



**Reto**

¿Por qué las balas chispean en las películas de cine?

Solución: <http://www.fundacionempresaspolars.org/fisica>

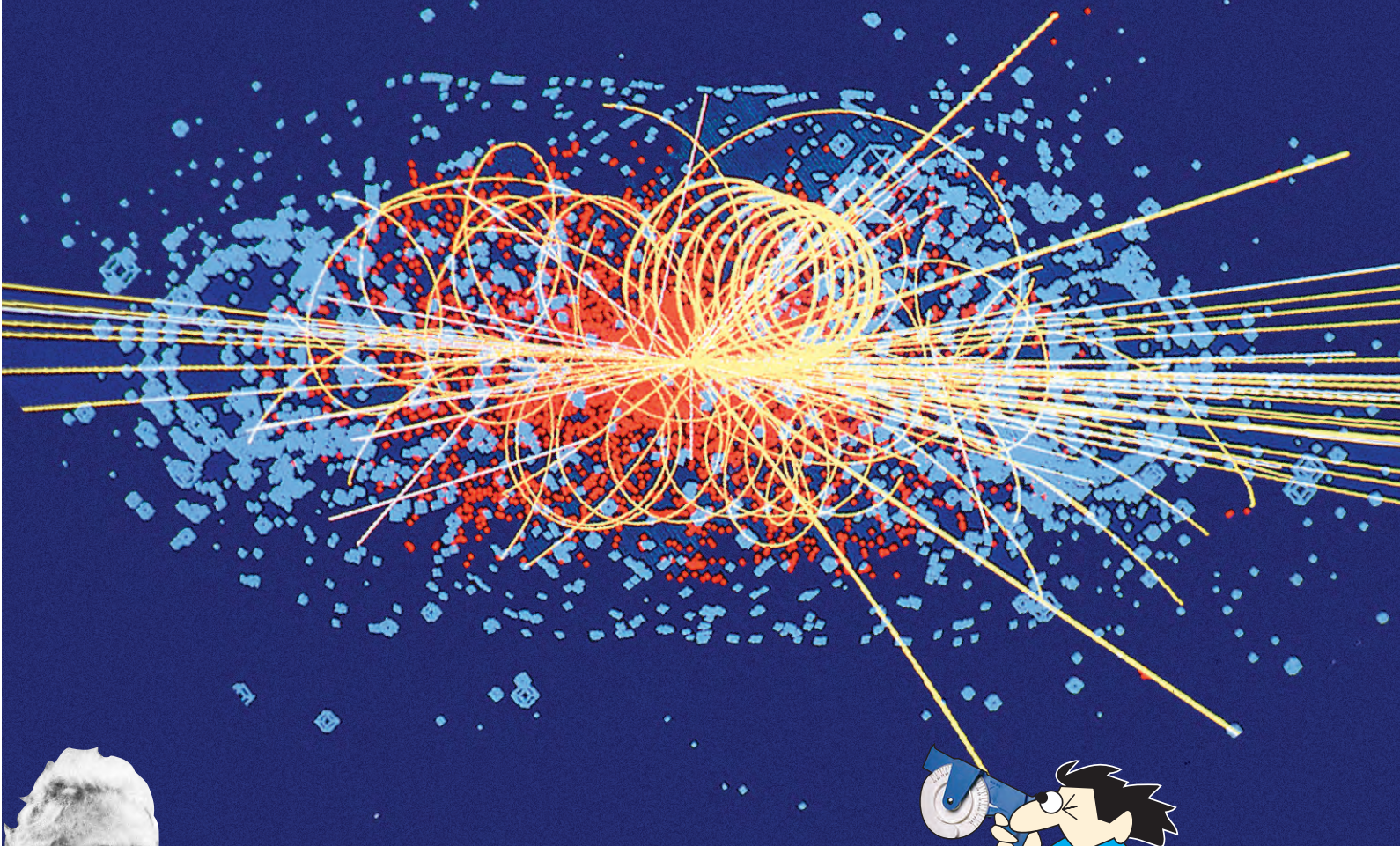


**Tenis**

La tenista yaracuyana Milagros Sequera (1980) escaló más de 30 posiciones en el ranking 2007 de la Asociación de Tenistas Profesionales tras su victoria en el torneo de tenis de Fez, Marruecos.

**Página 6.**

# El modelo estándar de la materia



*Nosotros esperamos explicar el Universo entero en una sola y simple fórmula que cualquiera pueda llevar en su camiseta.*

Leon Lederman (EEUU, 1922)

Imagen: Simulación del decaimiento del bosón de Higgs después del choque de dos protones en el Gran Colisionador de Hadrones, CERN, Suiza.

**Página 4.**

**Clinómetro**

En este fascículo te mostraremos cómo construir un aparato que te permitirá estimar la altura de un edificio o de un árbol.

**Página 7.**



Fisicasas

# El principio de incertidumbre

Isbelia Martín (Universidad Simón Bolívar, Caracas) y Claudio Mendoza (IVIC/CeCALCULA)

**E**l principio de incertidumbre que enunció en 1927 Werner Heisenberg (Alemania, 1901-1976) –foto– representa el pilar fundamental de la teoría que explica el comportamiento de los átomos y moléculas, nos referimos a los **fenómenos cuánticos**. Este principio establece que no se puede medir simultáneamente la posición y la velocidad de una partícula a escala atómica como lo hacemos con objetos en nuestra vida cotidiana. Si quisiéramos establecer, por ejemplo, la posición de un electrón que orbita alrededor del núcleo atómico, entonces los errores en la determinación de su velocidad se harían muy grandes; o viceversa, si tratamos de determinar su velocidad obtendríamos imprecisiones en su posición. El producto de los errores en la medida de la posición ( $\Delta q$ ) y la cantidad de movimiento ( $\Delta p$ , producto de su masa por la velocidad) nunca puede ser menor al valor de una constante que se conoce con el nombre de la **constante de Planck** ( $h$ ). El valor de  $h$  es extremadamente pequeño ( $6,63 \times 10^{-34}$  J s) y, para cuerpos a nuestra escala, el principio no representa una limitación práctica ya que ningún instrumento puede ser tan preciso.

A escalas microscópicas, la incertidumbre de las mediciones es tan importante que inclusive el concepto de un electrón representado por una partícula puntual, localizada en el espacio con cierta velocidad, deja de tener validez, en tanto que, para describirlo, el modelo de una onda se torna más adecuado. En este hecho radica la **dualidad onda-partícula** en que se basa la teoría cuántica, la cual tiene consecuencias importantes en la explicación de la existencia de átomos estables y de la materia en el Universo, imponiendo límites en el conocimiento de lo que ocurre a escalas muy pequeñas.



$$\Delta p \Delta q \geq h$$

**¡¡¡¡¡ INTÉNTALO EN CASA**

Presentando: **Marvin y Milo**

**Qué necesitas:** •Una pelota de baloncesto  
•Una pelota de tenis •Una habitación sin cosas rompibles

Vamos a ver hasta qué altura rebotan estas pelotas.

Deja caer la pelota de tenis desde la altura de tu cintura. Mide hasta donde rebota.

Ahora prueba la de baloncesto.

Pon la pelota de tenis encima de la de baloncesto, y déjalas caer.

Cuando las pelotas tocan el piso, la de baloncesto transfiere momento a la de tenis, haciéndola rebotar mucho más alto que antes.

¿Viste a qué altura llegó?

Ooof!

Vic Le Billon - www.billybonbon.com

www.physics.org

# Raúl y Sumito Estévez, la ciencia y la cocina como una manera de vivir

Entrevista  
Marielba Núñez

**N**ingún rincón de la casa de Raúl Estévez debe mirarse con indiferencia. En el lugar donde se fijen, los ojos tropezarán con obras de arte, con objetos artesanales llenos de delicadeza, con antigüedades. Allí, en una tranquila zona de Mérida, Estévez y su familia han levantado palmo a palmo su propia casa, totalmente a su gusto y con habitaciones diseñadas especialmente para cada uno de sus habitantes.

En la casa, el sitio de honor es la cocina. Alrededor de ella han transcurrido los grandes momentos de la familia y allí se reúnen, cada 5 de enero, para celebrar el cumpleaños de Raúl Estévez y disfrutar de una buena comida que, entre otros, es preparada por su hijo, el conocido chef Sumito Estévez.

A padre e hijo los une, además de la pasión por la cocina, su formación en física. Son parte de una familia singular, en la que sobra el talento musical, culinario y literario. Raúl Estévez reconoce en sí mismo la huella de Aquiles Nazoa, quien se convirtió en su padre, luego de que enviudara su madre, María Laprea, cuando él era muy pequeño. Le gusta llamarse a sí mismo la "oveja científica" de la familia, en lugar de "oveja negra", para resaltar el hecho de que en la casa de su infancia siempre había más inclinación hacia el arte. Pero luego cuenta que su mentalidad científica se la debe en gran parte al escritor. "Desde pequeño, Aquiles vivía acosándome con preguntas asociadas a la ciencia, hasta que murió. Cuando yo estaba en Estados Unidos, estudiando, el teléfono sonaba a las dos de la madrugada, y sabía que era él, que estaba en la máquina de escribir, y me decía que necesitaba que le explicara en lenguaje sencillo cómo funcionaba, por ejemplo, una plancha y qué era lo que hacía que planchara. Eso mismo lo apliqué luego con mis hijos".

El abuelo materno de Raúl Estévez era de origen italiano. A él le agradece esta familia la inclinación por la cocina que han heredado todos, y que Sumito asumió como profesión. "Mi abuelo llegó a San Fernando de Apure a principios del siglo XX y, a pesar de que no había refrigeración, siempre hacía toneladas de pasta, salsas y muchas cosas para conservar".

Orgulloso por los logros de Sumito -como lo está también de sus otros tres hijos, aclara-, Raúl Estévez cuenta que cuando el futuro chef estaba en la universidad, estudiando física, le propuso que se retirara un semestre para que ayudara en la construcción de la casa. Trabajó al lado de los obreros, asumiendo las tareas más duras. Cuando pasó un mes, el maestro albañil le dijo: "Trate, cuando sea doctor, de no olvidarse de cómo los pobres nos ganamos los cobres". Para Raúl Estévez, definitivamente haber estudiado una carrera científica ha impulsado la carrera de su hijo chef. "Él siempre fue una persona muy disciplinada, y estoy convencido de que la física le ayudó a ser lo que es hoy. Le quedó la inclinación por la experimentación que da el estudio de la ciencia, además de la dedicación, la perseverancia, el aprender a cuestionar lo establecido".

El propio Sumito reconoce el vínculo entre su formación científica y su trabajo culinario. "La relación viene dada por el hecho de querer entender los porqués de cada cosa que veo que pasa en la cocina, así como por el hecho de que leo mucha literatura científica asociada al hecho gastronómico, aunque tengo claro, sin embargo, que por ser físico nadie es mejor cocinero", comenta. Raúl Estévez añade, sin disimular una sonrisa, que la fama de su hijo ha hecho que, desde hace unos años, se le conozca como "el papá de Sumito". Sin embargo, como integrante de las primeras generaciones de físicos de Venezuela, tiene méritos más que suficientes para ser reconocido. Entre otras cosas, le tocó echar las bases de la estructura que ha permitido investigar en esta área del país, por ejemplo, como uno de los fundadores de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Los Andes, en Mérida.

Desde hace unos años, se dedica a trabajar en la gestión del riesgo, que no es otra cosa que la preparación para enfrentar los peligros que pueden significar los sucesos naturales, como los terremotos o los deslaves. "Todo desastre tiene dos caras -explica. Uno es la amenaza. Ésta es parte de la naturaleza y no hay manera de evitarla. La otra cara es la vulnerabilidad del ser humano. Este aspecto sí es posible controlarlo pero en nuestro país no hay conciencia preventiva, y no se asume que la mayor parte de los accidentes son previsibles".

La pasión con la que Raúl Estévez habla de su trabajo explica por sí sola que Sumito haya decidido, en principio, seguir sus pasos y estudiar física. "Cuando tomé esa decisión, la influencia y la admiración hacia mi padre fue definitiva", narra. ¿Y qué cosa podría describir mejor a Raúl Estévez que su reacción, cuando su hijo, la noche en que celebraba su graduación, le informó que sería cocinero? "Cuando lo decidí, mi padre me apoyó irrestrictamente", añade Sumito.

En eso, seguramente, tuvo que ver la forma en que esta familia, ligada a la ciencia y a la cocina, ve la vida. "La cocina no es un interés; no es que uno se propone ser cocinero -dice Raúl Estévez- sino que eso forma parte de nuestra vida cotidiana. Es una manera de vivir".



**Raúl y Sumito forman parte de una familia singular en la que sobra el talento. Ambos demuestran que la pasión y el trabajo están entre los principales secretos del éxito en cualquier profesión.**

La física, la gastronomía, el arte, la música. Todos estos elementos tienen un lugar protagónico en la casa de los Estévez. Sus reuniones de enero son famosas por la buena cocina y la buena música, que cultivan también familiares y amigos cercanos. Raúl Estévez suele bromear con la técnica con la que consigue tan buena combinación. "A los cocineros les atrae que habrá buena música y a los músicos la buena cocina".

Raúl Estévez perteneció a la primera promoción de la Universidad Patricio Lumumba, de Moscú, en la extinta Unión Soviética, donde se graduó de físico en 1965. En principio se interesaba por la cosmología y la relatividad general. Años después, hizo la maestría y el doctorado en la Universidad de Stanford, EEUU, y empezó a estudiar sismología (ciencia de los terremotos) y el manejo de desastres.

Por su parte, Sumito Estévez estudió física en la Universidad de Los Andes e hizo su tesis sobre el tema de la superconductividad. No estudió una carrera científica por compromiso, afirma. "Cuando empecé la universidad, la física era lo que más me gustaba en la vida".

# El modelo estándar de la materia

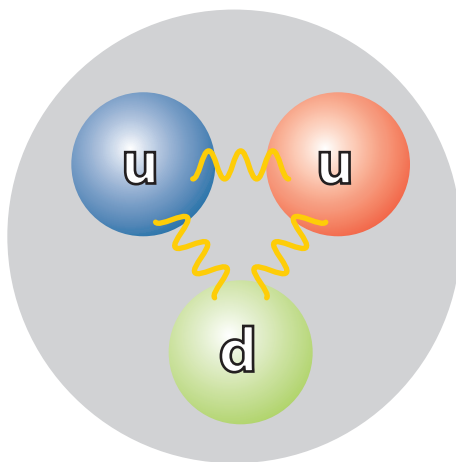
Claudio Mendoza, IVIC/CeCaICULA

**E**l modelo estándar tiene que ver con las partículas elementales que componen la materia y las fuerzas electromagnética, fuerte y débil con que interactúan. Su formulación y comprobación experimental están entre los logros científicos más importantes del siglo XX. Más aún, es un logro colectivo ya que no se debe al descubrimiento de un solo genio o a los experimentos de este laboratorio o aquél, sino al esfuerzo y dedicación de las mentes más poderosas de toda una era y a la inversión en gigantescos instrumentos por parte de una civilización que realmente creyó en ellas.

Uno de los motivos de este artículo es familiarizarnos con el concepto de **modelo** porque es unas de las principales líneas de acción con las que procede un físico al estudiar un fenómeno: propone una representación física que considera válida o, al menos, que se le parezca. Un ejemplo famoso es del físico danés Niels Bohr cuando modeló la estabilidad de los núcleos atómicos con una "gota de agua" en la década de 1930. Aunque la analogía con la gota de agua no puede explicar todas las propiedades nucleares, representa bastante bien ciertas reacciones como la fisión nuclear, o sea, la división de un núcleo inestable en dos pedazos, la cual se aprovecha para generar grandes cantidades de energía.

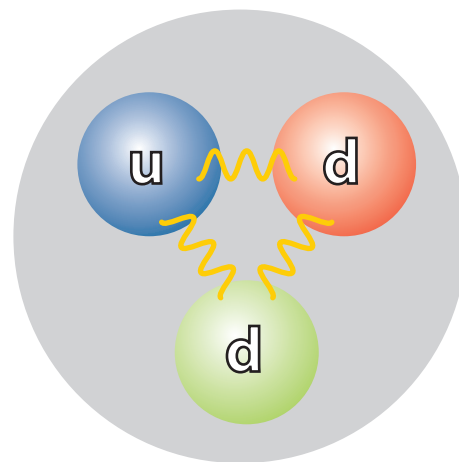
Volviendo al modelo estándar de la materia, fíjense que aunque considera tres fuerzas fundamentales, la electromagnética, la fuerte y la débil, excluye la cuarta, la fuerza de gravedad, y por lo tanto no la podemos considerar entonces como una teoría completa de la materia.

Uno de los modelos más útiles, y con el cual el físico generalmente comienza, es el de un **sistema de partículas**, es decir, masas puntuales que interactúan por medio de fuerzas. Una **partícula elemental** no tiene estructura interna, y queda completamente definida por su masa y carga eléctrica (positiva, negativa o neutra). Posteriormente, el físico puede ir poco a poco refinando su modelo hasta finalmente llegar a un sistema bien ajustado con la realidad. Sin embargo, con un modelo basado en partículas se puede llegar bastante lejos como, por ejemplo, a estudiar las propiedades térmicas de un gas, el movimiento de los planetas del Sistema Solar o el choque entre dos galaxias. Ahora,



**Estructura de un protón**

Se compone de dos quarks *u* y uno *d*.



**Estructura de un neutrón**

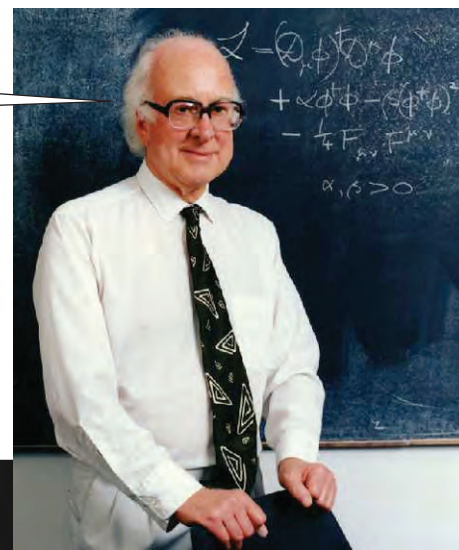
Consiste de dos quarks *d* y uno *u*.

*Será un alivio si la encuentran. Si me equivoqué, será un poco triste.*

Peter Higgs  
(Reino Unido, 1929)

*He cometido el pecado capital, he predicho la existencia de una partícula que nunca puede ser observada [el neutrino].*

Wolfgang Pauli  
(Austria, 1900-1958)



aunque podemos descifrar muchas de las intimidades de la materia por medio de partículas, podríamos bien preguntarnos, ¿está la materia realmente constituida por partículas elementales? Respuestas a esta pregunta comenzaron hace 2 500 años, cuando los pensadores griegos, Leucipo y Demócrito principalmente, propusieron el concepto del **átomo**: la "partícula indivisible".

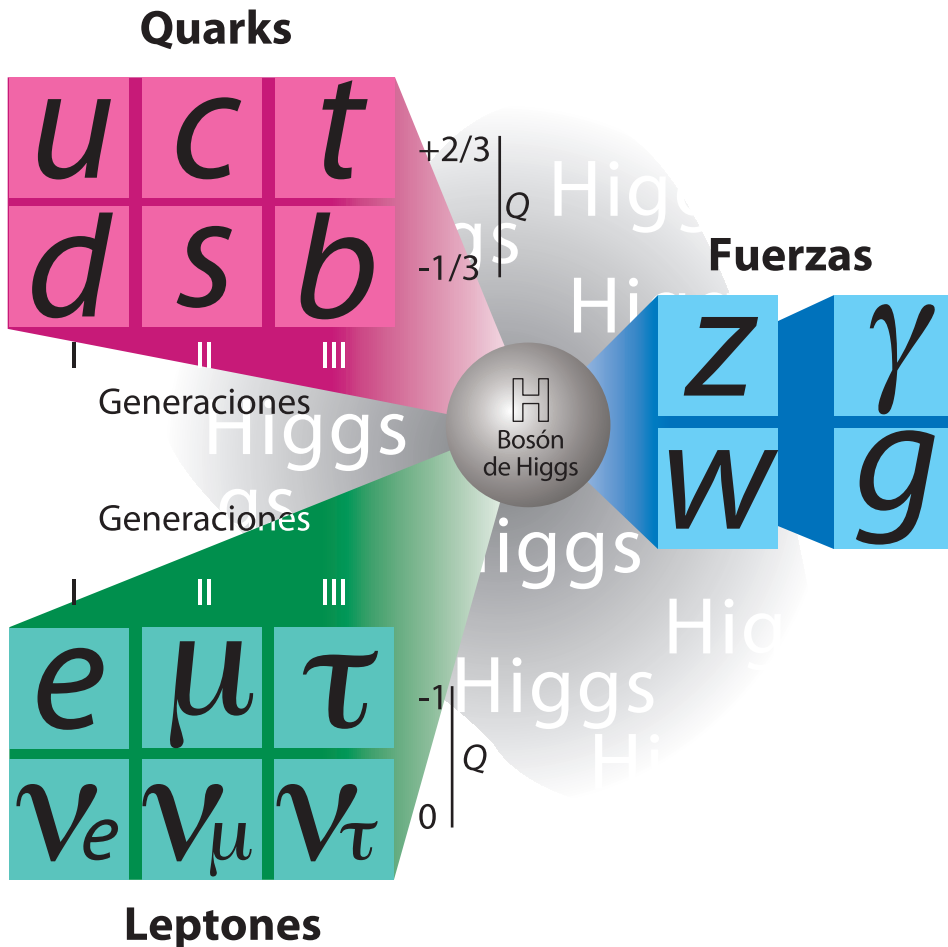
A comienzos del siglo XIX, John Dalton revivió la teoría atómica de los griegos para describir cuantitativamente las reacciones químicas. Ésta condujo en 1869 a Mendeleev a presentar la Tabla Periódica de los Elementos, una de las síntesis científicas más importantes de la historia. ¿Quién ha visto un laboratorio de química sin Tabla Periódica? Sin embargo, pronto

nos dimos cuenta de que los átomos químicos no eran partículas elementales. A la vuelta del siglo XX, J.J. Thomson descubrió el electrón y, poco tiempo después, los experimentos de Rutherford dieron como resultado a un átomo nuclear, es decir, un enjambre de electrones rodeando a un núcleo que contenía la mayor parte de la masa. Los trabajos sobre la radioactividad de Becquerel, Pierre y Marie Curie; los descubrimientos del neutrón (Chadwick) y los reactores nucleares de Enrico Fermi pronto dieron a relucir pistas contundentes sobre niveles más básicos de la materia: los átomos estaban compuestos de partículas denominadas protones, neutrones y electrones.

Pero, ¿es un protón o un electrón una partícula elemental? Esta pregunta se empe-

Para mí, el estudio de estas leyes es inseparable de un amor por la naturaleza en todas sus manifestaciones.

Murray Gell-Mann (EEUU, 1929)



Las fuerzas actúan por intercambio de partículas mediadoras llamadas **bosones**. La interacción electromagnética ocurre entre partículas cargadas eléctricamente por medio del intercambio de un fotón ( $\gamma$ ) y da lugar a la luz. La interacción nuclear fuerte sólo es percibida por la carga cromática (color) de los quarks a través del intercambio de gluones (g), y es responsable de la estabilidad del núcleo atómico. La interacción nuclear débil transforma partículas de un tipo (sabor) a otro y es mediada por los bosones **Z** y **W**, dando lugar a la radioactividad (decaimiento beta).

El modelo estándar tiene actualmente varias preguntas que resolver para mantener su validez, entre las que se encuentran la vasta diferencia que existe en el Universo entre la materia y la antimateria, y si podemos integrar la interacción nuclear fuerte a la descripción unificada de las fuerzas electromagnética y débil. Pero quizás la más importante es el mecanismo responsable del origen y distribución (notablemente dispar) de las masas de las partículas elementales en los primeros instantes del comienzo del Universo, es decir del *Big Bang*. El mecanismo más aceptado fue propuesto en 1964 por el matemático británico Peter Higgs, el cual recurre a rupturas espontáneas de ciertas simetrías causadas por la interacción de las partículas elementales con una que él inventó y que, en su honor, se conoce como el **bosón de Higgs**. A pesar de ciertos esfuerzos, esta partícula, que el físico americano Leon Lederman apoda "la partícula de Dios", y de la cual depende en gran parte la validez del modelo estándar, no ha sido encontrada hasta ahora. La presente construcción del Gran Colisionador de Hadrones (LHC) por la Organización Europea para la Investigación Nuclear (CERN) en Ginebra, Suiza, está motivada principalmente por la búsqueda de esta elusiva partícula.

Después de 44 años de espera para validar su hipótesis, podemos solidarizarnos con la expectativa del profesor Higgs por la puesta a punto del LHC, la cual está programada para fines de 2008. Sin embargo, a pesar de todos estos acontecimientos, y tomando en cuenta experiencias anteriores, podríamos perfectamente preguntarnos de nuevo, ¿es una partícula elemental un quark, un electrón o un neutrino?

zó a responder con mucho entusiasmo a partir de la segunda mitad del siglo XX, principalmente con grandes microscopios llamados **aceleradores** donde se estudiaban los escombros que dejaban los choques entre partículas a energías cada vez más altas. Sin embargo, la respuesta fue más difícil de encontrar de lo que se esperaba; de estos choques comenzó a aparecer una gran variedad de partículas exóticas que nadie se había imaginado o podía explicar. La respuesta fue finalmente esclarecida en la década de 1960 por Murray Gell-Mann y George Zweig, quienes propusieron que tanto el protón como el neutrón tenían estructura interna, la cual consistía en tres partículas elementales que llamaron **quarks**. Esta hipótesis fue comprobada, entre 1967-1973, con el acelerador del SLAC por Friedman, Kendall y Taylor.

La descripción que hace de la materia el modelo estándar se basa en la unificación de dos grandes teorías físicas: la **mecánica**

**cuántica** y la **relatividad especial** de Einstein. En dicha descripción, las simetrías que obedecen las interacciones juegan un papel predominante, asignándole a las partículas elementales nuevas propiedades como el espín, isoespín, color, sabor, extrañeza, encanto, etc. El modelo estándar postula que el Universo se compone de materia y antimateria, es decir, cada partícula tiene su antipartícula, y existen tres generaciones de partículas. El Universo está casi totalmente formado por miembros de la primera generación. Las otras dos generaciones son responsables de materia exótica inestable encontrada a altas energías. Como se indica en la figura, cada generación está compuesta por dos **quarks**, partículas de carga eléctrica  $Q$  fraccionaria (+2/3 y -1/3), y dos **leptones**, uno neutro (el neutrino) y el otro de carga negativa (-1). Los leptones, cuyo miembro más conocido es el electrón, no experimentan la interacción nuclear fuerte.

# Prueba y verás

## La vela sube-y-baja



### Parque Tecnológico de Mérida

Consigue una vela cilíndrica de unos 10 cm de largo por 1 cm de diámetro. Con un cuchillo hazle una punta a la base cuidando de no cortar la mecha. Toma un alfiler lo suficientemente largo y, por ensayo y error, atraviesa la vela en el centro de manera que ella quede balanceada cuando ambos lados del alfiler descansan sobre dos soportes de igual altura (dos vasos idénticos, dos latas del mismo tamaño, etc.). Ahora prende ambas mechas y observa qué sucede.

La vela se parece a un sube-y-baja; primero un extremo baja y el otro sube, después el extremo que bajó sube y el otro baja; así sucesivamente. ¿Cómo lo hace?

Al prender las mechas, el calor de las llamas que se origina por la combustión derrite la cera de un extremo, que se hace más liviano al gotear al piso. Al ser más liviano, el otro extremo que es más pesado baja y así entonces se derrite, gotea, se vuelve más liviano y sube. De modo que cada extremo se vuelve más liviano de forma alterna y observamos el movimiento típico del sube-y-baja.



## Deportes

# La raqueta de tenis

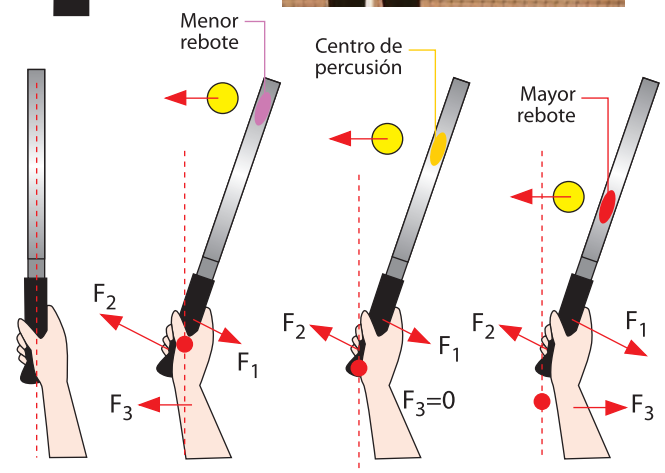
### Rogelio F. Chovet

La tenista yaracuyana Milagros Sequera ganó la medalla de oro del certamen individual de tenis femenino de los Juegos Panamericanos de Río de Janeiro, en julio de 2007 (fotos). La jugadora, de 26 años, derrotó en la final del Clube Marapendi a la colombiana Mariana Duque por 3-6, 7-6 (7-4) y 6-1.

El tenis es un deporte que se juega con raquetas disputado entre dos jugadores (individuales) o entre dos parejas (dobles). Se originó en Europa a fines del siglo XIX. En la actualidad, el tenis se ha universalizado y se juega en muchos países del mundo. Desde 1926, con la creación del primer tour, es un deporte profesional. Es, además, un deporte olímpico desde Seúl 1988, ya que había perdido esa categoría en los juegos olímpicos de París en 1924.

La escogencia de la raqueta es fundamental para un buen desempeño en este deporte. Dentro de la malla de una raqueta tenemos varias zonas con respuestas distintas dependiendo de dónde se golpee a la pelota. El centro de percusión (CP), que muchas veces no coincide con el centro geométrico de la malla de la raqueta, es el sitio donde existe menor vibración al chocar la raqueta con la pelota. Según vemos en los diagramas, se puede determinar que, cuando se golpea el CP, la fuerza ejercida por la muñeca ( $F_3$ ) es 0 ya que la fuerza de la mano ( $F_2$ ) y la fuerza de reacción o rebote ( $F_1$ ) se equilibran, dejando que el momento del brazo y raqueta sean los que determinen la fuerza del golpe que se le va a imprimir a la pelota. En este sitio, al no haber vibración, se logra golpear la pelota dándole la dirección y el efecto que permitirá sorprender al adversario. En el sitio de mayor rebote, el disparo será muchas veces sin control y la fuerza ejercida sobre la muñeca irá hacia atrás ya que la fuerza de rebote ( $F_1$ ) es mayor que la ejercida por la mano ( $F_2$ ). En el tenis lo importante es mantener rígida la muñeca para que el brazo sea la ampliación del mango de la raqueta, y así obtener momentos mayores.

Una buena raqueta y muchísimo entrenamiento desde temprana edad han permitido que la yaracuyana Milagros Sequera, con solo 1,65 m de altura y 57 kilos de peso, se encuentre entre las primeras cien jugadoras de tenis profesional del mundo (48ª desde el 9 de julio de 2007).



# Construye un clinómetro

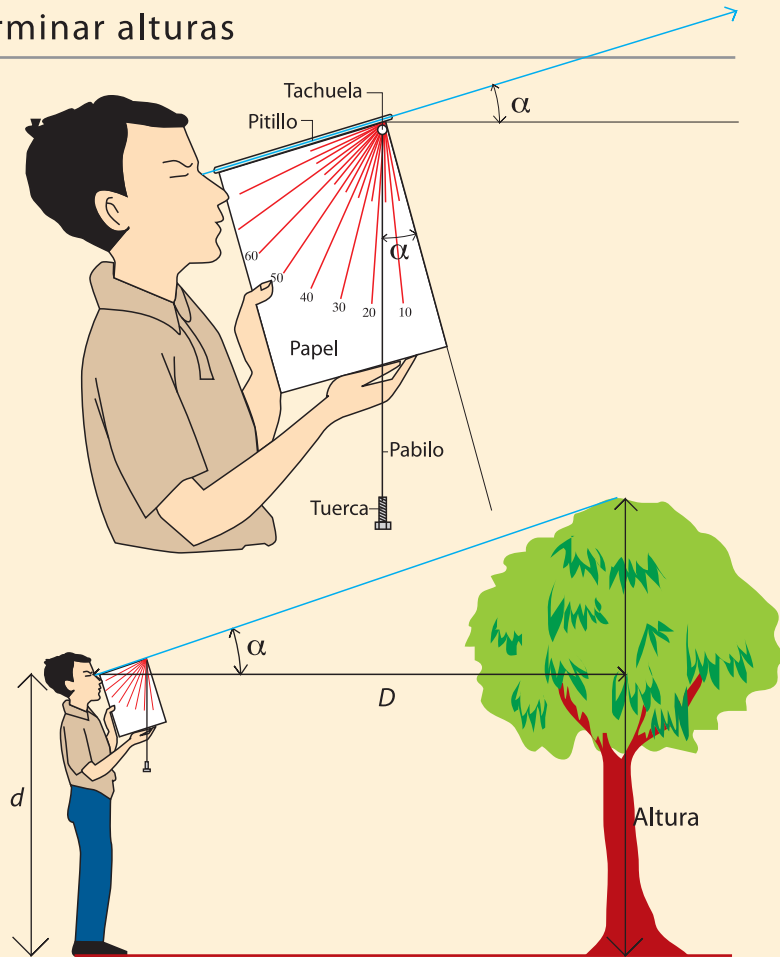
Instrumento para medir ángulos y determinar alturas

**América M. Sáenz Guzmán**, Colegio Santiago de León de Caracas

**Materiales.** Tabla o cartón duro de 20 cm x 20 cm aproximadamente, cuerda o pabilo, chinche o tachuela, metra o tuerca, marcador, transportador, pitillo, cinta métrica, hoja en blanco, pegamento.

**Procedimiento**

- Escoge una esquina de la hoja en blanco para dibujar el arco de graduación del clinómetro. Con el bolígrafo y el transportador traza las marcas dentro del rango que va desde el 0 hasta los 90 grados.
- Pega la hoja con el arco de graduación a la madera haciendo coincidir la esquina de la hoja con la de la madera.
- Ata una tuerca a un pedazo de pabilo de 35 cm aproximadamente.
- Coloca la tachuela en el centro del sector circular del arco de graduación y amarra el pabilo con la tuerca.
- Corta un pitillo a la mitad y pégalo con cinta adhesiva a lo largo del borde superior de la tabla para utilizarlo como mira. Verifica que la tuerca coincida con 0° al colocar el clinómetro con la mira paralela a la horizontal.
- Selecciona el objeto cuya altura deseas medir, un árbol por ejemplo. Busca a un amigo para que te ayude a utilizar el instrumento.
- Pídele a tu amigo que mida con la cinta métrica la altura de tus ojos desde el piso ( $d$ ), y también que mida la distancia de tus ojos al objeto a medir ( $D$ ).
- Observa el árbol a través de la mira (el pitillo) del clinómetro.
- Pide a tu amigo que lea el ángulo  $\alpha$  que marca el pabilo en el arco de graduación del clinómetro.
- Utiliza la siguiente ecuación para determinar la altura del árbol,  $Altura = (D \tan \alpha) + d$ , donde  $D$  es la distancia de tus ojos al objeto a medir,  $\alpha$  el ángulo que marca el clinómetro y  $d$  la altura de tus ojos sobre la tierra.



Ángulo	Tangente	Ángulo	Tangente
5°	0,088	30°	0,577
10°	0,176	35°	0,700
15°	0,268	40°	0,839
20°	0,364	45°	1
25°	0,466	50°	1,192



## Curiosidades

# ¿Por qué suenan las campanas?

**Ángel Delgado**, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas

Las campanas son artefactos diseñados y fabricados para que, al ser golpeados, suenen. La calidad de las campanas proviene del tipo de sonido que se logre alcanzar con los golpes que se les den pero, ¿cómo pueden sonar? Las campanas son hechas de metal y, como cualquier metal, vibran al ser golpeadas. Estas vibraciones perturban las moléculas de aire que rodea a la campana, y esta perturbación a su vez perturba las sucesivas capas de moléculas que rodean la zona en movimiento; en otras palabras, la perturbación se mueve y llega a nuestros oídos golpeando el tímpano. Esta estimulación del tímpano es transmitida en forma de impulsos eléctricos al cerebro, el cual los interpreta como un sonido. El sonido es pues una onda de tipo mecánico por cuanto necesita de un medio (en este caso el aire) para producirse y propagarse. La forma hueca de la campana actúa como una caja de resonancia ayudando a que el sonido se perciba a mayor volumen (aumentando la perturbación).



# Planeta Tierra: el planeta azul

Inírida Rodríguez, Universidad Central de Venezuela, Caracas



Vista desde el espacio exterior, la Tierra se nos muestra cubierta por agua en un 70% de su superficie. El 97% de ella es agua salada que constituye los océanos Pacífico, Atlántico, Índico, Ártico y Antártico, cuya profundidad promedio es del orden de 3 km; del 3% restante, el 2% es hielo y el 1% agua para el consumo humano. Otras manifestaciones del agua las encontramos en los ríos, que se originan como torrentes en las tierras altas de los continentes, y van a morir al mar, siendo a su paso fuente de vida y prosperidad humana, y a veces también de devastación.

El agua es, en fin, la **vida de nuestro planeta**, y es el medio que facilita la transferencia de energía, a la vez que transporta materiales y controla el depósito de los sedimentos. A través del **ciclo hidrológico**, las aguas producto de las lluvias que caen en las altas montañas causan el deshielo de las nieves donde las hay, se desbordan en riachuelos y ríos que a veces salvan grandes desniveles topográficos en saltos y cataratas, suplen a los lagos formados en depresiones aisladas en los continentes, hasta llegar de nuevo al mar-océano en donde se evaporan y ascienden para condensarse en nubes de vapor de agua que retroalimentan las lluvias. No toda el agua que se precipita a la Tierra se evapora y retorna al cielo; parte de ella se filtra hacia el subsuelo y queda atrapada al encontrar un manto impermeable que los aísla en un nivel freático. Es tarea del geofísico localizar este límite en profundidad a fin de orientar la ubicación de pozos para el consumo de agua por el hombre.

**Cuando el agua arrasa...** Tormentas e inundaciones. **Huracanes** en el Atlántico, **tifones** en el Pacífico Norte, **ciclones** en el Índico y Australia. Las tempestades, expresiones del poder de destrucción del agua en la naturaleza, se originan por la acumulación de nubes de tormenta que se arremolinan en espiral por efecto de la rotación de la Tierra. En el **ojo de la tormenta**, zona de bajas presiones, el aire es atraído hacia la espiral con gran fuerza y se producen fuertes vientos; en el mar se forman olas gigantes con gran poder destructivo. Hoy día, gracias a las imágenes satelitales, tenemos mayor conocimiento y podemos hacer un mejor seguimiento a estos eventos donde el agua es el principal protagonista.

## Las siete maravillas de la física Observatorio Pierre Auger

Claudio Mendoza, IMC/CeCalCULA

La Tierra está constantemente bombardeada desde el espacio por partículas de altas energías que se conocen como **rayos cósmicos**. En la mayoría de los casos son protones que al chocar con la atmósfera producen una lluvia de partículas secundarias, muchas de las cuales llegan a la superficie. El origen de los rayos cósmicos es todavía incierto y se piensa que depende de sus energías: los de baja a mediana energía ( $10^9$ - $10^{18}$  eV) se originan en nuestra galaxia, la Vía Láctea, mientras que los de mayor energía ( $10^{20}$  eV o más), los más misteriosos, pudieran venir de otras galaxias. Es útil saber que las partículas más energéticas producidas por el hombre apenas llegan a  $10^{12}$  eV.

Las observaciones de rayos cósmicos se realizaban en globos y desde los picos de las montañas, y cuentan con un pasado ilustre ya que comprobaron la existencia de la **antimateria** con el descubrimiento, en 1932, del **positrón**, la anti-partícula del electrón, y la existencia de unas partículas totalmente desconocidas como los **muones** que contribuyeron a formular el modelo estándar de las partículas fundamentales.

En la Pampa Amarilla del occidente de Argentina ya está funcionando el **Observatorio Pierre Auger**, una colaboración internacional de 17 naciones, con el propósito de desentrañar el origen de los rayos cósmicos de altas energías. El área de detección es realmente enorme, mayor que el espacio que ocupa Luxemburgo, y se utilizan dos métodos independientes para reconstruir la cascada de partículas desde la fuente. El primero consiste en 1 600 tanques de agua de 12 000 litros cada uno colocados en una trama de 1,5 km. El segundo mide la luz fluorescente producida cuando las partículas chocan con el nitrógeno del aire. Resultados preliminares parecen indicar que los rayos cósmicos de las más altas energías se originan en los **núcleos de galaxias activas**, los cuales son energizados **por huecos negros supermasivos**.

