

entre la biodiversidad y la estabilidad de los ecosistemas, debatida desde hace más de cincuenta años (*Nature*, **441**, 629-632, 2006).

Los ensayos fueron llevados a cabo en 168 parcelas, en cada una de las cuales se plantó aleatoriamente desde 1 hasta 16 especies herbáceas perennes y otras plantas típicas de pradera. La estabilidad de las plantas en las parcelas se vio también aumentada con la cantidad de biomasa radicular, ya que las raíces almacenan nutrientes y amortiguan las variaciones del clima, siendo más abundante en especies perennes que en especies anuales, como el maíz. Estos resultados ponen de manifiesto que el uso de praderas con una gran biodiversidad puede ayudar a satisfacer la demanda de recursos alimentarios y biocombustibles de una forma más eficiente y sostenible, evitando la necesidad de labrar anualmente el suelo y de utilizar fertilizantes y pesticidas.



Figura 8. Parcelas experimentales con 1, 2, 4, 8 y 16 especies distintas en cada una.

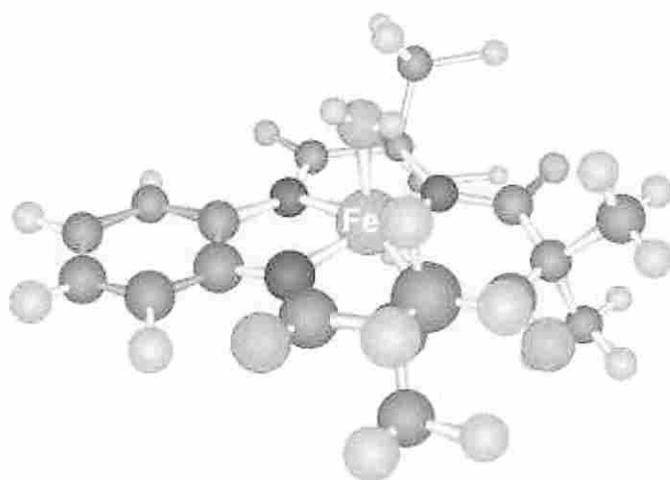


Figura 9. Complejo Fe-TAML (ligando macrocíclico tetraamido).

### ELIMINACIÓN DE PESTICIDAS MEDIANTE COMPLEJOS DE Fe-TAML

Recientemente, el grupo de investigación de T.J. Collins, de la Universidad de Pittsburg, ha descrito la degradación del fenitrotion y otros pesticidas organofosforados mediante oxidación catalítica, utilizando complejos de Fe-TAML (ligando macrocíclico tetraamido) que actúan como activadores del peróxido de hidrógeno (*J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 12058-12059, 2006).

El uso de estos catalizadores presenta ventajas frente a otros métodos tradicionales como la hidrólisis enzimática, ya que se requieren concentraciones muy bajas (ppm), son poco tóxicos y convierten rápidamente los pesticidas en otros compuestos de menor toxicidad (ácidos orgánicos de

bajo peso molecular,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{NO}_2^-$ ,  $\text{NO}_3^-$ , etc.).

Posteriormente, este equipo junto con otros investigadores de la Universidad Minnesota, han completado los resultados anteriores con la síntesis del complejo  $[\text{Fe}(\text{TAML})(\text{O})]^-$ , demostrando también, mediante los estudios espectroscópicos y cálculos teóricos, que este intermedio tiene un tiempo de vida de horas a  $-60^\circ\text{C}$  (*Science*, **315**, 835-838, 2007). Aunque los oxocomplejos de Fe(V) se habían propuesto como intermedios en reacciones enzimáticas o en la degradación catalítica de contaminantes por el peróxido de hidrógeno, su existencia no había podido ser demostrada.

Consuelo Escolástico León  
y Javier Pérez Esteban

Dpto. de Química Orgánica y Bio-Organica

## Novedades científicas en Física

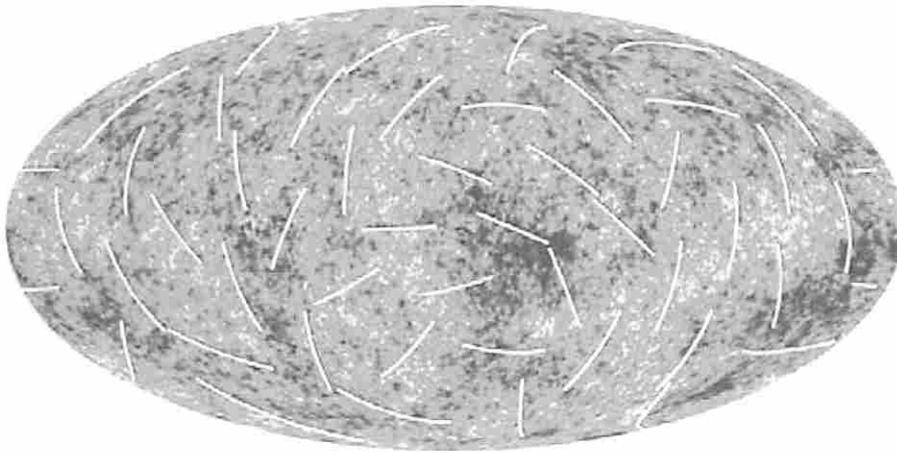
### ASTROFÍSICA Y COSMOLOGÍA

- El modelo inflacionario del *big bang* se ha visto reforzado por el esperado segundo conjunto de datos obtenidos por la sonda espacial WMAP (*Wilkinson Microwave Anisotropy Probe*), presentados el 17 de marzo durante una rueda de prensa de la NASA.

El primer conjunto de resultados, presentado hace tres años, apuntalaba varios aspectos importantes del Universo que hasta la fecha se conocían de forma vaga: el tiempo de recombinación (380.000 años después del big bang, momento en el que los primeros átomos se formaron); la edad del Universo (13,7 mil millones de años, con una incertidumbre de más-menos 200 millones de años); y la composición

del Universo (con una proporción de energía oscura del 73%).

Desde ese anuncio en 2003, los investigadores han trabajado concienzudamente para reducir la incertidumbre en los resultados. El principal resultado obtenido a partir del nuevo conjunto de datos ha sido la presentación de un mapa del cielo con información sobre la polarización de las microondas.



Fuente: NASA/WMAP Science Team.

Las microondas fueron polarizadas en parte en el momento de su origen (procedentes de la denominada *esfera del último scattering*), y en parte por la dispersión producida, durante su viaje hacia la Tierra, por el omnipresente plasma — en su mayor parte hidrógeno ionizado— creado cuando la radiación ultravioleta de la primera generación de estrellas chocó con el gas interestelar que las rodeaba. Las medidas de la WMAP estiman que esta reionización, que marca la era de las primeras estrellas, ocurrió 400 millones de años después del big bang, en lugar de los 200 millones de años que previamente se pensaba.

El aspecto más importante de las nuevas medidas es que la disminución de su error, lograda fundamentalmente a partir del mapa de polarización y a la mayor precisión en el mapeo de la temperatura del cielo —con una incertidumbre de sólo 200 mil millonésimas de Kelvin—, proporciona una nueva estimación para las inhomogeneidades en la temperatura de la radiación de fondo de microondas (*Cosmic Microwave Background, CMB*).

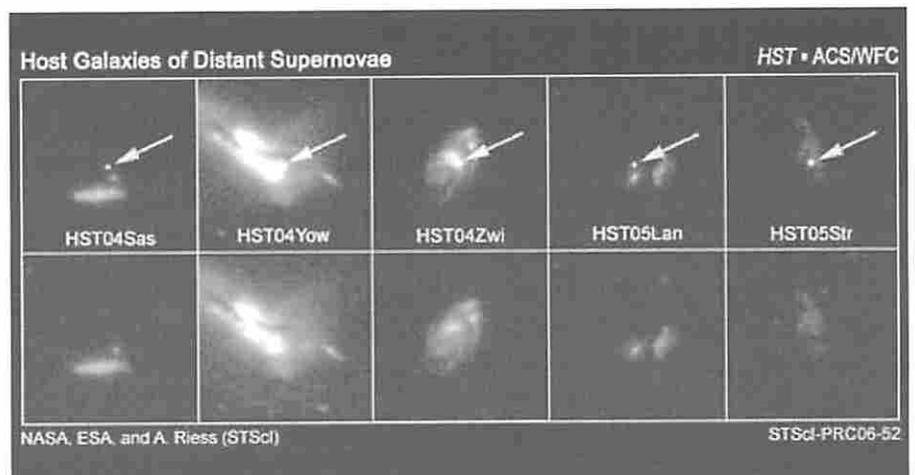
El modelo más simple, llamado de Harrison-Zeldovich, postula que el espectro de inhomogeneidades debería ser plano. Esto significa que las inhomogeneidades tendrían la misma variación en todas las escalas. Por otro lado, el modelo de inflación predice una ligera desviación con respecto a esta constancia.

Los nuevos datos de la WMAP han proporcionado por primera vez una medida del espectro con suficiente precisión como para decantar el debate hacia el modelo de inflación en lugar del espectro de Harrison-Zeldovich.

- La energía oscura es el término con el que se conoce a la fuerza — todavía por identificar— que empuja al Universo a expandirse de forma acelerada. Esta energía rellena el vacío y produce una fuerza repulsiva uniforme entre dos puntos cualesquiera del espacio. Recientes observaciones de explosiones de supernovas distantes, datadas entre hace 8 y 10 mil millones de años, obtenidas por el *Hubble Space Telescope*, parecen apoyar la idea de que la densidad de la energía oscura ha permanecido constante a lo largo de la historia del Universo. Los datos muestran que la acción

repulsiva de la energía oscura ya actuaba en aquellos momentos y son consistentes con una densidad constante de energía, es decir, con una energía del vacío que no se diluye a medida que el Universo se expande y que eventualmente actúa como motor del crecimiento exponencial del Universo. Según el director del equipo de astrofísicos que han realizado las observaciones, los nuevos datos no son concluyentes ya que permiten variaciones de hasta el 45% con respecto a la densidad constante, por lo que no se pueden descartar los modelos que consideran una densidad de energía no constante (incluidos aquellos denominados *modelos de quintaesencia*). Se sabe que en épocas más recientes del Universo, la energía oscura ha permanecido constante dentro de un 10% de variación. Los nuevos datos también confirman la validez de las supernovas como indicadores de la expansión del Universo

- El trabajo presentado por los físicos Stephen Hawking (Universidad de Cambridge) y Thomas Hertog (CERN) sugiere que la *teoría de cuerdas* podría explicar la energía oscura responsable de la expansión acelerada del Universo. La teoría cuántica de campos tiene en cuenta la existencia de esta repulsión entre los puntos del espacio; sin embargo, su predicción del valor de la constante cosmológica es de unos 120 órdenes de magnitud mayor que el valor observado.



Fuente: NASA, ESA and A. Riess (STScI).

En 2003, un grupo de cosmólogos mostraron que la teoría de cuerdas es consistente con la existencia de la energía oscura, aunque no especificaron el valor de la constante cosmológica. Según ellos, de la teoría de cuerdas se deduce una gráfica matemática con la forma de un paisaje montañoso en la que la altitud representa el valor de la constante cosmológica. Después del big bang, el valor se habría situado en algún punto bajo entre los picos y los valles. Sin embargo, podrían haber del orden de  $10^{500}$  puntos posibles y ninguna razón obvia para que el Universo eligiera aquel que se observa en la naturaleza. Algunos expertos alabaron esta multiplicidad de valores como una virtud de la teoría; los críticos, por otro lado, vieron esto como un ejemplo de la incapacidad de la teoría para hacer predicciones útiles.

En el trabajo de Hawking/Hertog se aborda este problema. En él, el Universo es visto como un sistema cuántico dentro del marco de la teoría de cuerdas. En la formulación de Feynman sobre la teoría cuántica, la probabilidad de que un fotón vaya a parar a un lugar determinado es calculada a partir de la suma sobre todas las posibles trayectorias del fotón. Hawking y Hertog sostienen que el propio Universo también debe seguir diferentes trayectorias a la vez, evolucionando a través de muchas historias (*branches*) paralelas y simultáneas. Sin embargo, la aplicación directa de la teoría cuántica al Universo es un punto delicado: no se tiene control sobre las condiciones iniciales ni se puede repetir el experimento una y otra vez para obtener una buena estadística. En lugar de esto, la aproximación de los autores comienza con el presente y utiliza lo que sabemos sobre nuestra «rama» del Universo para trazar su historia hacia atrás. De nuevo habrá múltiples ramas posibles en nuestro pasado, aunque la mayoría pueden ser ignoradas en el sumatorio de Feynman ya que son muy diferentes del Universo que conocemos. Por ejemplo, el conocimiento de que nuestro Universo es muy cercano a ser plano podría permitir concentrarnos en una

porción muy pequeña de ese paisaje montañoso de la teoría de cuerdas cuyos valores para la constante cosmológica son compatibles con esa característica. Esto podría conducir, a su vez, a predicciones comprobables experimentalmente. Por ejemplo, uno podría calcular si es probable que nuestro Universo produjese el espectro de radiación de fondo que se observa actualmente.

### FÍSICA CUÁNTICA

- A diferencia de la materia común, los sistemas cuánticos como fotones no pueden ser copiados perfectamente (*non-cloning theorem*) pues ello viola el principio de incertidumbre de Heisenberg. Científicos de la Universidad de Tokyo, de la Japan Science and Technology Agency y de la Universidad de York, han combinado la clonación cuántica con la teletransportación cuántica en la primera demostración experimental completa de la teleclonación. En la teletransportación ideal, el original es destruido y sus propiedades exactas son transmitidas a una segunda partícula remota. El principio de Heisenberg no se aplica por que no se realizan medidas definitivas sobre la partícula original. En la teleclonación, el original es destruido y sus propiedades son mandadas no a una, sino a dos partículas remotas, con una máxima fidelidad menor que el 100%. En sus experimentos, los investigadores no teleclonaron una única partícula, sino un haz láser. Consiguieron transmitir el campo eléctrico del haz, concretamente su amplitud y su fase, pero no su polarización, a dos haces casi idénticos situados en una posición remota, con un 58 % de precisión o fidelidad, un valor algo inferior al límite teórico del 66%. A diferencia de la clonación local o de la teletransportación, la teleclonación precisa de un «enredo» multipartito, una forma de enredo cuántico en la que son necesarias estrictas correlaciones entre las partículas o sistemas cuánticos (en este caso, los tres haces de luz).

### FÍSICA NUCLEAR Y DE PARTÍCULAS

- Los avances en la física de partículas han sido posibles gracias a dispositivos experimentales que podían acelerar partículas hasta energías de miles de millones de electronvoltios (GeV). Las colisiones a estas energías podían recrear, durante cortos intervalos de tiempo, pequeñas porciones del Universo temprano. El desarrollo de estos dispositivos ha experimentado un notable impulso durante el pasado año con la contribución de un grupo de físicos del Lawrence Berkeley National Laboratory y de la Universidad de Oxford, quienes han acelerado electrones hasta energías del GeV en un espacio de sólo 3 cm. El dispositivo utilizado es denominado *laser wakefield accelerator*, debido a que los electrones son acelerados mediante potentes campos eléctricos situados en la parte posterior de una «explosión» de luz láser que viaja a través de una cavidad rellena de plasma. Anteriormente se habían conseguido gradientes similares, de 100 GeV por metro, pero el proceso de aceleración no podía ser mantenido hasta energías mucho mayores que 200 MeV.

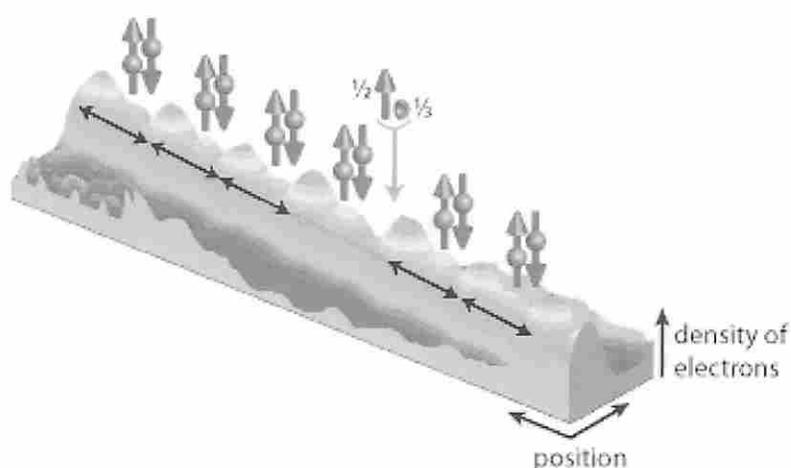
- En el Joint Institute for Nuclear Research (JINR) en Dubna (Russia), un grupo de físicos (incluidos colaboradores del Lawrence Livermore National Lab de los Estados Unidos) han creado temporalmente átomos correspondientes al elemento 118 al hacer incidir un haz de iones calcio-48 contra un objetivo de átomos de californio-249. El núcleo de esos átomos tiene una masa atómica de 294 u, el núcleo más pesado jamás producido en un experimento controlado. El tiempo de vida media de este elemento es de 1 ms aproximadamente, muy lejos de ser suficiente para realizar cualquier tipo de test químico. Su núcleo decae siguiendo una cadena de desintegraciones alfa: primero decae al elemento 116 (descubierto, de este modo, también por primera vez) emitiendo una partícula alfa, después al elemento 114, luego al 112



Hace unos años, dos grupos experimentales observaron que cuando estos electrones eran expuestos además a microondas, la resistencia longitudinal podía variar significativamente, aumentando un orden de magnitud, por ejemplo, o disminuyendo hasta un estado de resistencia cero, dependiendo de la relación entre la frecuencia de las microondas y la intensidad del campo magnético aplicado. Algunos científicos propusieron teóricamente que en esos estados de resistencia cero, la resistencia habría sido realmente menor que cero: los electrones que se encuentran girando se habrían desplazado en dirección contraria al voltaje aplicado. Sin embargo, este movimiento de retroceso sería muy difícil de observar debido a la inestabilidad del flujo de corriente. Un grupo de científicos de los laboratorios Utah/Minnesota/Rice/Bell ha verificado esta hipótesis en un experimento bicromático utilizando microondas de dos frecuencias. Para estados de resistencia no nula, la resistencia resultante era la media de los valores correspondientes a las dos frecuencias por separado. Sin embargo, cuando las medidas consideraban frecuencias que habían producido una resistencia cero, los investigadores observaron una reducción dramática de la señal. El análisis de los datos les llevó a concluir que cuando se detectaba una resistencia nula, la resistencia microscópica real había sido efectivamente menor que cero.

### Alambres atómicos

Físicos del Kavli Institute of Nanoscience (Delf University of Technology, Delf, Holanda) y de la Universidad de Tennessee (USA) han construido el «collar» de oro más fino del mundo, con un grosor de un átomo. Los investigadores lograron estos alambres monoatómicos evaporando una nube de átomos de oro sobre un sustrato de silicio que previamente había sido limpiado de impurezas mediante cocción a 1.200 K. La superficie cristalina fue cortada formando



Fuente: Snijders et al., *Phys. Rev. Lett.* 96, 076801 (2006).

una escalera de ondulaciones. Los átomos de oro se auto-ensamblaron en alambres (alineados con la ondulación) de hasta 150 átomos. Una vez formados, los investigadores aplicaron sobre los minúsculos alambres la sonda de un microscopio de efecto túnel (STM) para estudiar el comportamiento de la nano-electricidad (el STM proporciona imágenes de los átomos y mide los estados de energía de los electrones más externos de los átomos). Lo que vieron fue la aparición de ondas de densidad de carga —normalmente variaciones en la densidad de electrones a lo largo de la cadena moviéndose en forma de pulsos. Sin embargo, en este caso, se observó que el patrón de onda se hacía permanente a medida que disminuía la temperatura, debido a la reducida longitud del alambre. Esta «congelación» espacial de la onda de densidad de carga permitió que la sonda del STM pudiera medir la onda —densidad electrónica— en muchos puntos a lo largo de la cadena. Sorprendentemente, dos o más ondas de densidad podían coexistir a lo largo de la varilla. Las perturbaciones de la densidad de carga también pueden ser consideradas como partículas, incluyendo excitaciones con una carga fraccional.

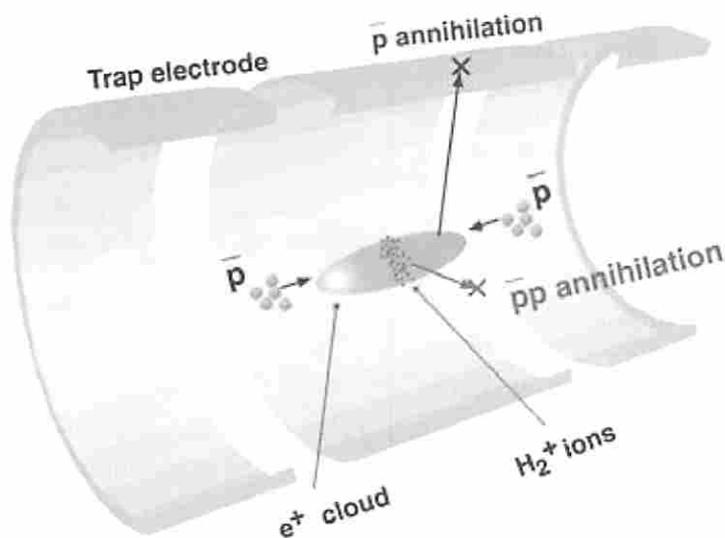
### Hipersonido

Se ha producido la primera pulsación acústica con frecuencias de 200 gigahertz (*hipersonido*). Para ello, físicos del Institute des Nanosciences

de París, del Centro Atómico Bariloche y del Instituto Balseiro han utilizado un tipo de cavidad semiconductor multicapa resonante, análoga a la utilizada en *fotónica*. Estos pulsos de sonido de alta frecuencia fueron generados en un material sólido, hecho de capas muy delgadas de GaAs y de AlAs. El sonido puede ser visto como un pulso de ondas corto o, equivalentemente, como partículas (*fonones*), excitaciones pulsando a través de la pila de capas. Estos fonones son reflejados en cada extremo del dispositivo, denominado nanocavidad, mediante capas externas, con una impedancia acústica muy diferente, que actúan como espejos. La impedancia acústica es el análogo acústico del índice de refracción para la luz. En opinión de los investigadores, un nuevo campo, denominado *nanofonónica*, ha sido inaugurado, por lo que las propiedades acústicas de los nanodispositivos semiconductores empezarán a ser destacables. Los científicos esperan alcanzar el rango terahertz, con longitudes de onda del nanómetro. Sonidos THz podrían, por ejemplo, participar en el desarrollo de «láseres acústicos» o en nuevas formas de tomografía para observar el interior de sólidos opacos.

### Primera química de la materia-antimateria

Un grupo experimental del CERN en Ginebra (*Athena collaboration*) ha conseguido reacciones



Fuente: Zurlo et al., *Phys. Rev. Lett.* 97, 153401 (2006).

químicas en las que participa el hidrógeno antiprotónico, un objeto ligado que consiste en un antiprotón emparejado con un protón. Este objeto compuesto, también llamado *protonio*, eventualmente se aniquila creando un número par de piones cargados. En condiciones normales, la aniquilación tiene lugar en una billonésima de segundo, pero en el dispositivo de Athena, la duración puede llegar a prolongarse hasta la millonésima de segundo. El procedimiento para conseguir un protonio es el siguiente. En primer lugar se crean antiprotones en el sincrotrón de protones del CERN, haciendo chocar protones contra un objetivo delgado. Los antiprotones resultantes se deceleran desde el 97% de la velocidad de la luz hasta el 10%. Mediante otras etapas de enfriamiento, los antiprotones llegan a un punto en el que pueden ser capturados por la trampa electrostática del dispositivo de Athena. Esto permitió a los investigadores estudiar, por primera vez, una reacción química entre el ión de antimateria más simple, el antiprotón, y el ión molecular de materia más simple, el  $H_2^+$ . La unión de esos dos iones da como resultado un protonio y un átomo neutro de hidrógeno. Ésta representa la primera reacción química entre materia y antimateria, si no se tiene en cuenta la interacción entre los positrones con la materia co-

mún. El resultado de la eventual aniquilación del protonio permitió deducir que su principal número cuántico tenía un valor medio de 70, en lugar del valor esperado de 30. Además, su momento angular era mucho menor que el esperado.

### Ebullición a cámara lenta

Un nuevo estudio llevado a cabo a una temperatura de 33K explica por qué ciertos intercambiadores industriales de calor (incluidos aquellos utilizados en centrales eléctricas) se funden catastróficamente cuando la formación de vapor experimenta un proceso denominado «*boiling crisis*». El proceso de ebullición (*boiling*), una especie de evaporación acelerada, se muestra usualmente como una forma muy eficiente de transferencia de energía debido al transporte del calor latente (el calor necesario para que una sustancia cambie su fase). La transferencia de energía del calentador al líquido se manifiesta en forma de burbujas de vapor. La peligrosa situación conocida como *boiling crisis* aparece del siguiente modo: a temperaturas suficientemente altas, la formación de burbujas se hace tan importante que la superficie del elemento calentador (aquella que está en contacto con el líquido) puede llegar a recubrirse con el vapor del

líquido, aislando al resto del líquido de la posible absorción de calor (como cuando dejamos caer una gota de agua sobre una sartén muy caliente, se evapora muy despacio). El resultado es una acumulación de calor en el calentador y su posible fusión. Científicos de l'École Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles (París), la Commission of Atomic Energy en Grenoble y la Universidad de Burdeos han realizado el primer estudio detallado de la *boiling crisis* mediante simulaciones y tests de laboratorio en los que probaron una teoría que sugiere que el sobrecalentamiento se produce debido al retroceso del vapor. Cuando el flujo de calor es suficientemente alto, las burbujas al crecer apartan violentamente el líquido próximo al calentador, expandiendo así la capa de vapor aislante. Esta teoría fue confirmada mediante experimentos llevados a cabo en condiciones próximas a la temperatura crítica del hidrógeno líquido, por lo que la ebullición ocurría muy lentamente de forma que su evolución podía ser completamente observada. Gracias a la universalidad de la dinámica de fluidos, las conclusiones obtenidas a 33K deben ser aplicables a fluidos a 100°C.

### Criticalidad auto-organizada en las dunas del desierto

Un grupo de científicos ha desmentido la creencia de que el cautivador y misterioso sonido emitido por las dunas de arena procede de la vibración de las mismas, y han probado que estos sonidos proceden de los movimientos sincronizados de los granos de arena en avalanchas de un cierto tamaño. Las pequeñas avalanchas no producen ningún sonido detectable, mientras que las avalanchas grandes producen sonidos con muchas frecuencias que generan un ruido cacofónico. Sin embargo, deslizamientos de arena con el tamaño y velocidades apropiados resultan en sonidos de una frecuencia pura y ricos en armónicos, que dan al sonido un «color» como si

de instrumentos musicales de trataran. No se trata, por lo tanto, de influencias externas sino de la criticabilidad auto-organizada del propio sistema.

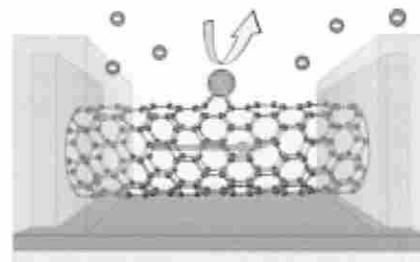
### Nueva fuente de radiación coherente

Físicos del MIT y del Livermore National Lab han descubierto una nueva fuente de radiación coherente diferente de los láseres tradicionales. Los científicos diseñaron un dispositivo en el que fotones coherentes son producidos mandando ondas de choque a través de un cristal. El resultado fue luz coherente como la emitida por un láser, pero el mecanismo de producción de luz no sería la emisión estimulada, sino más bien el movimiento coordinado de las filas de átomos del cristal. La onda de choque es puesta en movimiento mediante un proyectil o una explosión de láser y al pasar su frente de onda por el cristal provoca sucesivamente una onda de gran densidad en el cristal. Los átomos, al volver a sus posiciones originales en la matriz, emiten luz de forma

coherente, principalmente en la banda de frecuencias del THz. De esta forma se podría utilizar esta radiación coherente como diagnóstico para entender las ondas de choque, proporcionando información sobre su velocidad así como sobre el grado de cristalinidad del medio.

### Transistores químicos

Un nuevo dispositivo, el equivalente químico de un transistor, podría hacer posible la detección ultrasensible de antígenos en biomedicina. Físicos de la Universidad de California (Irvine) han utilizado nanotubos de carbono como elemento de trabajo en su dispositivo. Estos nanotubos, inmersos en un líquido, pueden saltar de un estado conductor a uno aislante mediante su oxidación. Las reacciones químicas son activadas mediante un potencial eléctrico aplicado a través del área de interacción. Los investigadores mostraron que este proceso puede ser llevado a cabo de forma reversible y durante periodos de tiempo muy cortos (10 ms). Lo prometedor de la potencialidad de estos dispositivos, denominados Chem-



Fuente: Mannik et al., *Phys. Rev. Lett.* 97, 016601 (2006).

FETs (*chemical field effect transistors*), es su gran amplificación: el «precio» de la oxidación es de unos pocos electrones y, sin embargo, ésta puede ser utilizada para conmutar corrientes de mA. En un futuro bio-detector, esta conmutación podría ser provocada no por una señal electroquímica aplicada, sino por la presencia de antígenos acoplándose con anticuerpos pegados a los nanotubos. En detectores previos, la acción química requería de la presencia de decenas de antígenos; en este caso, la presencia de un sólo antígeno podría ser suficiente para cambiar el estado del nanotubo.

Pedro Córdoba Torres  
Dpto. de Física Matemática y de Fluidos

## Novedades científicas en Química

En el panorama de la Química durante el año 2006, la tendencia general ha incidido en las aplicaciones más que en los fundamentos. Las aplicaciones se apuntan a dos prefijos claves que son «*bio*» y «*nano*», que como tales aparecerán repetidas veces en este resumen. Problemas fundamentales que siguen en plena investigación son, hoy como ayer, aspectos cada vez más profundos de la estructura molecular, la dinámica detallada de las reacciones químicas y la catálisis, y la proyección de las fuerzas intermoleculares en los procesos de auto-organización de la materia. En este último apartado continúa el

avance imparable de los estudios de Química supramolecular y reconocimiento molecular, como consecuencia del gran número de compuestos que pueden formar enlaces no covalentes entre sí, dando lugar a estructuras muy versátiles y de intrigantes posibilidades.

El desarrollo experimental se caracteriza por la utilización de técnicas de vanguardia para la resolución de cuestiones puntuales, en tanto que problemas más tradicionales y que ocupan buena parte de la química ordinaria tienden a abordarse mediante la aplicación convergente de un repertorio de técnicas bien asentadas.

En cuanto al potencial humano dedicado a la investigación química, cabe señalar la gran aportación de muchos investigadores chinos en su propio país, lo que supone un colectivo ciertamente numeroso y que sin duda tendrá gran repercusión en el futuro.

En esta breve reseña de los avances del año es imposible otorgar el debido reconocimiento a todos los trabajos relevantes. Solamente se esbozan algunas aportaciones significativas en las principales áreas, donde los expertos notarán muchas omisiones por las que solicitamos disculpas por anticipado.

Las referencias bibliográficas incluyen los autores, el título de la re-