



### Gimnasia

Venezuela se alza en la competición de gimnasia realizada en Alemania (marzo 2007), con el triunfo de Régulo Carmona en la final de las anillas.

**Página 6.**

### Reto

¿Por qué si bates una lata o una botella de refresco, al abrirla el contenido sale en forma de chorro espumante?

Respuesta: <http://www.fundacionempresaspolar.org/fisica>



# El caos



Uno de los atractivos del fenómeno caótico es que puede ser exhibido por sistemas y modelos de gran simplicidad.

**Página 4.**



### Airbag

Al activarse el sensor de choque, el sistema de inflado se dispara produciendo grandes volúmenes del gas nitrógeno que llena la bolsa en cuatro milésimas de segundo.

**Página 6.**

Fisicasas

# Los fractales

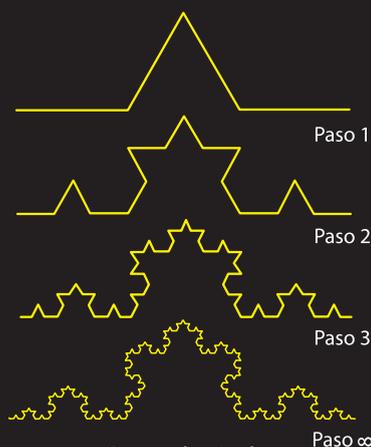
Isbelia Martín (Universidad Simón Bolívar, Caracas)

Claudio Mendoza (IVIC, CeCalCULA)

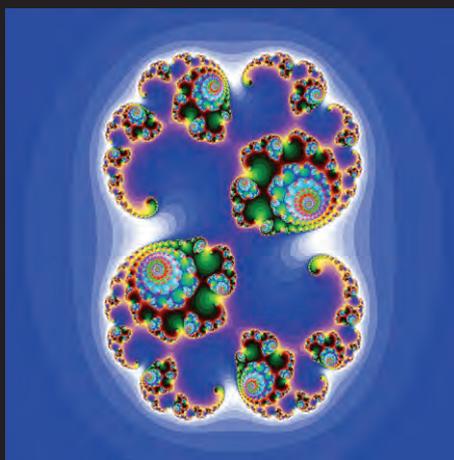
En la naturaleza existen objetos irregulares que no pueden ser descritos por la geometría que todos conocemos, o sea, en términos de líneas rectas, triángulos, círculos, conos, esferas, etc. Es el caso de un copo de nieve, de las nubes, las costas y las montañas. Con este propósito en mente, el matemático Benoît Mandelbrot introdujo en 1975 los **fractales**, objetos semi-geométricos con una propiedad muy importante: son auto-similares, es decir, que se repiten y repiten infinitamente a cualquier escala de observación. Lo interesante de esta innovadora proposición matemática es que los físicos han encontrado que las órbitas de los sistemas caóticos tienden con el tiempo a una estructura fractal, lo que permite entonces una descripción de sus complejas dinámicas.

Los fractales pueden ser construidos con procesos repetitivos simples como en la curva de Koch de la figura. Nos podemos dar cuenta de que no tiene sentido escoger un segmento de recta como una unidad de longitud, ya que nunca será lo suficientemente fina para resolver una estructura que aumenta el número de segmentos en cada paso indefinidamente. La curva tiene una longitud de  $4/3$  veces que la anterior en cada paso y los segmentos son  $1/3$  de lo que fueron en el paso previo.

Los fractales tienen aplicaciones en los más variados campos: sismología, compresión de imágenes, astronomía, mecánica de fluidos,



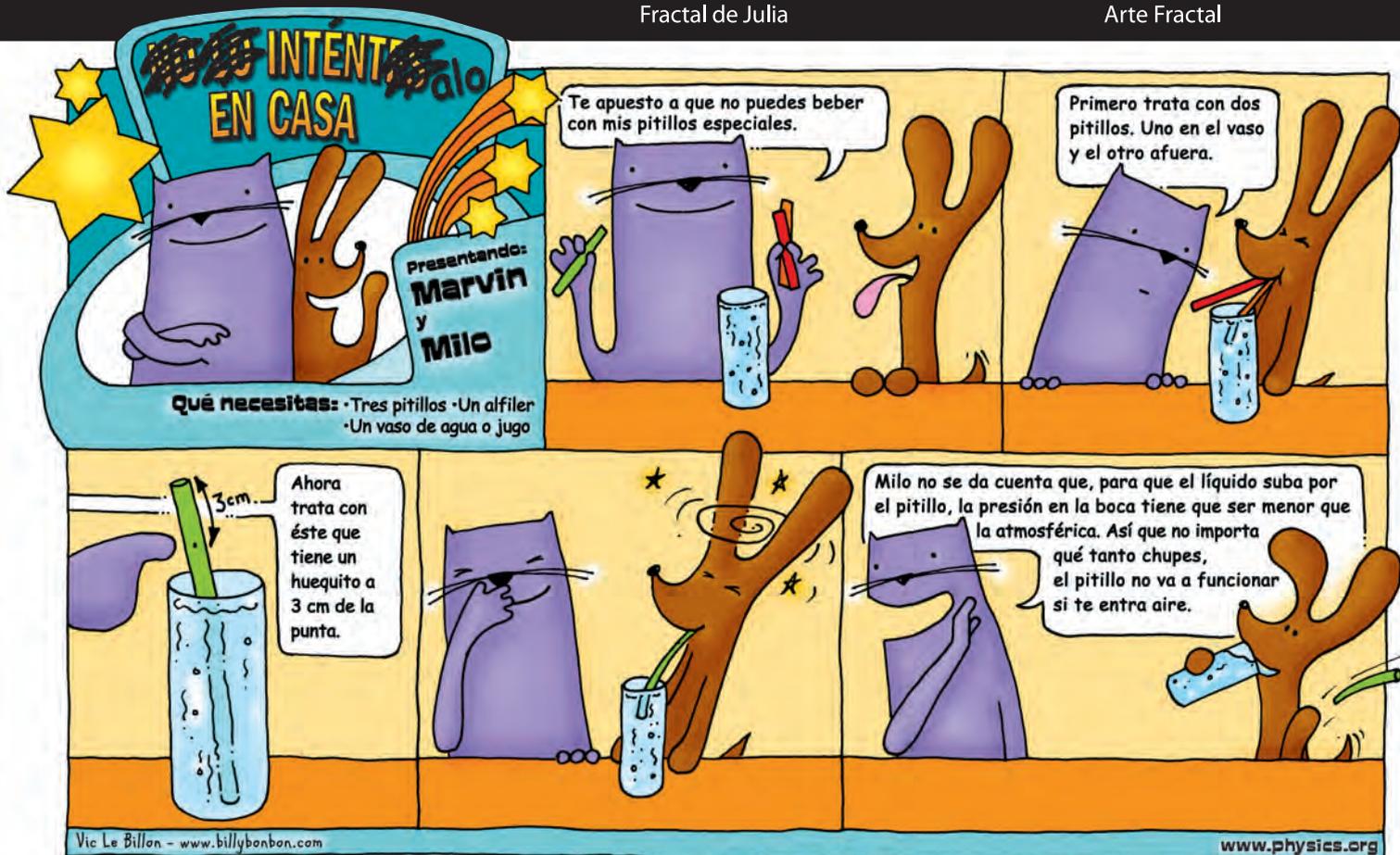
Curva de Koch



Fractal de Julia



Arte Fractal



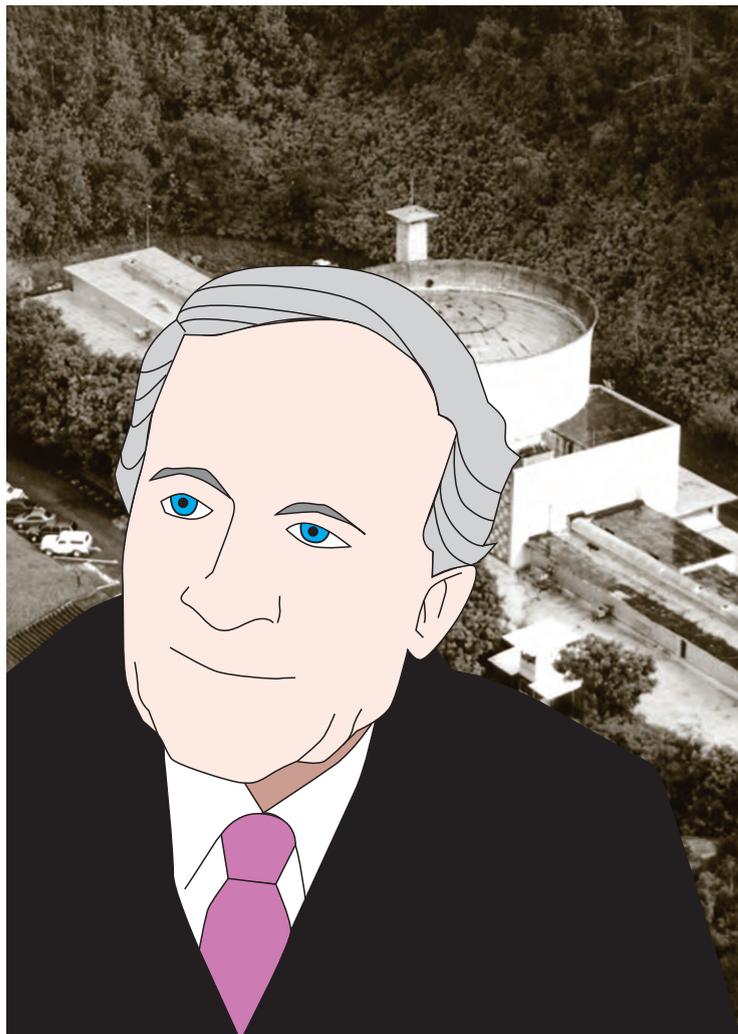
# Prueba y verás El fósforo equilibrista



Parque Tecnológico de Mérida

**T**oma un tenedor, una cuchara, un vaso y un fósforo de madera (o un palillo de dientes). Agarra el tenedor y la cuchara con las manos y, con cuidado, traba la cuchara con los dientes del tenedor de manera que formen un ángulo entre sí (los dos dientes internos que quedan por arriba de la cuchara y los dos externos por debajo). Toma el fósforo de madera e introdúcelo entre uno de los dientes del tenedor y la cuchara de manera que divida el ángulo menor en dos partes (casi) iguales. Ahora, con cuidado (y paciencia) coloca el otro extremo del fósforo sobre el borde del vaso y observa. Verás que el conjunto tenedor, cuchara y fósforo se balancea sobre el borde del vaso y no se cae. ¿Por qué?

Sucede que al unir el tenedor, la cuchara y el fósforo en un solo objeto, sus centros de masa individuales se combinan para dar el centro de masa del objeto compuesto. Este nuevo centro de masa se encuentra por debajo de la cabeza del fósforo y, por lo tanto, está en equilibrio.



## La física en la historia El Centro de Física del IVIC

Yajaira Freites, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas

**E**l primer núcleo de investigación en física de Venezuela se fundó en el Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) en 1965, cuando el joven Rómer Navas (1932-1999) –ilustración– regresó de los Estados Unidos para iniciar investigaciones en el Laboratorio de Temperaturas Bajas. Pronto se le unió Julio Fernández. Bajo la supervisión del físico argentino Manuel Bemporad (1923-2007), formaban parte de un grupo de jóvenes que el IVIC becó para ir al extranjero desde 1959 a realizar educación de postgrado y adiestramiento para hacer investigación. Luego se agregaron Estrella Abecasis de Laredo en el Laboratorio de Rayos X, y Alberto Serra Vals, Máximo García Sucre y Carlos Gago en el Laboratorio de Resonancia Magnética.

El núcleo de investigación pasó de Sección de Física a Departamento integrando las actividades del reactor atómico y de radiofísica, y atrayendo a físicos extranjeros como el argentino Andrés Kalnay (1932-2002) y el norteamericano George Bemski (1923-2005). En 1970 se convirtió en el Centro de Física.

A mediados de la década de 1990, una nueva generación de físicos venezolanos formada en el exterior regresó al país para abrir nuevas líneas de investigación en áreas tales como sistemas complejos, física estadística, física computacional, óptica y astrofísica. En el Centro de Física también se imparte el Postgrado de Física del Centro de Estudios Avanzados del IVIC.

# El caos, el discreto encanto

Luis Emilio Guerrero, Universidad Simón Bolívar, Caracas

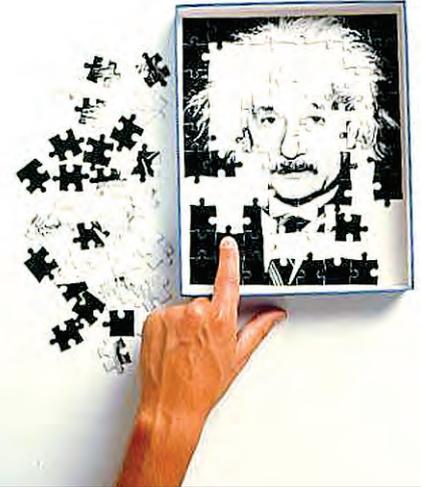
**E**l estudio de los **sistemas complejos** es el campo de la ciencia que se ocupa de cómo las interacciones entre las partes constituyentes de un sistema dan lugar a comportamientos colectivos. Se extiende a través de todas las disciplinas del conocimiento, abarcando desde la medicina hasta las finanzas.

En la búsqueda de un entendimiento de estos sistemas, a fines de los años sesenta la comunidad científica se topó con un fenómeno que en principio parecía brindar una explicación al comportamiento impredecible de ciertos modelos: el **fenómeno caótico**. Fue un gran hallazgo. Uno de los atractivos del fenómeno es que puede ser exhibido por sistemas físicos y modelos matemáticos de gran simplicidad, como por ejemplo, el péndulo. Vale decir que su respuesta o comportamiento complejo no se debe a una complicada interacción entre las partes constituyentes del sistema como lo sería en el caso de una cadena de péndulos acoplados; el comportamiento caótico del péndulo se debe al carácter "no-lineal" del sistema. La ecuación que describe la dinámica del sistema o modelo tiene un término que en determinadas condiciones brinda un comportamiento predecible (**régimen lineal**), pero que en otras, puede dar lugar a un comportamiento caótico (**régimen no-lineal**). Tal es el caso del péndulo simple, el cual presenta un comportamiento regular si oscila en pequeños ángulos, pero que se torna impredecible si los ángulos que describe la oscilación se amplían.

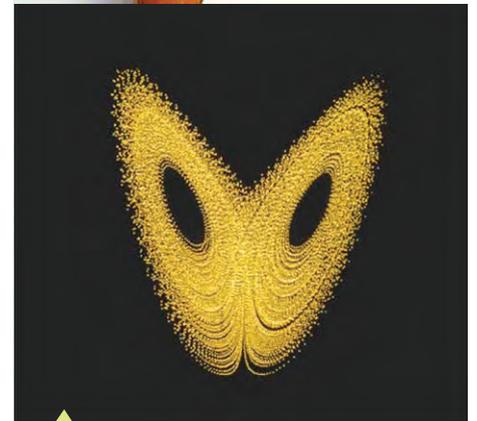
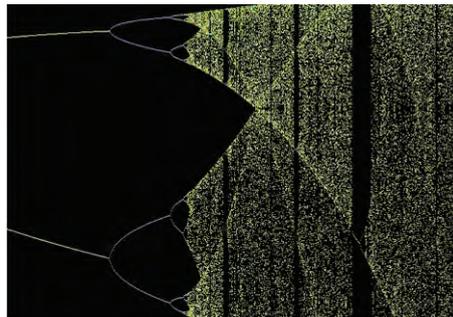
Hoy en día los mecanismos que dan lugar al fenómeno caótico han sido develados, en tanto que fenómenos como la turbulencia y el clima permanecen desafiantes al entendimiento pues se caracterizan por un comportamiento en apariencia impredecible, cuyo control y comprensión son un reto de interés práctico evidente. Ahora bien, la respuesta caótica es compleja e interesante, aún cuando los sistemas que la manifiestan no sean complejos en el sentido explicado en las primeras líneas de este artículo. Uno de los puntos más atractivos del fenómeno caótico es la presencia de comportamientos universales: la transición al caos puede caracterizarse cuantitativamente mediante números precisos. Estos números son la huella digital de la transición y se pueden medir



Poniéndole orden al caos



**Bifurcación de Feigenbaum:** el comienzo del caos



**Atractor extraño de Lorenz,** de naturaleza multifractal, traza las órbitas caóticas de un modelo simple de convección atmosférica.

Fuente: Halsey & Jensen, 2004, Nature, 428, 127.

Etapas iniciales del movimiento caótico en un fluido

Fuente: Varosi *et al*, Phys. Fluids A, 3, 1017 (1991)



Deslave de 1999 en el estado Vargas, Venezuela  
Fuente: Archivos Diario *El Aragüeño*



*En pocas palabras, el caos es la ley de la naturaleza; el orden, el sueño del hombre.*

**Henry B. Adams**  
(EEUU, 1838–1918)



# de la simplicidad



*Resulta que un tipo de caos misterioso acecha detrás de la fachada del orden y, sin embargo, en la profundidad del caos, acecha un tipo de orden aún más misterioso.*

**Douglas Hofstadter** (EEUU, 1945)

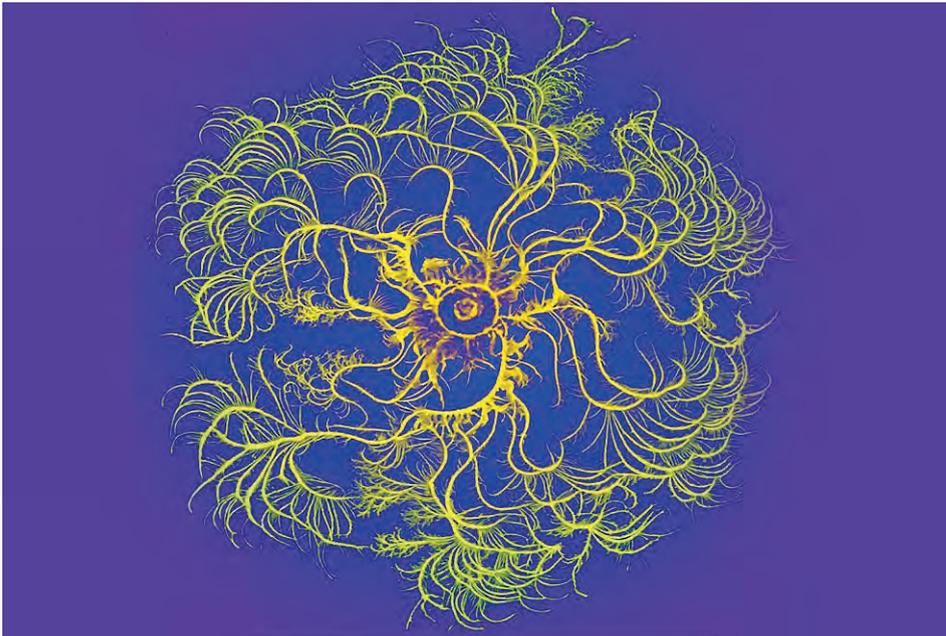


**Caos vehicular en cualquier ciudad del mundo**

o calcular en sistemas de diversos tipos: sistemas físicos y biológicos, modelos matemáticos y circuitos eléctricos, entre otros.

Por otra parte, mucha de la atención dedicada al fenómeno caótico se ha centrado en su control, esto es, en el desarrollo de técnicas que permitan su supresión, por ejemplo, en el régimen de oscilaciones grandes del péndulo. Mucha agua ha corrido desde la aparición del estudio formal del caos. En un principio se entendió que se trataba de una suerte de orden no periódico, distinto al mero azar, pues el comportamiento está dominado o regido por ciertas estructuras geométricas subyacentes asociadas al mecanismo que genera el fenómeno. Hoy la situación se ha matizado: se ha determinado que es posible hacer predicciones a corto plazo (a intervalos de tiempo cortos) en el régimen caótico. En otras palabras, la capacidad para prever se pierde efectivamente a largo plazo (a intervalos de tiempo grandes).

Podemos concluir que la idea de que la ciencia debe valorarse por su potencial de predicción es socavada por la existencia de sistemas que presentan mecanismos bien entendidos que dan origen a comportamientos impredecibles a largo plazo. De esta suerte, la noción de entendimiento se divorcia de la capacidad de predecir.

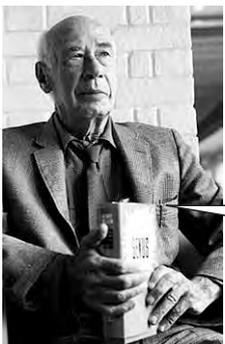


Auto-organización en colonias de bacterias. Fuente: E. Ben-Jacob, Phil. Trans. R. Soc. Lond. A, 361, 1283 (2003)



**SABÍAS QUE...**

La palabra "gas" fue ideada y utilizada por primera vez por el químico y médico holandés Van Helmont (1577–1644). La ideó para relacionar el comportamiento del aire con la palabra **caos**, por percibir en él dos partes: una que se consume en la combustión y otra que no interviene en el fenómeno. Helmont escribió: "He llamado gas a este vapor porque casi no se diferencia del caos de los antiguos" (para los antiguos gas era equivalente a espacio vacío).



Copo de nieve

*El caos es la partitura donde se escribe la realidad.*

**Henry Miller**  
(EEUU, 1891–1980)



# La física en... el **airbag**

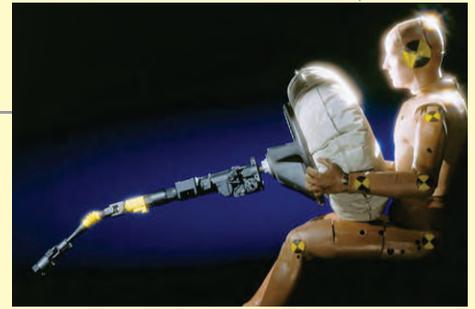
## Milésimas de segundo después del choque

Parque Tecnológico de Mérida

**E**n un choque, tanto el vehículo como los pasajeros son desacelerados violentamente. El vehículo se desacelera inmediatamente al impactar con el objeto mientras que los pasajeros lo hacen después, esto se debe a que al mantener su inercia de movimiento chocan con el volante o el parabrisas unas décimas de segundos después de la colisión. Cuando esto ocurre, los pasajeros son sometidos a fuerzas muy grandes que les causan lesiones. ¿Cómo hacer para minimizar la desaceleración y, por tanto, minimizar el exceso de fuerza sobre el pasajero?

En los carros modernos se logra utilizando el **airbag** cuyo dispositivo está compuesto por un sensor de colisión, el sistema de inflado y una bolsa de nylon que se encuentra

tra en el volante (para el conductor) y en el tablero (para el pasajero). El sensor de colisión se activa cuando detecta una fuerza equivalente al choque del vehículo contra una pared de ladrillos a una velocidad de 16 a 24 km/h. Al activarse el sensor, el sistema de inflado se dispara produciendo grandes volúmenes del gas nitrógeno (a partir de azida sódica y nitrato de potasio) que llena la bolsa en cuatro milésimas de segundo (0,004 s), interponiéndose entre el conductor-volante y el pasajero-tablero, respectivamente. Así la desaceleración del conductor y del pasajero se debe al choque de ambos con el **airbag** lleno de nitrógeno y, dado que los gases son comprimibles (los sólidos no), la desaceleración que actúa sobre ambos es menor (también la fuerza).



## Deportes

# Gimnasia y momento angular

Rogelio F. Chovet

**U**na gimnasta debe transformarse en una experta en la física de la rotación. Tomemos como ejemplo las barras asimétricas que son competencias solamente efectuadas por mujeres.

tiene que lograr el máximo momento angular desde una posición inicial inmóvil. Esto lo logra al saltar hacia la barra con el cuerpo lo más estirado posible, para obtener una mayor distancia entre su centro de masa y el eje de rotación, y aprovechar así la velocidad inicial lograda por la ejecución de este movimiento. El momento angular  $L$  está definido por el producto de la distancia  $d$  al centro de rotación, la masa  $m$  y la velocidad de rotación  $V_r$

$$L = d m V_r.$$

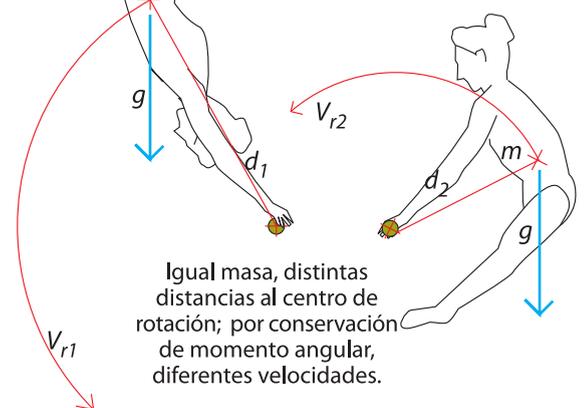
¿Cómo puede controlar una gimnasta su velocidad de rotación existiendo la fuerza de gravedad? La respuesta es sencilla si observamos las distintas posiciones de la deportista al rotar alrededor de las barras asimétricas. Con un mismo momento angular, la velocidad de rotación incrementa o disminuye sólo con cambiar la distancia entre su centro de masa y el eje de rotación.

En las barras asimétricas se comienza, generalmente, utilizando la barra superior, aplicando la "vuelta gigante" donde la gimnasta está totalmente extendida. Con ella se obtiene la mayor distancia con respecto al eje de rotación, aprovechando la fuerza de la gravedad (bajando), mientras alcanza la mayor velocidad y momento angular posible. Cuando el giro va en contra de la gravedad (subiendo), para contrarrestarla, la gimnasta dirige las piernas hacia la barra para disminuir la distancia entre su centro de masa y el eje de rotación, y aumentar la velocidad de rotación. Al tener un momento angular constante, relativo a cada una de las barras donde varias gimnastas trabajan, las deportistas presentarán una fluida ejecución de sus movimientos que les permitirá cambiarse entre ellas a la velocidad correcta, así como aprovechar la fuerza de gravedad al máximo.

Para poder aplicar este cambio de distancia, es necesario practicar muchísimos años con constancia y dedicación, lo que queda evidenciado en las altas competencias donde la acróbata, por un descuido, no logra aprovechar el momento angular y debe recomenzar; sin contar los errores cuando no llegan a agarrar la barra cayendo sobre la colchoneta donde pueden lesionarse severamente.



La gimnasta venezolana Jessica López consiguió en el Campeonato Mundial de Stuttgart (Alemania) su cupo a las Olimpiadas Beijing 2008.



Igual masa, distintas distancias al centro de rotación; por conservación de momento angular, diferentes velocidades.

# Granos en un silo

**Ricardo Paredes**, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas

Desde niños siempre nos hemos maravillado por esas inmensas estructuras cilíndricas llamadas silos. En los viajes por los Llanos, las veíamos al borde de la carretera, y nuestro padre nos explicaba que se utilizaban para almacenar granos como el arroz y el maíz.

Una pregunta que siempre nos hacíamos era, ¿por qué no se almacena agua en estos altos contenedores? La respuesta nos las dan los conocimientos elementales de fluidos que aprendimos en la secundaria. La presión en un fluido crece con la profundidad debido a la acción de la gravedad. Si llenáramos de agua un silo, la presión sería tan grande en el fondo que el silo inevitablemente colapsaría y se vendría abajo.

Entonces, ¿por qué la gravedad no actúa de esta misma manera en los silos llenos de granos produciéndose un aumento de la presión con la altura? Esto fue resuelto en el siglo XIX por H.A. Janssen. Él dedujo que en los medios granulares la presión crece inicialmente con la profundidad como en los fluidos, pero luego tiende a saturarse a una cierta altura dejando de esta manera de aumentar. Se debe a que estos medios tienden a distribuir los esfuerzos lateralmente provocando que las paredes sostengan a los granos y tiendan a evitar el incremento de la presión. En otras palabras, los granos se comprimen unos contra los otros presionando finalmente las paredes, generando una

fuerza de roce hacia arriba que contrarresta a la gravedad.

¿Por qué, entonces, los científicos están todavía interesados en este tipo de sistema que aparentemente se conoce desde hace tanto tiempo? La razón es que los **medios granulares** tienen propiedades sorprendentes que han necesitado estudio en los últimos 20 años. Los medios granulares se encuentran por doquier. Además de en la industria de la alimentación, los vemos en las playas y desiertos, en la elaboración de pastillas de la industria farmacéutica, en el campo de la construcción, etc. Por lo tanto, una mayor comprensión de estos medios es uno de los grandes retos del presente siglo.

Estos medios pueden encontrarse en cualquiera de los más conocidos estados de la materia: sólido, líquido o gaseoso. Los granos en los silos, por lo general, se encuentran en estado estacionario, es decir, como en el estado sólido. Sin embargo, al darle cierta energía, pueden cambiar al estado líquido o gaseoso. Experimentos en la Universidad Simón Bolívar y simulaciones numéricas en el IVC, ambos en Caracas, nos han permitido determinar que, cuando se someten medios granulares a vibraciones verticales, pueden pasar alternativamente del estado sólido al líquido o gaseoso. Investigadores en el exterior han demostrado que, cuando se encuentran en estado líquido, la presión tiene el mismo comportamiento que los líquidos



normales: crece con la profundidad. En otras palabras, si el medio granular dentro de un silo estuviera en estado líquido, el silo colapsaría.

Entonces, si observamos el silo de la fotografía adjunta, ¿se estaría derrumbado debido a la vibración provocada por el tren al pasar? La respuesta no la tenemos todavía.

## Curiosidades Los terremotos

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

Dado que los terremotos son una amenaza, no está mal conocer cómo se **miden**. Para los sismólogos resulta más útil catalogar cada terremoto según su energía intrínseca, lo que significa que no es la medida de lo generado por el fenómeno lo que se observa o mide, sino el propio terremoto en sí. Los sismólogos usan una escala llamada de **Richter** para representar la energía sísmica liberada por cada terremoto. Comparando sus valores con fenómenos conocidos tenemos que en esta escala:

- Menos de 3,5 no se siente normalmente
- Entre 3,5 y 5,4 se siente aunque apenas causa daños
- Entre 5,5 y 6,0 ocasiona daños menores a edificios
- Entre 6,1 y 6,9 puede causar daños severos en núcleos habitados
- Entre 7,0 y 7,9 causa graves daños
- De 8,0 o mayor gran terremoto, destrucción total a comunidades cercanas



**Terremoto de Caracas (29 de julio de 1967) de magnitud 6,5 en la escala de Richter.**

# Planeta Tierra: en movimiento

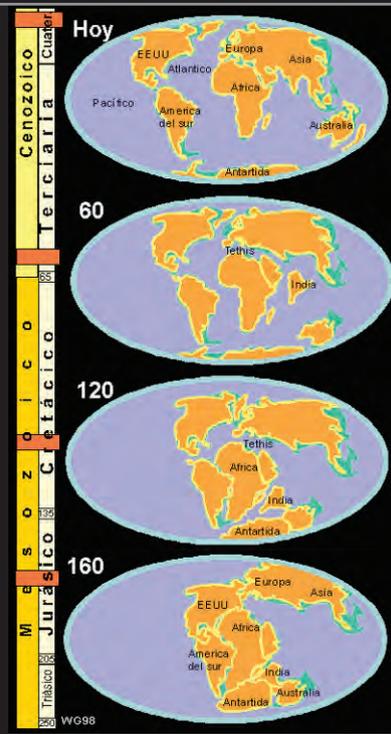
Inírida Rodríguez, Universidad Central de Venezuela, Caracas

La Tierra en que vivimos es un mundo cambiante aunque la mayor parte de los procesos que la afectan son muy lentos y, por lo tanto, llegan a ser imperceptibles para sus habitantes. Las fuerzas que actúan sobre ella tienen tal magnitud que son capaces de elevar montañas y formar depresiones o cuencas, así como de deformar las capas de rocas que una vez fueron depositadas en forma de estratos horizontales. Inclusive en afloramientos de rocas, podemos distinguir pliegues y fallas producto de esa deformación.

¿Un rompecabezas? La superficie de la Tierra aparece dividida en un conjunto de "placas de litósfera" constituidas por material de la corteza y del manto superior, con espesor del orden de los 70-150 km. Estas placas se desplazan de cientos a miles de kilómetros en el transcurrir del tiempo geológico, cambiando el mapa de la Tierra al moverse, llevándose con ellas los continentes, abriendo y cerrando océanos, en un proceso conocido con el nombre de **deriva continental**.

Esas placas son más o menos rígidas y se mueven sobre la astenósfera, una capa de material parcialmente fundido y de baja velocidad, gracias a un mecanismo conocido como **convección termal** asociado al ascenso de magma en los bordes de placas donde éstas se separan. Allí se crea nueva corteza o suelo en el océano, dando lugar a la expansión del piso oceánico. En el límite opuesto ocurren choques de placas, y una de ellas, en general la oceánica, es empujada por debajo de la otra volviendo a incorporarse al manto terrestre. El tercer borde comprende las llamadas zonas de fallas de transformación a lo largo de las cuales se producen movimientos entre placas. En los márgenes donde las placas divergen, se producen sismos superficiales y se forman cordilleras submarinas como la que atraviesa el Océano Atlántico de norte a sur conocida como la Cordillera Meso-Atlántica. En las zonas donde las placas convergen, ocurren sismos hasta profundidades de 700 km, hay intensa actividad volcánica y se originan cadenas de montañas como Los Himalayas formadas cuando la India chocó con Asia hace 45 millones de años.

No es casual, entonces, la forma de continentes como África y América del Sur, vistos "hoy" a unos 6 000 km de distancia. Si retrocedemos en el tiempo, unos 200 millones de años atrás, ellos, junto al resto de las masas continentales de la Tierra, formaban parte del supercontinente "Pangea", cuya ruptura a lo largo de la Cordillera Meso-Atlántica condujo a la deriva de los continentes hasta su configuración actual. Y la deriva continúa...



## Exploraciones planetarias Impacto profundo a un cometa

Claudio Mendoza, IVIC/CeCalCULA

Los cometas son bolas de hielo sucio (agua, hielo seco, polvo), de unas cuantas decenas de kilómetros de diámetro y describen órbitas elípticas alrededor del Sol. Cuando pasan cerca, el material se sublima por efecto del viento solar formando la larga cola de gas y polvo que los caracteriza. Para los científicos los cometas son de gran interés porque contienen información sobre la formación del Sistema Solar hace aproximadamente 4,5 millones de años.

La misión **Impacto Profundo** (*Deep Impact* en inglés) de la NASA ha sido el primer intento de excavar y estudiar en el sitio el material que se encuentra tanto en la superficie como en el interior del núcleo de un cometa, específicamente el del Tempel 1. Este cometa fue descubierto en 1867, y su órbita tiene un período corto de sólo 5,5 años, lo que permite estudiar convenientemente su evolución en el tiempo. El vehículo espacial de la misión constaba de dos secciones: un "impactor" de 370 kg, que se hizo chocar de frente contra el núcleo del cometa produciendo un cráter, y un "observador", el cual procedió a estudiar los escombros del choque. Ambos componentes desplegaban cámaras e instrumentación para no perder el más mínimo detalle.

La colisión ocurrió el 4 de julio 2005 a una velocidad de 10 km/s. Aunque se conoce que el cometa tiene hielo en su interior, es la primera vez que se observan bolsillos de hielo en la superficie, que en la mayoría de los casos está cubierta de polvo. Podría uno imaginarse entonces chorros de vapor emanando del interior del núcleo. Se hizo también un inventario detallado de la abundante materia orgánica incrustada en el hielo, y se encontró que el lugar de nacimiento del cometa podría ser una región en la vecindad de Urano y Neptuno.



Abajo: 13 segundos después del choque de la sonda del Impacto Profundo contra el núcleo del cometa Tempel 1. Fuente: NASA, University of Maryland, JPL-Caltech.

