

las olas. La costa resultante es fractal, con una dimensión efectiva de  $4/3$ .

- **Magnetismo.** Un experimento en la Universidad de Maryland relata la primera observación experimental de una inestabilidad magneto-rotacional (esencialmente se trata de la creación de un campo magnético inducido en medio de la turbulencia de un fluido eléctricamente conductor que rota dentro de un campo magnético). En el experimento de Maryland, una bola de cobre es hecha girar dentro de un recipiente que contiene sodio líquido. De esta forma, los investigadores tratan de simular los ingredientes que comparten en común sistemas como el núcleo de la Tierra, la envoltura externa de las estrellas y el disco de acreción que rodea a los agujeros negros. Básicamente, estos ingredientes son: un fluido conductor, rotación diferencial (las partes interiores del fluido giran más rápidamente que las externas) y un potente magnetismo. Hasta ahora sólo habían sido desarrolladas teorías y simulaciones de este "medio ambiente" físico. Ahora, el experimento de Maryland demuestra que un campo magnético organizado puede surgir incluso de un fluido turbulento hidrodinámico.

Pedro Córdoba Torres

Dpto. de Física Matemática y Fluidos

## Novedades científicas en Química en el año 2004

### PRODUCCIÓN DE NANOTUBOS DE CARBONO CON UNA CAPA MEDIANTE LA ADICIÓN DE AGUA

Un grupo de investigadores japoneses ha conseguido la síntesis eficaz y ordenada de nanotubos de carbono de una capa (SWNTs) mediante la utilización de vapor de agua en la mezcla reactiva. El des-

cubrimiento podría favorecer el desarrollo de un método relativamente económico para la síntesis de este tipo de nanotubos, que podrían ser usados sin una previa purificación de los mismos.

La vapodeposición química del carbono es el método más empleado para la llevar a cabo la síntesis de los SWNTs, pero este proceso suele ir acompañado por la formación de cantidades significativas de impurezas de estructuras de carbono amorfo, que cubren la superficie del catalizador, ralentizando y parando la síntesis de los nanotubos. Kenji Hata, Don N. Futaba y col. del *Research Center for Advanced Carbon Materials in Tsukuba*, en Japón, han sido capaces de resolver este problema mediante la adición controlada de vapor de agua en el medio de reacción [*Science*, **306**, 1362 (2004)]. Ellos especulan que, en combinación con las partículas de metal del catalizador, el agua oxida los fragmentos de carbono amorfo que se puedan formar durante el proceso.

Mediante la utilización de este proceso de crecimiento *water-assisted*, los investigadores han conseguido crear "bosques" de SWNTs verticalmente alineados que rápidamente alcanzan alturas del orden de milímetros. En un experimento el grupo ha llegado a obtener en 10 min, SWNTs con tallos de 2,5 mm cubriendo una superficie de silicón de 49 mm<sup>2</sup>.

El proceso se puede llevar a cabo con una gran variedad de catalizadores comúnmente utilizados para la producción de SWNTs. Asimismo, se puede regenerar fácilmente el sustrato catalítico simplemente raspando los nanotubos con una hoja de afeitar.

Además, el grupo de Tsukuba ha conseguido hacer crecer estructuras de SWNTs dándoles la forma deseada mediante catalizadores modificados con patrones litográficos. De esta forma, en función de la forma del catalizador se hicieron crecer estructuras de nanotubos con forma de pilares cilíndricos o con formas similares a delgadas láminas de papel.

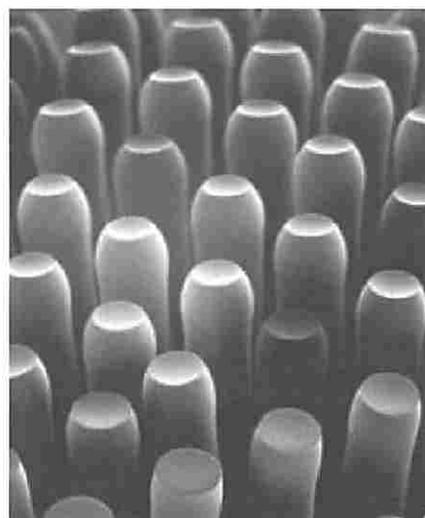


Figura 1. Nanobosques de carbono formados a partir de patrones litográficos de islas de catalizador.

### NANOTUBOS DE CARBONO LLENOS DE AGUA

Un equipo de investigadores del *Argonne National Laboratory* (Tucson, Arizona, EEUU) dirigido por Alexander I. Kolesnikov ha descubierto la forma sorprendente que tienen las moléculas de agua de confinarse en el interior de los nanotubos de carbón [*Physical Review Letters*, 2004]. La complejidad de la estructura encontrada ha sorprendido a los investigadores, que la han descubierto mediante la exposición de nanotubos de monocapa (SWNTs), con los extremos abiertos y del orden de 14 Å de diámetro, a vapor de agua y posterior enfriamiento a bajas temperaturas. De esta forma se indujo la formación espontánea de una cadena de moléculas de agua en el interior de una vaina cilíndrica, también

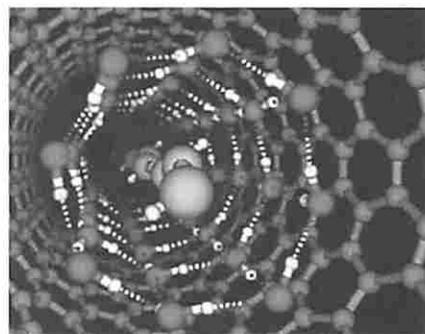


Figura 2. Cadenas de agua confinadas en una estructura cilíndrica, también de agua, dentro del nanotubo de carbono.

formada por moléculas de agua, todo ello dentro del nanotubo de carbono. Esta extraña e impredecible estructura nunca antes había sido descrita.

Kolesnikov explica que este tipo de agua situada en canales unidimensionales de diámetros manométricos tendría propiedades especiales diferentes a la del agua normal. Así, estos estudios podrían contribuir a explicar el transporte de protones y agua en sistemas orgánicos (por ejemplo, la plantas) con estructuras nanométricas similares a los nanotubos de carbono.

Además, el grupo ha descubierto que el agua confinada con esta sorprendente estructura tiene suficiente movilidad, incluso similar a la de un fluido a temperaturas criogénicas, bastante inferiores a las del punto de congelación del agua ordinaria.

### NANOTUBOS DE CARBONO COMO PORTADORES DE METALES

Cuando se aplica una corriente eléctrica sobre un nanotubo de carbono de multicapa (*MWNT*), este se puede transformar en un diminuto transportador que traslada metal fundido de un extremo al otro del tubo, según lo descubierto por un grupo de investigadores de la Universidad de California en Berkeley y el *Lawrence Berkeley National Laboratory* dirigidos por Alex Zettl y Chris Regan [*Nature*, **428**, 924 (2004)].

El equipo de Zettl y Regan ha demostrado que se produce un fenómeno de transferencia de masa mediante la generación de un circuito a través de los *MWNT* llenos de nanocrisales de indio. Estos se funden cuando se aumenta el voltaje aplicado y se calienta el nanotubo de carbono. Con un control preciso del voltaje los investigadores pueden hacer migrar el metal a lo largo del tubo desde el ánodo al cátodo.

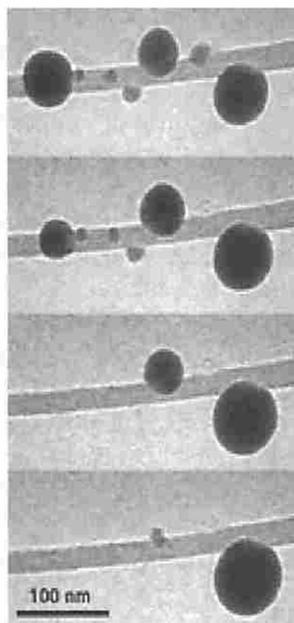


Figura 3. La imagen TEM muestra los intervalos minuto a minuto en los que se observa el indio desplazándose a lo largo del nanotubo de carbono de izquierda a derecha.

Variando el voltaje y la polaridad de la corriente aplicada, se puede controlar la velocidad y la dirección del movimiento de las partículas, incluso en distancias del orden de 2 mm. Además el grupo ha utilizado esta técnica para trasladar otros metales a través de nanotubos de carbono, tales como oro, platino, estaño y aleaciones estaño-indio.

### BUENOS RESULTADOS EN 2004 PARA LA INDUSTRIA QUÍMICA EN USA

Como resultado de la recuperación económica durante el 2004, en el segundo trimestre del año la industria química de los Estados Unidos no sólo ha consolidado buenos resultados, sino que incluso muestra tendencia al crecimiento de sus beneficios. El fuerte aumento de costes de materias primas y energía lo contrarresta la industria química con la subida de precios, la demanda creciente de sus productos y los au-

mentos de productividad fruto de la reducción de costos y de los planes de reestructuración implantados en los últimos años.

Así, *Rohm and Haas*<sup>1</sup> aumentó sus beneficios el 29,7% con respecto al mismo periodo del año anterior llegando a los 118 millones de dólares, con un volumen de ventas de 1,8 billones de dólares, lo cual supone un incremento del 14,7% respecto al año anterior.

El seguimiento efectuado por la revista *Chemical and Engineering News* a veinte empresas de dimensiones grande y mediana pone de manifiesto que sólo una de ellas experimentó descenso en sus beneficios; se trata de *H. B. Fuller*<sup>2</sup>, cuyos beneficios de 11,7 millones de dólares suponen un descenso del 4,9%. A pesar de que sus ventas se incrementaron el 11,9% alcanzando un volumen de 363,1 millones de dólares, el encarecimiento de la materia prima y la bajada de precios de venta de los productos dieron lugar al resultado negativo que acaba de reseñarse.

Aunque el aumento significativo de beneficios fue la nota dominante de las veinte empresas consideradas, hay que resaltar que *Arch Chemicals*<sup>3</sup> fue la que obtuvo el mayor incremento, con unos beneficios de 26,2 millones de dólares que supusieron un aumento del 97% con respecto al segundo trimestre de 2003, acompañado por un incremento de las ventas del 30,7% que sitúa su volumen en los 402,8 millones de dólares. Estos resultados se debieron fundamentalmente a productos destinados a tratamientos de aguas, protección de maderas, barnices industriales, cuidado personal y asepsia a nivel industrial.

Asimismo, pueden mencionarse los resultados obtenidos por *FMC*<sup>4</sup>, empresa dedicada al sector agrícola, que experimentó un incremento del 96,3% en sus beneficios situando a estos en los 42,6 millones de dólares, en tanto que sus 534,3 millones

<sup>1</sup> <http://www.rohmdhaas.com/>

<sup>2</sup> <http://www.hbfuller.com/>

<sup>3</sup> <http://www.archchemicals.com/Fed/>

<sup>4</sup> <http://www.fmc.com/>

en ventas suponen un incremento del 4,8%.

Un caso que resulta llamativo es el de *W.R. Grace*<sup>5</sup>, que a pesar de encontrarse en bancarrota, consiguió unos beneficios de 24,3 millones de dólares y unas ventas de 572,4 millones, cifras que corresponden a incrementos del 82,7% y del 13,7%, respectivamente.

Con respecto a los gigantes del sector, *Dow Chemical*<sup>6</sup> consolida sus resultados con beneficios de 685 millones de dólares que corresponden a un crecimiento del 74,3 %; el aumento de 292 millones constituye el mayor conseguido por el grupo. Por su parte, las ventas alcanzan un volumen de 9,84 billones de dólares, lo cual supone un 19,4% más que en el segundo trimestre de 2003. Únicamente en lo relacionado con los hidrocarburos y la energía el crecimiento no fue tan satisfactorio; observándose el crecimiento más espectacular en las actividades relacionadas con Hispanoamérica y el área Asia-Pacífico.

Por el contrario, *DuPont*<sup>7</sup>, el segundo grupo más importante del sector químico, obtuvo unos beneficios de "solamente" 805 millones de dólares y unas ventas de 7,53 billones. Los respectivos incrementos del 19,3% y del 2,1% resultan poco satisfactorios si se valoran en el contexto de crecimiento del sector químico que se ha resaltado anteriormente.

### COMPRA DE LA UNIDAD DE CATÁLISIS DE AKZO NOBEL<sup>8</sup> POR PARTE DE ALBERMALE<sup>9</sup>

Se ha llegado al acuerdo de compra por parte de *Albermarle* de la unidad de refino catalítico de petróleo de *Akzo Nobel* por importe de unos 570 millones de dólares. Para

los altos ejecutivos de *Albermarle* la operación abre una perspectiva de fusión con la unidad de catálisis de poliolefinas de esta compañía dando lugar a un negocio de 500 millones de dólares anuales.

Durante 2003 la unidad de refino catalítico de petróleo de *Akzo Nobel* ha venido generando 420 millones de dólares más otros 160 millones procedentes de tres empresas de riesgo compartido. La industria del refinado catalítico mueve 2 billones de dólares y, según sus datos, *Akzo* comparte con *W. R. Grace* el liderazgo de dicho negocio seguidas por *Royal Dutch/Shell*<sup>10</sup>, *Criterion Catalysts and Technologies*<sup>11</sup> y *Engelhard*<sup>12</sup>.

En un futuro inmediato se prevé en Estados Unidos, Europa y Japón la promulgación de normativas exigiendo reducciones drásticas del contenido de azufre en gasóleo y gasolina, lo cual conlleva el incremento de los procesos catalíticos en presencia de hidrógeno (HPC), que en la actualidad dan lugar a un mercado de 900 millones de dólares al año, de los cuales *Akzo Nobel* mueve el 32% con un incremento anual de entre el 4% y el 5%, poseyendo entre su tecnología punta un nuevo soporte de catalizador capaz de duplicar el rendimiento de los catalizadores utilizados con anterioridad. Además de la operación relacionada con su unidad de catálisis, pendiente de la conformidad de las autoridades antimonopolio, *Akzo* también negocia con su división de barnices y resinas, así como su unidad de química del fósforo.

### NUEVOS ELEMENTOS SUPERPESADOS

Un equipo de investigadores del *Joint Institute for Nuclear Research* de Dubna (Rusia) afirma haber pre-

parado átomos de los elementos 113 y 115, lo cual permite formular predicciones teóricas acerca de elementos trans-actínidos estables [*Phys. Rev. C*, **69**, 021601(R) (2004)]. En colaboración con sus colegas del *Lawrence Livermore National Laboratory* de California, el grupo de Dubna llevó a cabo diversos experimentos consistentes en bombardear un blanco rico en americio (95 protones) con un haz de alta energía de iones de calcio (20 electrones) lo cual permitió concluir que había tenido lugar la formación y posterior desintegración de cuatro átomos del elemento 115.

Se observaron cuatro cadenas de desintegración en la reacción entre el <sup>243</sup>Am y el <sup>48</sup>Ca en la que un núcleo excitado del elemento 115 se fisionó de forma característica; así, en tres de las secuencias un isótopo con 173 neutrones tuvo una vida de 100 milisegundos emitiendo una partícula  $\alpha$  dando origen a un átomo del elemento 113 (desconocido hasta entonces); en un tiempo de alrededor de 20 segundos, cuatro emisiones de partículas  $\alpha$  condujeron a la formación del elemento 105 (dubnio), que experimentó fisión espontánea al cabo de un día.

Mediante ligeras modificaciones de las condiciones experimentales, la reacción nuclear permitió obtener un átomo de <sup>287</sup>115, observándose que el isótopo más ligero constituido por 172 neutrones emitió cuatro partículas  $\alpha$  en un intervalo de medio segundo seguido de fusión espontánea.

El descubrimiento de estos nuevos elementos parece confirmar la existencia de la preconizada isla de estabilidad y permitirá extender los actuales horizontes químicos, sugiriendo la posibilidad de síntesis de nuevos elementos con aplicaciones tecnológicas potenciales de gran interés.

<sup>5</sup> <http://www.grace.com/>

<sup>6</sup> <http://www.dow.com/Homepage/index.html>

<sup>7</sup> <http://www1.dupont.com/NASApp/dupontglobal/corp/index.jsp>

<sup>8</sup> <http://www.akzonobel.com/com/>

<sup>9</sup> <http://www.albermarle.com/>

<sup>10</sup> <http://www.shell.com/home/Framework?siteId=home>

<sup>11</sup> <http://www.criterioncatalysts.com/english/index.htm>

<sup>12</sup> <http://www.engelhard.com/>

## UNA FÁBRICA DE HIDROCARBUROS EN EL FONDO DEL MAR

Un equipo de científicos de la Universidad de Minnesota ha descubierto como rocas enriquecidas con hierro y cromo pueden generar gas natural (metano) e hidrocarburos relacionados cuando reaccionan con fluidos súper calentados (hidrógeno, sulfuro de hidrógeno y dióxido de carbono) que circulan bajo el suelo del fondo submarino del Océano Atlántico [*Science*, **304**, 1002 (2004)]. Estos hidrocarburos pudieron formar parte de la dieta de algunos de los primeros organismos que habitaron la Tierra. Además, el metano producido de esta forma pudo contribuir al agravamiento del efecto invernadero causante del calentamiento global en las distintas épocas

del desarrollo terrestre. Los investigadores, D. Foustoukos, F. Qi y W. E. Seyfried, Jr. presentaron una porción de este trabajo en la reunión del año 2004 de la American Geophysical Union, en San Francisco.

Los investigadores han recreado en el laboratorio el calor intenso (más de 370 °C) y la presión (más de 400 atmósferas) que existe en las profundidades del océano Atlántico en las proximidades de la falla submarina atlántica. En esta región, la presencia de magma en zonas cercanas a la superficie submarina provoca la aparición de respiraderos hidrotermales, que produce la expulsión de los fluidos súper calentados en el agua del mar. Bajo estas condiciones se favorece la formación de hidrocarburos (metano, etano y propano) producidos en la superficie de minerales ricos en hierro y cromo.

El proceso transcurre en dos etapas. En la primera, el hierro cataliza la formación de hidrógeno gaseoso a partir de agua. En una segunda etapa, este hidrógeno y dióxido de carbono (procedente de la desgasificación del magma) se combinan para producir metano y agua. Los investigadores de la universidad de Minnesota han descubierto que las rocas enriquecidas con cromo favorecen esta segunda etapa, además de la formación de hidrocarburos más complejos, como etano y propano. Estos, probablemente, sirven como alimento a diferentes tipos de bacterias descubiertas en estas regiones submarinas.

Ángel Maroto Valiente

Dpto. de Química Inorgánica  
y Química Técnica

## SEMBLANZAS DE LOS PREMIOS NOBEL

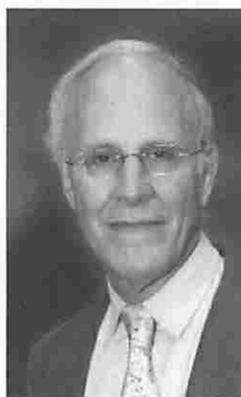
### Premio Nobel de Física 2004

#### LA LIBERTAD ASINTÓTICA

Los galardonados con el Premio Nobel de Física 2004 han sido los estadounidenses **David Gross**, **Franck Wilczek** y **David Politzer** por "el descubrimiento de la libertad asintótica en la teoría de la interacción fuerte"<sup>1</sup>.

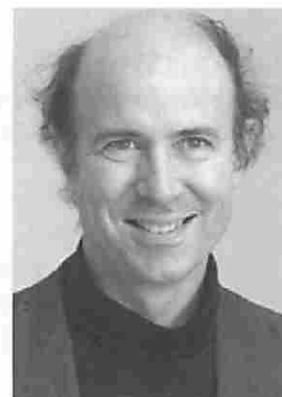
**D. Gross** es en la actualidad Catedrático de Física Teórica en el Instituto Kavli (Universidad de Santa Barbara, California). El Prof. Gross nació en Washington en 1941. En 1962 se graduó en la Universidad Hebrea de Jerusalén y posteriormente se doctoró en 1966 en la Universidad de Berkeley (California). Después de doctorarse ha ocupado diversos puestos en varias Univer-

sidades americanas, como Harvard y Princeton. También ha permanecido largas estancias en la Universidad Hebrea de Jerusalén y en el CERN.



D. Gross.

**F. Wilczek** nació en 1951, en el barrio de Queens de New York. Obtuvo el título de Doctor en Física Teórica por la Universidad de Princeton en 1974. F. Wilczek se había graduado anteriormente en Matemáticas, en la Universidad de Chi-



F. Wilczek.

<sup>1</sup> La Televisión Educativa de la UNED realizó un programa dedicado al Premio Nobel de Física de 2004, que fue emitido el pasado 19 de febrero por TV-2 (Referencia: 039/04-05). En este programa participaron Gerardo Delgado (Presidente de la RSEF), Antonio Ferrer (Catedrático de Física Atómica, Molecular y Nuclear de la Universidad de Valencia) y Amalia Willari (Profesora del Departamento de Física de los Materiales de la UNED y autora de esta semblanza).