

EL BOSÓN DE HIGGS, EL MÁS GRANDE HALLAZGO CIENTÍFICO DEL 2012

Luis Félix Jordán Delgado (*)

Resumen.

Encontrar el Bosón de Higgs ayudaría a explicar el origen de la masa, una de las preguntas abiertas de los Físicos actuales en la comprensión para entender la forma en que funciona el Universo. Ellos saben que las partículas elementales como los quarks y los electrones son la base sobre la cual se construye toda la materia del universo. Los Físicos creen que el Bosón de Higgs es la partícula que da a toda la materia su masa (Cantidad de materia en los sentidos de gravedad e inercia).

INTRODUCCIÓN.

El descubrimiento del bosón de Higgs puede aparecer como algo interesante desde el punto de vista científico pero muy alejado de los intereses del gran público mundial, que no vislumbrará la importancia de este hecho para Europa, pese a lo que significa el emprender una empresa común que ha exigido muchos esfuerzos humanos y económicos a lo largo de varias décadas para un principal objetivo, que es el conocimiento más profundo de nuestro universo. Sin perjuicio de que esta búsqueda conduce inexorablemente a la creación y desarrollo de múltiples tecnologías.

En efecto, el diseño y construcción del gran acelerador de protones del CERN en Ginebra ha sido un gran desafío cuyo objetivo fundamental es puro conocimiento. Entender cómo se originaron masas diferentes a nivel elemental, reproducir condiciones similares a las que se dieron en el origen del universo, contestar a la pregunta de por qué en nuestro universo

las cosas están hechas de materia y no de antimateria, cuándo y cómo se rompió esa simetría materia-antimateria, son preguntas que se quieren contestar. En general se puede decir, que el objetivo del gran acelerador es buscar la simetría perdida y entender cómo la diversidad de la materia puede conformarse en una visión unitaria. En otras palabras, en búsqueda de la belleza.

Construir un acelerador de 27 kilómetros de perímetro en un túnel a 100 metros bajo tierra requiere tecnologías sofisticadas, imanes superconductores que a su vez requieren bajas temperaturas que en este caso alcanzan los -271 grados. No hay ningún sitio en el universo con tan bajas temperaturas y en las colisiones se llegan a producir temperaturas cien mil veces superiores a las del interior del Sol. Igualmente se necesita ultra vacíos para evitar que los protones puedan chocar con impurezas y estropeen los haces. (ver foto 1).

(*) Físico. Profesor Asociado del Departamento de Estado Sólido, Facultad de Ciencias Físicas de la UNMSM.

En los cuatro lugares donde se producen las colisiones están colocados los detectores compuestos por diversa instrumentación. El volumen que ocupa es equivalente a un edificio de ocho pisos. Por todo ello se requiere el ingenio de muchos ingenieros y científicos a lo largo de muchos años apoyados por la sociedad, que a través de sus Gobiernos han contribuido económicamente. Ha sido Europa, a través de los 20 países miembros, la que ha hecho posible esa empresa.

construcción del gran acelerador ha permitido desarrollar tecnologías de información con la creación del Grid Computing, ampliamente usado ya en otros campos, tecnologías de vacío, aplicaciones de aceleradores en industria, soldaduras de precisión, ensamblaje mecánico, mejora de rendimientos en placas solares, posible utilización de aceleradores de protones e iones para quemar determinados tumores, etc., además de una larga lista de aplicaciones.

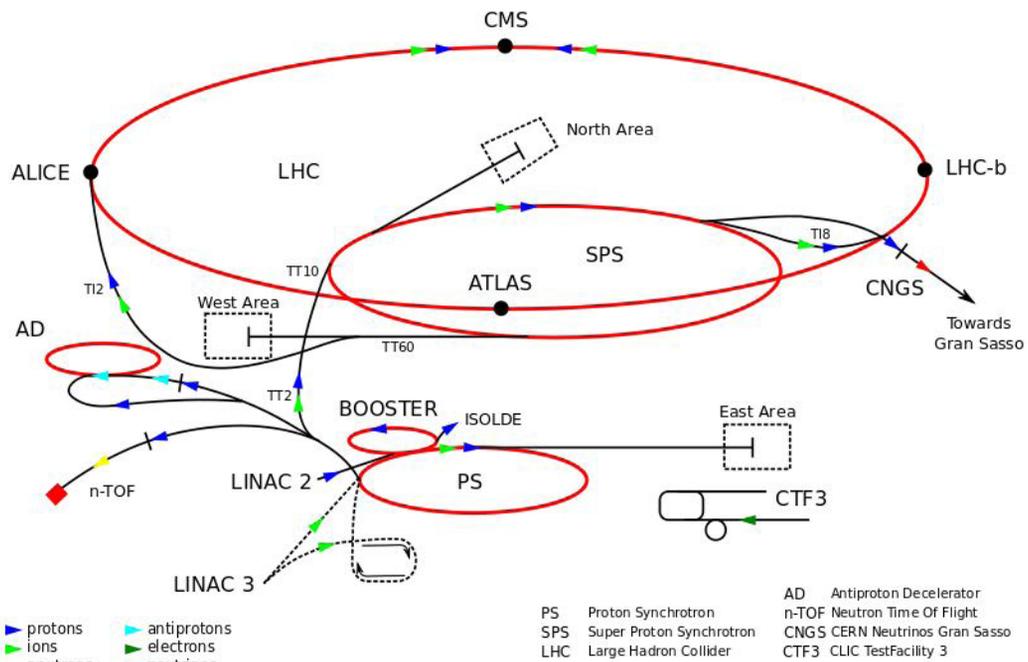


Foto 1 (Plano del LCH Junto con el SPS en el CERN)

Otros sitios del mundo lo intentaron pero no lo consiguieron. Estados Unidos empezó a construir un gran acelerador con el mismo objetivo, pero no fueron capaces de llevarlo adelante después de haber gastado 1.500 millones de dólares.

Por una vez, en lugar de ser la Europa de los mercaderes, esta es la Europa del conocimiento. La búsqueda de ese conocimiento ha dado lugar a la creación de múltiples tecnologías siguiendo la tradición del campo de la física de partículas. No hay que olvidar que en el CERN se desarrolló Internet o que de este campo surgió muy diversa instrumentación médica como los escáneres, PET, gammagrafía, NRM. Ahora, la

1. LA IMPORTANCIA DE LA BÚSQUDA DEL BOSÓN DE HIGGS.

Los Científicos del Consejo Europeo de Investigación Nuclear (CERN) anunciaron el día 04 de Julio de 2012 de haber encontrado el Bosón de Higgs, una partícula nunca antes vista que se cree que es un elemento fundamental del Universo. Los expertos manifestaron que encontrar la esquiava partícula sería uno de los mayores logros científicos de los últimos cincuenta años.

¿QUÉ ES EL BOSÓN DE HIGGS?

Es un tipo de partícula elemental que se cree tiene un papel fundamental en el mecanismo por el que se origina la masa

en el Universo. La confirmación o refutación de su existencia es uno de los objetivos del Gran Colisionador de Hadrones (LHC), el mayor y más potente acelerador de partículas del mundo que opera en el Laboratorio del Centro Europeo de Física de Partículas (CERN) en la frontera franco-suiza, cerca de Ginebra.

El Modelo Estándar de la física de partículas establece los fundamentos de cómo las partículas y las fuerzas elementales interactúan en el universo. Pero la teoría fundamentalmente no explica cómo las partículas obtienen su masa.

Las partículas, o trozos de materia, varían en tamaño y pueden ser más grandes o más pequeñas que los átomos. Los electrones, protones y neutrones, por ejemplo, son las partículas subatómicas que conforman un átomo.

Los científicos creen que el bosón de Higgs es la partícula que da a toda la materia su masa (cantidad de materia en los sentidos de gravedad e inercia). Ellos saben que las partículas elementales como los quarks y los electrones son la base sobre la cual se construye toda la materia del universo. Ellos creen que el esquivo bosón de Higgs da a las partículas su masa y llena uno de los agujeros de la física moderna.

¿POR QUÉ ES TAN IMPORTANTE EL BOSÓN DE HIGGS?

Porque es la única partícula predicha por el Modelo Estándar de Física de Partículas que aún no ha sido descubierta. El modelo estándar describe perfectamente las partículas elementales y sus interacciones, pero queda una parte importante por confirmar, precisamente la que da respuesta al **origen de la masa**. Sin masa, el Universo sería un lugar muy diferente. Si el electrón no tuviera masa no habría átomos, con lo cual no existiría la materia como la conocemos, por lo que tampoco habría química, ni biología ni existiríamos nosotros mismos.

Para explicar esto, varios físicos, entre ellos el británico **Peter Higgs**, postularon en los años 60 del siglo XX un mecanismo que se conoce como el **campo de Higgs**. (Ver Foto 2)

Al igual que el fotón es el componente fundamental del campo electromagnético y de la luz, el **campo de Higgs** requiere la existencia de una partícula que es el componente, que los físicos llaman **bosón de Higgs**.

Desde cualquier alga microscópica hasta el mayor planeta de la galaxia, pasando por los propios seres humanos. Todo está formado por materia, por partículas elementales unidas por una especie de pegamento que conforma el Universo y todo lo conocido. Ese pegamento es el campo de Higgs, propuesto por el físico británico del mismo nombre en 1964 y que constituye la base del Modelo Estándar de la Física. Es lo que permite a las partículas básicas interactuar entre ellas y adquirir la masa. Pero para validar esta teoría era necesario que apareciera la partícula asociada al campo de Higgs, el bosón del mismo nombre. Y es lo que acababan de encontrar, con una certeza superior al 99,99994 %, los dos grandes experimentos del Laboratorio Europeo de Física de Partículas (CERN) dedicados a la búsqueda de la llamada partícula de Dios, la que explica cómo se forma la materia, el ATLAS y el CMS. Dicho de otra forma, la posibilidad de que lo hallado no se corresponda con lo esperado es de una entre tres millones.

¿CÓMO FUNCIONA EL MECANISMO DE HIGGS?

El bosón de Higgs es parte de una teoría propuesta primero por el físico **Peter Higgs** y otros en la década de 1960 para explicar cómo obtienen masa las partículas.

La teoría propone que un llamado campo de energía Higgs existe en todas partes del universo. A medida que las partículas pasan a toda velocidad en este

campo, interactúan y atraen a bosones de Higgs que se agrupan alrededor de las partículas en un número variable.

Imaginemos el universo como una fiesta de invitados relativamente desconocidos en la fiesta pueden pasar rápidamente a través del salón, desapercibidos, pero los invitados más populares atraen a grupos de personas (bosones de Higgs) que luego se moverían lentamente a través de la habitación.

La velocidad de las partículas que se mueven a través del campo de Higgs funciona de manera bastante parecida. Ciertas partículas atraerán grandes grupos de bosones de Higgs; y entre más bosones de Higgs atraiga una partícula, mayor será su masa.

El **campo de Higgs** sería una especie de continuo que se extiende por todo el espacio, formado por un incontable número de **bosones de Higgs**. La masa de las partículas estaría causada por una fricción o roce con el **campo de Higgs**, por lo que las partículas que tienen una fricción o un mayor roce con este campo poseerán una mayor masa.

¿QUÉ ES UN BOSÓN?

Las partículas subatómicas se dividen en dos tipos: **fermiones** y **bosones**.

Los fermiones son básicamente partículas de materia, pero a diferencia de los bosones, no todos los fermiones son partículas elementales. El caso más claro es el de los **protones** y **neutrones**; estas partículas son fermiones pero están compuestos de **quarks**, que, en nuestro nivel actual de conocimientos, sí se consideran como elementales.

Los fermiones se dividen en dos grupos: los quarks y los leptones. Esta diferencia se aplica debido a que los leptones pueden existir aislados, a diferencia de los quarks que se encuentran siempre en presencia de otros quarks. Los grupos de quarks no pueden tener carga de color

debido a que los gluones que los unen poseen carga de color.

Los fermiones son partículas que componen la materia, y los **bosones** portan las fuerzas o interacciones. Los componentes del átomo (electrones, protones y neutrones) son fermiones, mientras que el fotón, el gluón y los bosones W y Z, responsables respectivamente de las fuerzas electromagnéticas, nucleares fuertes y nucleares débiles, son bosones. (Ver foto 3).

*El Modelo Estándar de partículas elementales, con los bosones de gauge en la columna derecha. El **modelo estándar** de la física de partículas es una teoría que describe las relaciones entre las interacciones fundamentales conocidas y las partículas elementales que componen toda la materia.*

¿CÓMO SE PUEDE DETECTAR EL BOSÓN DE HIGGS?

El **bosón de Higgs** no se puede detectar directamente, ya que una vez que se produce se desintegra casi instantáneamente dando lugar a otras partículas elementales más familiares. Lo que se pueden ver son sus «huellas», esas otras partículas que podrán ser detectadas en el LHC. En el interior del anillo del acelerador colisionan protones entre sí a una velocidad cercana a la de la luz. Cuando se producen las colisiones en puntos estratégicos donde están situados grandes detectores, la energía del movimiento se libera y queda disponible para que se generen otras partículas. Cuanto mayor sea la energía de las partículas que chocan más masa podrán tener las resultantes, según la famosa ecuación de Einstein $E = mc^2$.

Debido a que la teoría no establece su masa sino un amplio rango de valores posibles, se requieren aceleradores muy potentes para explorar este nuevo territorio de la Física. El LHC es la culminación de una «escalada energética» dirigida a descubrir el **bosón de Higgs** en los aceleradores de partículas. Cuando alcance

su máxima potencia en el 2014, el LHC colisionará protones a una energía cercana a 14 teraelectronvoltios ($\text{TeV}=10^{12}\text{eV}$).

El **electronvoltio** (símbolo **eV**) es una unidad de energía que representa la energía cinética que adquiere un electrón cuando es acelerado por una diferencia de potencial de 1 voltio.

Actualmente, funciona a algo más de la mitad, 8 TeV. En cualquier caso, si existe, la **partícula de Higgs** se producirá en el LHC. (Ver Foto 4)

¿CUÁNDO SE SABRÁ SI SE HA ENCONTRADO EL BOSÓN DE HIGGS?

En Física de Partículas el concepto de observación se define estadísticamente en términos de desviaciones estándar o «sigmas», que indican la probabilidad de que un resultado experimental se deba a la casualidad en vez de ser un efecto real. Para conseguir una mayor significación estadística, y por tanto aumentar las probabilidades de observación, los experimentos necesitan analizar muchos datos. El LHC genera unos 300 millones de colisiones por segundo, por lo que la cantidad de datos a analizar es ingente.



Foto 2

Tres generaciones de la materia (fermiones)

	I	II	III	
masa --	2.4 MeV	1.27 GeV	171.2 GeV	0
carga --	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	0
espín --	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nombre --	arriba	encanto	cima	fotón
Quarks	4.8 MeV	104 MeV	4.2 GeV	0
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nombre --	abajo	extraño	fondo	gluón
Leptones	<2.2 eV	<0.17 MeV	<15.5 MeV	91.2 GeV
	0	0	0	0
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nombre --	neutrino electrónico	neutrino muónico	neutrino tauónico	bosón Z
Leptones	0.511 MeV	105.7 MeV	1.777 GeV	80.4 GeV
	-1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	± 1
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	1
nombre --	electrón	muón	taudón	bosón W

Bosones de gauge

El Modelo Estándar de partículas elementales, con los bosones de gauge en la columna derecha.

Foto 3

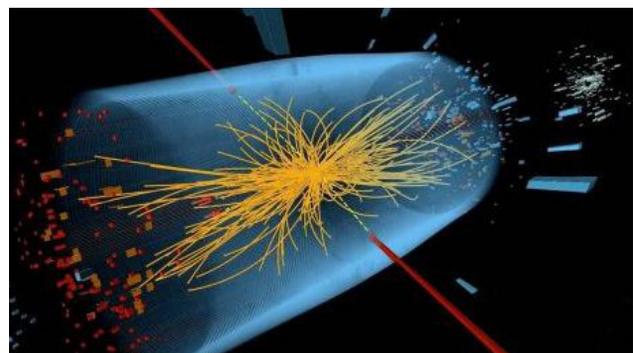


Foto 4

Se mide en **femtobarns** inversos, unidad que da idea de la cantidad de colisiones que se produce en un acelerador de partículas por unidad de área y tiempo (luminosidad).

Si una medida tiene cinco sigmas de nivel de certeza se habla de «observación». Para alcanzar cinco sigmas tendríamos que sacar cara más de 20 veces seguidas, una probabilidad menor de 0,00006 %. Para estar seguros de que una observación corresponde a un **bosón de Higgs** del Modelo Estándar y no a otra partícula diferente, será necesario estudiar en detalle y con más datos las propiedades de la nueva partícula. En concreto, si la forma en que se produce y se desintegra está de acuerdo con lo predicho por la teoría o no, lo cual sería aún más interesante.

¿QUÉ SABEMOS HASTA EL MOMENTO DEL BOSÓN DE HIGGS?

Búsquedas directas realizadas en anteriores aceleradores de partículas como el LEP del CERN y Tevatron, del Laboratorio Fermi de los Estados Unidos, establecieron que la masa del bosón de Higgs debe ser superior a los 114 GeV (Gigaelectronvoltios, $\text{GeV}=10^9\text{eV}$).

Un Gigaelectronvoltio equivale aproximadamente a la masa de un protón. Otras evidencias indirectas observadas en procesos físicos que involucran al bosón de Higgs descartaron una masa superior a 158 GeV.

Resultados sobre la búsqueda del bosón de Higgs en el LHC se presentaron en el CERN en diciembre del 2011, obtenidos a partir de cinco femtobarn inversos¹ de datos recopilados desde el 2010. Estos resultados mostraron que el rango de masas más probable está entre los 116 y los 130 GeV (gigaelectronvoltios), según el experimento ATLAS, y entre 115 y

127 GeV, según el experimento CMS. Lo más interesante es que los dos grandes experimentos del LHC vieron indicios de su presencia en la región comprendida entre los 124 y los 126 GeV.

¿QUÉ PASA SI SE DESCUBRE EL BOSÓN DE HIGGS?

Sería el comienzo de una nueva fase en la Física de Partículas. Marcaría el camino en la investigación de otros muchos fenómenos físicos como la **naturaleza de la materia oscura**, un tipo de materia que compone el 23% del Universo pero cuyas propiedades son completamente desconocidas. Este es otro reto para la disciplina y experimentos como el LHC.

¿QUÉ PASA SI NO SE DESCUBRE EL BOSÓN DE HIGGS?

No descubrir el **bosón de Higgs** en los parámetros establecidos en el Modelo Estándar obligará a formular otra teoría para explicar cómo las partículas obtienen su masa, lo que requerirá nuevos experimentos que confirmen o desmientan esta nueva teoría. Así es como funciona la ciencia.

BENEFICIOS PARA LA SOCIEDAD DE LA FÍSICA DE PARTÍCULAS

La tecnología desarrollada en los aceleradores de partículas tiene beneficios indirectos para la Medicina, la Informática, la industria o el medio ambiente. Los imanes superconductores que se usan para acelerar las partículas han sido fundamentales para desarrollar técnicas de diagnóstico por imagen como la resonancia magnética. Los detectores usados para identificar las partículas son la base de los PET, la tomografía por emisión de positrones (antipartícula del electrón). Y cada vez más centros médicos utilizan haces de partículas como terapia contra el cáncer.

(1) El femtobarn inverso (fb^{-1}) es una medida de los eventos colisión-partícula por femtobarn; es una medida de ambos, número de colisiones y la cantidad de datos colectados. Un femtobarn inverso es igual aproximadamente a 100 trillones (10^{12}) de colisiones protón-protón.

La World Wide Web (WWW), el lenguaje en el que se basa Internet, fue creado en el CERN por Tim Berners-Lee para compartir información entre científicos ubicados alrededor del mundo, y las grandes cantidades de datos que producen los aceleradores de partículas motivan el desarrollo de una red de computación global distribuida llamada GRID.

Los haces de partículas producidos en aceleradores tipo sincrotrón o las fuentes de espalación de neutrones, instrumentos creados por los físicos para comprobar la naturaleza de la materia, tienen aplicaciones industriales en la determinación de las propiedades de nuevos materiales, así como para caracterizar estructuras biológicas o nuevos fármacos. Otras aplicaciones de la Física de Partículas son la fabricación de paneles solares, esterilización de recipientes para alimentos o reutilización de residuos nucleares, entre otros muchos campos.

¿CUÁL ES LA PARTICIPACIÓN DE AMÉRICA LATINA EN EL LHC?

América latina casi no contribuyó en el hallazgo del Bosón de Higgs. Edgar Carrera, profesor de la Universidad San Francisco de Quito, quien trabajó tres años en el experimento CMS, que junto al Atlas anunciaron la detección de una partícula que tiene toda la pinta de ser la predicha en 1965 por Peter Higgs. Carrera confesó hoy su "emoción de ser una parte pequeñita aunque importante de este descubrimiento".

Edgar Carrera, uno de los más de cien científicos latinoamericanos que participaron en la búsqueda del bosón de Higgs, también conocido como "la partícula de Dios", consideró hoy que la poca contribución de la región a ese proyecto le puede hacer perder oportunidades de desarrollo tecnológico.

Aproximadamente 10.000 especialistas, la mitad de los expertos en partículas del planeta, han realizado investigación en

el Centro Europeo de Física de Partículas (**CERN**), donde la semana pasada se detectó una partícula subatómica que se cree que es el bosón. Entre ellos hay un grupo de latinoamericanos, liderados por Brasil, con 94 expertos de nueve universidades, y por México, con 43 físicos de seis entidades educativas, con presencia menor de Argentina, Colombia, Cuba, Perú, Venezuela y Ecuador, según datos del CERN. Esa partícula es el elemento que faltaba en el llamado Modelo Estándar, que detalla las interacciones entre los elementos que componen los átomos y el funcionamiento del Universo, excepto en el área de la gravedad, donde rige la teoría de la relatividad, y de la materia y energía oscuras.

2. LAS INCÓGNITAS DE LA FÍSICA DESPUÉS DEL BOSÓN DE HIGGS.

El hallazgo de una partícula de tipo Higgs no es la última frontera de la Física. El LHC tiene por delante al menos veinte años de trabajo y los científicos se enfrentan muchas incógnitas fundamentales por resolver. ¿Cuáles son éstas? ¿Qué pasos se darán ahora? En el horizonte está incluso la posibilidad de que el LHC se quede pequeño y haya que construir un nuevo colisionador. *Veamos las seis incógnitas fundamentales.*

El hallazgo de la partícula de Higgs, no dejará a los físicos del CERN sin trabajo. Es precisamente ahora cuando se abre la etapa más fascinante de su investigación, cuando comiencen a comprobar las propiedades de la partícula que han descubierto. El LHC tiene planes hasta al menos 2025 y sus otros objetivos no son solo seguir investigando la partícula de Higgs. Además de ATLAS y CMS (los dos experimentos que anunciaron el hallazgo de un bosón a 125 GeV) existen otros cuatro detectores de partículas (LHCb, SPS, LHCf, ALICE y TOTEM) que siguen realizando pruebas.

Aun así, es posible que se quede pequeño y que haya que construir nuevos de-

tectores. Pero, ¿para buscar qué? Estas son las otras incógnitas pendientes de la Física igual de apasionantes o más que el Bosón de Higgs:

I. LA GRAVEDAD.

El primero, y quizá más desconocido, es el que parece más elemental. Varios siglos después de Newton, la fuerza de la gravedad sigue sin comprenderse. Nuestro modelo de comprensión del mundo indica que todas las fuerzas fundamentales se basan en la interacción de partículas (en la fuerza nuclear fuerte actúan gluones, en el electromagnetismo fotones, en la nuclear débil bosones masivos...). Entonces, ¿qué sucede con la gravedad? Nadie lo sabe a ciencia cierta y se han propuesto varias soluciones, como la existencia de una partícula llamada “gravitón”, pero de momento estamos lejos de encontrar la manera de medirlo.

II. LA MATERIA Y LA ENERGÍA OSCURA.

Componen el 95% del Universo y los científicos aún no conocen sus propiedades, aunque hay decenas de experimentos para encontrar una explicación. La materia oscura es el eslabón necesario para explicar una observación en el Universo que no cuadra: al ritmo de rotación de las galaxias, algunas estrellas deberían salir despedidas. Otro tanto sucede con la energía oscura: si la gravedad debería hacer que se ralentizara la expansión, ¿por qué se expande el universo cada vez más deprisa? Alguna de estas incógnitas, como la de la composición de la materia oscura, podría conocerse mejor gracias a las investigaciones en el LHC.

III. LAS PARTÍCULAS SUPERSIMÉTRICAS.

La **supersimetría** es la primera prioridad inmediata del LHC y una solución a un problema muy técnico que tiene el Modelo Estándar. “No entendemos por qué el Higgs tiene una masa tan baja”, explica el físico Fernando Cornet. “Parecería que tendría que tener una muchísimo mayor. Y una forma solucionar eso es introducir una nueva simetría que da

origen a una serie nueva de partículas, compañeros supersimétricos de las ya conocidas con propiedad iguales salvo el espín”. A pesar de todo, las colisiones en el LHC no dan por el momento ninguna señal de SUSY (el nombre corto con el que se conoce a la supersimetría). Sus masas deben ser mucho mayores que las de las partículas originales, pero quizá se pueda encontrar con un nuevo colisionador. “Por ahora, es pronto”, indica el matemático de la Universidad de Málaga Francisco Villatoro. “La prioridad hasta diciembre de 2012 es el Higgs, pero **a partir de 2015 la prioridad será la SUSY**”. Una de estas partículas supersimétricas es el **neutralino**, uno de los candidatos a materia oscura.

IV. ¿QUÉ PASÓ CON LA ANTIMATERIA?

Otra de las grandes incógnitas de la Física es por qué domina la materia sobre la **antimateria** en el Universo. Se cree que en el primer instante tras el Big Bang la energía estaba equilibrada y existía tanta materia como antimateria, pero ¿qué hizo que una dominara sobre otra? ¿Por qué no vemos galaxias de antimateria en el universo? El Modelo Estándar no es suficiente para explicar esta asimetría aunque se han propuesto explicaciones como la violación CP. Esta es labor de LHCb, aunque también ATLAS y CMS pueden aportar algo.

V. ¿HAY DIMENSIONES EXTRA?

Para completar los huecos que deja el Modelo Estándar se han propuesto numerosos modelos teóricos, entre ellos la conocida como **Teoría de Cuerdas** y sus variantes. Esta teoría propone que las partículas son en realidad “**estados vibracionales**” de una serie de filamentos que se extienden por el espacio tiempo. Para responder al misterio de por qué la gravedad es tan débil comparada con las otras interacciones, explica Cornet, “se propuso también que el espacio en vez de tener 3 + 1 dimensiones tiene 10 o más, y lo que diferencia a la gravedad sería que se propaga en todas las dimen-

siones mientras que las otras interacciones solo se propagan en las que conocemos". ¿Se podrían encontrar señales de esto? Es una de las cosas que se buscan en Ginebra. "El LHC es encontrar partículas KK (Kaluza-Klein) debidas a la existencia de dimensiones extra", nos cuenta Villatoro. "Ahora mismo se sabe que no las hay con masa menor de unos 2 TeV, pero a partir de 2015 el LHC llegará a estudiar esta posibilidad hasta 5-6 TeV".

VI. ¿HACE FALTA UN NUEVO COLISIONADOR?

La cuestión encima de la mesa, según varios investigadores del CERN, es si para la nueva fase que nos espera, determinar las propiedades de las partículas más allá de Higgs y puede que del Modelo Estándar, es suficiente con el LHC. Esta inmensa máquina es un "colisionador" de descubrimientos, es decir, se diseñó para alcanzar unas energías muy altas y hacer chocar protones contra protones. La ventaja es que se pueden alcanzar altas energías más fácilmente, el problema es que se genera demasiado "ruido" y la complejidad de las señales es muy grande.

Desde hace unos años varios equipos internacionales trabajan en el diseño de un colisionador de nueva generación que en este caso no sería circular sino un **colisionador lineal** y que no haría chocar protones sino electrones y antielectrones (positrones). "El electrón es elemental y los resultados son mucho más limpios", explica Cornet. El colisionador lineal tendría unos 30 km de longitud y serviría para mejorar la precisión y estudiar la posible Física más allá del Modelo Estándar Y "mejorar la precisión en la medida de los acoplamientos del bosón de Higgs". Para ponerlo en práctica, si se aprobara mañana mismo, harían falta no menos de 10 años de trabajo para verlo funcionando. Es una propuesta encima de la mesa, pero puede ser la Física del futuro.

SIGLAS

- **CERN--Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire.** (Consejo Europeo para la Investigación Nuclear; Organización Europea para la Investigación Nuclear).
- **LHC - Large Hadron Collider.** (Gran Colisionador de Hadrones).
- El LHC es el más grande del mundo y el más potente acelerador de partículas, es un acelerador Protón-Protón, previsto para operar a mayor energía y luminosidad.
- **ATLAS - A Toroidal LHC Apparatus.** Es uno de los dos detectores de propósito general para el HLC, para investigar un amplio rango de la física, desde la búsqueda del bosón de Higgs hasta las extra dimensiones y partículas que podrían alcanzar la materia oscura.
- **CMS = Compact Muon Solenoid.** (Solenoides Compacto de Muones).
- Es el otro detector de propósito general en el LHC. Es un detector que usa un enorme Electroimán para curvar la trayectoria de las partículas desde una colisión en el LHC.
- **LHCb = Large Hadron Collider beauty.** (Gran Colisionador de Hadrones beauty).
- Experimento especializado en investigar la ligera diferencia entre materia y antimateria para estudiar un tipo de partícula llamado el "Beauty quark" o "b quark". El LHCb arrojará luz sobre el porqué nosotros vivimos en un Universo que aparece ser compuesto casi enteramente de materia, pero no de antimateria.
- **ALICE - A Large Ion Collider Experiment.** (Experimento Gran Colisionador de Iones).

- Es un Detector de plasma quark-gluon, que es un estado de la materia, pensado para tener la formación en un momento después de formado el big-bang.
- **TOTEM - Total Cross Section, Elastic Scattering and Diffraction Dissociation.**
- (Sección Transversal Total, Dispersión Elástica y Disociación por Difracción).
- Experimento que estudia las partículas impulsadas hacia adelante por colisión en el LHC.
- **LHCf = Large Hadron Collider forward.** (Gran Colisionador de Hadrones forward).
- Experimento que usa partículas lanzadas hacia adelante por colisión en el LHC como una fuente para simular rayos cósmicos en condiciones de laboratorio.
- **PS = Síncrotrón de protones.**
- **SPS = Supersíncrotrón de protones.**
- **LEP = Large Electron-Positron Collider.** (Gran Colisionador Electrón-Positrón).
- **PET = Positron Emission Tomography.**
- **NRM = Nuclear Resonance Magnetic**

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.

- http://www.fgcsic.es/lychnos/es_ES/articulos/boson_de_higgs
- <http://mexico.cnn.com/tecnologia/2011/12/13/que-es-el-boson-de-higgs-la-particula-de-dios-o-una-maldita-particula>
- http://www.lavozdegalicia.es/noticia/sociedad/2012/07/05/fisica-caza-particula-dios/0003_201207G5P24991.htm
- <http://www.lhc-closer.es/2/6/5/0>
- <http://elcomercio.pe/actualidad/1439798/noticia-america-latina-casi-no-contribuyo-hallazgo-particula-dios>
- <http://www.lavozdegalicia.es/noticia/sociedad/2012/07/04/boson-higgs-importante/00031341426666016949655.htm>
- http://noticias.lainformacion.com/ciencia-y-tecnologia/particulas-fisicas/seis-incognitas-de-la-fisica-despues-del-boson-de-higgs_yIO6SFMz2i-PZ9bSuSwsMK5/
- <http://home.web.cern.ch/about/experiments/atlas>

