

¿Qué es un Bosón de Higgs, y cómo pudimos atraparlo?

Alberto Güijosa

Instituto de Ciencias Nucleares,
UNAM

Alejandro Frank

Instituto de Ciencias Nucleares,
UNAM

Miembro de la Academia de Ciencias de Morelos

En estos días, por todos los medios de comunicación del mundo ha corrido como reguero de pólvora la feliz noticia de que por fin logramos descubrir al muy buscado bosón de Higgs. Y, con ánimo de salir corriendo al Ángel de la Independencia para unirse a la celebración, seguramente te estarás preguntando: esos bosones, ¿con qué se comen? La mayoría de los reportes dejan a la gente sin la más remota idea de lo que significa esta noticia.

Para poder explicar este descubrimiento, piensa en los peces, y lo difícil que debe resultar para ellos notar que viven en el mar, justamente por el hecho de que

pasan toda su vida sumergidos en él. Y, para no ser injustos con los peces, recuerda que durante miles de años a nosotros tampoco nos resultó obvio que vivimos inmersos en otro mar invisible: el aire que forma la atmósfera terrestre. Pues bien, el recién anunciado descubrimiento del bosón de Higgs (mal llamado en los medios "partícula de Dios", porque nada tiene que ver con ningún Dios) nos confirma que, aunque hasta hace apenas unas décadas no lo habíamos imaginado, estamos siempre inmersos en un mar de otro tipo, mucho más sutil e imperceptible, que llena absolutamente todos los rincones del universo. Le llamamos el mar (o el "campo") de Higgs. Las tan careadas como huidizas partículas de Higgs, o bosones de Higgs, son pequeñísimas "olas" que se pueden formar (¡con muchas dificultades!) en este mar.

El haber finalmente observado a estas fantasmagóricas partículas representa un paso muy im-



'Yes, I'm serious. Three posh blokes on camels wanting to meet the God particle'

To order a copy of The Best of Mac 2011, priced £9.99, call the Mailshop Bookstore on 0843 282 6900 or staff@mailshop.co.uk/books

“Sí, estoy hablando en serio: 3 tipos elegantes en camellos que quieren conocer a la partícula de Dios.”

portante en nuestra búsqueda por entender de qué está hecho el mundo, tema del cual hemos aprendido ya muchísimo, pero tenemos aún múltiples preguntas sin responder. Sabemos que todos los objetos a nuestro alrededor están hechos de átomos, formados a su vez por electrones que se mueven alrededor de un núcleo constituido por protones y neutrones, los cuales a su vez están compuestos de partículas todavía más pequeñas, que llamamos por los curiosos nombres de quarks "arriba" y quarks "abajo" (los físicos exhiben, a veces, poca imaginación literaria). En resumen, ¡toda la materia ordinaria, desde nuestros cuerpos hasta la estrella más lejana, está hecha de apenas tres tipos distintos de partículas! Todos los ladrillos básicos de la materia resultan ser del tipo de partículas que llamamos fermiones, lo cual quiere decir que son altamente antisociales: dos fermiones no pueden ocupar el mismo lugar a un tiempo. Los fermiones se disgregan y ocupan lugares distintos en el espacio, lo que explica, por ejemplo, la estructura de los átomos. Entendemos también que estos ladrillos básicos del universo pueden atraerse, repelerse o transmutarse entre sí intercambiando otras partículas, lo que da lugar a lo que llamamos fuerzas o interacciones fundamentales. Tres de ellas (la cuarta es la fuer-

za de gravedad) son relevantes para la conformación misma de la materia. La interacción "fuerte" permite que los quarks se unan para formar protones, neutrones y núcleos (y es la responsable del brillo del Sol y las demás estrellas, que son precisamente hornos gigantes donde se cocinan nuevos núcleos). La fuerza electromagnética hace posible que los núcleos se combinen con electrones para constituir átomos, y estos a su vez se enlacen para armar moléculas y sustancias macroscópicas. Por último, la fuerza "débil" es responsable de algunos procesos de radiactividad, donde protones se convierten en neutrones, o viceversa (fenómeno que también juega un papel en las reacciones que hacen brillar a las estrellas). Como decíamos, estas fuerzas se originan del intercambio de ciertas partículas que actúan como mensajeras o portadoras de la fuerza en cuestión: fotones en el caso del electromagnetismo, gluones en el caso de la interacción fuerte, y los crípticamente denominados W's y Z's en el caso de la fuerza débil. Todas estas partículas mensajeras resultan ser del tipo que llamamos bosones, lo cual quiere decir que son sociables: no solo no tienen prohibido hacer lo mismo al mismo tiempo, sino que incluso lo prefieren. Los bosones pueden reunirse en grandes congregaciones sin problemas de es-

pacio, lo cual explica por ejemplo la existencia del láser.

Todo esto y mucho más se resume en la teoría conocida como el Modelo Estándar, la joya de la física de partículas. Sus fórmulas matemáticas describen a la perfección las propiedades de las siete partículas que hemos mencionado, y las de otras nueve más exóticas (muones, neutrinos, quarks "extraños", etc.) que hemos ido descubriendo en el camino. Estas constituyen la totalidad de las componentes conocidas (hasta ahora) del universo. Todo esto es un gran logro, salvo por un pequeño detalle: estas mismas fórmulas nos advierten que, si solo existieran las 16 partículas conocidas hasta antes de este mes, ¡ninguna de ellas debería tener masa!

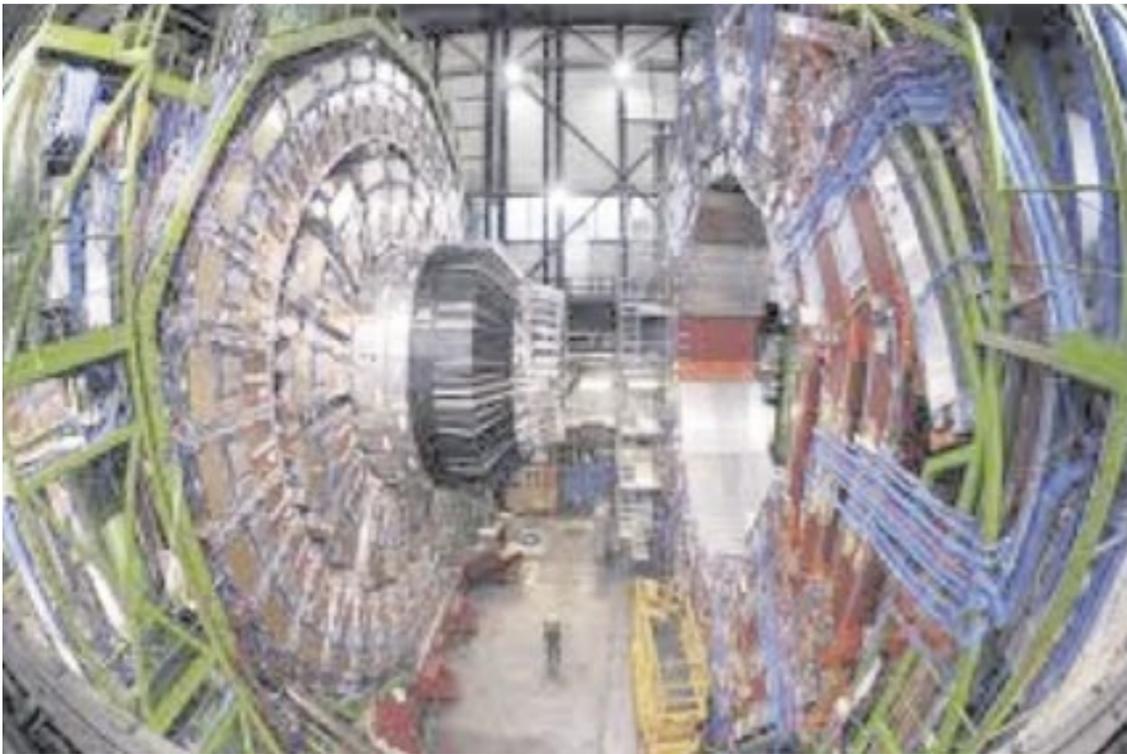
La ausencia de masa quizás suene muy atractiva para los que están a dieta, pero en realidad sería desastrosa: todas las partículas del universo se moverían siempre a la velocidad de la luz, y la vida sería imposible. Estás leyendo este artículo gracias a que las partículas que nos conforman de hecho sí tienen masa, y las matemáticas del Modelo Estándar nos obligan entonces a concluir que debe existir algún ingrediente adicional del universo, que aún no hemos descubierto. Este es un ejemplo del poder de las matemáticas: al utilizarlas para describir el rompecabezas del universo,

Números de **EMERGENCIA**

	Policía Federal Preventiva.....3 22-02-56		
		3 22-48-89	
	Policía Ministerial Estatal.....3 29-15-00		
	Policía Preventiva Estatal		066
	Policía Preventiva Metropolitana		
	Bomberos de Cuernavaca		
	Protección Civil de Cuernavaca		
	Centro de Control Emergencias Civac.....3 20-50-54		
	Policía Preventiva de Jiutepec.....3 21-15-25		
	Policía Preventiva de Temixco.....3 26-93-85		
	Bomberos de Temixco.....3 85-12-98		
	Policía Preventiva de Emiliano Zapata.....3 68-28-23		
	Policía Preventiva de Xochitepec.....3 61-20-93		
	Cruz Roja EMERGENCIAS		065
	Centro de Respuestas a Emergencias Yauhtepec.....735 394 1951		
	ERUM3 29-11-36		
	Agencia Funeraria Naser Morelos.....3-11-92-23		
		3-11-92-24	

**El Profesor Higgs al recibir la noticia.**

logramos un grado de precisión que en ocasiones nos permite mos que cuando un objeto tiene más masa que otro, nos cuesta interactúan en diferente medida con el mar de Higgs. Para algunas,

**El detector CMS en el Gran Colisionador de Hadrones.**

incluso darnos cuenta de que hay alguna pieza faltante. ¡Las matemáticas son el lenguaje (algunos dicen que la poesía, la música o la armonía) de la naturaleza! No sabemos a ciencia cierta cuál es ese ingrediente nuevo, pero el Modelo Estándar adopta la posibilidad más sencilla posible, y propone que se trata de una única partícula adicional, un bosón, que llamamos bosón de Higgs, en honor al físico inglés que fue el primero en plantear su existencia (aunque por las mismas fechas otros 5 físicos propusieron casi exactamente lo mismo). Lo que propuso Higgs es que absolutamente todo el espacio en el universo está lleno de un mar de partículas de Higgs. Es decir, ¡que el "vacío" no está nada vacío! Muy bien por Higgs; pero, ¿qué rayos tiene que ver esto con la masa de las partículas? Entende-

más trabajo cambiar su velocidad. Lo que hace el mar de Higgs es básicamente estorbar el paso de las partículas, haciendo que nos cueste más trabajo moverlas, de modo que parecen tener masa. En nuestra vida diaria pensamos que todo objeto estorba a cualquier otro; pero esto se debe simplemente a que las partículas de las cuales están hechos los objetos ordinarios sí interactúan apreciablemente unas con otras. En el mundo microscópico, no todas las partículas se estorban entre sí de la misma manera: algunas se percatan apenas unas de otras o son incluso mutuamente transparentes, al grado de que pueden atravesarse sin mayor problema (por ejemplo, los llamados neutrinos ¡pueden atravesar la Tierra entera sin inmutarse!). De igual manera, los distintos tipos de partículas que conocemos

la luz y otras ondas electromagnéticas), las partículas de Higgs son completamente imperceptibles, así que a ellos no les afecta en absoluto la presencia del mar, y por esa razón siguen sin tener masa. Pero a la mayoría de las partículas sí les estorba la presencia del mar de Higgs. Las que interactúan solo levemente con él, como el electrón, tienen masas pequeñas (9 diezquintillonésimas de kilogramo, en el caso del electrón), mientras que las que se ven seriamente afectadas por la presencia de este mar, como el Z, tienen masas comparativamente grandes (p.ej., la masa del Z es unas 180,000 veces mayor que la del electrón).

Pero ¿cómo podemos poner a prueba estas ideas? Si en verdad este mar existe, debemos ser capaces de crear perturbaciones, o pequeñas olas en él. Cada una de estas olas sería un bosón de Higgs. En otras palabras, necesitamos golpear violentamente al mar de Higgs para "arrancarle" una de sus partículas. Llevamos 50 años intentando hacer precisamente esto. Y quizás lo más sorprendente de toda esta historia es la máquina que hemos construido para finalmente lograrlo: el llamado Gran Colisionador de Hadrones, o LHC por sus siglas en inglés.

En breve, el LHC es el "microscopio" más potente del mundo, capaz de explorar distancias menores a una trillonésima de metro, es decir, ¡cien millones de veces más pequeñas que un átomo! Para lograr esta hazaña se requiere de la máquina más grande y más precisa que ha construido la humanidad. Su construcción significó un desafío muy superior al que representó el llevar al ser humano a la Luna, y requirió la invención de nueva tecnología, que ya está empezando a tener aplicaciones útiles para la sociedad.

Esta colosal máquina está ubicada en el laboratorio europeo conocido como CERN (¡donde hace

poco más de 20 años se inventó la web!). Se encuentra alojada en un túnel de forma circular, con 27 kilómetros de circunferencia, excavado a unos 100 metros de profundidad bajo la frontera entre Suiza y Francia. Su función es producir choques violentos de protones, después de acelerarlos hasta velocidades del 99.999999% de la velocidad de la luz (¡cada segundo, estas partículas dan entonces 11,000 vueltas alrededor del túnel de 27 km!), con el objetivo de, entre otras cosas, sacudir al mar de Higgs.

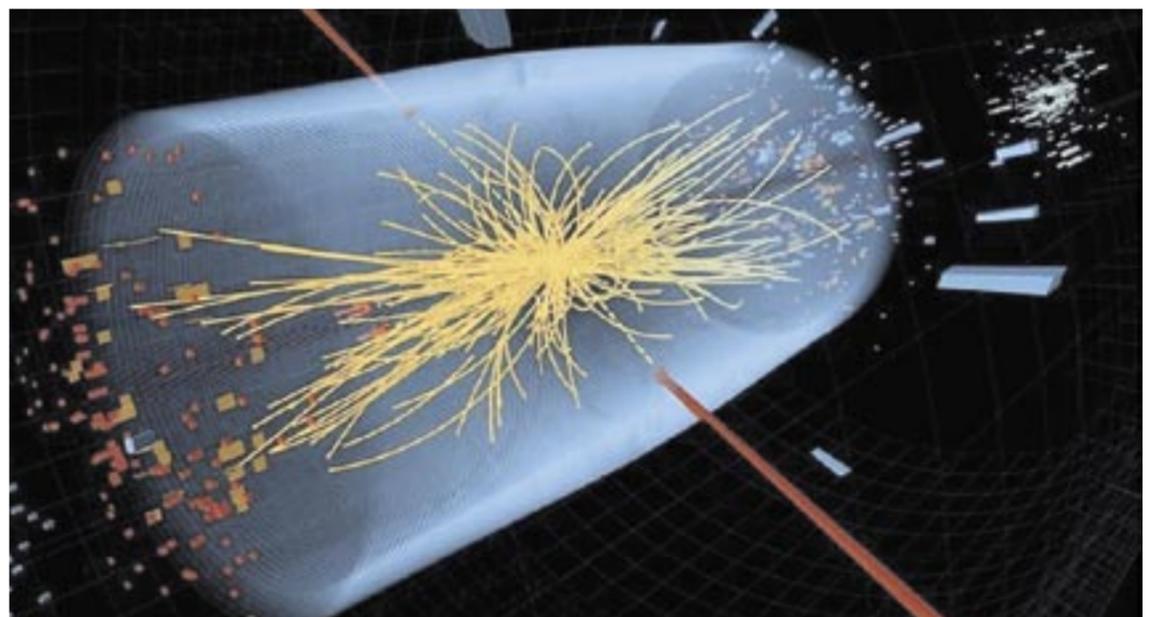
El LHC está diseñado para producir, cada segundo, ¡600 millones de choques de protones! Detectores enormes como catedrales y muy sofisticados se han construido en los puntos donde se producen estas colisiones, para estudiar en detalle los resultados. Los nombres de estos detectores son ATLAS, CMS, ALICE y LHCb, siendo los 2 primeros los que están dedicados a la caza del Higgs (y varias otras metas igualmente interesantes). Cada uno ha sido diseñado, construido y operado por una colaboración de miles de científicos de decenas de países. En particular, los mexicanos podemos estar orgullosos de que investigadores y estudiantes de varias instituciones de nuestro país participan activamente en CMS y en ALICE.

Pero, incluso con nuestro maravilloso instrumento, producir y detectar partículas de Higgs no es nada sencillo. El mundo microscópico está gobernado por reglas verdaderamente extrañas, que hacen que en cada colisión ¡el resultado sea distinto! Así que producir choques en el LHC es un poco como jugar a la ruleta, donde en cada vuelta el balón podría caer en un número diferente.

Afortunadamente, llevamos muchos años de jugar a la ruleta del micromundo, y entendemos muy bien sus reglas (que forman el lenguaje conocido como mecá-

CONTINÚA EN LA PÁG. 40

como los fotones (que conforman

**Resultado registrado por el detector CMS de una colisión donde probablemente se produjo brevemente una partícula de Higgs.**

VIENE DE LA PÁG. 39

nica cuántica, en el que está escrito el Modelo Estándar). Así como en cada turno de una ruleta hay 1 probabilidad en 38, o lo que es lo mismo, 2.6%, de que salga por ejemplo el 7, podemos calcular que, si el Modelo Estándar es correcto, en cada choque en el LHC hay una probabilidad de alrededor de 3 diezmil millones de por ciento de arrancar del vacío una partícula de Higgs. Es por este número tan bajo que necesitamos producir muchísimos choques, y en el LHC, entre 2011 y lo que va de 2012, ¡se han acumulado suficientes como para lograr producir unos 100,000 bosones de Higgs en ATLAS y otros 100,000 en CMS!

Pero la cosa no termina ahí, porque desafortunadamente no podemos simplemente recolectarlos en cubetas y contarlos. Tal como la gran mayoría de los habitantes del mundo microscópico, los bosones arrancados al mar de Higgs resultan ser muy poco duraderos: en menos de 1 miltrillonésima de segundo desaparecen dejando en su lugar a otras partículas, algunas de las cuales también son efímeras. Estamos entonces obligados a trabajar como detectives, juntando evidencia de la aparición de un bosón de Higgs a partir de las propiedades de sus partículas hijas o nietas, ¡que también son diferentes en cada ocasión!

Con esto se puede vislumbrar lo complicado que resulta el juego que jugamos. Averiguar si el LHC está produciendo bosones de Higgs al ritmo predicho por el Modelo Estándar es análogo a contar cuántos 7 caen en una ruleta, ¡desde afuera del casino! Imagina que cada vez que cae un 7, un mecanismo arroja por la puerta del casino algunas pelotas de diferentes masas y velocidades. Pero estas pelotas son invisibles, y solo podemos detectarlas gracias a la estela que dejan en un estanque ubicado frente al casino. Y algunas pelotas no dejan ningún rastro. Y, para acabarla de amolar, algunas de las mismas pelotas se producen también cuando la ruleta cae en algunos de los números distintos al 7... ¡Nuestra tarea es seguirle la pista a todo esto con la ruleta girando para darnos 600 millones de resultados cada segundo!

La emoción de estos días se deriva de que, después de un trabajo muy arduo, desplegado durante décadas, y que involucró a miles de físicos e ingenieros, ¡hemos cumplido esta tarea! Los datos acumulados por ATLAS y CMS nos permiten afirmar que hemos descubierto una nueva partícula con una masa unas 240,000 veces más grande que la del electrón, con una confianza en los resultados de 99.99997%. Es decir, ¡hay solo 1 posibilidad en 3 millones de que nos estemos equivocando! Y mejor aún, esta nueva partícula tiene toda la pinta de ser el bosón de Higgs, porque, según lo que hemos alcanzado a examinar, sus partículas hijas y nietas, que dejan rastro en nuestros detectores, aparecen precisamente con la frecuencia que predice el Modelo Estándar.

Evidentemente hay motivo para celebrar. Pero aún con toda nuestra emoción actual, debemos tener presente que esta noticia marca apenas el inicio de la era del LHC, que se extenderá cerca de 2 décadas más. Por una parte, esperamos que este colisionador pueda ayudarnos a responder muchas otras preguntas que el Modelo Estándar deja abiertas, como la naturaleza de la llamada materia oscura (descubierta apenas hace pocos años), el origen del desbalance entre materia y lo que se conoce como antimateria, y la posible existencia de partículas adicionales o dimensiones extra del espacio, sugeridas por teorías más especulativas (como la supersimetría y la teoría de cuerdas). Por otra parte, en lo que se refiere al bosón de Higgs que hemos descubierto, la dificultad de las mediciones implica que tomará años todavía verificar en completo detalle si se trata exactamente de la partícula que predice el Modelo Estándar, o de alguna variante que cumple la misma función pero es ligeramente distinta, y pudiera quizás estar relacionada con las ideas que estamos explorando para responder nuestras otras dudas.

Una cosa sí queda clara: somos increíblemente privilegiados por vivir en esta época, cuando nuestra especie fue capaz de construir una máquina tan impresionante como el LHC, y con

ella logró por fin encontrar al tan escurridizo bosón de Higgs. Así que ahora sí, a celebrar, ¡chapoteando alegremente en este inmenso mar!

Para actividades recientes de la Academia y artículos anteriores puede consultar: www.acmor.org.mx




Información Inteligente



RADIO Lunes a Viernes
15:00 a 16:00 Hrs.



TV. Lunes a Viernes
16:00 a 17:00 Hrs.
22:30 a 23:00 Hrs.

GRUPO
SONPROSA