

CIENCIA Y DESARROLLO

DE LA TEORÍA CUÁNTICA AL CERN



Foto: SCSO



+BOLSAS BIODEGRADABLES
+HÉLIX: ¿QUÉ SE ESCUCHA?



MEXICANOS EN EL CERN

ARTURO MENCHACA RÓCHA

El CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), Consejo Europeo para la Investigación Nuclear (por sus siglas en francés) fue fundado en 1954 por 12 países; hoy participan en él otros 28, denominados no-miembros, entre los cuales, con el apoyo del Conacyt, se encuentra México. La UNAM, el CINVESTAV y la BUAP forman parte de las 220 instituciones que tienen científicos involucrados en los diversos proyectos de este gran centro. En él se han realizado numerosas investigaciones, varias de las cuales merecieron premios Nobel; sin embargo, para la gente común el CERN es conocido últimamente porque allí se inventó la World-Wide-Web.

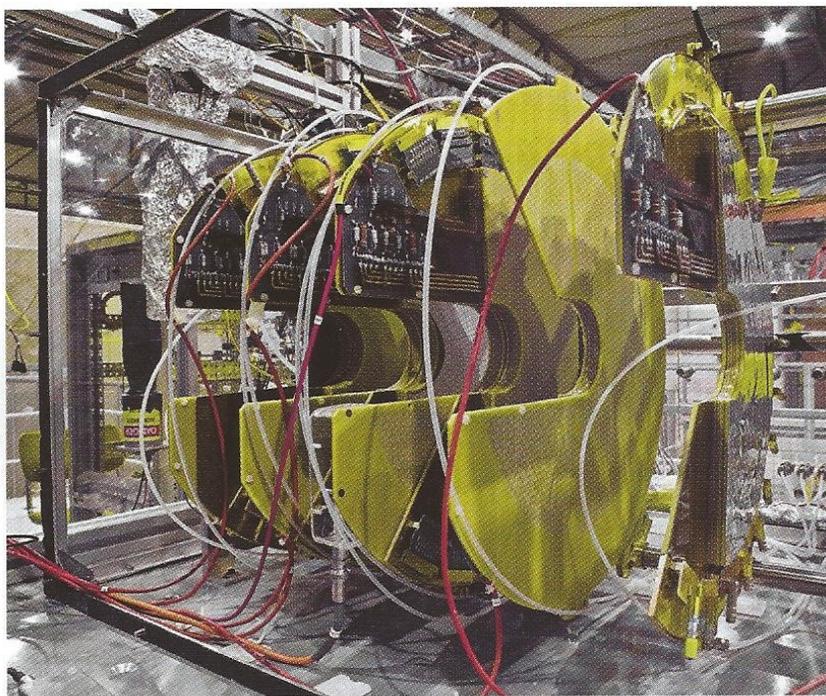


Doctor Menchaca con su equipo de trabajo.

Este gran laboratorio, ubicado en la frontera Franco-Suiza, al norte de la ciudad de Ginebra, posee varios *aceleradores de partículas*, especies de poderosos microscopios que permiten observar la materia en su escala más pequeña. Entre ellos se opera el famoso LHC (Large Hadron Collider, o Gran Colisionador de Hadrones), el acelerador más grande del mundo, unas 30 veces más poderoso que su antecesor, denominado RHIC (Relativistic Heavy Ion Collider o Colisionador Relativístico de Iones Pesados), ubicado en Brookhaven, cerca de la ciudad de Nueva York.

El LHC utiliza un túnel circular subterráneo de 27 km de perímetro, y lleva más de un año operando con haces de protones (núcleos del elemento hidrógeno) de, hasta, 3.5 TeV cada uno. El Tera-electrón-Volt (TeV) es un millón de millones de veces la energía típica de los cuantos de luz (o fotones) que iluminan esta página, para que usted la pueda leer. Comparemos: la masa del protón multiplicada por la velocidad de la luz al cuadrado (recuerde: $E = mc^2$), es apenas la milésima parte de un TeV; es decir, la energía total en cada una de esas interacciones en el LHC es equivalente a ~ 7,000 veces la masa del protón. Esto, que es tan sólo la mitad de la capacidad de diseño

» TOTEM. Instrumento que forma parte del Gran Colisionador de Hadrones, cuyo significado es Medición de sección cruzada total elástica y difractiva, por sus siglas en inglés.



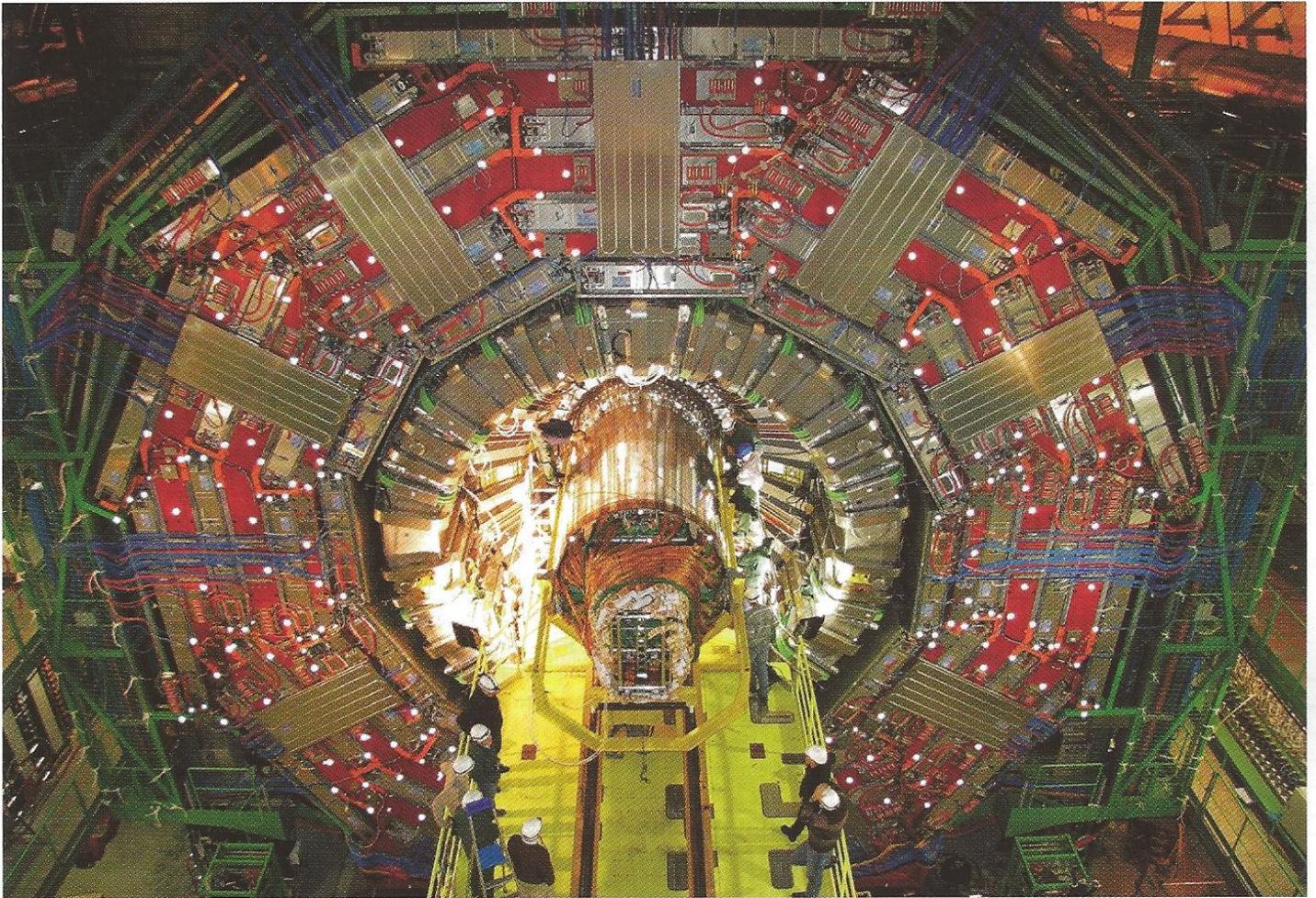
El propósito del ALICE, proyecto en el que trabaja el mayor número de mexicanos, es observar el plasma de cuarks y gluones, del cual, además, se descubrió que los cuarks y los gluones desconfiados se comportan como un líquido y no como gas

del LHC, permite explorar los límites de validez del llamado Modelo Estándar (ME), que ha explicado con gran éxito la estructura más íntima de la materia, ahí donde aparecen los famosos cuarks.

Con el LHC ha sido posible reproducir en la Tierra las condiciones de densidad y temperatura que debieron ocurrir un microsegundo después del origen del Universo, es decir, en el *Big-Bang*. En noviembre de 2010 también se inició la experimentación con haces de núcleos mucho más pesados, específicamente de plomo (^{208}Pb), a una energía de 2.76 TeV multiplicada por 208, lo que es equivalente a la masa de más de medio millón de protones (nuevamente, multiplicada por la velocidad de la luz, al cuadrado). Es decir, idealmente, en esos experimentos uno inicia con dos núcleos de plomo, y termina con cientos de miles (en realidad, millones) de partículas.

El programa científico del LHC incluye, entre otros proyectos, la confirmación de la existencia del denominado bosón de Higgs (popularmente también referido como "la partícula de Dios"),* que es un elemento esencial del ME, con el que se explica cómo las otras partículas elementales adquieren propiedades como la masa. El LHC, además permitirá poner a prueba la llamada Cromodinámica Cuántica, así como buscar partículas predichas por teorías más allá del ME, como la supersimetría, la materia oscura, los minihoyos negros, los *strangelets* (materia extraña), el monopolio magnético, etcétera.

El LHC está constituido por cuatro instrumentos principales, denominados ALICE (A Large Ion Collider Experiment o Un Experimento del Gran Colisionador de Iones), CMS (Compact Muon Solenoid Experiment o Experimento del Selenoide Compacto de Muones), LHCb (LHC-Beauty) y ATLAS (A Toroidal Lhc Aparatus



o Un Aparato Toroidal del Gran Colisionador de Hadrones). Hay otros dos, de menor tamaño, que son TOTEM (Total Elastic and Diffractive Cross Section Measurement) y el LHCf (LHC-Forward).

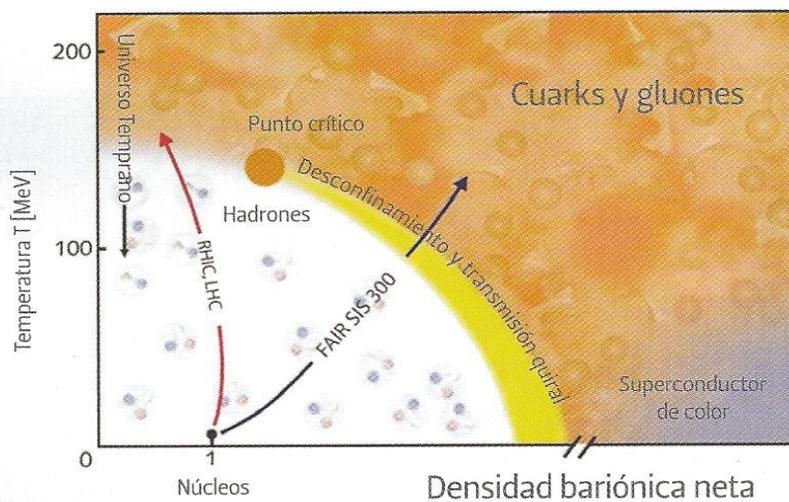
El propósito del ALICE, proyecto en el que trabaja el mayor número de mexicanos, es observar el llamado plasma de cuarks y gluones. La figura 1 muestra el diagrama, denominado *de fase*, que sigue a la materia nuclear cuando ésta aumenta su densidad (eje horizontal) y/o su temperatura (eje vertical). Aquí la densidad está referida a la observada para núcleos estables. Vemos así que, al incrementar lo suficiente cualquiera de estas dos variables, ocurre una transición entre la materia de la que están hechos los núcleos (llamada hadrónica) y una zona "de color" en la que los cuarks y los gluones se desconfinan (es decir, se liberan), formando su llamado plasma. Hace poco, sin embargo, ALICE hizo un descubrimiento: más que un gas caliente, los cuarks y los gluones desconfinados se comportan como un líquido.



La participación de mexicanos en las operaciones del acelerador más grande del mundo es benéfica para la ciencia nacional, y propicia la transferencia de tecnologías de punta importantes para nuestro desarrollo

Volviendo a la figura 1, ahí se indica, con una flecha (roja) ascendente, la trayectoria que seguirá la materia en la etapa inicial de las colisiones que ocurren en el LHC, así como en el acelerador RHIC. También se dibuja la trayectoria descendente que seguirá la materia *primordial* al enfriarse, un micro-segundo después del *Big-Bang*. Naturalmente, la trayectoria roja está incompleta, pues luego de la colisión, la ma-

>> Detector de partículas ATLAS-CERN.



» FIGURA 1. El modelo estándar supone que, a muy alta densidad y/o temperatura (zona anaranjada), como debió ocurrir durante el Big-Bang, los cuarks no tienen masa y –junto con los gluones– forman un plasma, debido a la existencia de una simetría denominada quiral. Cuando la densidad y/o la temperatura disminuyen, se rompe la simetría y esas partículas adquieren masa.

FAIR: Facility for Antiproton and Ion Research, o Instalaciones para investigaciones sobre iones y antiprotones.

FAIR SIS 300: acelerador que se planea construir en Darmstadt, Alemania.

Los experimentos ATLAS y CMS, en los que también colaboran mexicanos, tienen programas científicos parecidos entre sí, pero utilizan diferentes configuraciones experimentales

tería debe volver al estado hadrónico (la zona blanca de la figura). Los experimentos ATLAS y CMS, en los que también colaboran mexicanos, tienen programas científicos parecidos entre sí, pero utilizan diferentes configuraciones experimentales. Es ahí donde se intenta descubrir la partícula de Higgs, así como las partículas que compondrían la denominada materia oscura, además de evidencias de la existencia de nuevas dimensiones, predichas por las teorías de cuerdas.

Esta experimentación se desarrolla utilizando haces de protones, aunque ambos experimentos también incluyen programas para investigar diversos aspectos de las colisiones entre núcleos pesados. En los primeros meses de experimentación, ATLAS ya reporta haber observado, por primera vez, un modo

de decaimiento nunca antes visto de la partícula conocida como bosón Z. En tanto, la colaboración CMS logró, en el mismo periodo, identificar la producción de pares de cuarks del tipo *Top*, fenómeno que tampoco había sido observado anteriormente. Sobre el Higgs cabe agregar que observaciones concluidas hace pocos meses, en un acelerador del Centro de Investigaciones Fermilab, en Estados Unidos, eliminan (con 95% de confiabilidad) la posibilidad de que el Higgs tenga una masa intermedia, lo que hará más difícil su detección en el LHC.

Como un ejemplo del tipo de proyectos que han sido propuestos por los grupos mexicanos, se encuentra el estudiar los mecanismos de producción de núcleos y antinúcleos en las colisiones que ocurren en el LHC, tema que es relevante, tanto para entender la física que ahí ocurre, como para ligarla con aquella que debió ocurrir en el Big-Bang. Concretamente, en el IF-UNAM hemos propuesto medir las abundancias relativas de núcleos ligeros. Esto permitiría comparar con las medidas realizadas por los astrofísicos a partir del espectro milimétrico de las regiones más lejanas del Universo, tanto en colisiones protón-protón, como en Pb-Pb, buscando el tan anunciado vínculo entre el LHC y el origen del Universo.

Más allá de la física, por su magnitud, el LHC ha adquirido una notoriedad pública e internacional que no siempre le ayuda. Si bien es difícil estimar su costo real, uno encuentra cifras que van desde 5 a 10 billones (miles de millones) de dólares. Por lo mismo, cualquier falla en su operación es motivo de preocupación, por parte de unos, y de escándalo para otros. Hace tres años, el LHC se estropeó por un problema con uno de sus imanes superconductores que se encargan de mantener las partículas describiendo una órbita circular; por supuesto, es necesario que éstos sean superconductores, pues de otra manera la órbita sería mucho mayor que 27 km. Un problema práctico de todo imán de ese tipo es que la enorme corriente eléctrica que por él circula sin resistencia eléctrica debe suplirse desde el exterior y, si en ese proceso hay una mala conexión eléctrica, se pueden producir calentamientos que llegan a fundir los materiales, y eso precisamente ocurrió hace tres años en uno de sus 2,000 imanes. Al calentarse, su bobina se fundió en un punto. Por ahí se fugó el helio que enfría sus bobinas, lo que elevó la temperatura e hizo desaparecer de golpe el fenómeno de la superconductividad. El cambio fue tan violento que 30 imanes resultaron afectados y, además, se perdió una cantidad importante de helio, que es un fluido muy costoso.



>> Investigadores en proyecto ALICE. Primera línea, extremo derecho, el Dr. Gerardo Herrera Corral.

El impacto mediático que generó este problema puso en grave riesgo, no sólo al LHC, sino al propio CERN. Ejemplo de ello fue la amenaza de retiro de la membresía de algunos países europeos. En consecuencia, a partir de entonces, el CERN procuró mantener un bajo perfil mediático durante el año que le tomó reparar el colisionador. También decidió ser más conservador e iniciar sus operaciones, como ya vimos, con haces de la mitad de la energía de diseño, misma que sólo alcanzará en el año 2013.

Su fama también le ha valido el ser foco de atención de predicciones fatídicas basadas en una mala lectura de sus propósitos científicos; por ejemplo, decir que en el LHC se reproducirán las condiciones que ocurrieron 10 microsegundos después del origen del Universo fue simplificado a: reproducirá el *Big-Bang*. Por supuesto, esto es imposible, pues para ello haría falta toda la energía del Universo. De igual manera, la posible (pero altamente improbable) producción de minihoyos negros se ha simplificado en la prensa como: la creación de un hoyo negro (macroscópico) que absorbería a la Tierra en un instante.

De nuevo, esto es absurdo, pues la creación de esos objetos requiere contar con energías mínimas equivalentes a 20 masas solares. Hace unos meses, también aparecieron dos artículos que explican –según ellos– que era el propio Dios quien se oponía al funcionamiento del LHC, para evitar que se descubriera *su partícula*: la de Higgs.

Lo cierto es que el acelerador más grande del mundo ha iniciado sus operaciones sin producir catástrofe alguna, pero sí abriendo un nuevo horizonte de descubrimiento del cual apenas empezamos a ver los primeros frutos. La participación de mexicanos en estos grandes proyectos, apoyada por el Conacyt, es benéfica para la ciencia nacional y propicia la transferencia de tecnologías de punta, tan importantes para nuestro desarrollo. ●

Arturo Menchaca Rocha

es físico por la Facultad de Ciencias-UNAM y doctor en física nuclear por la Universidad de Oxford, R. U. Es miembro del SNI, nivel III, y ha sido merecedor del Premio Nacional de Ciencias y Artes 2004. Actualmente, es investigador en el Instituto de Física-UNAM y presidente de la Academia Mexicana de Ciencias.

CIENCIA Y DESARROLLO

REVISTA DE DIVULGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

SUSCRÍBETE

y entérate cada mes de las novedades en investigación y tecnología de México y el mundo.



- México \$225
- Estudiantes* en México \$150
- Centroamérica y el Caribe US \$84
- Sudamérica y Europa US \$100
- Resto del mundo US \$120

Nombre: _____
 Compañía o escuela: _____
 Calle y número: _____
 Colonia: _____
 C.P.: _____
 Delegación: _____
 País: _____
 Ciudad: _____
 Teléfono: _____
 Fax: _____
 Correo electrónico: _____
 Deseo suscribir del número _____ al _____

Envía el cupón y la copia del comprobante de depósito o transferencia bancaria al fax 01 (55) 53 22 81 50 o al correo malflores@conacyt.mx

Formas de pago

• **Depósito o transferencia bancaria**
 Cuenta 0560877111, clabe bancaria 072180005608771118, sucursal 2039-Centro Insurgentes Banorte, S.A.

• Cheque

A favor del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

*Envía copia de tu credencial vigente



Recibe gratis **HÉLIX** el suplemento de ciencia y tecnología para niños

(55) 5322 7700 • exts. 3504 y 8150
www.conacyt.gob.mx