CIENCIA

**¿Qué hay después del bosón de Higgs?**

**¿Es curioso y le gustaría saber cómo está hecho todo lo que vemos en el universo? El descubrimiento del bosón de Higgs es, si se confirman sus características, la pieza que faltaba para conseguirlo. Sin él no existiríamos. Pero ¿qué más sorpresas nos esperan?**

“¿Por qué se emocionó la gente con la relatividad de Einstein, cuando yo era un niño, allá por los años treinta? ¿Por qué la gente adora las buenas fotos de Saturno? ¿Por qué tantas personas se preocuparon tanto cuando Plutón fue degradado como planeta? ¿Por qué fascina la materia oscura y la energía oscura del universo?”, comenta el premio Nobel de Física Sheldon Lee Glashow al plantearse la repentina popularidad, todo un exitazo mundial, de una nueva partícula elemental, minúscula, pero esencial para comprender de qué estamos hechos, bautizada con el extraño nombre de bosón de Higgs y recién descubierta, o casi. El hallazgo, anunciado el pasado 4 de julio en el [Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN)](http://www.cern.ch), junto a Ginebra, culmina más de medio siglo de búsqueda científica con enormes esfuerzos de investigación en el mayor complejo de máquinas de experimentación científica que se ha construido jamás. Y ahora ¿Qué hay después Higgs? ¿Qué nuevos fenómenos de la naturaleza pueden surgir en el gran acelerador de partículas LHC y sus detectores, en los que el Higgs se ha hecho realidad por fin?

Los físicos, por supuesto, siguen en la brecha, intentado siempre desvelar los enigmas de la naturaleza. Y para ellos un descubrimiento es siempre un escalón más, nunca el final de la escalera. Pero a veces el hallazgo es tan importante que condiciona los siguientes pasos a dar. El bosón de Higgs no es una partícula cualquiera, dice Glashow, es la última pieza que faltaba en la teoría contemporánea que describe como están hechas las cosas, todo lo que vemos en el universo. “Y juega un gran papel”, añade, con su habitual entusiasmo este físico estadounidense de la [Universidad de Boston](http://www.bu.edu/)

“Sin el Higgs no existiríamos”, apunta el director del CERN, el alemán Rolf Heuer. “Cuando estudiamos los componentes más pequeños de la materia, abordamos las mayores preguntas del universo, y el bosón de Higgs nos dirá cómo las partículas fundamentales de las que todos estamos hechos adquieren su masa y, por tanto, permiten la existencia de cosas complejos, como los seres humanos”, comenta.

Heuer fue quién presentó, [el 4 de julio,](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/07/04/actualidad/1341384264_933365.html) en el auditorio del CERN y con transmisión por internet a todo el mundo, las charlas de Joe Incandela y Fabiola Gianotti, los portavoces de los dos enormes detectores [Atlas](http://atlas.web.cern.ch/Atlas/Collaboration/) y [CMS](http://cms.web.cern.ch/) en los que habían por fin aparecido las huellas del ansiado bosón de Higgs. Daniel Froidevaux dice que “fue un momento mágico”. Para este físico suizo que empezó a proyectar y trabajar en el experimento Atlas hace 25 años “ha sido una suerte inmensa, porque nadie te puede garantizar que en tu vida profesional vayas a presenciar un descubrimiento así”. Se emocionó, reconoce, hasta las lágrimas, el 4 de julio, pero ya mira hacia adelante, como todos los expertos, confiando en que el LCH proporciones señales de un universo desconocido. Ese es realmente el objetivo del gran acelerador, dice.

La idea básica de este tipo de máquinas (y el LHC es la más potente jamás construida) es hacer chocar frontalmente partículas –protones, en el acelerador de Ginebra- aceleradas hasta casi la velocidad de la luz de manera que en las colisiones y, siguiendo las leyes de la física, formen otras partículas, casi siempre conocidas, pero a veces, muy de vez en cuando, nuevas, como el bosón de Higgs.

Encontrar el famoso bosón ha sido muy difícil, “como dar con un tipo especial de copo de nieve en una gran nevada”, señala Heuer.

Pero pueden desvelarse más secretos de la naturaleza. Nuevas familias de partículas que ahora solo son hipótesis de los teóricos, incluso huellas de nuevas dimensiones espaciales que puedan existir además de las tres en las que vivimos (alto, ancho y largo) y que estén escondidas en el microcosmos, son algunas posibles piezas a cazar en el CERN en los próximos años.

Conviene hacer un somero repaso de cómo es y cómo funciona el microcosmos. La materia de nosotros mismos, de todo lo que nos rodea y lo que vemos en el cosmos, incluidos planetas, estrellas y galaxias, está formada por partículas elementales gobernadas por fuerzas fundamentales. Los átomos son objetos compuestos por un núcleo rodeado de electrones (que parecen ser partículas fundamentales, indivisibles), y el núcleo esta hecho de protones y neutrones (en muchos casos), a su vez formados por quarks, estos si indivisibles (por lo que ahora se sabe). Pues bien, los físicos, a lo largo del siglo XX y con la estrategia eficaz de combinar observaciones, experimentos y teorías que los expliquen, han logrado describir esas partículas y sus interacciones en el llamado Modelo Estándar (MS), verificado y comprobado con una precisión enorme.

“El bosón de Higgs nos dirá cómo las partículas adquieren su masa y permiten la existencia de cosas complejas”

El modelo estándar describe las partículas elementales y como funcionan. Es un poco como un kit con distintas piezas y las instrucciones para montarlas. Las piezas son las partículas que constituyen la materia y las instrucciones describen como funcionan, es decir las fuerzas entre ellas, que curiosamente, consisten en intercambios también de partículas. Las piezas son 12 partículas (como los quarks o los electrones) organizadas en tres familias, y las fuerzas de interacción del MS son también tres: el común electromagnetismo, la fuerza débil responsable de las desintegraciones radiactivas y la fuerza fuerte que mantiene unidos los quarks en los protones y neutrones del núcleo atómico.

Pero el MS no es perfecto y una de sus deficiencias importantes, además de no lograr acomodar en ella la cuarta fuerza, la gravedad, es su incapacidad de explicar por qué unas partículas tienen masa y otras no, y por qué las primeras tienen masas diferentes. Y aquí se incorporó el bosón de Higgs al MS como solución teórica, hace casi medio siglo. Esta partícula es la manifestación del denominado campo de Higgs con el que interaccionan más o menos intensamente las partículas que tienen masa, y nada las que no la tienen (como el fotón de la luz). Este mecanismo fue propuesto por varios físicos teóricos (el británico Peter Higgs, entre otros), pero ha sido muy difícil comprobar si era correcto, si la naturaleza funciona realmente así, y sólo con el descubrimiento experimental del bosón concreto empiezan a aclararse las cosas.

La partícula que los físicos de Atlas y CMS anunciaron el 4 de julio es un bosón (un tipo de partículas) y muy posiblemente el que se estaba buscando, pero los expertos no están aún seguros, así que lo primero es estudiarlo con más detalle y salir de dudas. “Determinar si es exactamente esa partícula o si hay más bosones de Higgs adicionales requerirá analizar los datos del LCH durante las próximas una o dos décadas y el estudio, probablemente, continuará en un futuro acelerador diseñado especialmente para medir con alta precisión sus propiedades”, dice Aurelio Juste Rozas, investigador del [Instituto de Física de Altas Energías (IFAE, en Barcelona)](http://www.ifae.es/es) y miembro del experimento Atlas.

También considera que la cosa llevará tiempo Marcos Cerrada, del [Ciemat](http://www.ciemat.es/), físico del CMS. “Pero si se trata precisamente del bosón de Higgs, sabemos perfectamente qué características debe tener”, añade.

Igualmente pide paciencia Froidevaux: “A finales de ese año sabremos un poco más, pero bien podemos tardar diez años en caracterizar el nuevo bosón y verificar que sus propiedades son compatibles con el Modelo Estándar”. De manera que el camino inmediato a seguir con el LHC esta claro, no así lo que se puede descubrir.

“El LHC tiene mucho recorrido. La nueva etapa que aumentará la energía nos abre una región inexplorada”

Hay que tener presente que el descubrimiento “se ha alcanzado mucho antes de lo esperado inicialmente tras analizar tan solo un 1% de las datos que se esperan acumular con este acelerador, lo cual es prometedor de cara a unos futuros descubrimientos que puedan estar aguardándonos”, advierte Juste Rozas.

El LHC seguirá funcionando hasta diciembre; luego, a principios de 2013 se apagará para realizar, durante dos años, las adaptaciones necesarias antes de encenderlo de nuevo a finales 2014 con el doble de energía. “Yo no esperaría otro gran descubrimiento antes del próximo diciembre, pero yo no decido, decide la naturaleza, así que uno nunca sabe…”, reconoce Heuer.

“Después del Higgs, ¿El diluvio?”, se pregunta con ironía el físico teórico del CERN Luis Álvarez Gaumé. “Esperemos que sea un diluvio lleno de sorpresas y descubrimientos nuevos. El análisis de lo que podría ser la partícula de Higgs continúa y hay que poner mucha atención para ver si existen anomalías sistemáticas en los datos que indiquen de forma indirecta la existencia de una realidad más allá de la que conocemos”.

Lo interesante de la física de partículas a principios del siglo XXI es que si es asombroso lo mucho que conocen y entienden los científicos de cómo es el universo en sus componentes más elementales, más asombroso aún es lo muchísimo que desconocen y que intenta desvelar con teorías e hipótesis y, necesariamente, con experimentos que demuestren su veracidad. Se refieren a todo esto como “nueva física”, porque saben que el Modelo Estandar, por bien que funcione, no es la última palabra, no es perfecto, dejan cabos sueltos…. Luego no puede ser la descripción definitiva del mundo subatómico.

“Personalmente espero que si hay otro descubrimiento sea una sorpresa, algo que no esperamos, pero tengo muchas esperanzas de encontrar indicios, por ejemplo, de partículas supersimétricas”, dice Incandela. “La filosofía es no dejar ninguna piedra sin levantar: buscamos indicios de partículas supersimétricas, indicación de dimensiones extra, una cuarta generación de partículas, etcétera. Se busca sistemáticamente lo esperado por todo tipo de teorías, pero también lo inesperado, intentado simplemente observar desviaciones de las predicciones del modelo estándar”, apunta Martine Bosman, del IFAE.

De esas partículas supersimétricas no ha aparecido aún señal alguna en los experimentos, pero abundan en las discusiones entre los físicos teóricos, en los artículos científicos, los congresos y las charlas en las instituciones de física de todo el mundo, incluido el CERN. Se trata de un nuevo modelo teórico que engloba al Modelo Estándar y que supera en parte sus limitaciones. Y, según las predicciones de esas teorías supersimétricas, llamadas SUSY, debe existir todo un conjunto de nuevas partículas primas de las ya conocidas, pero con características propias, denominadas supersimétricas. Nadie sabe si realmente existen, ni siquiera aparecerían en los experimentos del gran acelerador de Ginebra, caso de existir. Pero se buscan con ahínco. “El LHC tiene mucho recorrido todavía: la etapa siguiente en la que se aumentará la energía, nos abre una nueva región inexplorada hasta ahora”, avanza Cerrada.

Hay numerosos laboratorios en el mundo donde los científicos se afanan en la exploración del universo subatómico, pero el CERN, con su LHC y sus magníficos detectores, es ahora el centro indiscutible de la física de partículas internacional. En el Atlas y en el CMS trabajan (en cada uno) unos 3.000 físicos, ingenieros y técnicos, incluido un buen porcentaje de jóvenes haciendo su doctorado que serán los que explotarán a fondo las capacidades de estas instalaciones y tendrá que desarrollar y construir las futuras. Han vivido el hito histórico del bosón que probablemente es el Higgs del Modelo Estándar, pero con el descubrimiento se abren nuevas ventanas para mirar más lejos. Y no hay que perder de vista los resultados de otros dos detectores del LHC (Alice y LHCb) no tan directamente enfocados a ese histórico objetivo de hallar la partícula causante de la masa, pero en los que pueden surgir sorpresas importantes.

“Tenemos muchas razones para creer que tiene que haber algo más allá del Higgs en la Naturaleza”, comenta Álvarez Gaumé. “Hay muchas cosas que no entendemos, como por ejemplo de qué está hecha la material oscura que se observa a nivel galáctico o por que estamos aquí, es decir (cómo es posible que haya materia y no antimateria), el origen de la masa de los neutrinos…. Muchas cosas que nos hacen pensar que queda mucho por descubrir. Lo difícil de responder es si el LHC u otros experimentos tienen la energía y el alcance para observar la nueva física que nos darían pistas sobre las respuestas a estos interrogantes”.

Cada vez más la exploración del microcosmos confluye con el macrocosmos, el universo entero, y los físicos teóricos apuntan lejos: “Como todo buen descubrimiento, el del Higgs implicaría un problema tan grande o mayor que el que resuelve, algo que a los físicos nos deleita”, dice Álvaro de Rújula, físico teórico del CERN y del Instituto de Física Teórica (UAM-CSIC). “Del mismo modo que aquí tenemos un campo gravitatorio que no vemos, pero que nos atrae hacia la tierra, habría un campo de Higgs permeando uniformemente el universo entero. Si lo que ahora comprobamos es, sin más, cierto, podemos estimar la contribución de dicho campo a la energía oscura del universo. El resultado es cincuenta y tantos órdenes de magnitud mayor que lo que los cosmólogos observan. Casi la mayor contradicción de todos los tiempos, un desastre maravilloso, como solo puede darse en la ciencia básica”.

Mientras tanto, entre los experimentales, los equipos del Atlas y del CMS continúan compitiendo ferozmente por ser los primeros en obtener los mejores datos y, a ser posible, los descubrimientos. “Pero el CERN no permite una competencia sin reglas, porque la competencia es buena excepto cuando la pagas con la calidad de los resultados”, advierte el veterano Froidevaux. De momento comparten la gloria de haber encontrado una pieza clave del universo.

“No me pregunta a quién debería darse el Premio Nobel por el descubrimiento”, concluye Glashow. “Yo creo que se lo merece el CERN: aunque mucha gente no sabe que, de acuerdo con la interpretación vigente del [legado de Nobel](http://www.nobelprize.org/), se puede dar el galardón a una institución y no sólo una o más personas individuales, como hasta ahora en Física”. Sería el máximo galardón de ciencias a repartir entre varios miles de personas.

## Más potente todavía

Acaban de estrenar hace poco el gran acelerador de partículas LHC, el más potente que se ha construido, y los físicos ya están planeando uno de más alcance aún. En realidad lo planeaban ya mucho antes incluso de terminar el LHC. Estos equipos de experimentación científica son tan complejos, tan novedosos, tan al límite de lo que se sabe construir y la tecnología permite desarrollar en cada momento, que los planes de científicos e ingenieros van siempre con la vista apuesta más allá del horizonte. Y precisamente ahora, a la que se preguntan. Y precisamente ahora, a la vez que se preguntan “después del Higgs qué”, emerge con fuerza la consiguiente “después del LHC qué”.

Desde luego se está pensando ya en aceleradores de mayor energía, más potentes, pero no solo. Los especialistas están barajando varias opciones porque el heredero del LHC podría ser conceptualmente muy diferente, pero también hay que elegir entre diferentes estrategias de seguir adelante en la exploración del universo subatómico. Tal vez se opte por una máquina de mayor energía o tal vez por una de mayor precisión para explorar los detalles de las nuevas partículas.

Cada opción conlleva inmensos retos tecnológicos y costes nada despreciables, por lo que nadie duda que, de nuevo, como en el caso del LHC, será un proyecto internacional único en él se darán cita, para diseñarlo, construirlo y utilizarlo, científicos, ingenieros y técnicos de todo el mundo.

El acelerador del futuro podría ser una versión avanzada del LHC (y ocupar su mismo túnel de 27 kilómetros en la frontera franco-suiza). O podría ser algo totalmente diferente, una máquina lineal, en lugar de circular, de varios kilómetros de longitud (dependiendo de si se opta por una versión compacta o extendida). Incluso cabría hacer un acelerador de nuevo circular pero mucho más grande que el LHC, de unos 80 kilómetros de circunferencia, y para eso habría que excavar en algún lugar un túnel nuevo para alojarlo.

Queda mucho trabajo tecnocientífico por hacer y luego habrá que buscar el dinero para llevarlo de los planos a la realidad. Pero la vanguardia de la ciencia y la tecnología piensan adelantándose a su tiempo y a las coyunturas económicas.