



Proyecto Cumbre

En 2001 llegaron a la cumbre del Everest los venezolanos José Antonio Delgado y Marcus Tobía.

Página 6.

En la foto José Antonio Delgado junto al sherpa Thundu.



Sabías que...

Las partículas se mueven de forma desordenada chocando entre sí y contra las paredes del recipiente que las contiene, con velocidades que dependen de la temperatura pero que casi siempre superan los 1000 km/h.



El comportamiento del calor

El **primer principio de la termodinámica** tiene que ver con las tentativas de construir, o al menos concebir, una máquina que pudiera actuar en forma continua haciendo trabajo...

Página 4.

Foto: Vehículo movido por vapor de fines del siglo XIX. Fuente: Museo de Ciencias de Londres.

Inclinación de la Tierra

Esta inclinación es la que produce las estaciones o cambios en las condiciones climáticas en las diferentes zonas de la Tierra, recurrentes año tras año.

Página 8.



Fisicasas

Calor y temperatura

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

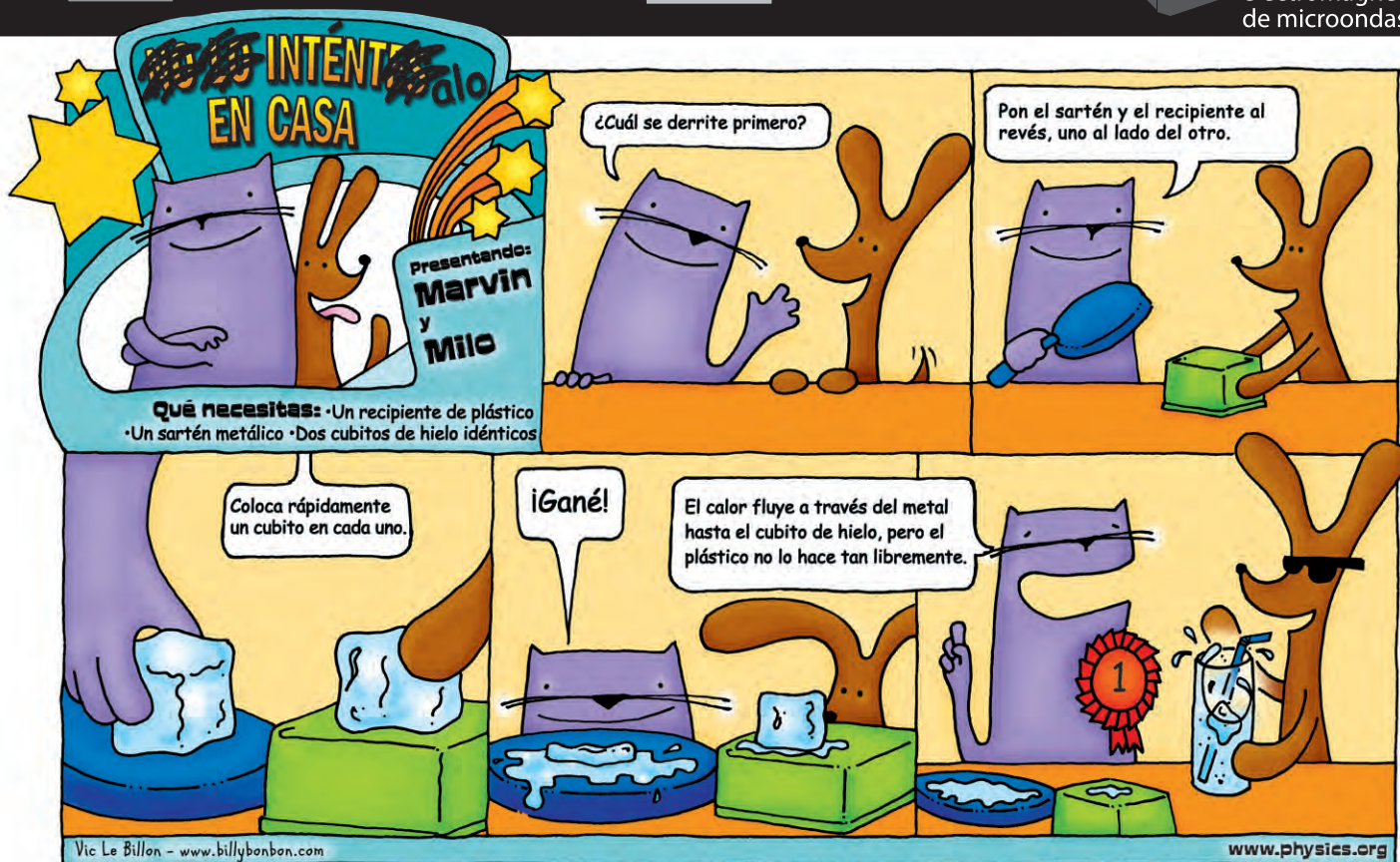
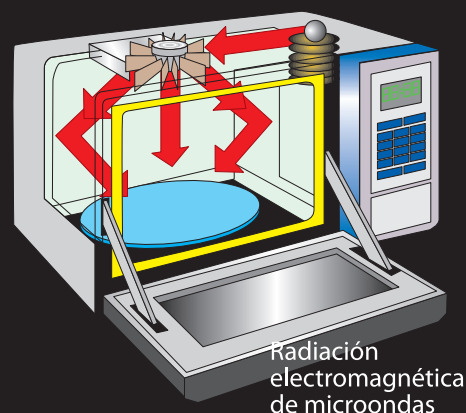
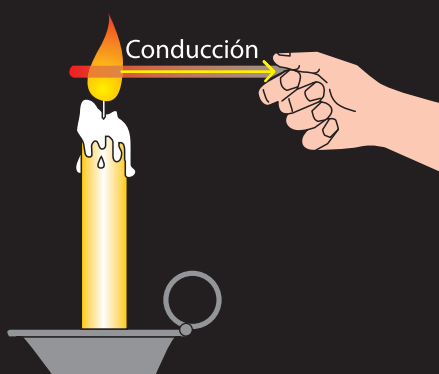
Muchos de nosotros no tenemos claro el concepto de calor y, menos aún, la diferencia entre calor y temperatura. El calificativo de caliente o frío cuando se describe la temperatura de un cuerpo se basa en el sentido del tacto. Pero, ¿qué hace que un cuerpo esté más caliente que otro? La **temperatura** de los cuerpos está relacionada con la distribución de las energías de movimiento, en otras palabras, energías cinéticas de las moléculas del material: a mayor energía cinética de las moléculas mayor será la temperatura del cuerpo cuando se pone en contacto con un

termómetro. Existen muchas maneras de medir temperatura, siempre haciendo uso de alguna propiedad física que cambia con las variaciones de temperatura; por ejemplo, el volumen de un líquido como el mercurio.

Cuando introducimos un cubo de hielo en un vaso que contiene agua a temperatura ambiente, el hielo se derrite. Cuando mezclamos en un vaso una porción de agua caliente con otra fría, lo que resulta es agua a una temperatura intermedia. La porción fría se calienta y la caliente se enfría hasta que las dos alcanzan la misma

temperatura. Decimos entonces que la mezcla de agua alcanza su equilibrio térmico. Lo que causa estos cambios de temperatura en las dos porciones de líquido es la transferencia de energía térmica de una porción a la otra. La transferencia de energía aparece cuando hay diferencias de temperatura. Esta energía se conoce con el nombre de **calor**.

Existen tres mecanismos para transferir calor entre regiones con distintas temperaturas: conducción, convección y por radiación electromagnética.



Construye un termómetro

Instrumento que permite medir variaciones de temperatura

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

Materiales. Agua, alcohol, 1 botella plástica de boca pequeña (lisa de 250 ml), colorante vegetal (sólo necesitas una gota pequeña), 1 pitillo transparente y una barra de plastilina.

Procedimiento

- Mide cantidades iguales de agua y alcohol y viértelas en la botella hasta llenar un cuarto de su capacidad.
- Con el pitillo toca el colorante vegetal y agita con él la mezcla de agua y alcohol.
- Moldea la plastilina, realiza una pequeña bolita y presiónala ligeramente con los dedos. Toma un lápiz y atraviesa la plastilina en el centro. Esto te ayudará a colocar el pitillo con facilidad dentro de la botella sin que toque el fondo.
- Sella la boca de la botella con la plastilina y deja fijo el pitillo.
- Al estabilizarse el nivel de líquido en el pitillo coloca una marca en la botella que corresponderá a la temperatura ambiente. Puedes sumergir la botella en agua con cubos de hielo y luego en agua caliente para establecer otros dos puntos de comparación de temperaturas.
- Coloca la botella en el lugar que desees registrar valores de temperatura.



La física en la historia

El Observatorio Cajigal y la meteorología

Yajaira Freites, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas

Cuando se creó el Observatorio Cajigal en 1888, se destinó tanto a las actividades astronómicas como meteorológicas. Y si bien su primer director, Mauricio Buscalioni (ilustración izquierda), parecía estar más interesado en la astronomía, también dedicó esfuerzos a la recolección de datos meteorológicos. Pero fue el segundo director, Armando Blanco (1865-1903), quien marcó la pauta. Blanco había estudiado meteorología y astronomía en París (1892-1895) y, cuando toma la dirección del Observatorio, orienta sus esfuerzos al diseño de protocolos para recoger información meteorológica. Destituido en 1898 por el presidente Andrade, quien buscó reelegirse ocasionando acciones de guerra, el Observatorio es convertido en cuartel por las fuerzas opuestas al mandatario, dañándose varias partes de la estructura del edificio.

En 1900, Luis Ugueto (1868-1936) (ilustración derecha) se encarga del Observatorio y restablece los servicios de meteorología. En 1911 el gobierno del general Juan Vicente Gómez decreta la creación de la red de estaciones meteorológicas con instalaciones en diversas partes del país, las cuales debían transmitir la información a través del telégrafo. Dos operadores se distinguieron: en la estación de Mérida estaba don Emilio Maldonado (1860-1941), y la de la Ciudad Bolívar estuvo a cargo del bachiller Ernesto Sifontes.

La recolección de datos meteorológicos fue la actividad de mayor permanencia que tuvo el Observatorio hasta 1947, cuando las Fuerzas Armadas tomaron esta tarea. En la actualidad Cajigal continúa recogiendo información y tiene un acervo de datos históricos sobre el clima del valle de Caracas.



El comportamiento

Ernesto Medina Dagger, Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Caracas

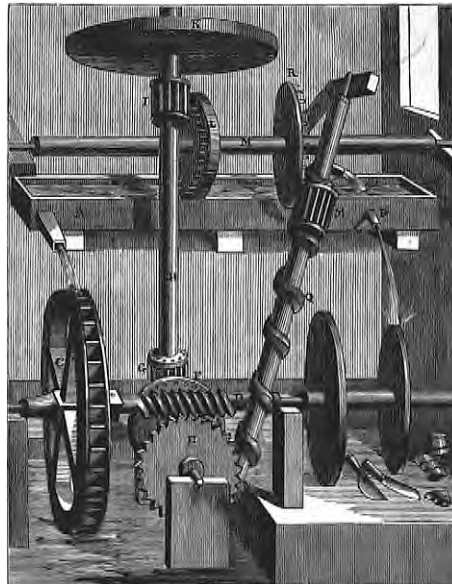
¿Cómo hacen los físicos cuando no pueden explicar un experimento? Muchos insisten en que es cuestión de modificar los detalles de las teorías existentes o quizás hacer medidas con mayor precisión. Sin embargo, en esos momentos de búsqueda pueden ocurrir las grandes revoluciones del pensamiento. Fue así con Galileo, Newton y Einstein, cada uno abriendo nuevos horizontes y cambiando el panorama de la disciplina de manera radical. Galileo introdujo, entre los siglos XVI y XVII, los primeros conceptos de mecánica; así también defendió el compromiso de la ciencia con la explicación de los resultados experimentales en términos matemáticos. A fines del siglo XVII, Newton descubrió nuevos principios tanto mecánicos como ópticos, los formalizó construyendo la matemática necesaria para ofrecer explicaciones precisas y predicciones sorprendentes. Finalmente, en el siglo XX, Einstein revolucionó la manera de pensar sobre el espacio y el tiempo, introduciendo razonamientos en términos de simetrías y explicando cómo ellas impactan la formulación de las leyes físicas.

Para todos estos avances fue necesario el descubrimiento de un principio que automáticamente hiciera que las piezas del rompecabezas experimental cayeran en su sitio de manera casi mágica y, la mayoría de las veces, muy estéticamente. La verdadera belleza de hacer física consiste en el descubrimiento de estos principios que parecen organizar las ocurrencias de la naturaleza.

Ese fue también el caso con el nacimiento de la **termodinámica**, la disciplina que intenta describir el comportamiento del calor y el trabajo mecánico, la cual nació a través del estudio del comportamiento de las máquinas a vapor. El desarrollo de la termodinámica involucró el descubrimiento de al menos dos principios que hoy en día tomamos como obvios. El primero tiene que ver con las tentativas de construir, o al menos concebir, algunas máquinas que pudieran actuar en forma continua haciendo trabajo.

Intentos como éste datan por lo menos desde el siglo XII, muchos años antes de Galileo.

Estas máquinas, en principio, podrían molar trigo o levantar cargas, por ejemplo, sin necesidad de la labor de animales, personas o fuentes de energía como el viento.



Diseño de móvil perpetuo basado en un tornillo movido por agua.

Sistema mecánico en el cual se conservaría la energía si los choques fueran perfectamente elásticos en ausencia de roce.



El fracaso rotundo, en la práctica, de estos inventos, llamados modernamente **móviles perpetuos de primera especie**, es uno de los orígenes empíricos de la **ley de conservación de la energía**. No podemos producir energía o hacer trabajo mecánico

Primera ley de la termodinámica

También conocido como **principio de la conservación de la energía**, establece que el cambio de la energía interna de un sistema es igual a la diferencia entre la cantidad de calor añadida y el trabajo efectuado. Fue propuesto por **Antoine Lavoisier** (Francia, 1743-1794), en el retrato con su esposa.



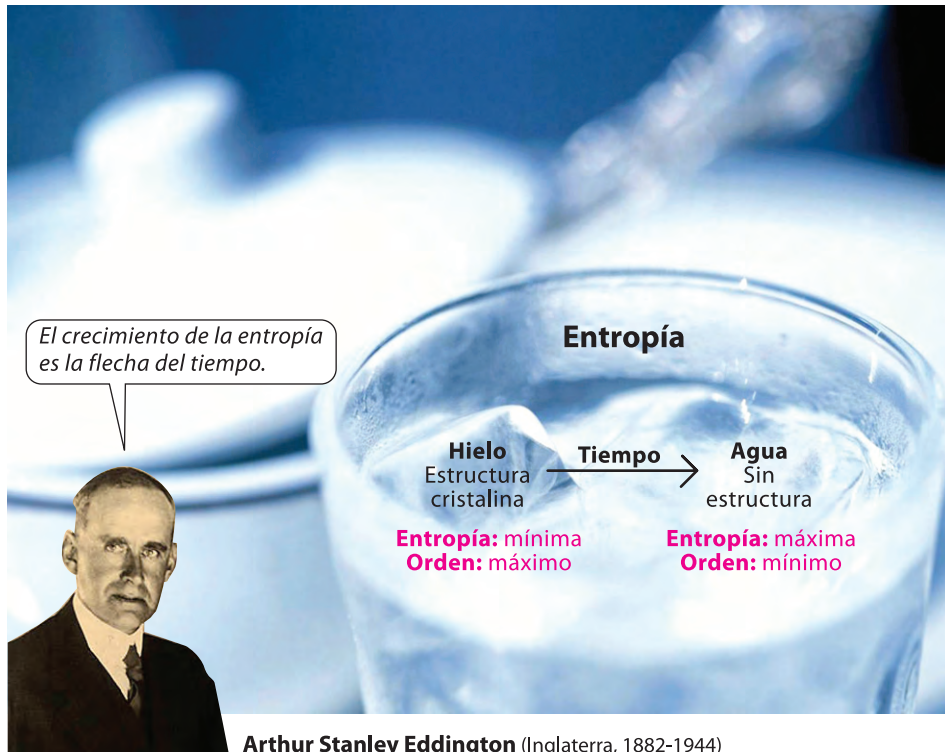
gratis. Que conozcamos, este principio no tiene una explicación más fundamental, y es una guía invaluable para los físicos aún en los regímenes más extremos, desde el funcionamiento de trenes a vapor hasta la explosión de una estrella gigante roja.

del calor



La energía en el universo es constante; la entropía aumenta hacia un máximo.

Rudolf Clausius (Alemania, 1822-1888)



Arthur Stanley Eddington (Inglaterra, 1882-1944)

minada cantidad de trabajo. Nuevamente, el fracaso de esta segunda generación de máquinas llevó a varios famosos científicos en el siglo XIX, como Rudolf Clausius y William Thomson (Lord Kelvin), a formular de manera concisa el principio que establecería la imposibilidad de hacer la mencionada conversión de calor a trabajo. Este principio se conoce en diversas formas como la **segunda ley de la termodinámica**, siendo la primera la conservación de la energía.

El principio representado por la segunda ley de la termodinámica lleva a introducir el concepto misterioso de **entropía**, el cual también rige el comportamiento del calor y del trabajo. Este concepto, que invalida a los móviles perpetuos de segunda especie, permaneció relegado por largo tiempo hasta la llegada a la escena, en la segunda mitad del siglo XIX, del físico austriaco Ludwig Boltzmann. Incomprendido y rechazado por la comunidad científica hasta su muerte por suicidio, Boltzmann interpretó a la entropía en términos de la distribución espacial y la distribución de velocidades de las moléculas constituyentes de un gas. Sin embargo, la pregunta más difícil que tuvo que responder fue: ¿por qué la entropía no disminuye en ningún proceso termodinámico? Su imparable crecimiento indicaba una dirección preferencial en los procesos, en otras palabras, una **flecha del tiempo**, aunque las ecuaciones de movimiento no indicaran esa posibilidad. Un ejemplo de este hecho es que si un frasco de perfume se destapa, se evapora ocupando toda la habitación. Sin embargo el proceso contrario, donde el perfume que llena toda la habitación escoge libremente regresar al frasco, nunca ocurre en la práctica.

Parece que cada salto conceptual abre siempre nuevas interrogantes, en este caso el de un comportamiento emergente de los sistemas de muchas partículas que todavía hoy en día está en fuerte discusión, y donde el **caos dinámico** juega un papel central.

Segunda ley de la termodinámica

Esta ley indica la dirección en que se llevan a cabo las transformaciones energéticas. En un sistema aislado, es decir, que no intercambia materia ni energía con su entorno, la entropía (fracción de energía de un sistema que no es posible convertir en trabajo) siempre aumenta con el tiempo. En otras palabras: el flujo espontáneo de calor siempre es unidireccional, desde los cuerpos a temperatura más alta hasta aquellos de temperatura más baja.

William Thomson
-Lord Kelvin-
(Irlanda, 1824-1907)



El segundo principio, tan sorprendente como el primero, tiene que ver con tentativas más sofisticadas de móviles perpetuos, específicamente aquéllos que conservan energía obedeciendo el principio anterior, pero que intentan convertir el calor com-



pletamente en trabajo sin otro efecto en el ambiente (**móviles perpetuos de segunda especie**). Esto era particularmente útil en el desarrollo de máquinas a vapor cuando se quería conocer cuánta leña habría que quemar para realizar una deter-

RETO

Tenemos dos tobos, uno con vino y otro con agua. Transferimos primero una taza de vino al tobo con agua, y segundo, una taza de la mezcla de regreso al tobo con vino. ¿Habrá como resultado más agua en el vino o más vino en el agua?

Prueba y verás

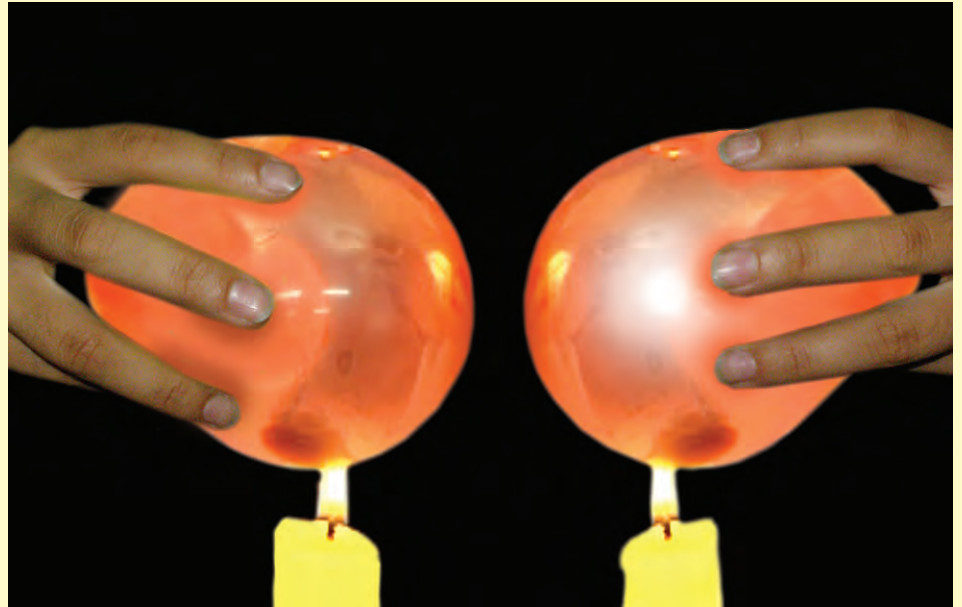
Bomba antiexplosión



Parque Tecnológico de Mérida

Consigue dos globos iguales, llena uno con aire y el otro con agua. Prende una vela y tomando cada globo por separado, colócalo encima de la llama. Observa qué pasa con cada globo. El que contiene aire explota casi instantáneamente, mientras el que contiene agua puede aguantar sin explotar. ¿Por qué?

Ambos globos al estar en contacto con la llama absorben calor. La diferencia entre los dos radica en lo que contienen: uno aire y el otro agua. En el caso del globo con agua, el agua tiene mayor capacidad calórica (unas 4 veces la del aire) y absorbe mayor cantidad del calor, y el caucho del globo no se calienta lo suficiente como para romperse. En cambio, en el globo con aire, como el aire no absorbe tanto calor, el caucho se calienta, se debilita y debido a la presión del gas... ¡explota!



Deportes

Everest, 55 años

Rogelio F. Chovet

Han pasado ya 55 años desde que el neozelandés Edmund Hillary y el sherpa Tenzing Norgay alcanzaran la cumbre del monte Everest localizada en la Cordillera del Himalaya, frontera entre Nepal y Tibet. Fue el 29 de mayo de 1953 y, desde entonces, muchos han logrado subir a los 8.850 metros de la cima más alta del planeta.

Hasta el final de la temporada de escalada de 2006, 2 062 personas han ascendido a la cima en un total de 3 050 ascensiones. De ellas, alrededor de ochenta fueron realizadas por mujeres y 203 personas han muerto en el intento. Las condiciones climáticas, la falta de oxígeno, así como las bajas temperaturas son las causantes de estos siniestros.

A medida que aumenta la altura la temperatura baja (1 °C cada 180 metros) debido a la disminución de densidad de la capa atmosférica que produce una menor capacidad de retención de calor.

La **temperatura** es un parámetro termodinámico del estado de un sistema que caracteriza al calor o transferencia de energía.

Las unidades de temperatura más utilizadas son:

Grado Celsius (°C). Toma 100 divisiones entre los puntos de congelación (0) y evaporación (100) del agua. Es la unidad más utilizada en información e investigación científica y meteorológica, aunque para ciertos procesos se usa la escala Kelvin (°K). °C = K - 273,15. Ejemplo 100 °C = 373,15 K

Grado Fahrenheit (°F). Toma divisiones entre los puntos de congelación y evaporación de disoluciones de cloruro amónico. Es una unidad típicamente usada en los países anglosajones.

Equivalencias

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32) \quad ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} ^{\circ}\text{C} + 32$$

Ejemplos

$$0^{\circ}\text{F} \approx -17,8 ^{\circ}\text{C}$$

$$0 ^{\circ}\text{C} = 32 ^{\circ}\text{F}$$

$$100 ^{\circ}\text{F} \approx 37,8 ^{\circ}\text{C}$$

$$100 ^{\circ}\text{C} = 212 ^{\circ}\text{F}$$



El Proyecto Cumbre, conformado por los venezolanos Martín Echevarría, Carlos Calderas, Carlos Castillo, Marco Cayuso, José Antonio Delgado y Marcus Tobía, tenía como meta conquistar la cima del Monte Everest. Los dos últimos nombrados lograron tal hazaña deportiva al coronar este pico el 23 de mayo de 2001, en el marco de la primera expedición totalmente venezolana que realizó la travesía por la cara norte del Chomolugma.

Retos del siglo XXI

Los sistemas complejos

Claudio Mendoza, IMIC/CeCaCULA

En algún momento se pensó que si entendíamos la física de las partículas fundamentales y sus interacciones, podríamos describir todos los fenómenos de la naturaleza. La física se convertiría entonces en una ciencia sin grandes retos y nuevas fronteras. Sin embargo, este sueño reduccionista fue pronto descartado con el estudio de los **sistemas complejos**, que tienen un impacto directo en el progreso de muchas disciplinas como la biología sistémica, neuro-biología, ecología, economía, sociología y climatología, por nombrar algunas.

Un sistema complejo está compuesto por un gran número de partes interconectadas que interactúa entre sí, y cuyo conjunto manifiesta propiedades emergentes que no pueden ser descritas a partir de los miembros individuales. Por ejemplo, en parasitología la relación huésped-parásito es posible interpretarla, a primera vista, como una dependencia del parásito en el metabolismo del huésped. Pero, en un contexto más amplio, depende también de un complejo ecosistema que determina las interrelaciones de una gama de huéspedes, vectores y parásitos, cuyas variaciones en algún momento pueden pre-

sentar nuevas oportunidades a ciertas especies para producir una epidemia. Aunque la relación huésped-parásito es relevante, las causas que inducen a que la epidemia emerja implica un análisis más extenso.

Los sistemas complejos exhiben dinámicas que pueden ser altamente sensitivas a las condiciones iniciales, como lo que popularmente se conoce con el nombre del "efecto mariposa", generando comportamientos caóticos. Este es el caso del crecimiento poblacional en la ecología, el clima y el movimiento de los satélites del Sistema Solar. Como también son sistemas abiertos, en el sentido de que intercambian con el medio ambiente, muchos tienen la capacidad de cambiar, aprender y adaptarse. El cerebro, la célula, las colonias de hormigas, el sistema inmune, las bolsas financieras y los partidos políticos son ejemplos de sistemas complejos adaptativos.

El estudio de los sistemas complejos va a tomar al menos todo el siglo XXI, e implicará iniciativas multidisciplinares donde a la física le corresponde cierto liderazgo, y donde la capacidad computacional para simular y visualizar grandes volúmenes de datos va a ser determinante.



Las nubes no son esferas, las montañas no son conos, las costas no son círculos y la corteza no es lisa y el relámpago tampoco viaja en línea recta.

Benoît B. Mandelbrot (Polonia, 1924)



Curiosidades

El desorden es lo normal, lo esperado

Ángel Delgado, Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Caracas.

En la naturaleza las cosas parecen estar colocadas al azar, casualmente. Diera la impresión de que el orden está ausente, y que las cosas tienden a estropearse, a deteriorarse y a no arreglarse solas. De igual manera, no se percibe, aparentemente, un orden o arreglo, todo parece desordenado, desajustado y al azar. Este desorden se estudia en la física a través de una magnitud llamada **entropía**, la cual nos da el grado de desorden o caos presentes en un sistema. La entropía crece con el aumento del volumen y la temperatura.

La **segunda ley de la termodinámica** nos habla de la entropía; nos dice que el desorden de un sistema aislado debe aumentar o permanecer constante pero nunca disminuir. De esto se infiere que si algo se ordena es porque recibe energía de afuera.

Para que en la Tierra nazcan plantas o animales, los cuales son estructuras ordenadas, se necesita de la energía externa que es tomada del Sol. Las plantas la utilizan directamente y realizan la **fotosíntesis**; los animales la captan al consumir

plantas y otros animales. Luego de formadas las estructuras, lo esperado es que la entropía comience a aumentar y los organismos tiendan a deteriorarse, es decir, a envejecer hasta morir.



Tras el cielo azul

La globalidad del clima

Carlos Abad, Centro de Investigaciones de Astronomía, Mérida

Quiero resaltar la importancia que tiene la inclinación del eje de rotación de la Tierra respecto al plano de su traslación alrededor del Sol o Eclíptica. Esta inclinación entre Ecuador y Eclíptica la que produce las estaciones o cambios en las condiciones climáticas en las diferentes zonas de la Tierra, recurrentes año tras año.

Con frecuencia vemos imágenes de la Tierra realizadas desde satélites, donde podemos apreciar con detalle una gran parte del planeta. Además de su belleza, podemos, por ejemplo, destacar la observación de parajes de la Tierra cuyas temperaturas difieren fácilmente entre 60° y 70° para puntos situados a un mismo lado de la línea de división entre el día y la noche, e incluso extenderse en unos 20° si además ignoramos dicha línea. Obviamente, el Sol es el responsable de la energía que recibe la Tierra y

pensando un poco descubrimos que es el “cómo se distribuye dicha energía” el causante de estas espectaculares diferencias.

Fluctuaciones en el valor de la inclinación entre Ecuador y Eclíptica, entre otros factores, son los que han originado los períodos glaciares y los grandes cambios climáticos. Los cambios climáticos pueden considerarse naturales, y ante ellos la naturaleza tiene sus mecanismos de adaptación o resistencia. Son cambios a largo plazo con transformaciones profundas, donde los equilibrios se transmutan al tener la naturaleza tiempo de reflexión para su actuación. Pero debemos tomar conciencia de la contribución de nuestro desarrollo económico a la petición de generación de respuestas inmediatas por parte de la naturaleza, al ser nuestra exigencia temporal y sin previsión de sus consecuencias.



Física y salud

La simulación en medicina

Miguel Martín, Universidad Central de Venezuela, Caracas

Todos tenemos la impresión de que el cáncer y los tumores que produce son altamente desordenados, que en el cuerpo ha ocurrido algo así como una revolución guiada por mentes totalmente irracionales. Nada más lejano de la realidad según los recientes descubrimientos realizados por físicos sobre el comportamiento de los tumores. Como ejemplo les relataré una historia real.

A fines de la década de 1990, un grupo de físicos españoles, liderado por Antonio Brú, se propuso la siguiente investigación: comprobar qué ecuación matemática describía mejor la forma en que crecía un tumor canceroso en el laboratorio. Para hacer esto tuvo que cultivar el tumor en probeta, lo que se suele llamar “in vitro”, y a medida que el cultivo crecía, comprobaba su tamaño y forma para decidir la ecuación matemática. En 1999, en la prestigiosa revista de física *Physical Review Letters*, el equipo de físicos publicó con éxito sus resultados. Creía haber descubierto la ecuación matemática que determinaba el crecimiento del tumor. Más ade-

lante, hizo investigaciones con tumores obtenidos en pacientes, encontrando las mismas propiedades que señalaban hacia la misma ecuación matemática. No mucho después, en estrecha relación con médicos oncólogos, aplicó sus hallazgos en el tratamiento de un paciente con cáncer de hígado logrando su recuperación total.

Este ejemplo, que no fue carente de altibajos y críticas por parte de la comunidad científica, describe muy bien una actividad de investigación que realiza un número considerable de físicos, matemáticos y biólogos matemáticos en su intento desesperado por simular numéricamente el crecimiento tumoral. El propósito es modelar también los posibles tratamientos e intentar encontrar curaciones más efectivas. Son muchos los modelos y teorías que han sido propuestos en relación con el crecimiento tumoral, posiblemente los más atractivos sean aquellos que muestran una aplicación más inmediata en pacientes, tal como sucedió con el profesor Brú, quien seguramente ahora esboza una sonrisa en su rostro.

