

Nuestro viaje comienza en el interior de una botella de metal, pintada de rojo, situada en las afueras de la ciudad de Ginebra, en algún punto muy próximo a la frontera franco-suiza. Su contenido no podría resultar más vulgar a primera vista. Literalmente: consiste en hidrógeno gaseoso. Es el elemento químico más sencillo y abundante del universo. El más ligero también. Inodoro, insípido, invisible... A pesar de su carácter anodino, los átomos de hidrógeno que rebotan frenéticamente en el interior de esta botella están a punto de recrear, en un microteatro infinitesimal, los primeros instantes del universo.

Los preparativos se inician en una pequeña cámara, donde un campo eléctrico los despoja de sus electrones. Así, cada átomo de hidrógeno queda reducido a su mínima expresión, el núcleo atómico más simple: un protón. Su carga eléctrica positiva los hace sensibles a la fuerza electromagnética, que los someterá a los dictados del acelerador de partículas más potente del planeta. El Gran Colisionador de Hadrones (LHC) parece construido a golpe de hipérboles y bajo el lema olímpico *citius, altius, fortius*: «más rápido, más alto, más fuerte». Puesto en pie, como una rueda de carro, su diámetro de más de ocho kilómetros se

alzaría hasta la cumbre del Everest. De esta máquina superlativa se ha dicho con razón que es la más compleja que han construido los seres humanos y que sirve al experimento más difícil ensayado sobre la Tierra. O, mejor dicho, bajo su superficie, ya que sus detectores y gran parte de sus instalaciones se alojan en cavernas subterráneas, tan vastas que en ellas podrían acomodarse las naves y torres de una catedral gótica. A pesar de sus dimensiones, no hay nada tosco en el LHC, una herramienta hipersensible, que acusa el influjo de la Luna o la sacudida de un terremoto en las antípodas. Se trata de una sonda diseñada para escrutar el espacio con una resolución de una milmillonésima de milmillonésima de metro, una escala a la que un grano de arena se antojaría del grosor de la Vía Láctea.

El anillo del LHC alberga dos conductos circulares dispuestos en paralelo. Los protones penetran en ellos dividiéndose en dos haces y los recorren en sentidos opuestos. Allí rozan la velocidad de la luz y completan más de once mil vueltas en un segundo. Un protón que escapase del acelerador llegaría hasta Júpiter en poco más de media hora (un avión comercial invertiría casi un siglo en hacer el mismo trayecto). El destino de los haces que recorren el anillo es una colisión frontal. En el momento de chocar, los protones experimentan un atisbo de cómo era el universo una billonésima de segundo después del Big Bang. A una temperatura de diez mil billones de grados, los quarks y gluones disfrutaban de una efímera libertad, antes de que la interacción fuerte los confine de nuevo dentro de partículas más complejas, como el protón o el neutrón. Joseph Incandela, portavoz de uno de los experimentos del LHC, compara la hazaña de lograr un blanco en el acelerador con «disparar dos agujas de punto desde extremos opuestos del Atlántico y lograr que choquen a mitad de camino». ¿Cuál es el propósito de esta formidable exhibición de virtuosismo tecnológico?

Se puede considerar el LHC como la versión moderna del crisol de los alquimistas. En sus entrañas, la relatividad y la mecánica cuántica facilitan transmutaciones que, por comparación, hacen que la legendaria conversión del plomo en oro parezca un juego de niños. A partir de la energía que la colisión entre

protones focaliza en un punto, quizá acuñe partículas de materia oscura, o partículas supersimétricas, o quizá ponga de manifiesto nuevas interacciones fundamentales o exponga dimensiones ocultas. O quizá no se concrete ninguna de estas posibilidades y afloren fenómenos imprevistos, que desafíen nuestra comprensión de los estratos más profundos de la naturaleza.

Antes de internarse en *terra ignota*, el primer cometido del LHC fue confirmar una predicción hecha hace más de medio siglo: la existencia de una partícula singular, distinta a todas las demás conocidas. La entrevió por primera vez el físico británico Peter Higgs en 1964. Poco podía imaginar que las ecuaciones que apuntaba entonces en hojas sueltas de papel, o en la superficie de una pizarra, conjurarían una partícula hipotética que, décadas después, desataría una cacería experimental en la que se implicarían millares de físicos e ingenieros. Tom Siegfried, antiguo redactor jefe de la revista *Science News*, resumía así su importancia: «Durante más de tres décadas, el Higgs ha supuesto para los físicos lo mismo que el Santo Grial para el rey Arturo, la fuente de la eterna juventud para Ponce de León o Moby Dick para el capitán Ahab. Ha sido una obsesión, una fijación, el apego a una idea de cuya verdad no dudaba casi ningún experto».

Existen dos tipos de experimentos revolucionarios, los que demuestran teorías en las que casi nadie cree y los que refutan verdades que la mayoría daba por sentadas. «Si no se observa nada», opinaba John Ellis, uno de los popes de la física de altas energías, «en cierto sentido, querrá decir que los teóricos nos hemos pasado los últimos treinta y cinco años soltando chorradas». Stephen Hawking apostó cien dólares a que no se descubriría la partícula de Higgs. A su juicio, la física sería mucho más interesante sin ella. ¿Lograrían atraparla los detectores del LHC? ¿Sería un mito inalcanzable o una tangible, aunque elusiva, ballena blanca?

El llamado mecanismo de Higgs se introdujo a mediados de la década de 1960 por razones técnicas, para reparar una avería en el modelo estándar, un sofisticado entramado teórico que explica con un detalle asombroso el comportamiento de tres de las cuatro fuerzas fundamentales de la naturaleza, el electromagnetismo, la interacción débil y la interacción fuerte. La primera piedra del

modelo se colocó poco después de concluida la Segunda Guerra Mundial. Ironías del destino, fue obra de dos estadounidenses y un japonés: Richard Feynman, Julian Schwinger y Sin-Itiro Tomonaga. De manera independiente, concibieron la electrodinámica cuántica (EDC), que describe con un lenguaje cuántico y relativista las interacciones entre la luz y cualquier partícula con carga eléctrica. Richard Feynman la denominó «la joya de la física» por la precisión casi sobrenatural de sus predicciones.

Los físicos teóricos intentaron repetir su rotundo éxito. Para ello diseccionaron la EDC y creyeron identificar el secreto de su mecánica en un grupo de simetrías matemáticas, que parecían dictar la forma de sus ecuaciones. Al trasplantar el mismo principio de diseño a las enigmáticas fuerzas que gobernaban el núcleo de los átomos, obtuvieron teorías elegantes y sugestivas, pero que se despegaban por completo de la realidad. Las ecuaciones dibujaban un universo utópico, donde todas las partículas elementales carecían de masa, como los fotones, y viajaban a la velocidad de la luz. El mundo material, tal como lo conocemos, con su jerarquía estructural de átomos, moléculas, cristales o células, resultaba inviable. No existía ningún soporte sobre el que se asentara la vida.

El mecanismo de Higgs se proyectó como una extensión del modelo estándar, que anclaba la teoría a la realidad observada. Al introducir una nueva partícula (en realidad, como veremos, un nuevo campo cuántico), se subvertían las reglas del juego y emergían las partículas masivas conocidas. La mayoría de los físicos aceptó lo evidente: el mecanismo funcionaba sobre el papel, pero algunos lo tacharon de mero artificio matemático, porque no parecía derivarse de la lógica interna del modelo estándar. Para zanjar la cuestión, tanto los partidarios como los detractores de la idea se sometieron al dictamen de la naturaleza, que debía pronunciarse a través de experimentos. Si el mecanismo operaba de verdad en el ámbito subatómico, tenía que dejar un rastro: la partícula de Higgs.

A mediados de la década de 1980, después de una espectacular sucesión de hitos experimentales que coronaron al modelo estándar como el oráculo que nunca se equivocaba, el Higgs entró en la

agenda de los mayores aceleradores del mundo. Tanto el LEP del CERN como el Tevatrón del Fermilab estadounidense se apuntaron a la caza mayor del Higgs. La partícula eludió con tenacidad todas las batidas organizadas durante más de una década. De existir, había que invertir más energía para materializarla. En diciembre de 1994 el Consejo del CERN dio luz verde a la construcción del LHC. Una obra faraónica sin el respaldo autoritario de ningún faraón, puesta en pie gracias a la cooperación internacional de setenta países y al esfuerzo de diez mil ingenieros y científicos.

El esperado anuncio se produjo por fin el 4 de julio de 2012: después de más de mil billones de colisiones, el LHC había registrado la actividad de una partícula desconocida. Dentro del grado de precisión alcanzado, resultaba indistinguible del Higgs del modelo estándar. El júbilo que desbordó el auditorio del CERN pronto se contagió al resto de la comunidad de físicos. Fuera de este exclusivo círculo de iniciados, los curiosos se hallaron en la situación de quien, paseando por la calle, se siente atraído por la música, las luces y las risas de una fiesta y, al querer unirse a la diversión, tropieza con un portero que le corta el paso de malos modos. En este caso, la barrera es conceptual. Con el paso del tiempo, la física teórica se ha ido remontando hasta alturas cada vez más enrarecidas. De la teoría de la relatividad se dijo en su día, sin ningún fundamento, que solo podían entenderla tres personas en el mundo. La mecánica cuántica redujo ese número drásticamente a cero. Al menos, si definimos «entender» un fenómeno como interpretarlo estableciendo equivalencias con experiencias de la vida cotidiana.

Se han urdido toda clase de analogías para explicar al común de los mortales qué demonios es el campo de Higgs. Todas ellas encierran un innegable elemento de verdad y, al mismo tiempo, son absolutamente falsas. La culpa no la tienen las analogías, sino los hilos conceptuales que arman el modelo estándar: los campos cuánticos. Cuando los físicos hablan de partículas, como un electrón o un bosón de Higgs, en realidad se refieren a fenómenos que acontecen en el seno de los campos. Estas criaturas físico-matemáticas son hijas de la relatividad especial y de la mecánica cuántica y su naturaleza híbrida desafía cualquier poder de vi-

sualización. Con todo, en su origen los campos no mostraban un rostro tan hermético. En el primer capítulo del libro partiremos de los campos clásicos, mucho más intuitivos, para luego forzar a cámara lenta su metamorfosis cuántica. En el segundo, contaremos cómo, una vez cuantizados, tomaron la física teórica al asalto, durante la revolución de la EDC. El curso inesperado que siguieron los esfuerzos por extender su exitoso modelo al resto de fuerzas fundamentales nos conducirá a un callejón sin salida. Momento en el que el campo de Higgs hará acto de presencia.

En el tercer capítulo nos detendremos en el mecanismo de Higgs, que no tiene las mismas implicaciones para las partículas elementales que para la materia ordinaria. La mayor parte de nuestra masa no se debe al Higgs, sino al pandemónium energético que reina en el interior de neutrones y protones. Dedicaremos el cuarto capítulo a examinar por qué los físicos creen en este microcosmos tan ajeno y desconcertante, dominado por campos cuánticos, que han concebido no por capricho sino por necesidad, después de descartar alternativas mucho más agradables a la intuición. La historia del campo de Higgs es la historia del modelo estándar y esta teoría se ha escrito tanto en las pizarras como en los laboratorios; en particular, en los aceleradores de partículas. Trataremos de comprender qué es exactamente lo que han querido buscar (o refutar) los físicos experimentales, cómo lo han hecho y qué han averiguado.

Sin duda, el LHC ha cumplido las expectativas depositadas en él. Ha encontrado lo que se esperaba que encontrase. ¿Hallará lo inesperado? Poco después del anuncio del 4 de julio, uno de los arquitectos del modelo estándar, Steven Weinberg, expresaba una cierta inquietud acerca del futuro: «Tuve una pesadilla en la que el CERN descubría el Higgs y después nada más. Por satisfactorio que resulte descubrir la partícula de Higgs, no proporciona ninguna pista acerca de cómo ir más allá del modelo estándar». El punto de llegada se ha convertido en un nuevo punto de partida. La exploración está lejos de concluir.