

EL GRAN

colisionador de hadrones

El gran colisionador de Hadrones es conocido en el medio científico como LHC, por sus siglas en inglés: Large Hadron Collider, que es un conjunto de instalaciones experimentales diseñadas para acelerar y hacer que colisionen haces de hadrones. En la naturaleza hay tres tipos de partículas, los hadrones que son las más pesadas (como el protón), los leptones son ligeros (como el electrón), los mesones tienen masa intermedia (los pi, mu, y kappa). Los hadrones del griego *hadros* que significa denso, son partículas subatómicas las cuales están formadas por *quarks* que permanecen unidos debido a la interacción fuerte. El LHC puede hacer colisionar protones con energías de hasta siete tera electrón voltios. Los protones se consideran partículas subatómicas compuestas por tres partículas elementales dos quarks con *spin* arriba y un *quark* con *spin* hacia abajo, unidos por la fuerza fuerte mediada por gluones.

Pasa a la página 3

Contenido

Editorial	2
El gran Colisionador de hadrones	3
La importancia del Bosón de Higgs	8
Del "vacío" a la masa. El bosón de Higgs	17
Premios Estatales de Ciencia y Tecnología 2012	24

4 Nuevo Bosón de Higgs



12 Diseño de fármacos



15 Efemérides Noviembre





SPINOR

Dos facetas, información y divulgación,
un solo objetivo, comunicar

Revista de la Vicerrectoría de Investigación
y Estudios de Posgrado



Año 3 no. 24, noviembre de 2012
Revista mensual

Impreso en los talleres de
El Errante Editor.
Diseño: Israel Hernández / El Errante Editor
El tiraje consta de 5000 ejemplares
Distribución gratuita

Dirección:
Dirección de Divulgación Científica
Vicerrectoría de Investigación
y Estudios de Posgrado
Calle 4 Sur. No. 303, Centro Histórico
C.P. 72000, Puebla Pue. México
Teléfono: (222)2295500 ext. 5729 y 5730
Fax: (222)2295500 ext. 5631
Correo: revistaspinor@gmail.com
Web: www.viep.buap.mx
ISSN: En trámite

Investigación:
Lic. Miguel A. Martínez Barradas

Directorio
Dr. Enrique Agüera Ibáñez
Rector
Mtro. José Alfonso Esparza Ortiz
Secretario General
Dr. Pedro Hugo Hernández Tejada
Vicerrector de Investigación
y Estudios de Posgrado
Dra. Rosario Hernández Huesca
Directora General de Estudios
de Posgrado
Dra. Rosa Graciela Montes Miró
Directora General de Investigación
Dr. José Eduardo Espinosa Rosales
Director de Divulgación Científica
Dr. Gerardo Martínez Montes
Director del Centro Universitario de Vinculación
y Transferencia Tecnológica.

Dirección de la Revista:
Dr. José E. Espinosa Rosales

Consejo Editorial:
Dr. Jaime Cid Monjaraz, Dr. Miguel Ángel León Chávez, Dra. Ma. de Lourdes Herrera Fera, Dr. Guillermo Muñoz Zurita, Dr. Efraín Rubio Rosas, Dr. Oscar Martínez Bravo, Dra. Olga Félix Beltrán, Mtro. Miguel A. Martínez Barradas.

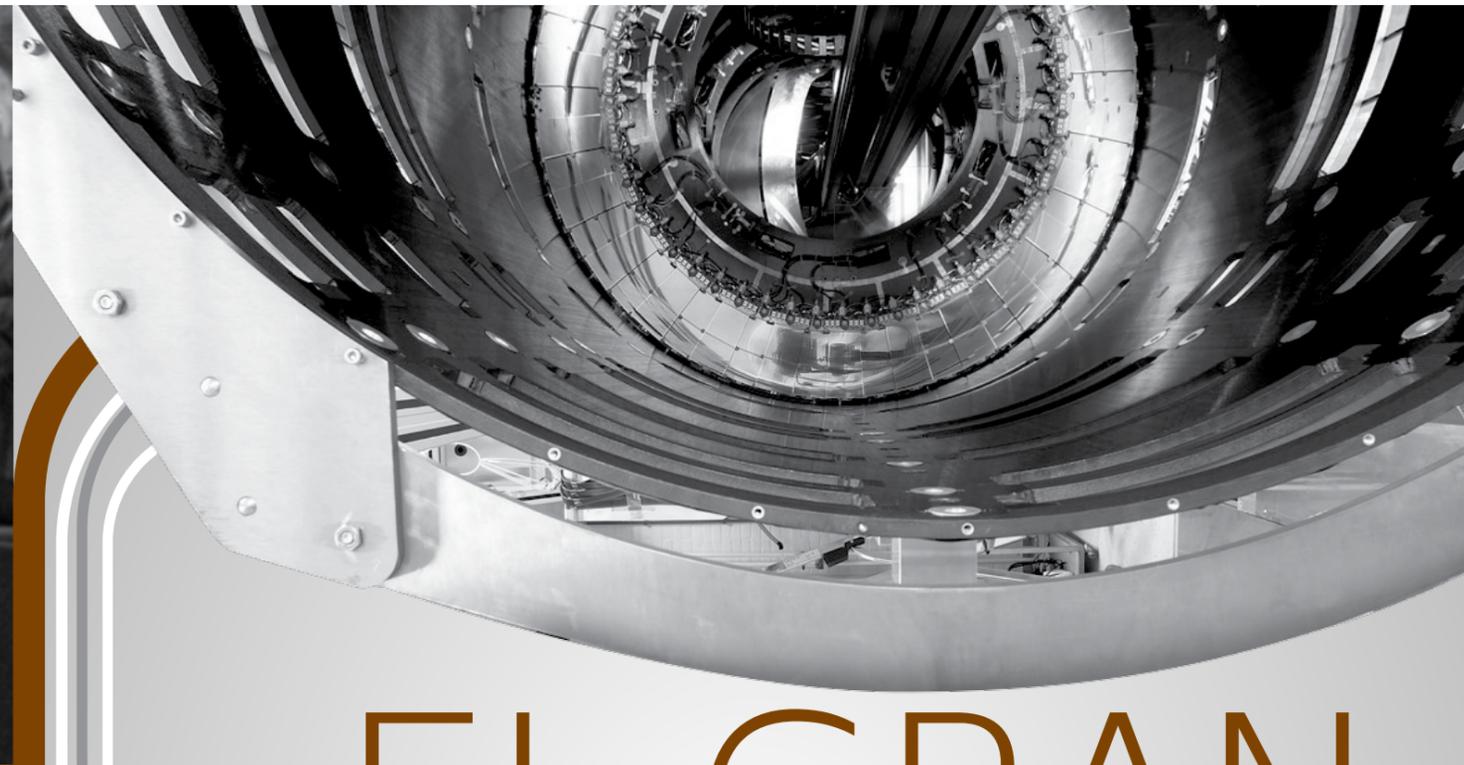
2 / spinor



Editorial

En este número de *Spinor* presentamos entrevistas y artículos donde se discute un acontecimiento que en el mundo de la ciencia es muy relevante: "La evidencia del llamado bosón de Higgs", este hallazgo es la consecuencia del arduo trabajo de muchos investigadores, de la decisión de invertir en un proyecto que por el momento no hará que tengamos autos más rápidos o televisiones con nuevos elementos para la diversión, ni hará que vivamos más años. Sin embargo toda esta inversión en capital humano y material, nos permite conocer un poco de nuestro universo y se genera una gran cantidad de conocimientos en ciencia básica, la cual muchas veces es poco entendida, apoyada, comprendida y aceptada, sin darnos cuenta que nuestro futuro tiene ahí su pilar de soporte más fuerte.

Y como parte de su formación, el día 23 de octubre en el Centro de Convenciones de la ciudad se presentaron 921 trabajos de investigación por 726 jóvenes destacados e inquietos que decidieron compartir una experiencia de trabajo científico junto a 345 investigadores de nuestra universidad a través de los programas "Jóvenes Investigadores", "Ciencia en tus manos" y "Verano de talentos", por primera vez todas las unidades académicas de nuestra Universidad han participado. Estos jóvenes son parte de la generación de investigadores en ciencia y tecnología que en un futuro muy próximo serán el motor de desarrollo y consolidación de nuestro país. Nuestra Universidad a través de la Vicerrectoría de Investigación y Estudios de Posgrado los apoya y promueve el crecimiento de estos programas.



EL GRAN colisionador de hadrones

El LHC está localizado cerca de Ginebra Suiza, y pertenece a la Organización Europea para la investigación nuclear (CERN). Su propósito principal es examinar la validez del Modelo Estándar, el cual es actualmente el marco teórico más reconocido de la física de partículas.

Dentro del colisionador se aceleran dos haces de protones en sentidos opuestos en tubos separados y a ultra alto vacío, alcanzando .999c (c es la velocidad de la luz en el vacío), los haces son guiados alrededor del anillo acelerador por campos magnéticos intensos obtenidos mediante electroimanes superconductores (1232 dipolos de 15 m de longitud y 392 cuadrupolos de 5 a 7 m para enfocar el haz), este anillo acelerador tiene un perímetro de 27 km con estructuras que aceleran a las partículas en su camino. Su temperatura de funcionamiento es de 1.9 K, y los haces se aceleran a 3.5 TeV. Una vez alcanzada esta energía los haces se hacen colisionar entre sí, produciéndose

el impacto de siete TeV, justo antes de la colisión otro tipo de magnetos se usan para confinar a las partículas lo suficientemente cerca incrementando la probabilidad de colisión, simulando eventos ocurridos durante el Big Bang. El sistema de control esta en el CERN y se controla la colisión en cuatro puntos alrededor del anillo, en donde se encuentran los detectores que visualizarán los productos de esta colisión.

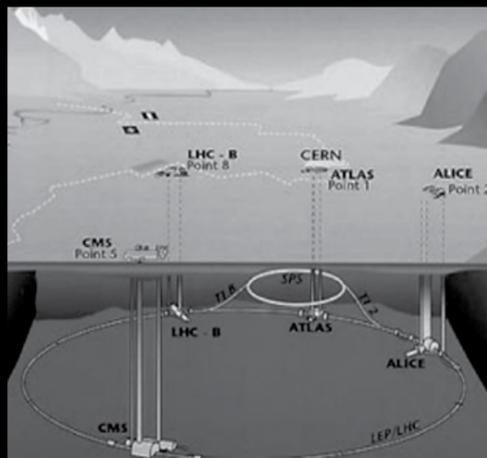
Seis experimentos se corren en el LHC, ATLAS y CMS que son los más grandes y donde se analizan las partículas producidas por las colisiones en el acelerador, en estos se tienen dos detectores diseñados de manera independiente y son vitales para confirmar mediante el cruce de sus datos cualquier nuevo descubrimiento.

Dos experimentos de tamaño mediano son ALICE y LHCb, en estos se tienen detectores especializados para analizar colisiones relacionadas con fenómenos muy específicos.

spinor / 3

EL GRAN colisionador de hadrones

Dos experimentos más pequeños son: TOTEM y LHCf. TOTEM estudia el tamaño del protón y monitorea de manera muy precisa la luminosidad del LHC, LHCf estudia partículas incidentes creadas dentro del LHC como fuente para simular rayos cósmicos en condiciones de laboratorio.



Este diagrama muestra la cadena de aceleradores del LHC, SPS es un supersincrotrón de protones.

En los experimentos antes expuestos trabajan varios investigadores mexicanos incluyendo algunos que pertenecen la BUAP.

Este colisionador de Hadrones salió del círculo de los investigadores de la física de altas energías y pasó a formar parte de la cultura popular al registrarse en él la evidencia experimental de la posible existencia del Bosón de Higgs, a continuación reproducimos el encabezado del artículo donde se reporta este hecho [Physics Letters B 716 (2012) 30–61], y en el cual aparece como uno de los autores el doctor Humberto Salazar Ibarquén de la FCFM-BUAP. ■

Descubrimiento de un

nuevo Bosón

ISABEL PEDRAZA, LORENZO DÍAZ Y HUMBERTO SALAZAR, FCFM-BUAP

Introducción

Actualmente se sabe que los constituyentes básicos a la materia son los quarks y leptones, cuyas propiedades se describen por una teoría prodigiosa, llamada el Modelo Estándar. En este modelo la descripción de las fuerzas o interacciones entre la materia, están basadas en el intercambio de partículas. Así pues, todos los fenómenos electromagnéticos están mediados por un bosón vectorial llamado fotón, los fenómenos nucleares descritos por la fuerza llamada débil, están mediados por bosones vectoriales llamados W^\pm y Z , y la estabilidad del núcleo dentro de un átomo está mediada por *gluones*, partículas responsables de la fuerza fuerte. Siendo la partícula de Higgs, en este modelo, la responsable de que las partículas adquieran masa.

En los medios se le ha llamado en ocasiones la “partícula de Dios” al bosón de Higgs, pero en realidad no tiene nada que ver con religión alguna. El nombre proviene de un libro de divulgación científica que se publicó en 1993, escrito por Leo Lederman, un físico norteamericano que ganó el premio Nobel en 1988 y que junto con su equipo de físicos e ingenieros, buscó por muchos años infructuosamente esta partícula en el Laboratorio Fermi de Estados Unidos. Debido a ello el libro se iba a llamar “La Partícula Maldita” (en inglés: “The Goddamn Particle”), pero su editor le cambió el nombre a “La Partícula de Dios” (“The God Particle”, en inglés) para favorecer la venta del libro. ■

El Higgs

Como en todas las ciencias, en la física no es suficiente con tener una descripción consistente de la realidad, aún cuando ésta nos parezca lo más natural. Para aceptar una teoría es necesario que ésta haga predicciones. En el caso del Modelo Estándar, este no solo explica los fenómenos observados en los experimentos de altas energías, sino que predijo la masa de los dos bosones vectoriales llamados W^\pm y Z , requeridos por la teoría electrodébil. Estos fueron observados en 1983, en el CERN con los experimentos UA1 y UA2. La misma teoría que nos dice que existe otra partícula, el Higgs, por lo que, ha sido precisamente el principal objetivo de búsqueda en el LHC.

La existencia del bosón de Higgs y del campo de Higgs asociado intenta explicar la razón de la existencia de masa en las partículas elementales. En esta teoría se sugiere que el campo de Higgs impregna todo el espacio, y que las partículas elementales que interactúan con él adquieren masa, mientras que las que no interactúan con él, no la tienen. En particular, dicho mecanismo justifica la enorme masa de los bosones vectoriales W^\pm y Z , como también la ausencia de masa de los fotones. Tanto las partículas W^\pm y Z , como el fotón son bosones sin masa propia, los primeros muestran una enorme masa porque interactúan fuertemente con el campo de Higgs, y el fotón no muestra ninguna masa porque no interactúa en absoluto con el campo de Higgs.

Es decir, que las implicaciones en la física teórica de la existencia o no existencia del Higgs, son muy importantes, sin la existencia del Higgs, como diría el propio profesor Higgs, no se entendería la fuerza electrodébil. El Higgs es el último elemento que nos falta para completar el Modelo Estándar. Su existencia nos permitiría concluir una cadena de razonamientos que parte desde el origen de la física moderna hasta nuestros días.

El LHC

El LHC (Gran Colisionador de Hadrones) es un acelerador y colisionador de partículas ubicado en la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN), en la frontera franco-suiza. En el anillo del LHC se posicionan cinco experimentos. Dos de ellos, ATLAS y CMS, son grandes detectores de partículas de propósito general. Los otros tres, LHCb, ALICE y TOTEM, son más pequeños y especializados. ATLAS es el más grande de todos con una altura comparable a la de la iglesia de Notre Dame en París, con 48 metros de altura, y CMS es el más pesado de todos

con un peso equivalente al de la torre Eiffel de París, con 10 000 toneladas de hierro.

El LHC es el acelerador de partículas más grande y energético del mundo. Usa el túnel de 27 km de circunferencia, más de 10 000 físicos de más de 34 países y cientos de universidades y laboratorios han participado en su construcción y en sus experimentos. De tal forma que el sol nunca se pone para la colaboración de uno de los experimentos, ATLAS, cuyos más de 3000 miembros vienen de todos los continentes del planeta.

El anillo de 27 Km esta hecho de superconductores que son enfriados hasta su temperatura de funcionamiento, que es de 1,9 K (menos de dos grados por encima del cero absoluto o $-271,15$ °C), más frío que cualquier lugar en el universo abierto. Los haces de partículas son acelerados hasta una energía de 3.5(4) TeV cada uno, dando una energía de 7(8) TeV en el centro de masa de la colisión. La energía que lleva cada uno de los haces es equivalente a la energía necesaria para derretir unos 250 kg de cobre. Dentro del acelerador los protones van a una velocidad que es 0.999999991 la velocidad de la luz, dando aproximadamente una 11 000 vueltas al anillo de 27 km cada segundo. Dentro del acelerador dos haces de protones son acelerados en sentidos opuestos y se los hace chocar entre sí, en cada uno de los puntos en donde se ubican los experimentos, produciendo altísimas energías a escalas subatómicas, que permiten simular algunos eventos ocurridos inmediatamente después del Big Bang.

En cada uno de los experimentos del LHC se producen alrededor de 600 millones de colisiones por segundo. Las colisiones de interés son las que se dan cuando un protón se encuentra frente a frente con otro protón, tomando en cuenta el tamaño de un protón y que en cada haz de protones viajan alrededor de 100 000 000 000 de protones, la probabilidad de que esto suceda es muy baja. Es por eso que los experimentos requieren de un proceso de selección extremadamente sofisticado y eficiente que sea capaz de tomar la decisión de la importancia de un evento en menos de 0.000000050 segundos (cinco cien millonésimas de segundo). De tal forma que al final de la selección inicial de los experimentos solo se guarda 1% las colisiones. Información suficiente para llenar 100 000 DVD doble-capas en un año.

Búsqueda del Higgs en el LHC

La búsqueda del Higgs se ha llevado a cabo desde hace más de 20 años, por primera vez en el acele-

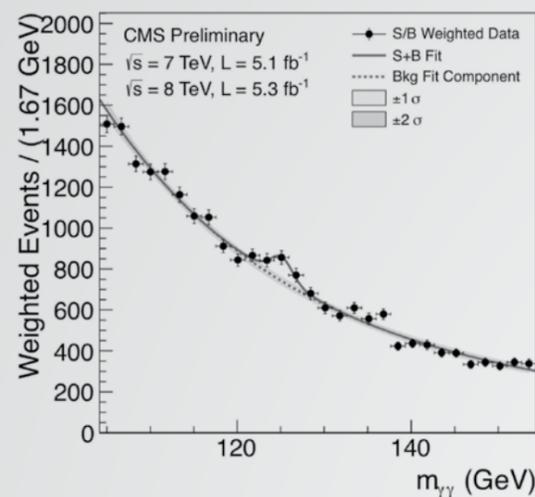


Figura 2. Masa invariante de los eventos reconstruidos con dos fotones de datos del 2011 y 2012, tomados del experimento CMS, puntos negros. La línea sólida muestra el resultado del *fit* de los procesos de fondo esperados más los eventos de la señal (si existiera), mientras que la punteada es solo la simulación de los eventos de fondo.

radar lineal de electrones, llamado LEP (Acelerador electrón-positrón, de 1989 al 2000, alcanzó energías hasta de 209 GeV, ubicado en el CERN), seguido por el Tevatron (Acelerador protón-antiprotón, del 2001 al 2011, alcanzó energías de 1.98 TeV, ubicado en el Fermilab), y ahora en el LHC (CERN). La principal diferencia entre estos experimentos es la energía y la cantidad de colisiones por unidad de tiempo que hacen que la probabilidad de crear un Higgs sea mayor.

El Higgs es una partícula que tiene poco tiempo de vida, una vez creado se convierte (decae) inmediatamente en otras partículas más estables. Dada esta característica la búsqueda del Higgs en el LHC se hace mediante el estudio de productos finales. Los métodos de búsqueda son esencialmente los mismos en todos los experimentos, con pequeñas modificaciones adaptadas a cada experimento o nuevas técnicas de discriminación entre la señal y los eventos de fondo, fenómenos que suceden con más frecuencia que aquella con la que se produciría un Higgs. La verdadera lucha de la búsqueda del Higgs es la presencia de los eventos de fondo, por ejemplo, la búsqueda del Higgs que decae en dos taus se ve opacada por la producción del Z, que es unas 10 000 veces más probable que la del Higgs. Es por ello que se requiere de estudios estadísticos sofisticados para poder distinguir entre una señal de Higgs verdadera y una fluctuación estadística del análisis.

La búsqueda del Higgs se hace principalmente en 5 canales de decaimiento. Higgs a dos fotones, Higgs a cuatro leptones (a través de ZZ*), Higgs a dos neutrinos y dos electrones (o muones) (a través de WW*), Higgs a dos taus y Higgs a dos quarks b. El canal de Higgs a dos fotones y el Higgs a cuatro leptones son los más limpios en la búsqueda del Higgs para valores menores a 200 GeV para la masa.

El canal de Higgs a dos fotones tiene como proceso de fondo la producción de di-fotones, que es un proceso de fondo monótono que decae en multiplicidad de eventos conforme a la energía aumenta. Es decir que normalmente en un rango de masa de 125 GeV se esperan unos 100 000 eventos de estos en cinco *femtobars* inversos de datos (un *femtobar* inverso son aproximadamente 100 trillones de colisiones protón-protón), mientras que la simulación de la señal nos dice que si un Higgs a ese rango de energía existe deberíamos de ver 200 eventos más en esa zona.

El canal de Higgs a cuatro leptones (a través del decaimiento del Higgs a ZZ*), es el más limpio de todos, es el denominado canal de oro, por la baja cantidad de procesos de fondo a masas por debajo de 200 GeV, este canal tiene como proceso de fondo la producción de dos Z's, cuya distribución forma un pico alrededor de 200 GeV, de donde se esperan alrededor de 62 eventos en la región de interés.

La reconstrucción de la masa en el caso de un Higgs decayendo a dos W's (WW*) y después a dos neutrinos y dos electrones (muones) es un reto porque los neutrinos son partículas que escapan la detección del detector, y la calibración de todo el detector juega un papel bien importante, tanto que es uno de los canales en donde es mayor la diferencia entre los resultados presentados por ATLAS y por CMS.

En el caso del canal de dos *tau's*, la reconstrucción del *tau* es un proceso que requiere una buena identificación de trazas y deposiciones de energía en los calorímetros, es tan difícil la reconstrucción de estos objetos que la eficiencia ha estado alrededor de 50% de efectividad. Es por ello que la sensibilidad de este canal se ve muy reducida en comparación de los otros.

Por último la producción asociada decayendo a *b's*, es de las más difíciles porque la producción hadrónica en un colisionador de hadrones, su propio nombre lo dice, la cantidad de procesos de fondo que se parecen a la señal es mucho más grande que

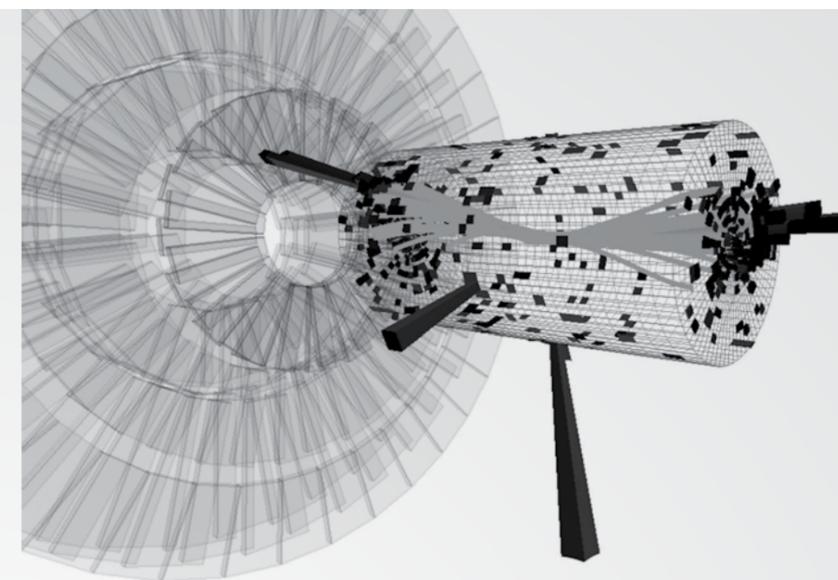


Figura 1. Vista en el detector CMS de un candidato de Higgs decayendo a dos fotones.

en los demás canales y la separación señal proceso de fondo se vuelve más complicada.

Descubrimiento de una nueva partícula

En física de partículas se define como descubrimiento toda desviación de los procesos de fondo, cuyo error de medición sea menor a 0.0006%, es decir, que la probabilidad de que se haya cometido un error es extremadamente pequeña. A eso se le llama un descubrimiento a cinco desviaciones estándar, mientras más desviaciones estándar menos es el error de la medición.

La última parada técnica del LHC fue el 18 de junio del 2012 y todos los experimentos estaban listos para analizar hasta el último evento producido antes de esta parada técnica y tener los resultados listos para la conferencia ICHEP, en julio, en Australia. Se sabe bien que los rumores de que se había encontrado algo nuevo se dieron unos meses antes cuando se tenían unos 3-4 desviaciones estándar, sin embargo, en las cinco desviaciones estándar no se alcanzaron sino hasta tener todos los datos antes de la última parada técnica, aún más, una noche antes del 4 de julio, los colaboradores de ATLAS hacían las últimas verificaciones a los resultados. La búsqueda es hecha por grupos de análisis, formados por personas de diferentes instituciones. Es así que, en uno de los grupos de análisis, el 25 de junio alrededor de las dos de la tarde cuando se escuchó en el pasillo del edificio 32, ¡tenemos el cinco sigma! Exclamación que a cualquiera pone eufórico, sin embargo, las celebraciones no se podían dar antes de que los resultados fueran dados a conocer por los portavoces de los experimentos oficialmente.

La última parada técnica del LHC fue el 18 de junio del 2012 y todos los experimentos estaban listos para analizar hasta el último evento producido antes de esta parada técnica y tener los resultados listos para la conferencia ICHEP, en julio, en Australia.

Ahora tenemos cinco desviaciones estándar alrededor de una masa de 125 GeV, que nos dice que tenemos un descubrimiento, una manifestación de la naturaleza nunca antes vista por el hombre. Sin embargo, a pesar de que lo hemos encontrado con los métodos de búsqueda diseñados para encontrar al tan ansiado Higgs, no podemos decir si es él o es algo distinto que necesita otra explicación. Hace falta determinar su *spin*, propiedad de la materia que es como una especie de giro intrínseco de las partículas, y los acoplamientos con las otras partículas. Las mediciones de *spin* se llevan a cabo principalmente haciendo estudios de las distribuciones angulares de los estados finales y los acoplamientos contando los eventos de cada uno de los diferentes estados finales. Para dar una declaración conclusiva acerca de la identidad de este bosón, es decir, si es o no el bosón de Higgs, se estima que se requieren de unos 20 a unos 30 *femtobars* inversos, es por ello que el LHC ha extendido su programa de colisiones de protón-protón, un mes más este año, para poder coleccionar al menos 20 *femtobars* inversos y tener la capacidad de dar una conclusión a esta búsqueda a finales de año.

La participación mexicana en los dos experimentos que descubrieron este bosón se ha dado a través de instituciones extranjeras y mexicanas, y al menos cinco mexicanos están directamente relacionados con los resultados presentados el 4 de julio, varios más están involucrados si tomamos en cuenta la instalación y pruebas de sus detectores y no solo el análisis de los datos. ■

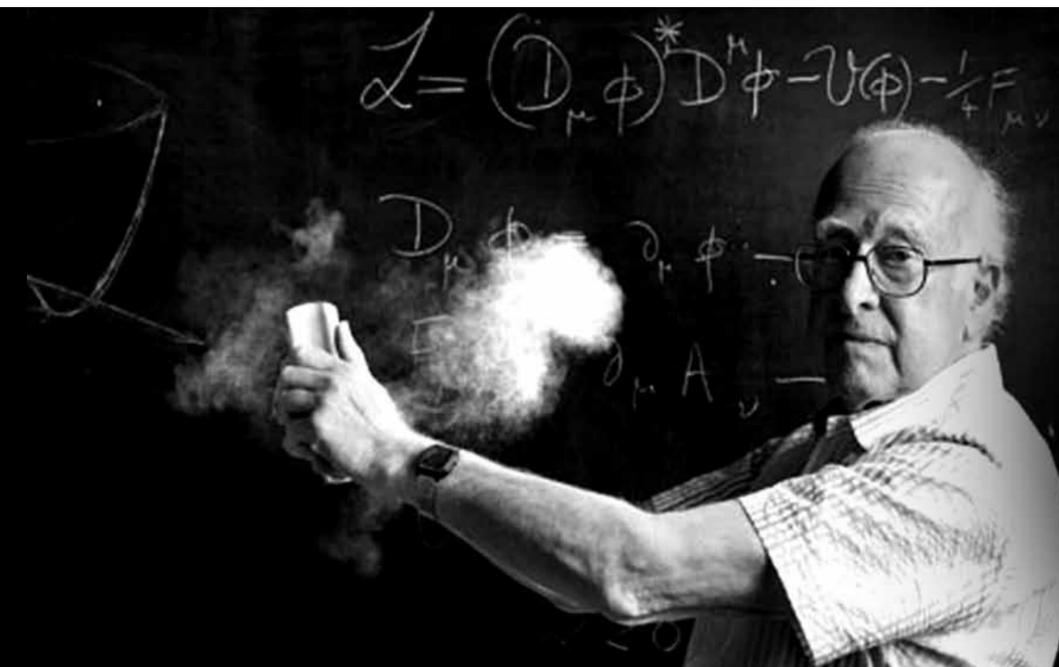
La importancia del Bosón de Higgs

JAIME CID MONJARAZ

CENTRO UNIVERSITARIO DE VINCULACIÓN Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA

En la actualidad uno de los principales logros ha sido concebir una teoría, conocida como el Modelo Estándar, que detalla cómo está compuesta la materia, cuales son los constituyentes fundamentales y cómo interactúan estos. Con las cuatro fuerzas o interacciones fundamentales, se trató de dar con una teoría única que la unificara a la gravitación, al electromagnetismo y las dos fuerzas nucleares conocidas como débil y fuerte. La interacción gravitacional es la que nos mantiene sobre la superficie de la Tierra. La electromagnética determina todo el desarrollo tecnológico asociada con la carga eléctrica. La interacción nuclear débil explica los procesos de decaimiento de los átomos, el porqué de la radiación y finalmente la interacción nuclear fuerte determina cómo es que se mantienen unidos a los quarks, los constituyentes de los hadrones como el protón o el neutrón, además de mantener unidos a los protones en los núcleos

atómicos, dado que por la interacción electromagnética, partículas de igual carga eléctrica se repelen. A esta teoría de unificación se le llamó Modelo Estándar y se concibió como una teoría de norma cuántica relativista. Esto significa, a grandes rasgos, que para cada interacción existe una partícula elemental que transmite la interacción, denominada bosón vectorial intermediario. Así cada interacción se distingue de las demás por sus propagadores. Los fotones transmiten la interacción electromagnética, los gluones unen a los quarks con la fuerza nuclear fuerte y los bosones W y Z transmiten fuerzas nucleares débiles. Se pensó que debería de existir, en analogía con las demás interacciones, una partícula mediadora de la fuerza gravitacional denominada gravitón, sin embargo, hasta la fecha esto no se ha confirmado experimentalmente. Por lo que, el Modelo Estándar es una teoría que sólo unifica tres de las cuatro interacciones fundamentales.



El objetivo del LHC fue encontrar indicios de la partícula de Higgs, partícula predicha por el Modelo Estándar y que es el último eslabón para confirmar dicha teoría y que estuvo encerrada entre miles de millones de otras partículas.

La física descubrió un mundo fantasmal oculto de partículas elementales, al examinar el interior de los átomos, e incluso el diamante más precioso está compuesto en su mayor parte por "espacio vacío" y sus átomos se mantienen unidos por un entramado de fuerzas nucleares.

La naturaleza del espacio ha desconcertado a los científicos durante milenios. Los físicos creen que los constituyentes fundamentales de la materia, concebidos como partículas elementales, es un caldero en ebullición de partículas subatómicas donde se crean y destruyen continuamente éstas. La masa, la energía, las fuerzas y el movimiento quizá sean, al fin y al cabo, manifestaciones de una burbujeante sopa cuántica.

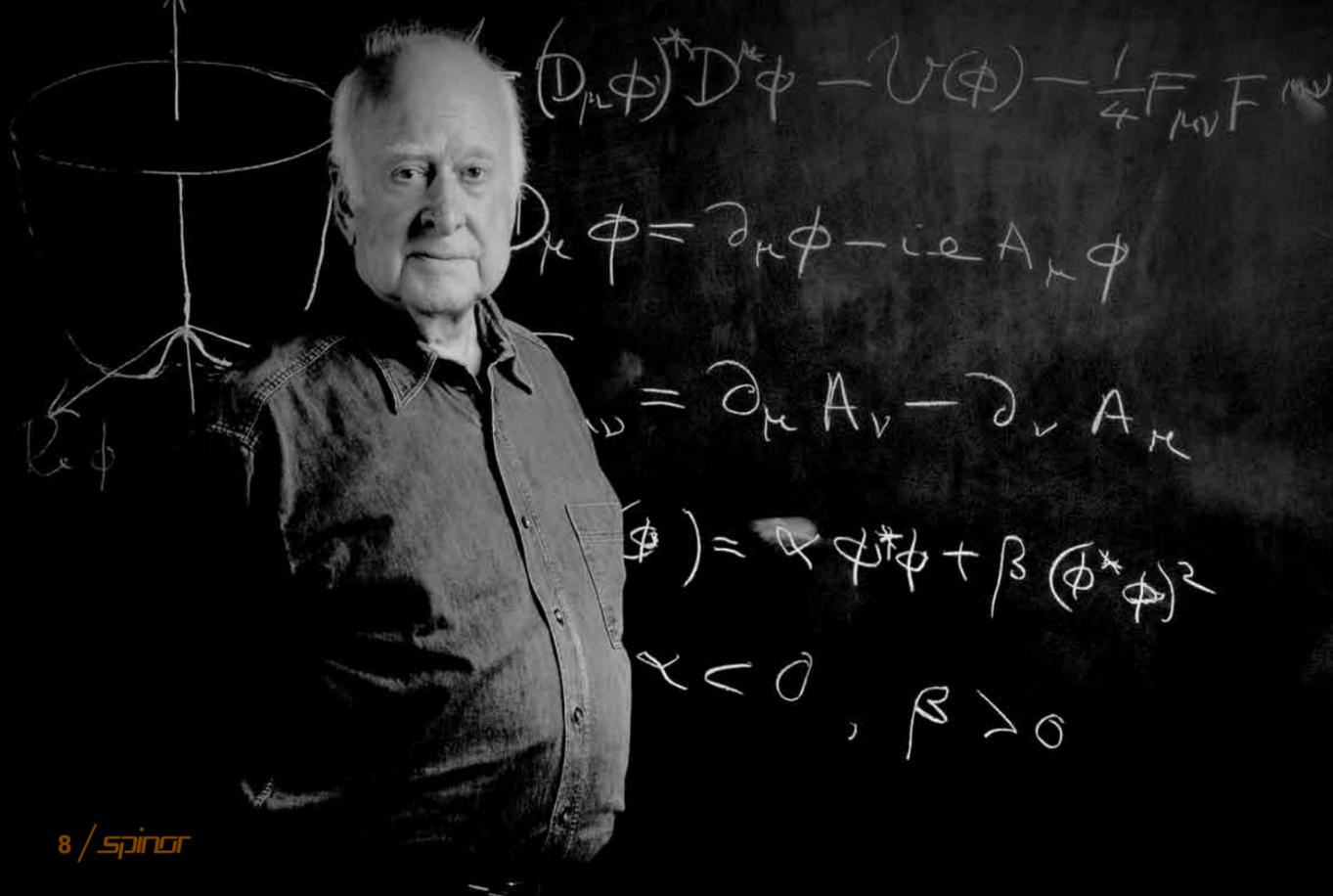
La Organización Europea de Investigación Nuclear o CERN, tiene como principal área de investigación: la física de partículas, esto es, el estudio de los componentes fundamentales de la materia y las fuerzas que actúan entre ellos. En el CERN tiene una caverna a 100 metros de profundidad, lejos de las perturbaciones de la superficie, donde descansa el Large Hadron Collider (LHC), en español, Gran Acelerador de Hadrones. Tomó 25 años y más de 6 mil millones de dólares concebir, diseñar y construir esta colosal máquina, que se compone de un anillo superconductor dentro de un túnel que tiene un perímetro de 27 kilómetros. El tamaño del túnel es tal que un pequeño automóvil podría circular por él.

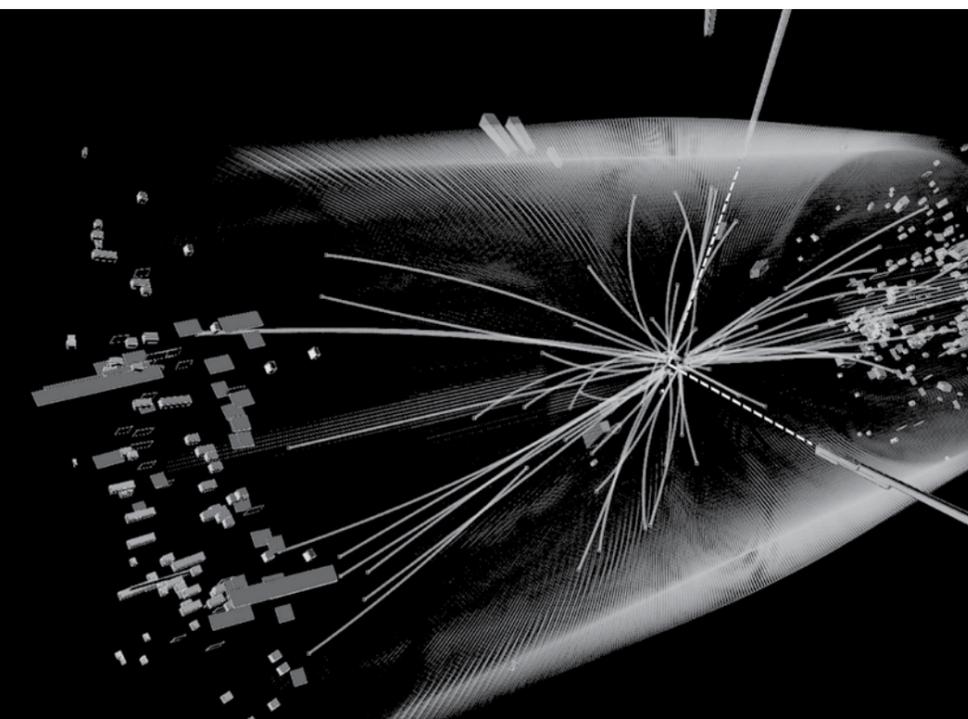
El LHC es como una pista donde los científicos aceleran protones y otras partículas, utilizando energías altísimas, en él unos imanes gigantes aceleran protones formando un rayo que sigue la trayectoria de las curvas. Estos se aceleran de forma

continua mientras giran, haciendo que su velocidad aumenta sin cesar. Tal es la energía, que un protón acelerado al máximo puede viajar con una rapidez cercana a la velocidad de la luz, digamos un 99.99 por ciento de ésta. Billones de billones de partículas subatómicas recorren estos cilindros superconductores, pero no se trata sólo de viajar, se crean dos rayos opuestos que se disparan uno contra otro de forma que los protones acelerados colisionen frontalmente. Colisionar partículas es como abrir una ventana hacia el pasado. Las enormes energías producidas permitirán que se libere temporalmente toda una variedad de partículas ma-

sivas que son registradas por los detectores, junto con sus productos de desintegración de su vida que es muy breve. Nos asomamos al origen del universo, una billonésima de segundo después de ocurrido el Big Bang, de la Gran Explosión, donde se considera que surgió el espacio y el universo. Allí, las cosas no eran como las conocemos hoy. En términos de temperatura, en el punto de colisión se tiene algo como 100 000 veces la temperatura del Sol. Estudiar ese universo naciente nos ofrece la oportunidad de vislumbrar los misterios de la materia y sus

En los albores del universo, las teorías presuponen que todas las fuerzas estaban unidas en una súper fuerza.





Por su naturaleza y su tipo, muchos anduvieron detrás de esta partícula e incluso se le llegó a denominar la "partícula de Dios" por parte del ganador del Premio Nobel Leon Lederman

interacciones más fundamentales. Las fuerzas que hoy se escabullen de nuestra mirada se muestran claramente en ese instante extremo.

El objetivo del LHC fue encontrar indicios de la partícula de Higgs, partícula predicha por el Modelo Estándar y que es el último eslabón para confirmar dicha teoría y que estuvo encerrada entre miles de millones de otras partículas. Los físicos sabían lo que buscaban, pero fue difícil conseguirlo. Si las energías son bastante grandes, la partícula de Higgs aparece durante una fracción de segundo, antes de desaparecer en medio de una cascada de partículas. Por consiguiente, en lugar de buscar la propia partícula de Higgs, los físicos tuvieron que examinar un revolver humectante y después volver a poner todas las piezas juntas en su lugar para deducir de su experiencia. Por su naturaleza y su tipo, muchos anduvieron detrás de esta partícula e incluso se le llegó a denominar la "partícula de Dios" por parte del ganador del Premio Nobel Leon Lederman. No es tan sencillo explicar qué es realmente esta partícula de características divinas, que en el medio científico se prefiere llamarla "el bosón de Higgs". Su pesquisa fue tan intrincada que se puede comparar, con tratar de encontrar la luz de una vela, puesta en la superficie del Sol, observando con un telescopio desde la Tierra.

En la comprobación de esto que se llama Modelo Estándar (teoría con la que los físicos pretenden explicar desde un punto de vista fundamental todas las cosas en el Universo) existía un ente perdido: el mecanismo para entender por qué la materia tiene masa. A Peter Ware Higgs, un físico escocés, se le ocurrió una genial respuesta de la ruptura de la simetría en la teoría electrodébil, que explica el origen de la masa de las partículas elementales en general y de los bosones W y Z. Él consideró que el vacío realmente no estaba vacío, sino que está inundado por un campo escalar, las partículas parecen tener mayor masa porque van más despacio cuando flotan en un campo de fuerza, que actualmente se conoce como campo de Higgs. Supuso que debía existir una partícula especial responsable de darles masa a todas las demás. Lo mejor será recurrir a la analogía para explicar esto. Imagine un mitin en el zócalo de la ciudad de México donde los simpatizantes del candidato de un partido político están distribuidos uniformemente en la explanada. Todos hablan con sus vecinos. El líder entra y cruza el zócalo. Los partidarios se sienten fuertemente atraídos hacia él y se aglutinan a su alrededor. En la medida que él se mueve atrae a gente a la que se acerca. Mientras que los que ha dejado atrás regresan a ocupar su espacio. Dado el nudo que se forma alrededor del candidato, él adquiere una masa más grande que la usual, lo cual lo hace ir más lento. Lo mismo se podría aplicar a nuestras piernas si camináramos dentro del agua, las notaríamos más pesada y nuestro movimiento sería más lento. El campo de Higgs sería como un rumor sobre la llegada del líder que provocaría el mismo efecto, de una forma similar como un líquido que llena el vacío. La fuerza de Higgs reduce la velocidad de otras partículas portadoras de fuerza, asignándoles una masa efectiva. Actúa sobre los bosones W y Z haciendo que estos parezcan más pesados. Sólo ahora se pudo comprobar algo que por cuatro décadas había sido imposible ver. Esta fuerza es transmitida por el bosón de Higgs.

En los albores del universo, las teorías presuponen que todas las fuerzas estaban unidas en una súper fuerza. A medida que el universo se enfrió, las cuatro fuerzas adquirieron propiedades diferentes, proceso al que se le ha llamado de ruptura de simetría, cuando el universo se enfría, los sucesos hacen que las fuerzas se desacoplen una a una.

Es evidente que las tres interacciones que unifica el Modelo Estándar no tienen la misma intensidad ni el mismo alcance: la fuerte domina sobre la electromagnética y la débil y la electromagnética sobre la débil; y por otra parte, la fuerte y débil son de corto alcance, digamos de las dimensiones de los átomos. Esto se explica a través de la masa de los propagadores de la interacción. Los fotones carecen de masa, mientras que los bosones W y Z son partículas con una elevada masa, varias veces más masivas que el protón. ¿Por qué son tan diferentes? Esta discrepancia era especialmente aguda dado que las teorías de las fuerzas electromagnética y débil podían cambiarse en una sola fuerza electrodébil. Pero esta teoría no predecía que las partículas transmisoras de fuerza nuclear débil, los bosones W y Z tuvieran masa. Tenían que ser iguales que un fotón, sin masa. Esto significa que la simetría entre las interacciones electromagnética y débil está rota y para resolver este problema se implementó un procedimiento para mantener la unificación de las interacciones y asignarles masa a las partículas, tanto a las partículas mediadoras de interacción como a

las demás partículas fundamentales, procedimiento denominado mecanismo de Higgs.

El campo de Higgs es bastante parecido a un campo electromagnético, cuando un electrón se mueve por una red de cristal de núcleos cargados positivamente, en un metal. El electrón se desacelera un poco porque es atraído por las cargas positivas, de modo que parece tener una masa mayor que en la ausencia de esos iones. Esta es la fuerza electromagnética en acción. El campo de Higgs funciona de forma similar. Bueno, pero si esta teoría es correcta ¿cómo se puede verificar? El mecanismo de Higgs además predijo la existencia de una partícula escalar denominada el bosón de Higgs.

El bosón de Higgs es una **partícula elemental** masiva cuya existencia fue predicha en el **Modelo Estándar** de la **física de partículas**, a través del mecanismo de Higgs. Es la única partícula que no había sido observada hasta el momento, pero desempeña un rol importante en la explicación del origen de la **masa** de otras partículas elementales, en particular la diferencia entre el **fotón** (sin masa) y los **bosones W y Z** (relativamente pesados). Las partículas elementales con masa y la diferencia entre la interacción electromagnética (causada por los fotones) y la **fuerza débil** (causada por los bosones W y Z) son críticos en muchos aspectos de la estructura microscópica (y así macroscópica) de la materia. Con esto, el bosón de Higgs tendrá un enorme efecto en la física y la concepción del mundo que hoy tenemos. ■

El mecanismo de Higgs además predijo la existencia de una partícula escalar denominada el bosón de Higgs.

El bosón de Higgs es una **partícula elemental** masiva cuya existencia fue predicha en el **Modelo Estándar** de la **física de partículas**, a través del mecanismo de Higgs. Es la única partícula que no había sido observada hasta el momento, pero desempeña un rol importante en la explicación del origen de la **masa** de otras partículas elementales, en particular la diferencia entre el **fotón** (sin masa) y los **bosones W y Z** (relativamente pesados). Las partículas elementales con masa y la diferencia entre la interacción electromagnética (causada por los fotones) y la **fuerza débil** (causada por los bosones W y Z) son críticos en muchos aspectos de la estructura microscópica (y así macroscópica) de la materia. Con esto, el bosón de Higgs tendrá un enorme efecto en la física y la concepción del mundo que hoy tenemos. ■

El bosón de Higgs es una **partícula elemental** masiva cuya existencia fue predicha en el **Modelo Estándar** de la **física de partículas**, a través del mecanismo de Higgs. Es la única partícula que no había sido observada hasta el momento, pero desempeña un rol importante en la explicación del origen de la **masa** de otras partículas elementales, en particular la diferencia entre el **fotón** (sin masa) y los **bosones W y Z** (relativamente pesados). Las partículas elementales con masa y la diferencia entre la interacción electromagnética (causada por los fotones) y la **fuerza débil** (causada por los bosones W y Z) son críticos en muchos aspectos de la estructura microscópica (y así macroscópica) de la materia. Con esto, el bosón de Higgs tendrá un enorme efecto en la física y la concepción del mundo que hoy tenemos. ■



Diseño de fármacos asistido por computadora

THOMAS RAINER F. SCIOR, JORGE LOZANO-APONTE E ITZEL GUTIÉRREZ-AZTATZ¹
EDUARDO M. SALINAS-STEFANON Y ÁNGEL A. ISLAS²

Introducción

Desde la obtención del ácido salicílico (extraído de las hojas de sauce), se observó que esta sustancia si bien calmaba el dolor, también producía efectos secundarios indeseables. En 1896, la compañía **Bayer** encargó a Félix Hoffmann (cuyo padre padecía de reumatismo crónico tratado con ácido salicílico) que modificara el compuesto original con el fin de reducir sus efectos adversos. Fue así como Hoffmann, en 1897, presentó a su empresa la síntesis completa del ácido acetilsalicílico, el cual era químicamente puro, tenía los usos terapéuticos deseados y presentaba menos reacciones adversas, siendo patentado con el nombre de Aspirina® en 1899.¹

En esa época, aun no se conocía prácticamente nada sobre la relación estructura-actividad (**SAR: Structure Activity-Relationships**) de los fármacos, así que se recurría a la síntesis química a "prueba y error" (**trial and error**) para modificar moléculas con cierto efecto terapéutico y tratar de observar si esas modificaciones producían "mejores" fármacos, en el sentido de que a la misma dosis, el compuesto modificado presentaba un efecto terapéutico más contundente con menor presencia de efectos secundarios. Al comparar la estructura química de la Aspirina® y su precursor el ácido salicílico, se puede ver claramente que hay una pequeña diferencia, la cual es suficiente para generar un fármaco con pro-

piedades farmacológicas infinitamente superiores a las del compuesto inicial, lo cual llevó a muchos investigadores a tratar de hacer modificaciones a compuestos ya usados en la clínica, con el objetivo de encontrar nuevos y mejores fármacos para todas las enfermedades conocidas (Figura 1).



Figura 1. Estructuras químicas del ácido salicílico y del ácido acetilsalicílico.

Diseño de fármacos asistido por computadora o CAMD

El diseño de fármacos asistido por computadora también llamado **CADD (Computer Aided Molecular Design)** comenzó en 1950 cuando las nuevas tecnologías computacionales hicieron posible la transformación de la mecánica cuántica del papel y lápiz a ser asistidas por calculadora manuales para facilitar el trabajo, donde el interés en las propiedades mole-

culares podía ser computado resolviendo la ecuación de Schrödinger. En 1964, la compañía farmacéutica Lilly inicio un programa de investigación para explorar este campo en el estudio de fármacos. Entre 1960 y 1970 otros investigadores en química orgánica desarrollaron métodos para el cómputo de compuestos, con fuertes implicaciones en el diseño de fármacos.

Así, desde hace casi dos décadas, el área de desarrollo de nuevos fármacos (R&D, **research and development**) y la Química Medicinal (**Medicinal Chemistry**) han modificado compuestos, guiados casi siempre por la facilidad de síntesis, la experiencia o la intuición. Usando técnicas experimentales, puede llevar meses sintetizar un nuevo compuesto para sujetarlas luego a las pruebas biológicas sin mencionar el alto costo de los trabajos experimentales en laboratorios. Pero desde hace unos 20 años, contribuciones teóricas para el diseño de nuevos fármacos que han reducido costos de investigación experimental, se deben a estrategias de diseño racional molecular, como investigación bioestructural, manejo de datos asistido por computadora, recopilación de información, procesamiento de bases de datos químicas, modelaje molecular (Figura 2), y especialmente, diseño basado en la estructura, estudios de correlación función-estructura y otras técnicas estadísticas.

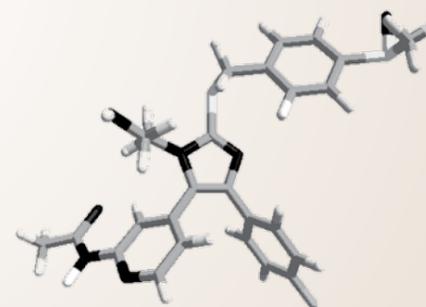


Figura 2. Ejemplo de una estructura molecular en 3D generada por modelamiento molecular.

El diseño de fármacos asistido por computadora o CAMD es una disciplina unificada enfocada en la predicción de la reactividad química para estructuras virtuales o no sintetizadas. CAMD se enfatiza en el desarrollo de herramientas predictivas para propiedades moleculares en función de la comprensión de la relación estructura-actividad. El diseño racional molecular asistido por computadora abarca una combinación interdisciplinaria de metodologías de química computacional y tecnologías de información que apuntan a descubrir y diseñar nuevos compuestos útiles.

En general, a esta nueva forma de trabajo a través de simulaciones moleculares computacionales es llamada **in silico**, y no se opone a la experimentación **in vivo**, **in vitro** o **in situ**, sino que constituye un refuerzo, un punto de apoyo complementario al trabajo de laboratorio, pero es una herramienta que se enfrenta al cambio de pensamiento y de forma de trabajo de muchos investigadores pues implica una nueva serie de formas de pensar y de hacer las cosas. Una de estas metodologías, es la de relaciones cuantitativas estructura-actividad, la cual se describe a continuación.^{2,3}

Relaciones Cuantitativas Estructura-Actividad o QSAR

A grandes rasgos, la metodología computacional de Relaciones Cuantitativas Estructura-Actividad o **QSAR (Quantitative Structure-Activity Relationships)**, tiene por objetivo encontrar qué propiedades fisicoquímicas de la estructura molecular están relacionadas con la actividad biológica (o efecto terapéutico) para un grupo de compuestos que han sido previamente sintetizados y evaluados biológicamente. Estas propiedades fisicoquímicas llamadas Descriptores, las cuales son calculadas con programas computacionales a partir de la estructura en 3D generada por simulación molecular. La relación entre actividad biológica y descriptores está dada por una ecuación obtenida por métodos estadísticos como se muestra a continuación:

$$y_i = b_1x_{i1} + b_2x_{i2} + \dots + b_nx_{in} + c_i$$

donde:

- ▶ y_i . Datos de actividad biológica reportados (variable dependiente);
- ▶ $x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}$. Descriptores, (variables independientes);
- ▶ b_1, b_2, \dots, b_n . Coeficiente de cada descriptor; c_i . intercepto.

La ecuación obtenida (llamada ecuación QSAR) debe tener alta capacidad predictiva como sea posible para predecir el estudio biológico o el comportamiento fisicoquímico de los nuevos compuestos. Los factores que gobiernan los eventos en un sistema biológico están representados por una multitud de descriptores fisicoquímicos, lo que puede incluir parámetros a considerar para hidrofobicidad, propiedades eléctricas, efectos estéricos, y topología además de otros. Estos descriptores fueron determinados empíricamente en el pasado pero, más

recientemente, pueden ser calculados por métodos computacionales.

Por medio de esta ecuación QSAR se puede hacer un cálculo teórico de la actividad biológica para compuestos que aun no existen. Por lo tanto esta ecuación, mediante un ajuste correcto de los descriptores, nos ayudaría a diseñar un nuevo compuesto más activo sin necesidad de pasar por síntesis orgánica (a prueba y error) ni pruebas biológicas

2, 3, 4. Desde sus primeras aplicaciones al diseño de fármacos, las herramientas computacionales han contribuido significativamente al desarrollo de fármacos que se han aprobado para su uso clínico (Tabla 1).⁵ Al final agregamos ejemplos de estudios moleculares que se realizan con nuestro grupo de investigación en la BUAP (Tabla 2). ■

Compuesto	Nombre comercial (compañía farmacéutica)	Uso	Método computacional
Norfloxacina ⁵	NOROXIN® (Kyorin Pharmaceutical)	Antibacteriano	QSAR
Losartan ⁵	COZAAR® (DuPont (BMS) Merck)	Antihipertensivo	Modelado molecular y QSAR
Captopril ⁶	CAPOTENA® (Squibb)	Antihipertensivo	QSAR

Tabla 1. Ejemplos de fármacos comerciales desarrollados por CAMD.^{5,6}

Año	Trabajo	Impacto	Método computacional
2009 y 2011	Canal de sodio del corazón y tejidos humanos con A. Islas y E. Salinas-S.	3 publicaciones internacionales	Modelado de proteínas por homología y acoplamiento de ligandos
2012	Antivirales contra la <i>influenza humana A H1N1</i> con K. Cuanalo-Contreras	1 publicación internacional	CAMD y Cribado virtual
2012	Antiparasitarios contra <i>Entamoeba histolytica</i> con J. Lozano-Aponte	1 publicación internacional en proceso	QSAR, Modelado de proteínas por homología y acoplamiento de ligandos
2012	Glucocorticoides y sus receptores nucleares con I. Gutiérrez-Aztatzi	1 publicación nacional en proceso	CAMD y acoplamiento de ligandos

Tabla 2. Proyectos recientes del Dr. T. Scior realizados en su Laboratorio de Simulaciones Moleculares Computacionales.

Referencias

1. <http://www.bayaspirina.com.ar/historia.asp>
2. Scior, T., Lozano-Aponte, J., Echeverría, D. (2009). CAMD y CADD. Simulaciones moleculares computacionales de fármacos. Parte 1. *Informacéutico*, 16 (5), pp. 46-50.
3. Scior, T., Lozano-Aponte J., Echeverría, D. (2009). CAMD y CADD. Simulaciones moleculares computacionales de fármacos. Parte 2. *Informacéutico*, 16 (6), pp. 32-35.
4. Scior, T., Medina-Franco, J.L., Do Q-T, Martínez-Mayorga, K., Yunes, J. A., and Bernard, P. (2009). How

to Recognize and Workaround Pitfalls in QSAR Studies: A Critical Review. *Current Medicinal Chemistry*, 16, pp. 4297-4313.

5. Medina, J. L. (2005). Diseño de fármacos asistido por computadora. Inhibidores de la transcriptasa reversa del virus VIH, hipocolesterolemiantes y antiparasitarios. Tesis Doctoral. Facultad de Química, UNAM, México D.F.
6. Smith, C. G., Vane, J. R. (2003). The discovery of captopril. *FASEB J.*, 17 (8): pp. 788-9. <http://www.fasebj.org/cgi/pmidlookup?view=long&pmid=12724335>

¹ Acerca de los autores del Laboratorio de Simulaciones Moleculares Computacionales de la Facultad de Ciencias Químicas, BUAP:

ITZEL GUTIÉRREZ es pasante de la licenciatura en Química Farmacobiólogo de la BUAP.
JORGE LOZANO es licenciado en Farmacia de la Facultad de Ciencias Químicas de la BUAP y candidato a Maestro en Ciencias. Email: jlozano79@gmail.com
THOMAS RAINER F. SCIOR realizó estudios en Alemania de: Farmacia en la Escuela Bueckeberg; de maestría como Farmacéutico en el Institut Universitat Tubingen y se doctoró en Farmacología en el Instituto Farmaceut, Universidad Tubinga.

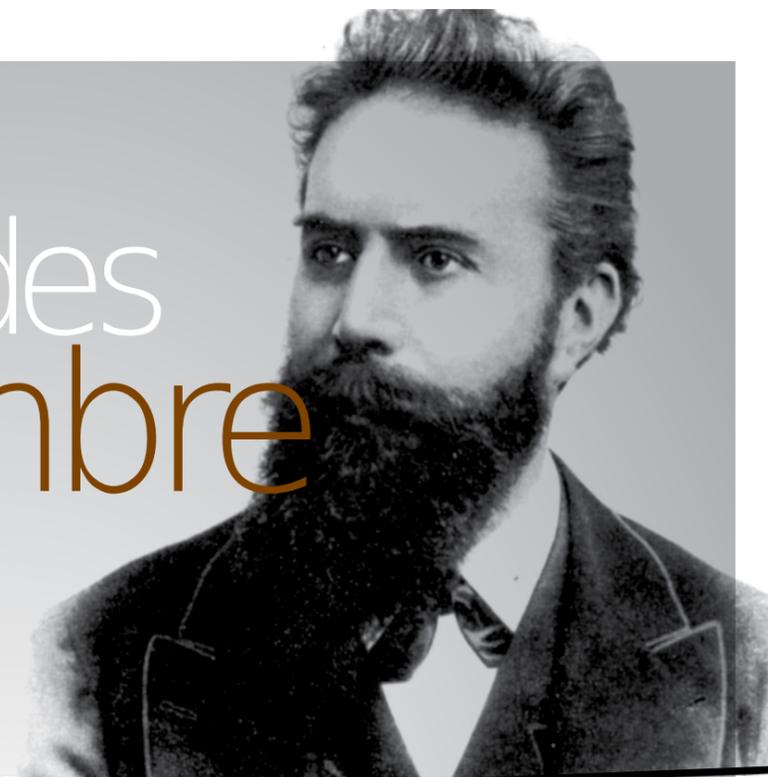
² Acerca de los autores del Instituto de Fisiología, BUAP:

EDUARDO M. SALINAS STEFANON realizó estudios de licenciatura en la Facultad de Medicina y maestría en Ciencias, Fisiología, en la BUAP. Estudió el predoctorado en Fisiología en el Centro Universitario de Investigaciones Biomédicas de la Universidad de Colima y el postdoctorado en la Universidad de Calgary Canada. E-mail: eduardo.salinas@correo.buap.mx
ÁNGEL A. ISLAS Es investigador del Instituto de Fisiología BUAP. Puebla, México. E-mail: angelislas@gmail.com

Efemérides Noviembre

8 de noviembre de 1895.

En las últimas horas de la tarde, Wilhelm Conrad Roentgen se percató del fenómeno a partir del cual descubrió los rayos X y que le llevaría a desarrollar la técnica de las radiografías.



1 1880. Nacimiento de Alfred Wegener, principal descubridor de la deriva de los continentes.

2 1929. Nacimiento de Richard E. Taylor, conocido por sus investigaciones en física subatómica, las cuales contribuyeron al desarrollo de teorías acerca de los quarks.

4 1832. Nació Samuel D. Bird, conocido por sus estudios sobre enfermedades pulmonares.

5 1854. Nacimiento de Paul Sabatier, conocido por desarrollar técnicas de manipulación química de importancia clave para el progreso de la química orgánica.

6 1913. Falleció el doctor Frederick John Clendinnen, uno de los pioneros de la radiología.

9 1623. Falleció William Camden, conocido por su destacada contribución al sentar las bases de la arqueología.

10 1974. Tras años de investigaciones, el equipo dirigido por Burton Richter del Stanford Linear Accelerator Cen-

ter, con la colaboración en experimentos paralelos de un equipo del MIT, consiguió producir una partícula subatómica desconocida hasta la fecha, el *Quark Charm*.



por sus estudios sobre propiedades farmacológicas de plantas, entre otras investigaciones médicas.

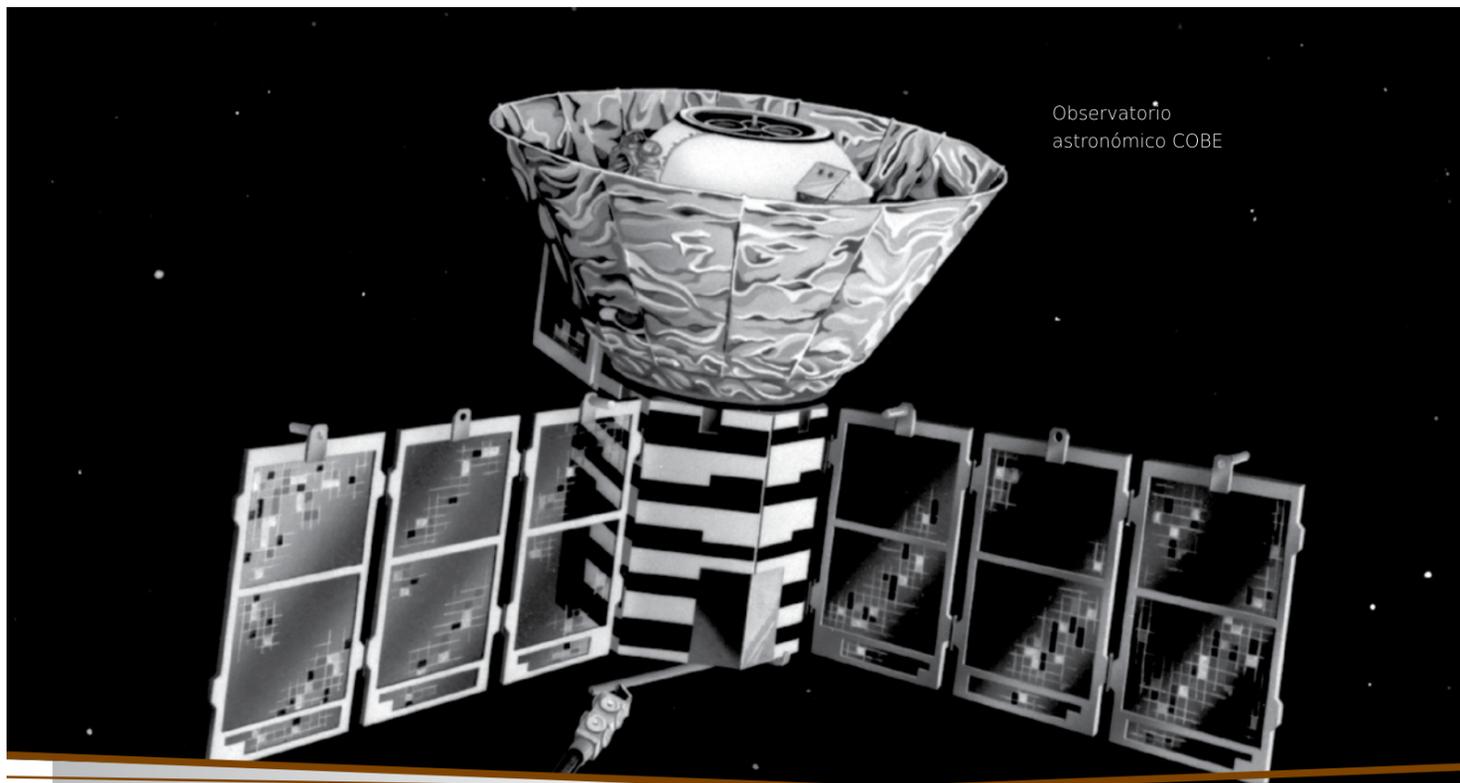
13 1867. James Dewar solicitó los derechos de invención de su método para preservar alimentos.

1926. Nacimiento de Max Mathews, genio de la informática y pionero en el uso musical de los ordenadores.

14 1891. Nació Frederick Grant Banting, que pasó a la historia por su papel crucial en el descubrimiento de la insulina.

15 1630. Falleció el astrónomo Johannes Kepler, uno de los principales impulsores de la idea de que la Tierra gira alrededor del Sol y no al revés como las autoridades eclesiásticas defendían. También hizo aportaciones fundamentales a la mecánica celeste.

16 1944. Falleció el químico Auguste Joseph Francois De Bavay, conocido sobre todo por sus innovaciones en minería metalúrgica.



Observatorio astronómico COBE

Del "vacío" a la masa

El bosón de Higgs

El pasado 4 de julio, dentro de las instalaciones del CERN (Organización Europea para la Investigación Nuclear) en Ginebra, Suiza, se observó lo que podría ser el bosón de Higgs. Este hallazgo podría completar el modelo estándar de la física de partículas y explicar cómo es que éstas adquieren su masa. Si el Higgs fue hallado, estaríamos hablando de la consumación de una etapa de conocimiento que ha tardado más de cincuenta años en consolidarse y de la apertura a nuevos campos de investigación, sin embargo, si el CERN determina que el reciente hallazgo no es el bosón de Higgs y que éste no existe, habría que replantear algunos de los fundamentos de la física de partículas y la noción de cómo entendemos el universo.

Científicos de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, específicamente tres, han tenido gran peso dentro y fuera de CMS, ATLAS y del CERN al haber aportado estudios, datos y estadísticas sobre el comportamiento de las partículas en los aceleradores.

Humberto Salazar, Lorenzo Díaz e Isabel Pedraza son los investigadores de la BUAP que participaron en este importante hallazgo y que ahora nos conceden una entrevista para conocer más sobre esta polémica partícula llamada: el bosón de Higgs.

El Dr. Humberto Salazar Ibarquén es profesor investigador de tiempo completo en la BUAP y presidente de la División de Partículas y Campos de la Sociedad Mexicana de Física. Ha colaborado activamente en investigaciones en torno al bosón de Higgs como representante de la BUAP en el experimento CMS. Pertenec

Para la detección del Higgs participaron más de 3 mil especialistas de todo el mundo en dos experimentos fundamentales: ATLAS (A Toroidal LHC Apparatus) y



17 1790. Nacimiento de August Ferdinand Mobius, conocido por sus aportaciones al campo de la geometría.

18 1989. Se lanzó al espacio el observatorio astronómico COBE, con la misión de investigar la creación del universo. Gracias a él, se han logrado hacer espectaculares descubrimientos al respecto.

19 1915. Nació Earl Wilbur Sutherland Jr., autor de importantes descubrimientos acerca de los mecanismos de acción de las hormonas.

20 1889. Nacimiento del astrónomo Edwin Hubble, considerado como uno de los principales padres de la cosmología moderna.

21 1782. Falleció el inventor francés Jacques de Vaucanson, genio de la mecánica y uno de los más antiguos precursores de la robótica.

22 1917. Nació Andrew Fielding Huxley, conocido por sus investigaciones sobre la co-

municación bioeléctrica entre las células del sistema nervioso.

23 1837. Nació Johannes Diderik van der Waals, autor de estudios fundamentales sobre el estado físico de los líquidos y los gases.



25 1901. Owen Willans Richardson, conocido por sus investigaciones sobre la emisión de electricidad desde cuerpos a altas temperaturas, comunicó

públicamente su descubrimiento de una ley física relacionada con el tema.

26 1995. Fallecimiento de Helen Alma Newton Turner, famosa investigadora en el campo de la genética.

27 1852. Falleció Augusta Ada King (lady Ada Lovelace), mujer adelantada a su época, conocida, entre otras cosas, por ser una de las primeras personas en trabajar sobre el concepto de programa informático.

28 1928. Murió el botánico Richard Hind Cambage, conocido básicamente por sus profundos estudios sobre eucaliptos y acacias.

29 1814. Primera tirada de un periódico, *The Times*, utilizando una imprenta tipográfica cilíndrica a vapor.

30 1886. Empieza a operar una de las primeras centrales eléctricas comerciales de corriente eléctrica, en los Estados Unidos de América. ■

al Sistema Nacional de Investigadores (SNI) con nivel 3.

El doctor Lorenzo Díaz Cruz es profesor investigador de tiempo completo en la Facultad de Ciencias, Física y Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. En 2009 fue galardonado con el Premio Estatal de Ciencia y Tecnología al haber realizado novedosas propuestas sobre cómo hallar la partícula de Higgs, las cuales fueron bien recibidas por el CERN. Es nivel 3 en el SNI y fue seleccionado por el Ministerio de Ciencia de Japón entre los mil físicos más destacados de todo el mundo.

La Dra. Isabel Pedraza Morales es doctora en ciencias con especialidad en Física por la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Realizó estudios posdoctorales en la universidad de Wisconsin. Para la detección del Higgs ha participado como miembro activo tanto en el experimento ATLAS como en el CMS. Pertenece al SNI en calidad de "candidato".

Spinor (S): ¿Qué es el bosón de Higgs y cómo lo entendemos de manera simple?

Dr. Lorenzo Díaz Cruz (LDC): Uno de los constituyentes básicos de la naturaleza son las partículas elementales, el bosón de Higgs es una de ellas y, al igual que las demás, tiene como propiedad principal su masa.

La naturaleza está compuesta por dos propiedades principales: la simetría, la cual nos permite observar qué tan ordenado está nuestro entorno; y la masa, que es muy interesante por dos razones: la primera, choca con la simetría; la segunda, durante muchos años hemos ignorado su origen.

Durante los años sesenta se desarrolló una manera de que la masa estuviera presente y, al mismo tiempo, que pareciera ausente, escondida, esto es lo que conocemos como *mecanismo de Higgs*. En este mecanismo reside una analogía, por ejemplo, si tienes una pelota y la mueves en el aire lo haces sin esfuerzo, pero si esa misma pelota la sumerges en el agua te cuesta moverla, es decir, la masa –una medida de la inercia– depende del medio, de ahí que haya una oposición a moverse libremente.

En la década de los sesenta, Peter Higgs propone que el vacío en la naturaleza es el responsable de que aparezca la masa, entonces tenemos que el vacío no está vacío, que el vacío filosófico no existe en la naturaleza y que la nada es algo que no existe ya que siempre hay algo que se manifiesta a través de la masa. Toda teoría física se confirma cuando hay una predicción nueva, un descubrimiento, algo que no se había visto, este mecanismo de Higgs se encarga de darle

masa a las partículas a través del vacío y de lo que se llama *rotura de la simetría en el vacío*. La partícula de Higgs es la predicción, el hallazgo de algo nunca antes visto, es una partícula que va a interactuar con todas las otras partículas de acuerdo a su masa: entre más masa tenga una partícula más fuerte interactúa con el Higgs.

Spinor (S): ¿Cuál ha sido su participación en las investigaciones en torno al bosón de Higgs?

Dra. Isabel Pedraza Morales (IPM): La búsqueda del bosón de Higgs se realiza en cinco canales de desintegración dependiendo el estado final de su decaimiento, yo he participado en dos de estos canales: *Higgs Tau Tau* y otro que es *Higgs a cuatro leptones*. Además, el año pasado participé en la primera combinación de datos y métodos estadísticos entre CMS y ATLAS para determinar qué tan significativa resultaba la unión de esta información. Algo muy relevante puesto que se trata de la colaboración cercana de los experimentos más importantes –a nivel mundial– en la detección del Higgs.

Dr. Humberto Salazar Ibarquén (HSI): La BUAP participó más en la prueba de los detectores, en particular en el *sistema de seguimiento de la trayectoria de las partículas*.

Estos canales donde se encontró lo que quizá sea el bosón de Higgs están estrechamente vinculados a los leptones, incluidos los muones, nosotros lo que hacíamos era monitorear estos detectores de muones y los de silicio, los cuales permiten seguir la trayectoria de todas las partículas.

(S): ¿Qué tan seguros están de que en realidad se trata del bosón de Higgs?

(LDC): Aquí hay algo inherente a la ciencia física como una ciencia experimental. Por ejemplo, tú preguntas la hora y te responden "son las doce de la tarde", "¿estás seguro?" preguntas nuevamente y te dicen: "bueno, son las doce de la tarde más menos un segundo", es decir, te dan un error experimental porque los aparatos que utilizamos para medir tienen errores, nuestras respuestas cuantitativas siempre son estadísticas, pero hay un criterio de cuándo confiamos que algo es muy sólido y es cuando tenemos 99.9% de confianza, es como decir: "compro todos los boletos de lotería menos uno", es mucho más probable que me saque la lotería así a que si sólo hubiera comprado un boleto.

(S): ¿Cuál es la importancia de haber observado el bosón de Higgs de manera experimental?

(IPM): Aún no hay una certeza total de que hayamos

encontrado el Higgs, sin embargo, este hallazgo nos acerca más a completar el modelo que tenemos para describir la interacción entre la materia, la cual no sabemos cómo se forma, pero creemos que su composición depende de doce partículas relacionadas con cuatro bosones que hacen que éstas partículas interactúen entre sí formando la materia.

El modelo al cual nos apegamos ha sido certero y uno de sus rasgos es que predice la existencia de este bosón de Higgs, el cual vendría a completar el modelo de la física de partículas.

(HSI): Hay distintas teorías acerca de cómo las partículas pueden adquirir su masa, la de Peter Higgs es una de ellas y es a la que se le ha dado mayor posibilidad de realización. Con el descubrimiento del bosón estamos cerca de corroborar que el mecanismo de Higgs es viable para seguir teorizando acerca de la conformación de la materia de las partículas, de los átomos, las moléculas y la vida misma.

(LDC): La construcción teórica matemática que se hizo durante el siglo pasado, el siglo XX, era una teoría que trataba de describir todas las fuerzas de la naturaleza así como sus constituyentes básicos: las partículas. ¿De qué está construido nuestro universo, nuestra casa, el entorno que habitamos?, son preguntas relacionadas al estudio de las partículas.

Toda esa teoría –inconclusa– era algo grandioso con un nombre modesto: *el modelo estándar* y para completarla, para colocar el último tabique, únicamente faltaba el bosón de Higgs. Al descubrirse respondió a muchas interrogantes y completó esta etapa de conocimiento, más no la aventura del pensamiento que empezaron los griegos hace tres mil años al proponer la existencia del átomo, aún no sabemos si esta partícula es el final de la historia o si es una nueva puerta que se abre a nuevos horizontes en el desarrollo de la ciencia.

(S): ¿Suponiendo que el bosón de Higgs ya fue encontrado, hay algún uso que se le pueda dar para mejorar las condiciones de la vida cotidiana, o la práctica de alguna disciplina como la medicina por ejemplo; o su función se restringe exclusivamente a la física de partículas?

(IPM): Por el momento –como la mayoría de los descubrimientos– se sabe que está ahí, pero no cómo utilizarlo. Es algo similar al descubrimiento de la electricidad, primero se tuvo que aprender a manipularla para después aplicarla al quehacer cotidiano. Sabemos que el bosón determina la forma en que las partículas adquieren su masa, por lo que quizá pueda ser utilizado en algo relacionado con ésta o con la velocidad, pero

hasta ahora no nos hemos enfocado en su aplicación directa.

(HSI): Si este es el bosón de Higgs, por lo menos se avanzó en comprobar el modelo estándar, el cual explica el universo en 4%, el otro 96% son la *materia oscura* y la *energía oscura*, conocer –aunque sea indirectamente– la existencia del bosón de Higgs, nos permite centrar nuestra atención en todo lo que está dentro del 96% que desconocemos. Quizá lo que pueda tener muchas aplicaciones es el entendimiento de la materia oscura, ahí creo que tenemos mucho potencial de desarrollo, pero no podemos avanzar sin antes comprender a fondo el 4%.

(LDC): Todo el desarrollo tecnológico, toda la sofisticación de técnicas y estadísticas que se necesitan para analizar una colisión entre millones, sumado al trabajo en equipo y de coordinación de más de tres mil científicos permite dar un nuevo modelo de investigación para que la humanidad atienda otros problemas: el clima y las enfermedades principalmente. Los resultados del Higgs nos dan una esperanza de que la ciencia pueda lograr grandes empresas. Actualmente contamos con muchas aplicaciones y beneficios, resultado de la constante investigación científica.

(IPM): Por ejemplo recientemente se desarrolló la *grid*, una red de computadoras distribuidas por todo el mundo para repartir información. Con esta tecnología se distribuye y analiza la información recolectada por los experimentos, información que corresponde a más o menos cien mil DVD de doble cara por año, algo que antes resultaba impensable. Actualmente, la cantidad y valor de cierta información es tanto que no se podría tener todo –y su respaldo– en un mismo lugar. El CERN es un ejemplo de este sistema computacional de redes distribuido globalmente. En México se llaman *tier's*, un conjunto de computadoras en donde se procesan y guardan datos a velocidades altísimas, su impacto ha sido tan fuerte que incluso empresas privadas están adaptando estas redes a sus sistemas.

Otro ejemplo es el desarrollo de detectores de silicio para hacer tomografías y mamografías, esta tecnología fue desarrollada en el CERN para detectar las trazas en las partículas, investigación en la que México colaboró para hacer el detector interno del CMS y que ha permitido detectar y entender mejor algunos tipos de cáncer.

En nuestra sociedad se hace mucha tecnología aplicada para el bien social, si lo que recientemente encontramos es el bosón de Higgs, estén seguros de que se le encontrará alguna aplicación positiva, es cuestión de tiempo.

(HSI): Estos sensores para detectar el cáncer ya se están patentando, se llaman *medipix*, sirven para hacer imágenes de alta calidad en física médica –como las mamografías– y tienen su origen en los detectores que se utilizaron para encontrar el posible bosón de Higgs.

(S): ¿En caso de que el bosón de Higgs no se haya encontrado y se concluyera que éste no existe, se tendrían que replantear los fundamentos en que descansa la física de partículas?

(IPM): En la práctica se ha visto que las partículas que el modelo estándar predice existen, todas han sido observadas y se conoce el valor de su masa, sin embargo, si el bosón de Higgs no llegara a existir, se tendría que replantear una gran parte de la teoría, como por ejemplo la forma en que las partículas obtienen su masa y la manera en que la fuerza débil y la electromagnética se juntan.

(S): ¿El bosón de Higgs corresponde al modelo estándar o al modelo súper simétrico y qué tan relevante es esto?

(LDC): Hay teorías que tratan de extender o de completar aún más el modelo estándar, una de éstas se llama *la supersimetría*, una simetría en la que partículas de diferente clase se pueden mezclar, transformar unas en otras. Esta es la teoría matemática, una teoría muy bella, pero, cuando queremos construir una teoría supersimétrica de la naturaleza, pierde su atractivo y tenemos que recurrir a algo llamado *modelo mínimo supersimétrico* en el cual se estudian las propiedades del Higgs.

Resulta que hay varios puntos de vista que no nos dejan decidir qué tipo de Higgs es, si es estrictamente estándar –cerrando con esto la física de partículas, dejándonos sólo con el estudio del origen cero del universo– o bien si existen eventos intermedios que podamos ir descubriendo. Hay una analogía que dice que estamos en una ciudad con cierto nivel de conocimiento y que existe una gran ciudad capital donde radica el conocimiento absoluto, sin embargo, es posible que exista un gran desierto entre ambas ciudades, ahí es donde nos encontramos; algunas teorías afirman que ya no hay nada, otras, que existe un oasis. Uno de estos es la supersimetría y algo interesante es que es una teoría que acomoda la masa de este Higgs para que no sea muy pesada, de hecho, parecía que era demasiado ligera la predicción y que los datos apuntan a que la masa es más grande de lo que la teoría supersimétrica predice, pero cuando se estudian a fondo estas teorías

se encuentra que hay unas contribuciones adicionales a la masa, de modo tal que si sólo tomamos la masa de esta nueva partícula parece consistente con lo que predicen las teorías de supersimetría. El estatus actual es que no podemos distinguir: podría ser el Higgs del modelo estándar estricto o podría ser el supersimétrico. Se parecen mucho en sus propiedades y eso nos impide decir de cuál se trata, habrá otras características de partículas que vamos a poder distinguir, pero todavía no se han medido porque falta más energía, sensibilidad, más colisiones en los aceleradores.

(S): ¿Por qué si la idea del bosón de Higgs fue propuesta en la década de los 60 hemos podido obtener evidencia de él hasta ahora?

(IPM): Porque la probabilidad de producción es muy pequeña. El modelo se propuso en los 70 y predijo nuevas partículas –al igual que su masa– como el *W* y el *Z*, observados por primera vez en 1983. Este mismo modelo también predice la existencia del Higgs y su búsqueda comenzó con el LEP (Large Electron-Positron collider) en la década de los 90, sin embargo, este acelerador no tenía la suficiente energía para distinguir un Higgs dentro de los eventos de fondo. Años más tarde se buscó en el FERMI LAB (Laboratorio Nacional Fermi), pero tampoco pudo producir la energía suficiente. Es hasta ahora que hemos podido producir energías tan altas que nos han permitido distinguir entre los procesos de fondo y la señal del Higgs.

(HSI): Desde el punto de vista de los detectores, no se contaba con los que actualmente tenemos. Los que siguen las trayectorias de las partículas que son subproductos de este bosón carecían de la definición que se puede obtener ahora, como los detectores de silicio que pueden detectar en micras, permitiendo tener una cantidad de colisiones por segundo más frecuentes que los aceleradores anteriores. Antes era imposible encontrar –a nivel de cómputo y de detectores– el bosón de Higgs entre miles de millones de procesos y choques de protones, cosa que ya podemos hacer con las nuevas tecnologías.

(LDC): La identidad del Higgs es que su interacción es proporcional a la masa de las partículas que lo rodean. El electrón tiene una masa muy pequeña e interacciona muy poco con el Higgs, por eso no puede producirlo directamente, es necesario crear partículas pesadas. La energía de la colisión se usa para producir el *top quark*, el cual se aniquila y crea el Higgs. Estos procesos ocurren por la esencia cuántica de las interacciones.

Cuando se propuso la idea del Higgs no se sabía

qué teoría se iba a utilizar. El modelo estándar más o menos como tal se propuso en el año 1961, por Sheldon Glashow, pero esa idea de Glashow no tenía masa, por lo que muchos la ignoraron. Paralelamente se fue estudiando la rotura de la simetría y en el 64 se analiza, para cualquier teoría general, cómo sería la aparición de la masa de unas partículas, pero sin aterrizar en un modelo, porque de hecho ni había datos suficientes para distinguir cuál es el modelo de la naturaleza.

En el 67 Steven Weinberg y Abdus Salam utilizan el mecanismo de Higgs para el modelo de Glashow y ese es, más o menos, lo que sería el modelo estándar, pero tiene un error, nada más lo aplica para un tipo de partículas como el electrón, que es lo que llamamos leptones, porque todavía no se sabía que existían las otras partículas que son los quarks, los constituyentes del protón y el neutrón. Los leptones únicamente tienen interacción electromagnética y débil, los quarks tienen interacción electromagnética, débil y una más muy fuerte que los liga para formar protones, neutrones y muchas otras partículas.

En el 71 es cuando se incorporan los quarks al modelo estándar por el mismo Glashow y dos colegas más, un francés de origen griego llamado John Iliopoulos y el italiano Luciano Maiani, a quien nuestra universidad le otorgó el Doctorado Honoris Causa en el 2010. Ellos tres desarrollaron el mecanismo GIM (Glashow-Iliopoulos-Maiani).

Hasta este punto todo iba bien, pero faltaba probar que la teoría era consistente matemáticamente, eso lo hizo un grupo holandés encabezado por Martín Veltman –que por cierto fue mi maestro en Michigan–, quien era asistido por su estudiante Gerard 't Hooft. Todavía no estaba el modelo, aún faltaba muchísimo y cuando se propuso el modelo estándar faltaba confirmar la validez del mismo y de muchos otros ya que se estaba prediciendo una nueva partícula que se llamaba *Z*, esa se detectó indirectamente en el 73 y directa y aproximadamente en el 81.

La distancia temporal fue tan grande ya que la propiedad del Higgs, la que lo define, la que se acopla a la masa de las partículas, es muy difícil de producir debido a que su interacción con el electrón es pequeñísima, casi despreciable; de chocar electrones entre sí es prácticamente imposible producir un Higgs. Es un experimento muy delicado y sofisticado porque tienes que hacer choques de partículas con muchísima energía como el protón y el electrón, lo que produce partículas con una energía aún más pesada de la cual resulta el Higgs. Es decir, forzosamente es necesaria una etapa intermedia de partículas pesadas como el

W, el *Z* y el quark top que es el más pesado y que jugó un papel fundamental en la detección del Higgs.

Para que el Higgs se acoplara requirió de partículas muy pesadas y los investigadores tardaron años en preparar la energía suficiente y los detectores indicados, algunos del tamaño de un submarino, sino es que más grandes; yo, cuando he podido verlos en vivo, prácticamente caigo de rodillas ante la sofisticación y avance de estas tecnologías experimentales.

(S) ¿Cómo es que en el pasado, sin haber contado con los aceleradores de partículas que tenemos hoy en día, se pudo pensar en algo como el experimento del bosón de Higgs?

(LDC): Esto fue porque la teoría ya había sido llevada a la práctica en muchos experimentos. Antes ya sabíamos que la masa de esta nueva partícula debería estar en cierto rango, entre cien y doscientas veces la masa del protón, pero eso viene de que se midieron propiedades de las partículas del *W* y *Z* con una precisión tal que comenzaban a verse efectos de esta partícula.

En nuestro campo, una partícula tiene dos efectos: los reales y los virtuales. Efectos reales es cuando la produces directamente, aparece y decae; y los efectos virtuales están asociados a la naturaleza cuántica de las interacciones. Una partícula que viaja en el espacio, por una fracción de tiempo se vuelve dos partículas y luego éstas se aniquilan, hasta que la partícula vuelve a propagarse; esos procesos afectan las propiedades de las partículas. Medir todo esto de una manera muy cuidadosa nos fue llevando a acorralar el Higgs, fue un proceso muy sistemático en el que la teoría y la práctica se iban renovando. Antes del acelerador que tenemos, hubieron otros que buscaron el Higgs y dijeron: “No existe hasta una masa de 80”, otros decían: “No existe hasta una masa de 112”, luego otro afirmaba: “En el rango entre 160 y 170 tampoco existe”, así se fue acorralando el Higgs hasta que los datos experimentales coincidieron con los que los teóricos calculábamos.

(S): ¿Cuál puede ser el impacto que el bosón de Higgs tenga en el futuro de la física?

(IPM): Tendríamos la confirmación del modelo estándar, algo similar a cuando se confirmaron las Leyes de Newton o la Ley de la Relatividad, aplicable en todo el universo.

(HSI): Además, se sentarían las bases para ver cuál es la siguiente aproximación a lo que realmente es la naturaleza y que el modelo estándar no puede predecir, por ejemplo lo relacionado con neutrinos o con la materia y la energía oscura.

(LDC): El Higgs cierra una etapa completa en el modelo estándar, pero esta teoría tiene huecos, preguntas muy profundas a las que se les intenta dar respuesta: ¿por qué nada más hay materia en el universo y no antimateria?, ¿qué le pasó a la antimateria? Se supone, de acuerdo a la teoría del Big Bang, que el universo era una “sopa” donde todas las partículas se entremezclaban en un espacio donde había la misma cantidad de materia y antimateria, luego el universo se enfría y algo pasó que desapareció la antimateria dejando únicamente la materia, por eso existimos, si no, habría únicamente luz.

Todas estas preguntas fundamentales nos dan confianza y seguridad para afirmar que sí se ha descubierto el Higgs y que el razonamiento y las técnicas experimentales que se utilizaron nos van a permitir seguir preguntándole a la naturaleza para ver si podemos responder cuestiones todavía más esenciales.

(S) El descubrimiento de la partícula de Dios – como algunos la llaman– no sólo replantea paradigmas de la física sino también otros que abarcan campos como los de la filosofía y la religión ¿no es así?

(LDC): La ciencia estrictamente debe purificar las ideas filosóficas y religiosas. Yo afirmo que es posible tener unas ideas filosóficas o religiosas y unas científicas, pero muchas de las ideas asociadas con la religión a la luz de la ciencia chocan, yo no soy antirreligioso, pero pongo el siguiente ejemplo: la edad de la Tierra, si nos vamos a fuentes religiosas nos dicen cinco mil años, si vamos a las fuentes científicas nos dicen que es de millones de años.

El reciente descubrimiento del bosón de Higgs es una confirmación del poder de la ciencia que debería de obligar a la gente a replantearse algunas cosas, pero eso son otros terrenos que ya abarcan a la religión y la filosofía. Haciendo una reflexión personal, para mí la física es poesía, yo creo que hay una belleza inherente al formalismo que desarrollamos, el mismo lenguaje lo estamos reinventando con una estética por sí misma.

(S): ¿Es correcto llamar al bosón de Higgs «la partícula de Dios»?

(IPM): No, es un nombre que se le dio accidentalmente.

(LDC): Es una cuestión de mercadotecnia.

(S): ¿Cuáles son las investigaciones futuras para el tema desde el punto de vista teórico?

(LDC): Siempre hay dos grupos de teóricos: unos muy formales dedicados por entero a las matemáticas

y otros muy ligados a lo experimental. Actualmente todo mundo, hasta los más teóricos, se ha movido a estudiar las propiedades del Higgs. Desde el punto de vista teórico esto es lo más estudiado, lo más discutido, cada día aparecen decenas de artículos sobre el tema.

Dado lo que se ha medido, surgen los siguientes planteamientos: ¿qué propiedades tiene el Higgs?, ¿cómo interactúa?, ¿realmente interactúa proporcional a la masa como predice la teoría?, ¿qué propiedades nuevas tendrá? Este es el tema actual y que durará todavía un par de años más. Una vez que se asiente esto y se diga “es el Higgs del modelo estándar” o “es un Higgs que tiene una propiedad inesperada”, entonces ese nos va a guiar para ver cuál es la física que sigue a escalas de energía más altas.

(S): ¿Y desde el punto de vista experimental?

(IPM): Recientemente se descubrió un bosón nuevo que nos permitirá afirmar si se trata o no del bosón de Higgs. En su tiempo indagaremos más en temas como el *spin*, que es el momento de giro de una partícula y que en el caso del bosón –se cree que– su valor es de cero.

A fines de este año se harán estudios de la distribución angular de los productos finales como los electrones o los muones que se producen del Higgs, dependiendo de esto se dirá si es un *spin* cero, un *spin* uno o un *spin* dos. También se explorará la razón de decaimiento en los diferentes productos. El modelo estándar define cuántas veces un Higgs va a decaer en dos *Z*'s y de ahí a cuatro leptones o cuántas veces un Higgs va a decaer a dos *Taus*, o cuántas veces va a haber una producción asociada con *Z* y *W*.

En caso de que sí sea el Higgs se tienen que hacer más búsquedas, como el modelo de supersimetría que explica la unificación de las fuerzas y la jerarquía de las masas. Aún nos queda mucho trabajo por hacer en el LHC cuya vida promedio es de 15 años.

(LDC): El Higgs se encontró donde se esperaba encontrar, por eso tenemos la confianza de que lo hemos hallado, de que en realidad es esa partícula que nos faltaba. Todas las predicciones del modelo apuntaban a ese rango de masa en el que se encontró.

(S): ¿Además de ustedes, qué otros investigadores de la BUAP han trabajado activamente en torno al tema del bosón de Higgs?

(HSI): A nivel experimental han sido estudiantes los que han colaborado en esta investigación. Desde licenciatura hasta posdoctorado.

(LDC): A nivel teórico hay investigadores desde que empezó el grupo de teoría en Puebla a mediados de los 90. Hay un grupo que trabaja las propiedades del Higgs en modelos efectivos, en modelos con varios bosones de Higgs y se estudiaron reacciones en distintas circunstancias. En ese entonces los estudios de teoría ya tenían un rato haciéndose, pero carecíamos –aquí en Puebla– de investigadores con experiencia.

De México hay grupos en el Distrito Federal, en el CINVESTAV (Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional), en Morelia y en San Luis que son los que participaron al ser invitados por cumplir con los requisitos para la colaboración experimental.

Los grupos de colaboradores que detectaron el Higgs fueron dos: por una parte está ATLAS y otra CMS. La mayoría de mexicanos están en ésta última, pero hay muchos otros mexicanos, adscritos a instituciones extranjeras, que participan en ambas jugando un papel muy importante, pero sin pertenecer ya a México.

(S): ¿Invitarían ustedes a participar a nuevos estudiantes en este proyecto?

(IPM): Claro que sí, hay muchos datos que analizar. No se busca únicamente el Higgs, sino muchas cosas fuera de la física de partículas y, mientras más colaboradores tengamos, más rápido obtendremos resultados satisfactorios en las investigaciones.

(HSI): Creo que hace falta la integración de más estudiantes. Afortunadamente la doctora Isabel se está incorporando recientemente. Aquí tenemos mucho potencial para formar recursos humanos en física de frontera y eso nos ha permitido que una gran cantidad de estudiantes de la BUAP muestren interés en trabajar con nosotros. La tarea que tenemos nosotros es la de incorporar más estudiantes al proyecto.

(LDC): Por supuesto que sí, se viene la época brillante, la época dorada de la física de partículas, yo nunca había visto que la física de partículas tuviera tanto impacto en la sociedad. Desde el punto de vista fundamental de conocimiento tiene mucha importancia y ha logrado que la gente común se entere y lo aprecie. Hace unos días, por ejemplo, fui a comer con mis tíos, ellos son de Guerrero y trabajan de obreros y me preguntaron acerca del bosón de Higgs porque lo habían visto en la televisión, me dijeron: “Oye, pláticanos qué es eso de la ‘partícula de Dios’”. Creo que poco a poco la ciencia se está acercando más a la gente, se está haciendo global y es un componente digno de apreciar y si queremos que la ciencia siga teniendo un impacto social fuerte debemos de contar con una política eficaz

capaz de posicionarse para brindarle a la sociedad el acceso total a la información y así desterrar tanto oscurantismo. Hay cosas en la sociedad mexicana que ya deberíamos eliminar, como el fanatismo religioso. Uno pensaría que vivimos en una sociedad moderna, pero que haya casos como las personas que le sacaron los ojos a un niño en un supuesto ritual satánico, quiere decir que no hay un pensamiento científico arraigado en muchos sectores de nuestra sociedad y eso es responsabilidad de todos nosotros, de la universidad misma, tenemos que difundir la ciencia para que la gente se acostumbre a pensar, a dudar de todo.

(S): ¿Sólo estudiantes de física pueden participar en este proyecto o también de otras disciplinas?, ¿cómo cuáles?

(IPM): Pueden participar estudiantes de electrónica, computación y muchas otras áreas. Afortunadamente el CERN y la física de partículas son espacios interdisciplinarios donde pueden colaborar ingenieros –diseñando detectores–, programadores, matemáticos.

(LDC): Incluso un mexicano dedicado a la divulgación y que estudió diseño gráfico está colaborando en el CERN.

Hay muchas áreas de ingeniería que pueden colaborar para producir o estudiar los súper conductores, ya que estos tienen aplicaciones tecnológicas. Hay que aprovechar que ya se hizo este gran avance para ver todo lo que hay alrededor, todo lo que se está produciendo. Los aceleradores mismos que se están produciendo para tratamiento de cáncer en terapias son un ejemplo, ahora los médicos utilizan hadrones para tratar enfermedades de una manera más eficiente, cuando antes, esto era un terreno exclusivo de la física.

(HSI): Es importante resaltar que el próximo año el CERN hará un paro para trabajar en una ampliación de sus instalaciones y detectores. Esa es la parte donde trabajan muchos ingenieros. Es una oportunidad para incorporar otras áreas.

(S): ¿Desearían agregar algo más?

(LDC): Es un gran privilegio que la BUAP esté participando en un experimento de frontera. Es un orgullo ver el símbolo de la BUAP en algunas pláticas o *papers* que van a ser históricos. En general, como científicos, nos han tocado cosas muy interesantes que son de una vez en la vida.

(HSI): Para el descubrimiento de este nuevo bosón que puede ser el Higgs, se desarrollaron durante veinte años dos grandes experimentos: ATLAS y CMS, su tarea fue la de encontrar esta partícula en forma independiente. La BUAP tiene el honor de haber participado en el CMS desde el 2005. ■



Premios Estatales de

Ciencia y Tecnología 2012

El día jueves 22 de Noviembre, el Gobierno del Estado de Puebla a través del Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Puebla, hizo entrega de los Premios Estatales de Ciencia y Tecnología. En esta ocasión tres destacados Investigadores de nuestra Universidad fueron galardonados, reconociéndose la calidad del trabajo académico y de investigación que se desarrolla en la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Los premiados fueron:

En la categoría de Ciencias de la Salud, el Dr. Roberto Berra Romaní, el Dr. Berra es Jefe de Laboratorio de Fisiología Cardiovascular de la Facultad de Medicina de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Realizó sus estudios de Licenciatura y Maestría en nuestra Universidad y su Doctorado en Bioquímica y Fisiología de Sistemas Membranales en la Universidad de Pavía Italia. Es miembro del SNI Nivel 1, profesor con perfil deseable PROMEP y miembro del padrón de investigadores de la BUAP. Su trabajo ha permitido proponer nuevos tratamientos farmacológicos para la hipertensión arterial, además de dilucidar los mecanismos implicados en la regeneración de los vasos sanguíneos. Su línea de investigación actual se enfoca en el análisis de las alteraciones que causa la diabetes mellitus sobre el sistema cardiovascular.

En la categoría de Ciencias Exactas, el Dr. Jesús Toscano Chávez, el Dr. Toscano es Profesor Investigador de la Facultad de Ciencias Físico- Matemáticas de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Realizó sus estudios de Licenciatura en Ciencias Físico-

sico-Matemáticas en la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, y de Maestría y Doctorado en Ciencias, con Especialidad en Física, en el Departamento de Física del CINVESTAV del Instituto Politécnico Nacional. Es autor de 92 artículos de investigación en el área de la Física de las Partículas Elementales. Ha graduado a un total de 39 alumnos, de Licenciatura, Maestría y Doctorado. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 3.

En la categoría de Ciencias Sociales y Humanidades el Dr. Cesar Cansino Ortiz, el Dr. Cansino actualmente es Profesor-Investigador de la Facultad de Derecho y Ciencias Sociales de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. Realizó sus estudios de Licenciatura y Maestría en la Universidad Nacional Autónoma de México, de Doctorado en Ciencia Política por la Universidad de Florencia, en Italia; y en Filosofía Política por la Universidad Complutense, en España. Ha sido profesor e investigador titular o invitado en diversas instituciones tanto en México, como en el extranjero, entre las que destacan: Universidad de Stanford, Universidad de Campinas en Brasil, Universidad de California en San Diego, Universidad de Cambridge, Universidad de Almería en España y Universidad Iberoamericana (México). Es autor y coautor de más de 50 libros publicados en varios países e idiomas. Y ha publicado más de 300 artículos y ensayos en revistas de ciencia política tanto nacionales como internacionales. Recibió el Premio Nacional de Periodismo en 1995 por artículo de fondo, el premio Jean Monnet Award otorgado por la Comunidad Europea en 1991, es miembro del Sistema Nacional de Investigadores nivel 3.