

## Prólogo

El físico norteamericano John Archibald Wheeler acuñó en 1967 el término “agujero negro” para referirse a una de las consecuencias más exóticas de las teorías de Einstein: una región del espacio que se comporta como una puerta giratoria de un solo sentido. Cualquier objeto que quepa por la puerta puede entrar en el interior del agujero negro, pero nada, ni siquiera la luz, puede salir.

Prácticamente al mismo tiempo comenzaban su andadura por las pantallas de televisión el capitán James T. Kirk y su inseparable álgter ego, el señor Spock, que conducían la nave estelar *Enterprise* en su exploración de la frontera del universo conocido. Lo interesante de esta coincidencia es que los guionistas de la serie *Star Trek* confrontan a los tripulantes de la *Enterprise* con lo que llaman una “estrella negra”, usando una terminología arcaica que estaba llamada a desaparecer en favor del mucho más sugestivo término acuñado por Wheeler. Sin duda, el físico les ganó por la mano a los guionistas de ciencia-ficción en su propio terreno. No en vano, los agujeros

negros retornan como estrellas invitadas a la serie en múltiples ocasiones, pero ya nunca se llamarán estrellas negras.

Gracias a la ciencia-ficción, los agujeros negros forman parte de la cultura popular. Todos estamos familiarizados con esa imagen del abismo cósmico en el que las naves espaciales pueden encontrar su dramático final, acompañado de toda suerte de situaciones paradójicas en el comportamiento del espacio y el tiempo. En esto, los modernos agujeros negros no son tan diferentes de los torbellinos marinos que abundaban en las historias de navegación del siglo XIX y anteriores. Hasta el formidable *Nautilus* de Verne sucumbió al Maëlstrom frente a las costas de Noruega.

En la ciencia-ficción posmoderna los agujeros negros o sus numerosas variantes de manipulación del espacio-tiempo son utilizados en auténticas “redes de metro” galácticas y desempeñan un papel menos protagonista, asumido tácitamente como parte del paisaje de accesorios tecnológicos de la trama.

Como veremos, los agujeros negros que existen realmente ahí fuera, que propician los fenómenos más violentos del universo desde el Big Bang, se parecen más a los abismos marinos del siglo XIX que a los AVE galácticos, pero esto no resta un ápice de la eterna fascinación que ejercen sobre los físicos, que en las últimas décadas han descubierto en ellos auténticas piedras filosofales de los fundamentos de la física. Nuestro propósito en este libro es levantar algunos de los velos de misterio que envuelven a los agujeros negros y dejar a la vista, siquiera levemente, los problemas de fundamentos que los rodean.

La historia de los agujeros negros en el ámbito de la ciencia es interesante en sí misma. A finales de los años sesenta, mientras Wheeler consuma el bautizo moderno, los agujeros negros no dejaban de ser unos objetos exóticos estudiados por un pequeño grupo de especialistas en la teoría de la

relatividad. El propio Einstein había mostrado una considerable indiferencia hacia la mera posibilidad de su existencia.

Pero después la historia ha sido muy distinta. El descubrimiento de fenómenos astrofísicos de muy alta energía, como los cuántares y los pulsares, ha colocado los objetos con campos gravitacionales extremos en el centro de atención de los astrónomos. Durante las décadas de 1960 y 1980, los agujeros negros pasaron del exotismo a la aceptación cotidiana en la mente de los astrofísicos de manera gradual. Finalmente, los progresos en instrumentación astronómica permitieron asomarse al mismo centro de las grandes galaxias, como nuestra propia Vía Láctea, y proporcionar evidencia de la existencia de agujeros negros gigantes con masas equivalentes a miles de millones de soles. El papel de estos monstruos en la vida de las galaxias, desde su nacimiento hasta su madurez, es una de las áreas de trabajo más activas en la astrofísica contemporánea.

En el terreno teórico, el trabajo de una nueva generación de físicos matemáticos, con los británicos Roger Penrose y Stephen Hawking a la cabeza, destapa un campo de riqueza insospechada que culminó en el gran descubrimiento de Hawking en 1975: el fenómeno de la evaporación cuántica de los agujeros negros. El propio Hawking se dio cuenta muy pronto de que este resultado encierra una paradoja que atenta contra los mismos fundamentos de la física, entendidos estos como los principios básicos de la relatividad y la mecánica cuántica. Durante las dos últimas décadas, la discusión de esta paradoja y su relación con la teoría de cuerdas ha dado lugar a una nueva idea que promete alterar la armonía de los principios básicos, sustituyéndolos por otra estructura que hasta ahora solo vislumbramos de forma parcial. Esta nueva hipótesis revolucionaria, asociada a los nombres de Gerard 't

Hooft y Leonard Susskind, se conoce como el “principio holográfico” y marcará el final de nuestro recorrido.

Hoy en día existen comunidades enteras de científicos dedicados al estudio de los agujeros negros, tanto en el ámbito de la astrofísica como en el de los fundamentos de la física. Se han vuelto, al fin, objetos de una familiaridad engañosa. Una especie de monstruos sutiles que esconden, detrás de su carácter extremo, la llave para descifrar los principios básicos de la física.

A lo largo de estas páginas trazaremos una panorámica en diagonal de este vasto campo de investigación, enfatizando los conceptos fundamentales a costa de gran parte del detalle. En un intento de satisfacer a los lectores más avanzados, hemos incluido una sección final en la mayoría de los capítulos con comentarios de carácter más técnico. Estas secciones, tituladas “Lo que sabemos” y “Lo que ignoramos”, constan de un conjunto de “píldoras informativas” sobre la frontera de la investigación en temas concretos.

Aunque el papel central de los agujeros negros en la astrofísica de alta energía requiere uno o varios libros por separado, aquí nos contentaremos con unos cuantos apuntes cualitativos sobre los problemas planteados en ese apasionante campo, dejando su desarrollo para una pluma más experta.

Los agujeros negros proporcionan el ejemplo más puro de un sistema físico dominado por la interacción gravitatoria, la fuerza de la naturaleza que gobierna el mundo a grandes distancias, la primera estudiada por la ciencia pero también la más misteriosa. Todos los físicos coinciden en que la próxima revolución de la física fundamental tendrá como epicentro la comprensión profunda de la fuerza gravitatoria. Hoy por hoy, los agujeros negros son el mejor laboratorio teórico del que disponemos para contrastar nuestras ideas especulativas.

Pero toda gran epopeya tiene unos comienzos modestos. Con frecuencia podemos echar la vista atrás y rastrear en las viejas teorías de nuestros ancestros los gérmenes de las nuevas ideas. Hemos decidido empezar así nuestro relato, remon-tándonos a unos ilustrados particularmente imaginativos...