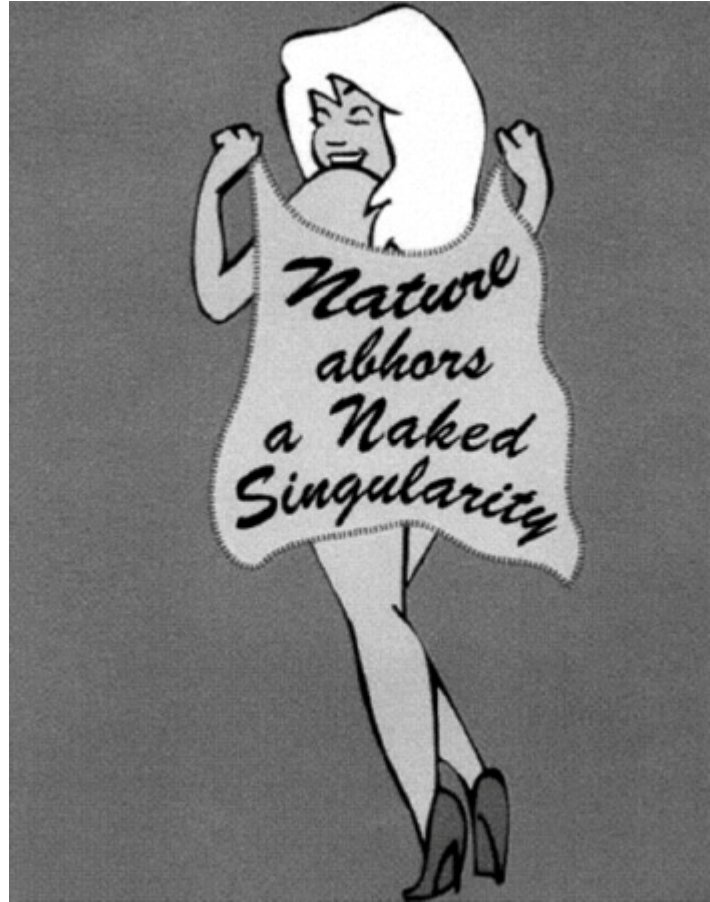
Antes tenía una pegatina con la frase «Los agujeros negros no se ven» en la puerta de mi despacho del DAMTP. Irritaba de tal manera al jefe de departamento, que orquestó mi elección para la Cátedra Lucasiana, me trasladó a un despacho mejor con esa excusa y se encargó personalmente de romper aquella nota ofensiva de la puerta del antiguo despacho.

Mi trabajo sobre los agujeros negros empezó con un momento de eureka en 1970, unos días después del nacimiento de mi hija Lucy. Mientras me iba a la cama me di cuenta de que podía aplicar a los agujeros negros la teoría de la estructura causal que había desarrollado para los teoremas de singularidad. Así, la superficie del horizonte, el límite del agujero negro, siempre aumentaba. Cuando dos agujeros negros colisionan y se fusionan, la superficie del agujero negro final es mayor que la suma de las superficies de los agujeros originales. Esa y otras propiedades que Jim Bardeen, Brandon Carter y yo descubrimos indicaban que la superficie era como la entropía de un agujero negro. Sería una medida de cuántos estados podría tener un agujero negro en el interior para el mismo aspecto en el exterior. Pero la superficie en realidad no podría ser la entropía, porque si los agujeros negros tenían entropía también tendrían una temperatura y brillarían como un cuerpo caliente. Como todo el mundo pensaba, los agujeros negros eran completamente negros y no emitían luz ni nada más.

Hubo un período muy emocionante que culminó en 1972 en el curso de verano de Les Houches, en el que resolvimos la mayoría de los principales problemas de la teoría de los agujeros negros. En concreto, David Robinson y yo demostramos el teorema de no pelo, según el cual un agujero negro se estabilizaría en un estado caracterizado por solo dos números: la masa y la rotación. De nuevo, indicaba que los agujeros negros tenían entropía porque muchas estrellas diferentes podían colapsar para producir un agujero negro de la misma masa y rotación.

Toda esta teoría fue desarrollada antes de que existieran pruebas observacionales de los agujeros negros, lo que demuestra que Feynman se

equivocaba al afirmar que un campo de investigación activo debía ser impulsado experimentalmente.



Humor y cosmología, 1ª parte: imprimí esta imagen en una camiseta para saldar una apuesta. (Cortesía de Stephen Hawking)

El único problema que nunca se solucionó fue demostrar la hipótesis de la censura cósmica, aunque una serie de intentos de probar que era falsa fracasaron. Es fundamental para todo el trabajo sobre los agujeros negros, así que yo tengo un gran interés personal en que sea cierta. Por eso tengo una apuesta con Kip Thorne y John Preskill sobre el resultado de este problema. Para mí es difícil ganar esa apuesta, y bastante probable perderla si alguien descubre un contraejemplo con una singularidad desnuda. De hecho, perdí en una primera versión de la apuesta por no prestar suficiente

atención a su formulación. A Thorne y Preskill no les hizo gracia la camiseta que les ofrecí para saldarla.

Tuvimos tal éxito con la teoría general clásica de la relatividad que en 1973 me sentía un poco perdido tras la publicación de *La estructura a gran escala del espacio-tiempo*. Mi obra con Penrose había demostrado que la relatividad general se rompería con las singularidades, así que el siguiente paso evidente era combinar la relatividad general, la teoría de lo muy grande, con la teoría cuántica, la teoría de lo muy pequeño. Yo no tenía formación en teoría cuántica, y el problema de la singularidad en aquel momento me pareció muy difícil de afrontar, así que como ejercicio de calentamiento pensé en cómo se comportarían las partículas y los campos gobernados por la teoría cuántica cerca de un agujero negro. En concreto me pregunté si podían existir átomos en los que el núcleo fuera un agujero negro diminuto primordial, formado en el universo temprano.

Para encontrar la respuesta estudié cómo dispersarían los campos cuánticos un agujero negro. Mi previsión era que parte de una onda incidente fuera absorbida y el resto dispersada. Sin embargo, para mi asombro descubrí que parecía existir emisión desde el agujero negro. Al principio pensé que debía de tratarse de un error en mis cálculos. Lo que finalmente me convenció de que era real fue que la emisión era exactamente lo que se necesitaba para identificar el área del horizonte con la entropía de un agujero negro. Se resume en esta sencilla fórmula:

$$S = \frac{Ac^3}{4\hbar G}$$

donde S es la entropía y A el área del horizonte. Esta expresión contiene las tres constantes fundamentales de la naturaleza: c , la velocidad de la luz; G , la constante de Newton de la gravitación; y \hbar , la constante de Planck

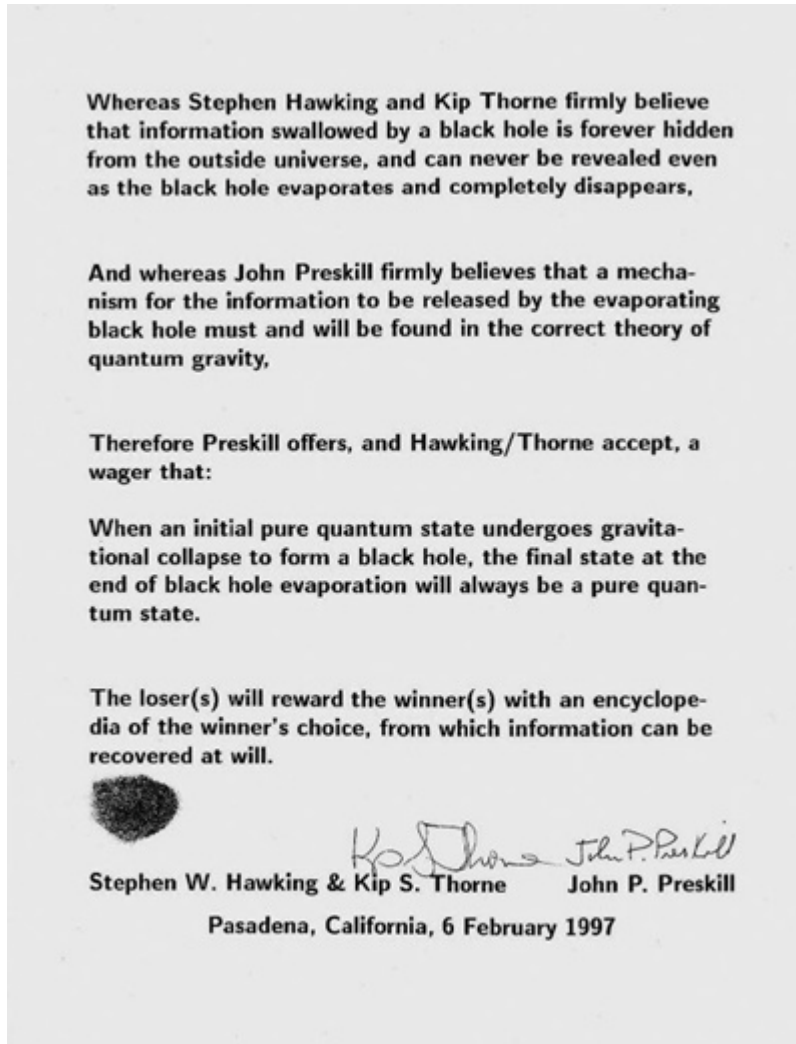
reducida. Revela que existe una relación profunda y previamente no sospechada entre la gravedad y la termodinámica, la ciencia del calor.

La radiación de un agujero negro se llevaría la energía, así que el agujero negro perdería masa y se encogería. Finalmente parece que el agujero negro se evaporaría por completo y desaparecería. Eso planteaba un problema que afectaba al corazón de la física. Mis cálculos indicaban que la radiación era exactamente térmica y aleatoria, pues tiene que serlo si el área del horizonte es la entropía del agujero negro. Entonces, ¿cómo podía la radiación restante transportar toda la información sobre lo que creó el agujero negro? Sin embargo, si la información se pierde, es incompatible con la mecánica cuántica.

Esta paradoja se discutió durante treinta años, sin muchos avances, hasta que descubrí lo que pensaba que era su resolución. La información no se pierde, pero no se devuelve de una forma útil. Es como quemar una enciclopedia: la información contenida en la enciclopedia no se pierde técnicamente si uno guarda todo el humo y las cenizas, pero cuesta mucho leerla. De hecho, Kip Thorne y yo teníamos una apuesta con John Preskill sobre la paradoja de la información. Cuando John ganó la apuesta le regalé una enciclopedia de béisbol, pero tal vez debería haberle regalado solo las cenizas.

Por un lado, Stephen Hawking y Kip Thorne creen firmemente que la información que absorbe un agujero negro queda oculta para siempre al universo exterior, y no se puede revelar nunca, ni siquiera cuando el agujero negro se evapora y desaparece por completo.

Y por otro lado, John Preskill cree firmemente que hay que encontrar, y así sucederá, un mecanismo de liberación de la información por parte del agujero negro que se evapora para establecer una correcta teoría de la gravedad cuántica.



Humor y cosmología, 2ª parte: una apuesta con John Preskill

Por tanto, Preskill ofrece, y Hawking/Thorne aceptan, una apuesta: Cuando un estado cuántico puro inicial sufre un colapso gravitacional que forma un agujero negro, el estado final después de la evaporación del agujero negro siempre será un estado cuántico puro.



Stephen W. Hawking & Kip S. Thorne John P. Preskill

Stephen W. Hawking y Kip S. Thorne John P. Preskill, Pasadena, California, 6 de febrero de 1997

El perdedor recompensará al ganador con la enciclopedia que este elija, de la que se puede recuperar la información cuando uno quiera.

Capítulo 8

CALTECH

En 1974 fui elegido miembro de la Royal Society. La elección fue una sorpresa para los miembros de mi departamento porque era joven y un simple modesto asistente de investigación. Sin embargo, en el plazo de tres años me habían ascendido a profesor.



Nuestra casa en Pasadena. (Cortesía de Stephen Hawking)

Jane se deprimió tras mi elección, pues sentía que ya había alcanzado mis objetivos y que después de aquello todo iría cuesta abajo. En cierto modo su depresión se intensificó cuando mi amigo Kip Thorne nos invitó a nosotros y otras personas a trabajar en la relatividad general en el California Institute of Technology (Caltech). Durante los últimos cuatro años había utilizado una silla de ruedas manual, así como un triciclo eléctrico azul que iba a la velocidad de una bicicleta y en el que a veces llevaba pasajeros ilegalmente. Cuando fuimos a California nos alojamos en una casa de estilo colonial

propiedad del Caltech, cerca del campus, y allí utilicé una silla de ruedas eléctrica por primera vez.



Jane, Lucy, Robert y yo en la casa de Pasadena. (Cortesía de los archivos del California Institute of Technology)

Me daba un grado de independencia notable, sobre todo porque los edificios de Estados Unidos y las aceras son mucho más accesibles para los discapacitados que en Gran Bretaña. También vivía con nosotros uno de mis alumnos de investigación. Me ayudaba a levantarme y acostarme, además de asistirme en algunas comidas, a cambio de alojamiento y mucha atención académica.

En aquel momento a nuestros dos hijos, Robert y Lucy, les encantaba California. El colegio al que asistían temía que sus alumnos fueran secuestrados, así que no se podía recoger a un niño en la puerta de la escuela, como era normal. Había que dar la vuelta al edificio y acercarse a la puerta uno a uno. Entonces llamaban al niño por un megáfono. Jamás había visto nada semejante.

La casa estaba equipada con un televisor en color. En Inglaterra únicamente teníamos un televisor en blanco y negro que apenas funcionaba, así que veíamos mucho la televisión, sobre todo series británicas como *Arriba y abajo* y *El ascenso del hombre*.



Jane, Lucy, Robert y yo en la casa de Pasadena. (Cortesía de los archivos del California Institute of Technology)

Acabábamos de ver el capítulo de *El ascenso del hombre* en el que Galileo es juzgado por el Vaticano y condenado a arresto domiciliario para el resto de su vida cuando me enteré de que la Academia Pontificia de las Ciencias me había concedido la medalla Pío XI. Al principio me entraron ganas de rechazarla indignado, pero luego tuve que admitir que últimamente el Vaticano había cambiado de opinión sobre Galileo. Así que volé a Inglaterra para reunirme con mis padres, que me acompañaron a Roma. Durante mi visita al Vaticano pedí que me enseñaran el relato del juicio a Galileo en la Biblioteca Vaticana.

En la ceremonia de entrega, Pablo VI se levantó de la silla papal y se arrodilló a mi lado. Tras la ceremonia conocí a Paul Dirac, uno de los

fundadores de la teoría cuántica, con el que no había hablado mientras era profesor en Cambridge porque por aquel entonces no me interesaba la cuántica. Me dijo que al principio había sugerido a otro candidato para la medalla, pero al final decidió que yo era mejor y propuso a la academia que me la concedieran a mí.

Las dos principales estrellas del departamento de Física del Caltech en aquel momento eran los ganadores del premio Nobel Richard Feynman y Murray Gell-Mann, entre los que existía una gran rivalidad. En su primer seminario semanal Gell-Mann dijo: «Solo voy a repetir algunas conferencias que di el año pasado», momento en el cual Feynman se levantó y se fue. Entonces Gell-Mann dijo: «Ahora que se ha ido, os puedo decir de lo que realmente quiero hablaros».

Fue una época fascinante para la física de partículas. Se acababan de descubrir nuevas partículas «con encanto» en Stanford, y ese hallazgo ayudaba a confirmar la teoría de Gell-Mann de que los protones y los neutrones estaban formados por tres partículas más fundamentales llamadas quarks.

Mientras estaba en el Caltech aposté con Kip Thorne que el sistema estelar binario Cygnus X-1 no contenía un agujero negro. Cygnus X-1 es una fuente de rayos X en la que una estrella normal pierde su envoltorio externo hacia un compañero compacto oculto. Cuando la materia cae hacia el compañero, desarrolla un movimiento en espiral, se calienta mucho y emite rayos X. Esperaba perder la apuesta, pues obviamente había realizado una gran inversión intelectual en los agujeros negros. Sin embargo, si se demostraba que no existían, por lo menos me habría quedado el consuelo de ganar una suscripción de cuatro años a la revista *Private Eye*. Por otro lado, si Kip ganaba recibiría la revista *Penthouse* todo un año. Durante los años posteriores a la apuesta las pruebas de la existencia de los agujeros negros eran tan sólidas que cedí y le regalé a Kip una suscripción a *Penthouse*, para gran disgusto de su esposa.

Mientras estuve en California trabajé con un alumno de investigación en el Caltech, Don Page. Don nació y se crió en un pueblo de Alaska donde sus padres eran profesores de escuela y donde solo ellos tres no eran inuits. Era cristiano evangélico, de hecho hizo lo posible por convertirme cuando más adelante vino a vivir con nosotros en Cambridge. Me leía historias de la Biblia durante el desayuno, pero le dije que conocía bien la Biblia de mi época en Mallorca, y porque mi padre me la leía. (Mi padre no era creyente pero pensaba que la Biblia del rey Jacobo era importante culturalmente).

Don y yo trabajamos sobre la posibilidad de observar la emisión de los agujeros negros que yo había predicho. La temperatura de la radiación que emanaba de un agujero negro de la masa del Sol sería de tan solo una millonésima parte de un kelvin, muy poco por encima del cero absoluto, de modo que quedaría inundado por el fondo de microondas cósmico, cuya temperatura es de 2,7 kelvin. No obstante, tenían que quedar agujeros negros mucho más pequeños del Big Bang. Un agujero negro primordial con la masa de una montaña emitiría rayos gamma y ahora estaría terminando su ciclo de vida tras haber irradiado la mayor parte de su masa original. Buscamos pruebas de esas emisiones en el fondo de rayos gamma, pero no encontramos ninguna señal. Conseguimos situar un límite superior en el número correspondiente a la densidad de agujeros negros de esta masa, lo que indica que hay muy pocas opciones de estar lo bastante cerca de uno para detectarlo.

Capítulo 9

Matrimonio

Cuando regresamos del Caltech en 1975 sabíamos que la escalera de nuestra casa sería una dificultad para mí. Para entonces en la facultad me tenían más aprecio, así que nos dejaron utilizar un apartamento en la planta baja de una gran casa victoriana de su propiedad. (La casa ha sido demolida y sustituida por una residencia para estudiantes que lleva mi nombre). El apartamento se encontraba en unos jardines de cuyo mantenimiento se encargaban los jardineros de la facultad y que estaban muy bien para los niños.



Con mi familia tras el bautizo de nuestro tercer hijo, Tim. (Cortesía de Stephen Hawking)

Al principio de regresar a Inglaterra estaba desanimado. Todo me parecía provinciano y limitado en comparación con la actitud dinámica de Estados

Unidos. En aquella época el paisaje estaba plagado de árboles muertos por la enfermedad del olmo holandés y el país estaba azotado por las huelgas. Sin embargo, recuperé el ánimo al ver el éxito de mi trabajo y al ser elegido en 1979 para la Cátedra Lucasiana en matemáticas, puesto que habían ocupado *sir* Isaac Newton y Paul Dirac.

Nuestro tercer hijo, Tim, también nació en 1979 tras un viaje a Córcega, donde daba clases en un curso de verano. Después Jane se deprimió aún más. Le preocupaba que yo muriera pronto y quería que alguien los mantuviera a ella y los niños y se casara con ella cuando yo no estuviera. Encontró a Jonathan Jones, músico y organista de la iglesia local, y le dio una habitación en nuestro apartamento. Me habría opuesto, pero yo también pensaba que iba a morir pronto y sentía la necesidad de que alguien se ocupara de los niños cuando yo no estuviera.

Seguí empeorando. Uno de los síntomas del avance de la enfermedad eran los prolongados ataques de asfixia. En 1985, en un viaje al CERN (Organización Europea para la Investigación Nuclear) en Suiza contraí una neumonía. Me llevaron corriendo al hospital del cantón y me conectaron a un respirador. Los médicos pensaron que estaba tan acabado que ofrecieron apagar el respirador y terminar con mi vida, pero Jane se negó y organizó mi regreso en transporte aéreo sanitario al Hospital Addenbrooke en Cambridge. Los médicos intentaron por todos los medios que recuperara mi estado anterior, pero al final tuvieron que hacerme una traqueotomía.

Antes de la operación cada vez me costaba más hablar, así que solo la gente que me conocía bien me comprendía, pero al menos podía comunicarme. Escribía artículos científicos dictándole a una secretaria, y daba seminarios gracias a un intérprete que repetía mis palabras con más claridad. No obstante, la traqueotomía eliminó del todo mi capacidad de hablar. Durante un tiempo la única manera que tenía de comunicarme era deletreando palabras letra a letra levantando las cejas cuando alguien señalaba la letra correcta en una tarjeta. Es bastante difícil mantener una conversación así,

por no hablar de escribir un artículo científico. Sin embargo, un experto informático de California llamado Walt Woltosz se enteró de mi situación y me envió un programa informático creado por él llamado Equalizer. Me permitía seleccionar palabras de una serie de menús en la pantalla presionando un interruptor con la mano. Ahora utilizo otro programa suyo llamado Words Plus, que controlo con un pequeño sensor en las gafas que responde al movimiento de la mejilla. Cuando he conseguido lo que quiero decir, puedo enviarlo a un sintetizador de voz.

Al principio solo utilizaba el programa Equalizer en un ordenador de sobremesa. Luego David Mason, de Cambridge Adaptive Communication, integró un pequeño ordenador personal y un sintetizador del habla en la silla de ruedas. Ahora Intel me suministra los ordenadores. El sistema me permite comunicarme mucho mejor que antes, y puedo conseguir tres palabras por minuto. Puedo decir lo que he escrito o guardarlo en un disco. Luego puedo imprimirlo o recuperarlo y decirlo frase por frase. Con este sistema he escrito siete libros y varios artículos científicos. También he dado varias charlas científicas y divulgativas. Han sido bien recibidas, y creo que en gran medida se debe a la calidad del sintetizador de voz, fabricado por Speech Plus.

La voz de una persona es muy importante. Si arrastras las palabras, la gente tiende a tratarte como si tuvieras una deficiencia mental. Este sintetizador era, de lejos, el mejor que había oído, porque varía la entonación y no habla como uno de los Daleks de *Doctor Who*. Desde entonces Speech Plus está en liquidación y su programa de sintetizador de voz se ha perdido. Ahora tengo los tres sintetizadores que quedan. Son aparatosos, gastan mucha energía y contienen chips que están obsoletos y no se pueden sustituir. No obstante, a estas alturas ya me identifico con la voz que se ha convertido en marca de la casa, así que no voy a cambiarla por otra que suene más natural, a menos que se estropeen los tres sintetizadores.

Cuando salí del hospital necesitaba cuidados a tiempo completo. Al principio pensé que se había terminado mi carrera científica y que ya no me quedaba más que estar en casa y ver la televisión. Pero pronto descubrí que podía continuar con mi trabajo científico y escribir ecuaciones matemáticas utilizando un programa llamado Latex, que permite escribir símbolos matemáticos con caracteres comunes, como π para π .



Mi boda con Elaine. (Cortesía de Stephen Hawking)

Sin embargo, fui sintiéndome más infeliz por la relación cada vez más estrecha que existía entre Jane y Jonathan. Al final no pude aguantar más la situación y en 1990 me mudé a un piso con una de mis enfermeras, Elaine Mason.

El piso resultaba pequeño para nosotros y los dos hijos de Elaine, que vivían en nuestra casa durante parte de la semana, así que decidimos mudarnos. En 1987 una fuerte tormenta había destrozado el techo de Newnham College, la única escuela universitaria femenina. (Para entonces las facultades masculinas ya admitían mujeres. La mía, Caius, que contaba con

varios miembros conservadores, fue una de las últimas en hacerlo; finalmente se convencieron por los resultados de los exámenes de los alumnos, pues no iban a solicitar el ingreso buenos hombres a menos que admitieran también mujeres). Como Newnham era una facultad pobre, tuvo que vender cuatro parcelas de terreno para pagar la reparación del techo después de la tormenta.



Con Elaine en Aspen, Colorado. (Cortesía de Stephen Hawking)

Compramos una de las parcelas y construimos una casa apta para una silla de ruedas.

Elaine y yo nos casamos en 1995. Nueve meses después Jane se casó con Jonathan Jones.

Mi matrimonio con Elaine fue apasionado y tempestuoso. Tuvimos nuestros altibajos, pero el hecho de que ella fuera enfermera me salvó la vida en varias ocasiones.



Con Elaine en Aspen, Colorado. (Cortesía de Stephen Hawking)

Después de la traqueotomía llevaba un tubo de plástico en la tráquea que impedía que me entrara comida y saliva en los pulmones, y se sujetaba con un brazaletes. Con el paso de los años la presión en el brazaletes me dañaba la tráquea y me hacía toser y ahogarme. Estaba tosiendo en un vuelo de regreso de Creta, donde había asistido a un congreso, cuando David Howard, un cirujano que iba en el mismo avión, se acercó a Elaine y le dijo que podía ayudarme. Sugirió una laringotomía, que separaría del todo la tráquea de la garganta y eliminaría la necesidad de un tubo con un brazaletes. Los médicos del hospital de Addenbrooke de Cambridge dijeron que era demasiado arriesgado, pero Elaine insistió y David Howard llevó a cabo la operación en un hospital de Londres. Aquella operación me salvó la vida: dos semanas

más y el brazalete habría hecho un agujero entre la tráquea y la garganta que me habría llenado los pulmones de sangre.

Al cabo de unos años tuve otra crisis de salud porque mis niveles de oxígeno descendían peligrosamente cuando el sueño era profundo. Me llevaron corriendo al hospital, donde me quedé cuatro meses. Finalmente me dieron el alta con un respirador que utilizaba por la noche. Mi médico le dijo a Elaine que me iba a casa a morir. (He cambiado de médico desde entonces). Hace dos años empecé a utilizar el respirador veinticuatro horas al día. Creo que me da energía.

Un año después me reclutaron para ayudar en la campaña de captación de fondos de la universidad para celebrar sus ochocientos años. Me enviaron a San Francisco, donde di cinco conferencias en seis días y me cansé mucho. Una mañana me desmayé cuando me quitaron el respirador. La enfermera de turno pensó que estaba bien, pero habría muerto de no ser porque otra cuidadora llamó a Elaine, que me resucitó. Todas esas crisis pasaban su factura emocional a Elaine. Nos divorciamos en 2007 y desde entonces vivo solo con un ama de llaves.

Capítulo 10

Historia del tiempo

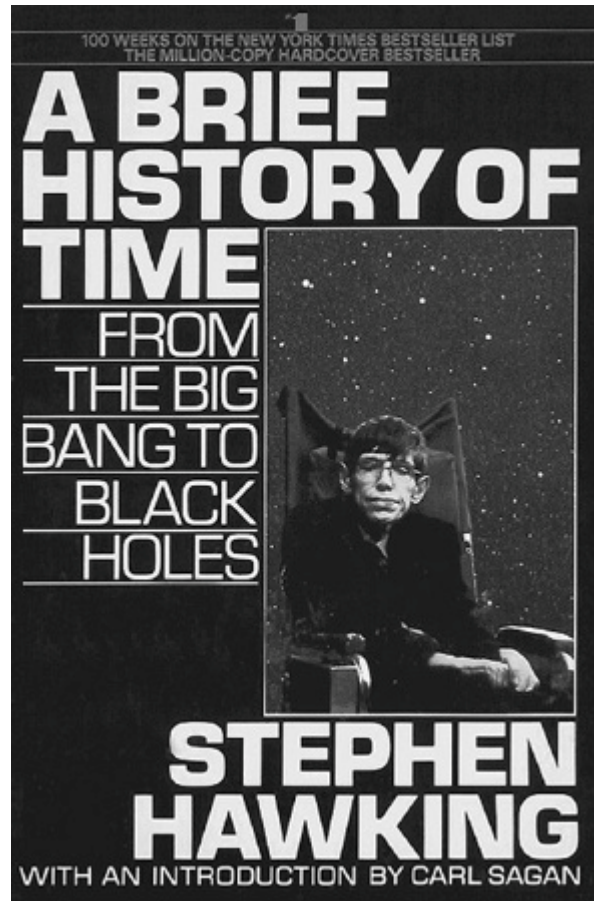
La primera vez que se me ocurrió escribir un libro popular sobre el universo fue en 1982. Mi intención en parte era ganar dinero para pagar el colegio de mi hija. (En realidad, para cuando apareció el libro ya estaba en el último curso). Pero el principal motivo para escribirlo fue que quería explicar hasta dónde habíamos llegado en nuestra comprensión del universo: podíamos estar cerca de descubrir una teoría completa que describiría el universo y todo lo que contiene.

Si iba a invertir tiempo y esfuerzo en escribir un libro, quería que llegara a la mayor cantidad de gente posible. Mis anteriores libros técnicos los había publicado Cambridge University Press. La editorial había hecho un buen trabajo, pero pensé que no podía orientarse al tipo de mercado de masas al que quería llegar. Así que me puse en contacto con un agente literario, Al Zuckerman, que me habían presentado como el cuñado de un colega. Le entregué un borrador del primer capítulo y le expliqué que quería que fuera el tipo de libro que se vendiera en las librerías de los aeropuertos. Me dijo que era imposible. Tal vez se vendiera entre académicos y estudiantes, pero un libro así no podía irrumpir en el terreno de autores de superventas como Jeffrey Archer.

En 1984 le di a Zuckerman un primer borrador del libro. Lo envió a varias editoriales y me recomendó que aceptara una oferta de Norton, una editorial estadounidense de bastante categoría. Sin embargo, decidí aceptar la oferta de Bantam Books, una editorial más orientada al mercado popular. A pesar de que Bantam no estaba especializada en publicar libros científicos, sus ejemplares estaban disponibles en las librerías de aeropuerto.

El interés de Bantam en el libro se debía probablemente a uno de sus editores, Peter Guzzardi. Se tomaba su trabajo muy en serio y me hizo reescribir el libro de manera que fuera comprensible para quienes no fueran

científicos y para él mismo. Cada vez que le enviaba un capítulo reescrito me devolvía una larga lista de objeciones y preguntas que quería aclarar. A veces pensé que el proceso nunca terminaría, pero tenía razón: el resultado fue un libro mucho mejor.



Una de las primeras portadas de *Historia del tiempo*

La escritura del libro se vio interrumpida por la neumonía que contraí en el CERN. Habría sido imposible terminar el libro de no ser por el programa informático que me facilitaron. Era un poco lento, pero yo también pienso despacio, así que encajaba bastante bien conmigo. Con él reescribí casi por completo mi primer borrador atendiendo a las peticiones de Guzzardi. Uno de mis alumnos, Brian Whitt, me ayudó con la revisión.

Me había impresionado mucho la serie de televisión *El ascenso del hombre* de Jacob Bronowski. (Hoy en día no permitirían un título tan sexista). Ofrecía una visión de los logros de la raza humana en su desarrollo desde los salvajes primitivos hace tan solo quince mil años hasta nuestra situación actual. Yo quería transmitir una sensación parecida de nuestros avances realizados hacia una comprensión total de las leyes que gobiernan el universo. Estaba seguro de que a casi todo el mundo le interesa cómo funciona el universo, pero la mayoría de la gente no puede seguir las ecuaciones matemáticas. A mí tampoco me importan mucho las ecuaciones, en parte porque me resulta difícil apuntarlas, pero sobre todo porque no tengo intuición para las ecuaciones. En cambio, pienso en términos pictóricos, y mi objetivo del libro era describir esas imágenes mentales en palabras, con ayuda de analogías conocidas y algunos diagramas. Así, esperaba que la mayoría de la gente fuera capaz de compartir la fascinación y la sensación de éxito en los notables avances que se habían hecho en la física durante los últimos cincuenta años.

No obstante, aunque evitara utilizar las matemáticas, algunas ideas eran difíciles de explicar. Eso planteaba un problema: ¿debía intentar explicarlas a riesgo de confundir a la gente o era mejor minimizar las dificultades? Algunos conceptos poco conocidos, como el hecho de que los observadores que se mueven a diferentes velocidades miden intervalos de tiempo distintos entre el mismo par de eventos, no eran imprescindibles para la visión que quería dar. Así que pensé que podía mencionarlo pero no profundizar en ellos. Pero había otras ideas que sí eran esenciales para lo que quería explicar.

En concreto había dos conceptos que sabía que debía incluir. Uno era la llamada «suma de historias». La idea es que no hay una sola historia del universo, sino una serie de todas las historias posibles del universo, todas ellas igual de reales (signifique lo que signifique eso). La otra idea imprescindible para darle sentido matemático a la suma de historias es la del

«tiempo imaginario». Retrospectivamente, ahora creo que debería haberme esforzado más en explicar estos dos conceptos tan difíciles, sobre todo el tiempo imaginario, que parece ser el aspecto del libro con el que la gente tiene más problemas. Sin embargo, en realidad no es necesario entender exactamente qué es el tiempo imaginario, solo que es diferente de lo que llamamos «tiempo real».

Cuando el libro estaba a punto de publicarse, un científico al que le enviaron un ejemplar para que hiciera una reseña en la revista *Nature* quedó consternado al encontrarlo plagado de errores, con fotografías y diagramas fuera de sitio y mal etiquetadas. Llamó a Bantam, que quedó igual de horrorizado, y ese mismo día decidió retirar y eliminar toda la impresión. (Probablemente ahora los ejemplares de la primera edición original tengan bastante valor). Bantam dedicó tres intensas semanas a corregir y revisar de nuevo todo el libro, y llegó a tiempo para que estuviera en las librerías en la fecha de publicación, el 1 de abril. Para entonces, la revista *Time* había publicado un artículo sobre mí.

Aun así, a Bantam le cogió por sorpresa la demanda del libro. Estuvo en la lista de los más vendidos de *The New York Times* durante 147 semanas, y batió el récord de permanencia en esa misma lista del *Times* de Londres con 237 semanas; ha sido traducido a cuarenta idiomas y se han vendido más de diez millones de ejemplares en todo el mundo.

Mi título original para el libro era *Del Big Bang a los agujeros negros: historia corta del tiempo*, pero Guzzardi le dio la vuelta y cambió el «corta» por «breve»¹. Fue una ocurrencia genial que sin duda contribuyó al éxito del libro. Desde entonces ha habido muchas «historias breves» de esto y lo otro, incluso una *Breve historia del tomillo*. La imitación es la forma más sincera de halago.

¿Por qué lo compró tanta gente? Me cuesta pensar que soy objetivo, así que creo que pasaré a lo que dijeron otras personas. La mayoría de las reseñas, a pesar de ser favorables, me parecieron poco esclarecedoras. Solían utilizar

una sola fórmula: «Stephen Hawking tiene la enfermedad de Lou Gehrig» (el término utilizado en las reseñas estadounidenses) o enfermedad neuronal motora (en las reseñas británicas). Está confinado en una silla de ruedas, no puede hablar y solo puede mover una cantidad X de dedos (donde X varía entre uno y tres, según el artículo inexacto que el autor de la reseña hubiera leído sobre mí). Sin embargo, ha escrito este libro sobre la mayor pregunta de todas: ¿de dónde venimos y adónde vamos? La respuesta que Hawking propone es que el universo ni se crea ni se destruye: simplemente es. Para formular esta idea, Hawking presenta el concepto de tiempo imaginario, que me parece (es decir, al autor de la reseña) un poco difícil de seguir. Aun así, si Hawking tiene razón y descubrimos una teoría completa unificada, realmente conoceremos la mente de Dios. (En la fase de pruebas estuve a punto de eliminar la última frase del libro, la de que conoceríamos la mente de Dios. De haberlo hecho, tal vez las ventas se habrían reducido a la mitad).

Un artículo en *The Independent*, un periódico de Londres, me pareció bastante más receptivo, pues decía que incluso una obra científica sería como *Historia del tiempo* podía convertirse en un libro de culto. Me sentí muy halagado al ver que comparaban mi libro con *Zen y el arte del mantenimiento de la motocicleta*. Espero que, como ese libro, transmita a la gente la sensación de que no tiene por qué quedarse al margen de las grandes cuestiones intelectuales y filosóficas.

Sin duda, la historia de interés humano de cómo he conseguido ser físico teórico pese a mi discapacidad ha ayudado. Sin embargo, los que compraron el libro por el punto de interés humano debieron de sentirse decepcionados, porque solo contiene algunas referencias a mi enfermedad. El libro pretendía ser una historia del universo, no de mí. Eso no ha podido impedir acusaciones de que Bantam explotaba de una forma vergonzosa mi enfermedad y yo colaboraba por permitir que apareciera una foto mía en la portada. De hecho, por contrato no tenía control alguno sobre la portada. Sin

embargo, logré convencer al editor para que utilizara una fotografía mejor en la edición británica que la miserable imagen anticuada que se empleó en la edición americana. No obstante, Bantam no cambió la fotografía de la portada americana porque dice que ahora el público americano identifica la foto con el libro.

También se ha insinuado que mucha gente compró el libro para tenerlo en la estantería o en la mesita del café sin haberlo leído realmente. Estoy seguro de que eso ocurre, pero no sé si más que con la mayoría de los libros serios. Lo que sí sé es que por lo menos algunas personas se han adentrado en él, porque todos los días recibo un montón de cartas sobre ese libro, y en muchas me hacen preguntas o comentarios detallados que demuestran que lo han leído, aunque no lo comprendan del todo. También me paran desconocidos en la calle que me dicen lo mucho que disfrutaron con él. La frecuencia con la que recibo esas felicitaciones públicas (aunque es obvio que mi imagen es más distintiva, pero no más distinguida, que la de la mayoría de autores) parece indicar que al menos una parte de los que compraron el libro realmente lo leyeron.

Desde *Historia del tiempo* he escrito otros libros para explicar la ciencia a un público amplio: *Agujeros negros y pequeños universos* (Planeta, 1994), *El universo en una cáscara de nuez* (Crítica, 2002) y *El gran diseño* (Crítica, 2010). Creo que es importante que la gente tenga un conocimiento básico de la ciencia para poder tomar decisiones estando informados en un mundo cada vez más científico y tecnológico. Mi hija Lucy y yo también hemos escrito una serie de libros del personaje George, que son historias de aventuras con base científica para niños, los adultos del mañana.

Capítulo 11

Viaje en el tiempo

En 1990 Kip Thorne sugirió que tal vez sería posible viajar al pasado atravesando agujeros de gusano, así que pensé que valía la pena investigar si las leyes de la física permitían viajar en el tiempo.

Especular abiertamente sobre viajar en el tiempo es delicado por varios motivos. Si la prensa recogía que el Gobierno estaba financiando investigaciones sobre los viajes en el tiempo se produciría un escándalo por malgastar fondos públicos o se exigiría que la investigación fuera clasificada para fines militares. A fin de cuentas, ¿cómo íbamos a protegernos si los rusos o los chinos podían viajar en el tiempo y nosotros no? Podrían traer al presente a los camaradas Stalin o Mao. En los círculos de la física solo unos cuantos éramos lo bastante insensatos para trabajar en un tema que algunos consideran poco serio y políticamente incorrecto. Así que disfrazamos nuestro objeto de estudio utilizando términos técnicos como «historias de partículas que se cierran», que es el nombre en clave del viaje en el tiempo.

La primera descripción científica del tiempo la dio en 1689 Isaac Newton, que ocupó la silla de la misma Cátedra Lucasiana en Cambridge que ocupé yo (aunque en su caso no era eléctrica). En la teoría de Newton, el tiempo era absoluto y avanzaba implacable. No había vuelta atrás para regresar a un tiempo anterior. No obstante, la situación cambió cuando Einstein formuló su teoría general de la relatividad, según la cual el espacio-tiempo era curvado y distorsionado por la materia y la energía del universo. El tiempo seguía aumentando localmente, pero ahora existía la posibilidad de que el espacio-tiempo se combara tanto como para abrir una vía que le llevara a uno de vuelta a un momento anterior al del inicio.

Los agujeros de gusano serían una posibilidad. Se trata de tubos hipotéticos de espacio-tiempo que conectarían diferentes regiones del espacio y el tiempo. La idea es que entres por una boca del agujero de gusano y salgas

por la otra en un lugar diferente y en un momento distinto. Los agujeros de gusano, si existen, serían ideales para un viaje rápido en el espacio. Podrías atravesar un agujero de gusano hasta el otro lado de la galaxia y regresar a la hora de comer. Sin embargo, se puede demostrar que si los agujeros de gusano existen, también se podrían utilizar para volver a un momento anterior a aquel en el que empezaste. Entonces podría pensarse que se pueden hacer cosas como hacer explotar tu propia nave espacial en su rampa de lanzamiento original para evitar emprender el viaje. Es una variación de la llamada «paradoja del abuelo»: ¿qué ocurre si viajas al pasado y matas a tu abuelo antes de que conciba a tu padre? ¿Existirías en el presente? Si no existieras, no podrías viajar al pasado y matar a tu abuelo. Por supuesto, es una paradoja solo si crees que gozas del libre albedrío para hacer lo que quieras y cambiar la historia cuando viajas al pasado.

La verdadera pregunta es si las leyes de la física permiten que los agujeros de gusano y el espacio-tiempo se comben de tal manera que un cuerpo macroscópico como una nave espacial pueda regresar a su propio pasado. Según la teoría de Einstein, una nave espacial necesariamente viaja a una velocidad menor que la velocidad de la luz local, y sigue lo que se llama una «trayectoria temporal» a través del espacio-tiempo. Así, se podría formular la pregunta en términos técnicos: ¿el espacio-tiempo admite curvas temporales que son cerradas, es decir, curvas temporales que vuelven a su punto inicial una y otra vez?

Podemos intentar responder a esta pregunta en tres planos. El primero es la teoría general de la relatividad de Einstein, que pertenece a la llamada «teoría clásica», es decir, que asume que el universo tiene una historia bien definida, sin incertidumbre alguna. Para la relatividad general clásica, tenemos una imagen bastante completa de cómo podría funcionar el viaje en el tiempo. No obstante, sabemos que la teoría clásica no puede ser del todo

cierta porque observamos que la materia del universo está sujeta a fluctuaciones, y no se puede predecir con precisión su comportamiento.

En la década de 1920 se desarrolló un nuevo paradigma llamado «teoría cuántica» que describe esas fluctuaciones y cuantifica la incertidumbre. Por tanto, cabe hacerse la pregunta sobre el viaje en el tiempo en este segundo nivel, el de la teoría semiclásica. En ella se consideran los campos de materia cuántica con el trasfondo del espacio-tiempo clásico. En este caso la imagen obtenida es menos completa, pero por lo menos tenemos una idea sobre cómo actuar.

Finalmente, existe la conocida como «teoría cuántica de la gravedad completa», sea lo que sea eso. En este caso no queda claro cómo plantear la pregunta «¿Se puede viajar en el tiempo?». Tal vez lo mejor sea preguntar cómo interpretarían sus mediciones los observadores en el infinito. ¿Pensarían que el viaje en el tiempo había tenido lugar en el interior del espacio-tiempo?

Volvamos a la teoría clásica: el espacio-tiempo plano no contiene curvas temporales cerradas. Tampoco otras soluciones de las ecuaciones de Einstein que se conocieron antes. Por tanto, para Einstein supuso una fuerte sacudida que en 1949 Kurt Gödel descubriera una solución que representaba un universo lleno de materia rotatoria, con curvas temporales cerradas a través de todos los puntos. La solución de Gödel requería una constante cosmológica, cuya existencia ha sido confirmada, aunque posteriormente se encontraron otras soluciones sin dicha constante.

Un caso de especial interés que podía ilustrarlo serían dos cuerdas cósmicas que se mueven a mucha velocidad. Tal y como sugiere su nombre, las cuerdas cósmicas son objetos con longitud pero una sección transversal diminuta. Algunas teorías de las partículas elementales predicen su existencia. El campo gravitacional de una sola cuerda cósmica es un espacio plano con una cuña cortada, con la cuerda en el extremo afilado. Así, si se rodea con un círculo una cuerda cósmica, la distancia espacial es menor de la

que cabría esperar, pero el tiempo no se ve afectado. Eso significa que el espacio-tiempo alrededor de una sola cuerda cósmica no contiene curvas temporales cerradas.

Sin embargo, si hay una segunda cuerda cósmica que se mueve en relación con la primera, la cuña cortada correspondiente a ella acortará tanto las distancias espaciales como los intervalos de tiempo. Si las cuerdas cósmicas se mueven casi a la velocidad de la luz y están relacionadas entre sí, el ahorro de tiempo al rodear las dos cuerdas puede ser tan grande que llegues a un momento anterior de aquel en el que empezaste.

El espacio-tiempo de la cuerda cósmica contiene materia que tiene densidad de energía positiva; por tanto, es físicamente razonable. No obstante, la deformación que produce las curvas temporales cerradas se extiende hasta el infinito y hacia el pasado infinito. Así, esos espacio-tiempos fueron creados incluyendo el viaje en el tiempo. No tenemos motivos para creer que nuestro propio universo fue creado de una forma tan deformada, y no contamos con pruebas fiables de visitantes del futuro. (Dejando aparte, claro, la teoría de la conspiración de que los ovnis son del futuro, que el Gobierno conoce y oculta. Pero el registro de encubrimientos de los gobiernos no es tan bueno). Por tanto, cabe suponer que no existen curvas temporales cerradas al pasado de una superficie de tiempo constante S .

Entonces la pregunta es si una civilización avanzada podría crear una máquina del tiempo. Es decir, ¿podría modificar el espacio-tiempo hacia el futuro de S de manera que aparecieran curvas temporales cerradas en una región finita? Digo «región finita» porque por muy avanzada que sea la civilización se supone que solo podría controlar una parte finita del universo.

En la ciencia, a menudo la clave es encontrar la formulación correcta de un problema para solucionarlo, y este era un buen ejemplo. Para definir qué queríamos decir con una máquina del tiempo finita volví a uno de mis primeros trabajos. Definí que el desarrollo de futuro de Cauchy de S fuera el conjunto de puntos del espacio-tiempo en los que los eventos están

determinados completamente por lo ocurrido en S . En otras palabras, es la región del espacio-tiempo donde todo camino posible que se mueve a una velocidad inferior a la velocidad de la luz procede de S . No obstante, si una civilización avanzada lograra crear una máquina del tiempo, habría una curva temporal cerrada, C , hacia el futuro de S . C daría vueltas y vueltas en el futuro de S , pero no volvería y se cruzaría con S . Eso significa que los puntos en C no se encuentran en el desarrollo de Cauchy de S . Así, S tendría un horizonte de Cauchy, una superficie que es un límite futuro al desarrollo de Cauchy de S .

Los horizontes de Cauchy se producen dentro de algunas soluciones de agujero negro, o en el espacio anti-de Sitter. Sin embargo, en estos casos los rayos de luz que conforman el horizonte de Cauchy empiezan en el infinito o en singularidades.



Con Roger Penrose (arriba, en el medio) y Kip Thorne (abajo, el primero por la izquierda), entre otros. (Créditos: Bernard Carr)

Para crear ese horizonte de Cauchy se necesitaría deformar el espacio-tiempo hasta el infinito o que se produjera una singularidad en el espacio-tiempo.

La deformación del espacio-tiempo hasta el infinito quedaría teóricamente fuera del alcance incluso de la civilización más avanzada, que podría deformar el espacio-tiempo solo en una región finita. La civilización avanzada podría reunir materia suficiente para provocar un colapso gravitacional, que a su vez produciría una singularidad en el espacio-tiempo, por lo menos según la relatividad general clásica. Pero las ecuaciones de Einstein no podrían definirse en la singularidad, así que no se podría predecir qué ocurriría más allá del horizonte de Cauchy, y en concreto si habría curvas temporales cerradas.



Con Roger y su esposa, Vanessa. (Cortesía de Stephen Hawking)

Por tanto, habría que tomar como criterio para la máquina lo que llamo un «horizonte de Cauchy generado de forma finita». Se trata de un horizonte de Cauchy generado por rayos de luz que emergen de una región compacta. En

otras palabras, no provienen del infinito, ni de una singularidad, sino que se originan en una región finita que contiene curvas temporales cerradas, el tipo de región que hemos supuesto que crearía nuestra civilización avanzada.

Adoptar esta definición como la marca de una máquina del tiempo tiene la ventaja de que se puede utilizar la maquinaria de la estructura causal que Roger Penrose y yo desarrollamos para estudiar las singularidades y los agujeros negros. Aun sin usar las ecuaciones de Einstein fui capaz de demostrar que, en general, un horizonte de Cauchy generado de forma finita contendrá un rayo de luz cerrado, o un rayo de luz que siempre regresa al mismo punto una y otra vez. Asimismo, cada vez que vuelva la luz será más azulada, así que las imágenes se volverán cada vez más azules. Puede que los rayos de luz se desenfocan lo suficiente cada vez de manera que la energía de la luz no se acumule y se vuelva infinita. No obstante, el cambio al azul significará que una partícula de luz tendrá solo una historia finita, tal y como la define su propia medida del tiempo, aunque dé vueltas y más vueltas en una región finita y no llegue a una singularidad de curvatura.

Tal vez no importe si una partícula de luz completa su historia en un tiempo finito, pero también fui capaz de demostrar que habría vías moviéndose a una velocidad inferior a la de la luz que solo tendrían una duración finita. Podrían ser las historias de los observadores que estarían atrapados en una región finita antes del horizonte de Cauchy y darían vueltas cada vez más rápido hasta alcanzar la velocidad de la luz en un tiempo finito.

Así que si un bonito *alien* en un platillo volador le invita a pasar a su máquina del tiempo, ándese con cuidado. Podría caer en una de esas historias atrapadas repetitivas de una duración solo finita.

Como he dicho, los resultados no dependen de las ecuaciones de Einstein, sino de la manera en que el espacio-tiempo tendría que deformarse para producir curvas temporales cerradas en una región finita. Sin embargo, ahora cabría preguntarse: ¿qué tipo de materia necesitaría una civilización avanzada para deformar el espacio-tiempo de tal manera que se pudiera

crear una máquina del tiempo de un tamaño finito? ¿Puede tener una densidad de energía positiva por todas partes, como en el espacio-tiempo de una cuerda cósmica? Cabría imaginar que se podría crear una máquina del tiempo finita utilizando bucles finitos de cuerda cósmica y tener la densidad de energía positiva en todas partes. Siento decepcionar a aquellos que desean regresar al pasado, pero no se puede hacer con densidad de energía positiva por todas partes. Demostre que para crear una máquina del tiempo finita se necesita energía negativa.

En la teoría clásica todos los campos físicamente razonables obedecen a la condición de energía débil, que dice que la densidad de energía de cualquier observador es mayor o igual a cero. Así, las máquinas del tiempo de tamaño finito quedan descartadas en la teoría puramente clásica. No obstante, la situación es distinta en la teoría semiclásica, en la que se consideran los campos cuánticos con un trasfondo de espacio-tiempo clásico. El principio de incertidumbre de la teoría cuántica significa que los campos siempre fluctúan arriba y abajo, incluso en el espacio aparentemente vacío. Esas fluctuaciones cuánticas hacen que la densidad de energía sea infinita. Así, hay que sustraer una cantidad infinita para conseguir la densidad de energía finita que se observa. De lo contrario, la densidad de energía deformaría el espacio-tiempo hacia arriba hacia un solo punto. Esta sustracción puede hacer que el valor previsto de la energía sea negativo, por lo menos localmente. Incluso en el espacio plano se encuentran estados cuánticos en los que el valor previsto de la densidad de energía es negativo localmente, aunque la energía total integrada sea positiva.

Cabe preguntarse si esos valores previstos negativos realmente hacen que el espacio-tiempo se deforme de la manera adecuada, pero por lo visto debe ser así. Ese principio de incertidumbre de la teoría cuántica permite que las partículas y la radiación se escapen de un agujero negro. Eso hace que el agujero negro pierda masa, y así se evapore poco a poco. Para que el horizonte del agujero negro se encoja de tamaño, la densidad de energía en

el horizonte debe ser negativa y deformar el espacio-tiempo para que los rayos de luz diverjan entre sí. Si la densidad de energía fuera siempre positiva y deformara el espacio-tiempo de manera que combara los rayos de luz hasta acercarse entre sí, el área del horizonte de un agujero negro solo podría aumentar con el tiempo.

La evaporación de agujeros negros demuestra que el tensor de impulso de energía cuántica de materia a veces puede deformar el espacio-tiempo en la dirección que sería necesaria para crear una máquina del tiempo. Por tanto, cabe imaginar que una civilización muy avanzada podría hacer que el valor previsto de la densidad de energía fuera lo bastante negativo para formar una máquina del tiempo que podría utilizar objetos microscópicos.

Sin embargo, existe una diferencia importante entre un horizonte de agujero negro y el horizonte en una máquina del tiempo, que contiene rayos de luz cerrados que no paran de dar vueltas. Eso haría que la densidad de energía fuera infinita, lo que significaría que una persona o una nave espacial que intentaran cruzar el horizonte para entrar en la máquina del tiempo serían eliminadas por un rayo de radiación. Podría ser un aviso de la naturaleza para no entrometerse en el pasado.

Así, ¿el futuro se presenta negro para los viajes en el tiempo o debería decir que es de un blanco cegador? No obstante, el valor previsto del tensor de impulso-energía depende del estado cuántico de los campos de fondo. Se puede especular que podrían existir estados cuánticos donde la densidad de energía fuera finita en el horizonte, y hay ejemplos de ellos. Lo que no sabemos es cómo se consigue ese estado cuántico, o si sería estable con objetos cruzando el horizonte, pero podría ser una de las capacidades de una civilización avanzada.

Los físicos deberían poder comentar el tema sin ser objeto de burlas ni ser ridiculizados. Incluso si resulta que es imposible viajar en el tiempo, es importante que comprendamos por qué es imposible.

No sabemos mucho sobre la teoría de la gravedad completamente cuantificada. No obstante, cabe esperar que difiera de la teoría semiclásica solo en la longitud de Planck, una milmillonésima parte de la billonésima parte de la billonésima parte de un centímetro. Las fluctuaciones cuánticas de fondo del espacio-tiempo pueden crear agujeros de gusano y viajes en el tiempo en una escala microscópica, pero según la teoría general de la relatividad los cuerpos macroscópicos no serán capaces de volver a su pasado.

Aun en el caso de que se descubra una teoría distinta en un futuro, no creo que jamás sea posible viajar en el tiempo. Si lo fuera, a estas alturas estaríamos invadidos por turistas del futuro.

Capítulo 12

Tiempo imaginario

Mientras estuvimos en el Caltech visitamos Santa Bárbara, que se encuentra en la costa, a dos horas en coche hacia el norte. Allí trabajé con mi amigo y colaborador Jim Hartle en una nueva manera de calcular cómo emitiría partículas un agujero negro, añadiendo todas las vías posibles que podía tomar la partícula para escapar del agujero. Descubrimos que la probabilidad de que un agujero negro emitiera una partícula estaba relacionada con la probabilidad de que una partícula cayera en el agujero, del mismo modo que las probabilidades de emisión y absorción estaban relacionadas para un cuerpo caliente. De nuevo era una prueba de que los agujeros negros se comportaban como si tuvieran una temperatura y una entropía proporcionales al área de su horizonte.

Nuestros cálculos utilizaban el concepto de tiempo imaginario, que se puede considerar una dirección del tiempo perpendicular al tiempo real común. Cuando regresé a Cambridge continué desarrollando la idea con dos de mis exalumnos, Gary Gibbons y Malcolm Perry. Sustituimos el tiempo ordinario por tiempo imaginario. Se llama «enfoque euclidiano» porque hace que el tiempo se convierta en una cuarta dirección del espacio. Al principio encontré mucha resistencia, pero ahora está aceptado generalmente como la mejor manera de estudiar la gravedad cuántica. El espacio-tiempo euclidiano de un agujero negro es tranquilo y no contiene ninguna singularidad en la que las ecuaciones de la física dejen de funcionar. Solucionaba el problema fundamental que habíamos planteado en los teoremas de la singularidad Penrose y yo: que la predictibilidad dejaría de funcionar debido a la singularidad. Utilizando el enfoque euclidiano logramos comprender los motivos profundos por los que los agujeros negros se comportaban como cuerpos calientes y tenían entropía. Gary y yo también demostramos que un universo que se estuviera expandiendo a un ritmo cada vez mayor se

comportaría como si tuviera una temperatura efectiva como la de un agujero negro. En aquel momento pensamos que jamás se podría observar esa temperatura, pero pasados catorce años se hizo patente su relevancia.



Con Don Page (arriba, el primero empezando por la izquierda), Kip Thorne (abajo, el tercero por la izquierda) y Jim Hartle (abajo, el primero por la derecha), entre otros. (Créditos: Bernard Carr)

Había estado trabajando sobre todo en agujeros negros, pero mi interés en la cosmología se vio renovado por la idea de que el universo temprano había pasado por un período de expansión inflacionaria. Así, habría crecido de tamaño a un ritmo cada vez mayor, igual que los precios suben en las tiendas. En 1982, empleando métodos euclidianos, demostré que ese universo no sería del todo uniforme. El científico ruso Viacheslav Mújanov obtuvo resultados parecidos aproximadamente en la misma época, pero no fueron conocidos hasta más tarde en Occidente.

Puede considerarse que esas irregularidades surgen de fluctuaciones térmicas debido a la temperatura efectiva en un universo inflacionario que Gary Gibbons y yo habíamos descubierto ocho años antes. Más tarde muchas

otras personas hicieron predicciones parecidas. Organicé un encuentro de trabajo en Cambridge al que asistieron las principales figuras en la materia, y en aquella reunión establecimos la mayor parte de la visión actual de la inflación, incluidas las importantísimas fluctuaciones de densidad que dieron lugar a la formación de las galaxias y, por tanto, a nuestra existencia.

Aquello fue diez años antes de que el satélite explorador del fondo cósmico (COBE, por sus siglas en inglés) registrara diferencias en el fondo de microondas en diferentes direcciones producidas por las fluctuaciones de densidad. Así que, de nuevo, en el estudio de la gravedad la teoría iba por delante de los experimentos. Más adelante las fluctuaciones fueron confirmadas por la sonda de anisotropía de microondas del satélite Wilkinson (WMAP, por sus siglas en inglés) y por el satélite Planck, y coincidían exactamente con las predicciones.

El escenario original de la inflación era que el universo empezó con una singularidad del Big Bang. A medida que se fue expandiendo, teóricamente el universo fue entrando poco a poco en un estado inflacionario. Pensé que no era una explicación satisfactoria porque todas las ecuaciones dejarían de funcionar en una singularidad, tal y como hemos comentado con anterioridad. Pero no se podía calcular cómo se desarrollaría el universo sin saber cuál fue el resultado de la singularidad inicial. La cosmología no tendría poder predictivo. Lo que se necesitaba era un espacio-tiempo sin una singularidad, como en la versión euclidiana de un agujero negro.

Después del encuentro de trabajo en Cambridge, pasé un verano en el Instituto de Física Teórica de Santa Bárbara, que se acababa de inaugurar. Hablé con Jim Hartle sobre cómo aplicar el enfoque euclidiano a la cosmología. Según este enfoque, el comportamiento cuántico del universo se da por una suma de Feynman sobre una determinada clase de historias en tiempo imaginario. Dado que el tiempo imaginario se comporta como otra dirección en el espacio, las historias en tiempo imaginario pueden ser superficies cerradas, como la de la Tierra, sin principio ni fin.

Jim y yo decidimos que era la elección de clase más natural, de hecho, la única elección natural. Formulamos la propuesta de la ausencia de límites: que la condición de límite del universo es que está cerrado pero sin límite. Según esa propuesta, el principio del universo era como el Polo Sur de la Tierra, con los grados de latitud desempeñando el papel de tiempo imaginario. El universo empezaría como un punto en el Polo Sur. A medida que uno se desplaza al norte, los círculos de latitud constante, que representan el tamaño del universo, se expandirían. Así, la pregunta de qué ocurrió antes del inicio del universo no tendría sentido, porque no hay nada al sur del Polo Sur.

El tiempo, medido en grados de latitud, tendría un inicio en el Polo Sur, pero el Polo Sur se parece mucho a cualquier otro punto del globo. En el Polo Sur rigen las mismas leyes de la naturaleza que en otros lugares. Eso eliminaría la objeción antiquísima a que el universo tenga un principio: que sería un lugar donde las leyes normales no funcionarían. En cambio, el principio del universo estaría gobernado por las leyes de la ciencia. Hemos eludido la dificultad científica y filosófica de que el tiempo tenga un principio convirtiéndolo en una dirección en el espacio.

La condición de ausencia de límites implica que el universo se crea espontáneamente de la nada. Al principio parecía que la propuesta sin límites no predecía inflación suficiente, pero más adelante me di cuenta de que la probabilidad de una determinada configuración del universo debe compensarse con el volumen de la configuración. Recientemente Jim Hartle, Thomas Hertog (otro antiguo estudiante) y yo hemos descubierto que existe una dualidad entre los universos en inflación y los espacios que tienen una curvatura negativa. Eso nos permite formular la propuesta de la ausencia de límite de una manera nueva y utilizar la considerable maquinaria técnica que se ha desarrollado para esos espacios. La propuesta de la ausencia de límites predice que el universo empezaría casi completamente homogéneo, pero con diminutas fluctuaciones que crecerán a medida que el universo se expanda, y

conducirán a la formación de galaxias, estrellas y todas las demás estructuras del universo, incluidos los seres vivos. La condición de la ausencia de límites es la clave de la creación, la razón por la cual estamos aquí.

Capítulo 13

Sin límites

Cuando tenía veintiún años y me diagnosticaron ELA, sentí que era muy injusto. ¿Por qué tenía que pasarme a mí? En aquel momento pensé que mi vida había terminado y que jamás desarrollaría el potencial que sentía que tenía. Sin embargo, ahora, cincuenta años después, puedo estar satisfecho con mi vida. Me he casado dos veces y tengo tres preciosos hijos con talento. He tenido éxito en mi carrera científica: creo que la mayoría de los físicos teóricos estarían de acuerdo en que mi predicción de la emisión cuántica desde los agujeros negros es correcta, aunque aún no me haya valido un premio Nobel porque es muy difícil comprobarla experimentalmente. Por otro lado, he ganado un premio aún más valioso, el premio de Física Fundamental, concedido por la relevancia teórica del descubrimiento a pesar de que no haya sido confirmado por un experimento.

Mi discapacidad no ha sido un obstáculo serio en mi trabajo científico. De hecho, en cierto sentido supongo que ha sido una baza: no he tenido que dar clase o enseñar a estudiantes de licenciatura, y no he tenido que asistir a tediosos comités que tanto tiempo quitan. Así que he podido dedicarme por completo a la investigación.

Para mis colegas soy solo otro físico, pero para el público general probablemente me haya convertido en el científico más conocido del mundo. En parte se debe a que los científicos, Einstein al margen, no son estrellas del rock famosas, y en parte porque encajo en el estereotipo de genio discapacitado. No puedo disfrazarme con una peluca y gafas de sol: la silla de ruedas me delata.

El hecho de ser conocido y fácilmente reconocible tiene sus pros y sus contras. Los contras son que puede resultar difícil hacer cosas normales como ir a la compra sin que la gente te asalte para hacerse una fotografía, y que en épocas anteriores la prensa haya mostrado un interés enfermizo en

mi vida privada. Sin embargo, los inconvenientes quedan más que compensados por las ventajas. La gente parece verdaderamente encantada de verme. Incluso tuve el público más numeroso cuando fui el presentador de los Juegos Paralímpicos de Londres en 2012.



Presentando los Juegos Paralímpicos en 2012. (Créditos: Judith Croasdell)

He tenido una vida completa y satisfactoria. Creo que los discapacitados deberían concentrarse en las cosas que su discapacidad no les impida hacer y no lamentarse por las que no puedan hacer. En mi caso, he conseguido hacer la mayoría de cosas que quería. Visité la Unión Soviética en siete ocasiones.

La primera vez fui con un grupo de estudiantes entre los cuales uno, miembro de la Iglesia baptista, quería distribuir biblias en ruso y nos pidió que las entráramos en el país clandestinamente. Lo conseguimos sin que las detectaran, pero cuando estábamos saliendo las autoridades ya habían descubierto lo que habíamos hecho y nos detuvieron durante cierto tiempo. No obstante, acusarnos de entrar biblias clandestinamente habría provocado

un conflicto internacional y publicidad desfavorable, así que nos dejaron ir al cabo de unas horas.



Visitando el Templo del Cielo en Pekín. (*Créditos: Zhang Chao Wu*)

Las otras seis visitas fueron para ver a científicos rusos que en ese momento no podían viajar a Occidente. Tras la caída de la Unión Soviética en 1990, muchos de los mejores científicos se fueron a Occidente, así que no he estado en Rusia desde entonces.



Conociendo a la reina Isabel II con mi hija Lucy. (Créditos: Alpha/Globe Photos, Inc)

También he visitado Japón seis veces, China tres y he estado en todos los continentes, incluida la Antártida, excepto en Australia. He conocido a los presidentes de Corea del Sur, China, India, Irlanda, Chile y Estados Unidos. He dado una conferencia en el Gran Salón del Pueblo de Pekín y en la Casa Blanca. He estado bajo el mar en un submarino, en un globo aerostático y en un vuelo con gravedad cero, y tengo reserva para viajar al espacio con Virgin Galactic.



Experimentando la gravedad cero. (Créditos: Steve Boxall)

Mi primer trabajo demostraba que la relatividad clásica general no funcionaba en las singularidades en el Big Bang y los agujeros negros. Mi trabajo posterior ha demostrado que la teoría cuántica puede predecir lo que ocurre al principio y al final del tiempo. Me lo he pasado en grande estando vivo y dedicándome a la investigación en la física teórica. Soy feliz y he aportado algo a nuestra comprensión del universo.

F I N

¹ *Brief History of Time* se tradujo en español como *Historia del tiempo* (Crítica, 1988). (Nota del editor).