

Descubrimiento de la partícula de Higgs

Por Gabriel González Sprinberg*

Hace poco más de un mes se anunció una noticia que quedará grabada en la historia de la ciencia. Ese día, el 4 de julio, el Laboratorio Europeo para Física de Partículas, CERN, expuso las evidencias de un descubrimiento que es central para entender la materia: la partícula de Higgs.

Esta partícula fue detectada, en forma independiente, en dos experimentos llamados ATLAS y CMS del Gran Colisionador de Hadrones o LHC, de acuerdo a sus siglas en inglés. En estos dos detectores gigantes se observaron las trazas dejadas por algunas decenas de partículas de Higgs producidas en los 800.000 millones de colisiones entre protones realizadas desde la inauguración del LHC en el 2008.

La famosa partícula ocupa un lugar central en la teoría que describe la estructura microscópica de la materia: el Modelo Estándar. Esta teoría utiliza la Relatividad Especial (creada por Albert Einstein) y la Mecánica Cuántica (creada por Heisenberg, Schrödinger y otros) y nos permite entender al electromagnetismo a escalas microscópicas, a las interacciones débiles (responsables en parte de la radioactividad) y a las fuerzas nucleares.

El Modelo Estándar, verificado en miles de experimentos en el siglo XX y que describe con gran precisión a las partículas elementales incluye entre sus mecanismos teóricos (pero también en sus predicciones experimentales) a la partícula de Higgs. Esta última, conjeturada por el físico inglés Peter Higgs y otros cinco científicos, en 1964, es la responsable de dar la masa a las demás partículas elementales. ¿Qué significa esto?

Masa

Todos tenemos una idea intuitiva acerca de la masa. Sabemos que está directamente relacionada con la facilidad con la que nos movemos (inercia) y que da origen a la atracción gravitatoria, cuya manifestación más corriente es el peso y el movimiento de los planetas alrededor del Sol. La física ha desentrañado desde principios del siglo XX la estructura microscópica de la materia y sabemos que está compuesta de átomos. Éstos, a su vez, están compuestos de electrones moviéndose alrededor de un núcleo compuesto de protones y neutrones.

En el siglo XX la lista de partículas microscópicas, además de las mencionadas, es de varios cientos pero unas pocas de ellas son los constituyentes fundamentales: los llamados leptones (entre los que el electrón es el más conocido) y los quarks (que son los componentes elementales de protones y neutrones, por ejemplo). Todas las partículas que conocemos son leptones, quarks o agregados

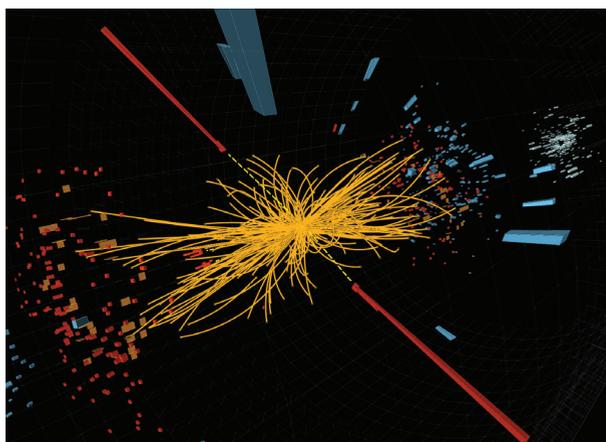


Imagen de la traza dejada por una partícula de Higgs en el detector CMS: cada línea amarilla es una partícula creada en la colisión y las líneas rojas son fotones producidos por la partícula de Higgs (Imagen: CERN)

de estos últimos. Además, las fuerzas entre las partículas, fuerzas eléctricas y magnéticas, las fuerzas responsables de la radioactividad y las fuerzas entre quarks (que dan origen a la fuerza nuclear que mantiene unidos a protones y neutrones en los núcleos) se ejercen por medio de partículas que los físicos hemos llamado mediadoras de las fuerzas fundamentales. El fotón, por ejemplo, que es la partícula de la que está compuesta la luz, es el mediador de las fuerzas eléctricas y magnéticas: las partículas con carga eléctrica se ejercen fuerzas las unas a las otras intercambiando fotones.

El Modelo Estándar está construido a partir de las simetrías y leyes que se observan en todos los procesos entre partículas, en los que participan leptones, quarks y las partículas mediadoras. Sin embargo, la masa de cada una de estas partículas elementales es imposible incluirla en el modelo ¡sin inconsistencias! (desde el punto de vista matemático). Los términos en las ecuaciones que dan cuenta de la masa de las partículas son incompatibles con las simetrías fundadoras del Modelo Estándar.

En cambio, las ideas desarrolladas por Higgs permiten incluir en forma consistente a la masa de las partículas elementales en el contexto de esta teoría tan exitosa, pero

al costo de postular una nueva partícula elemental: Higgs. El mecanismo por el cual las partículas adquieren masa gracias a las partículas de Higgs se llama mecanismo de Higgs y puede entenderse cualitativamente con una analogía: así como todos hemos experimentado la dificultad de movernos en el agua, como si en ella tuviésemos mucha más masa, de la misma forma las partículas elementales reciben su masa de la fuerza que las partículas de Higgs les ejercen.

¿Partícula divina?

La partícula de Higgs, cuya idea fue conjeturada hace cerca de 50 años, no ha podido ser detectada directamente hasta hace pocos días. El curioso nombre con el que a veces se la nombra, partícula divina, tiene origen en un libro del premio Nobel León Lederman. El libro debía llamarse "La partícula maldita" (*The goddamn particle*), y hacía referencia a la dificultad para detectarla. El editor consideró que el nombre no era adecuado y tachando *damn* resultó el título que da origen a ese ampuloso nombre.

Por un lado la partícula de Higgs tiene una gran masa, equivalente a la de 134 protones o un átomo de Cesio, pero además se produce con muy baja probabilidad en las colisiones. Para producirla y detectarla ha sido necesario construir el enorme acelerador LHC que se encuentra en la frontera entre Suiza y Francia en las afueras de la ciudad de Ginebra. Allí se aceleran protones hasta velocidades muy cercanas (99.999997%) a la velocidad de la luz (velocidad máxima en la naturaleza) y se los hace circular en dos haces en sentidos opuestos en un largo túnel de 27 km de longitud y aproximadamente a 100 metros de profundidad.

En los cuatro lugares de ese túnel donde se producen los choques hay gigantescos detectores: ATLAS, CMS, ALICE, LHCb. Estos dispositivos pesan miles de toneladas y han sido diseñados para cumplir funciones específicas. Los dos primeros están dedicados a la partícula de Higgs y al descubrimiento de nuevas partículas. ALICE estudia las propiedades de la materia en colisiones de núcleos de plomo a gran energía que reproducen las condiciones de la materia en los primeros instantes luego del *Big Bang*. Finalmente, el LHCb estudia las diferencias entre la materia y la antimateria.

$E=mc^2$

En este acelerador la famosa ecuación de Einstein, $E=mc^2$, es central. Esta ecuación nos dice que a partir de la masa podemos obtener una enorme energía, tal como ocurre corrientemente en el Sol o en los reactores nucleares. Pero también es posible el proceso inverso, producir materia a partir de la energía y esto es lo que sucede en cada colisión en el LHC. Allí se produce un enorme número de colisiones de protones por segundo (¡500 millones!) a alta energía (¡capaz de producir miles de protones!), y en cada una de estas colisiones se producen miles de partículas. Estas condiciones extremas hacen posible que en el LHC se produzcan partículas de Higgs: en las 800.000 millones de colisiones realizadas hasta el momento se han producido 200.000 Higgs, de los cuales ATLAS y CMS han podido detectar unas pocas



Detector de partículas ATLAS (Foto: CERN)

docenas. Tal como se explicó en la conferencia de prensa en la que se anunció el descubrimiento, esto equivale a encontrar en una piscina olímpica llena de arena los pocos granos que podemos tomar entre dos dedos.

El LHC está apenas en el comienzo de una gran aventura científica: nos asomamos a un mundo desconocido. Con los datos disponibles aún no sabemos cuáles son las propiedades de la partícula de Higgs. El mecanismo de Higgs se puede realizar de varias formas dando lugar a una o varias partículas de Higgs con diferentes propiedades y que, además, pueden implicar la existencia de nuevos fenómenos físicos. Es muy posible que en la naturaleza existan otras partículas fundamentales que desconocemos que pongan en evidencia nuevas fuerzas, o que muestren que el espacio en el que vivimos posee más de las tres dimensiones a las que estamos acostumbrados (arriba-abajo, adelante-atrás, izquierda-derecha), o que formen parte de la llamada materia oscura que de acuerdo a la astrofísica es la enorme mayoría de la materia del universo. El LHC va a poder responder, por la negativa o la positiva, a algunas de estas interrogantes en el futuro. El acelerador ha funcionado hasta ahora a la mitad de la energía de diseño y en el 2014 comienza la nueva etapa, en la que operará por un par de décadas. Los datos analizados hasta hoy son una ínfima parte de los que se producirán en el futuro. Este primer descubrimiento, la detección de la partícula de Higgs, es el primer éxito de esta increíble máquina, el LHC.

* **Gabriel González Sprinberg** es Doctor en Física, Profesor Titular del Instituto de Física de la Facultad de Ciencias, Uruguay e Investigador en física de partículas. Algunos de los resultados de sus trabajos acerca del Higgs y el quark Top se están investigando actualmente en los experimentos del LHC.

