

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

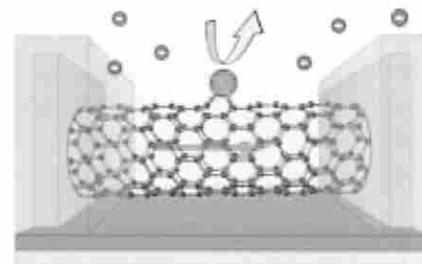
Nueva fuente de radiación coherente

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-

vista, el volumen y la página inicial, bien entendido que todas ellas pertenecen al año 2006.

QUÍMICA ORGÁNICA

En la investigación estructural orgánica figura siempre el benceno como prototipo de molécula aromática. Un tema favorito de los estudios teóricos actuales es determinar cómo se disponen dos moléculas de este compuesto cuando están próximas: paralelas, como se ha venido admitiendo tradicionalmente, o perpendiculares, como ahora parece más probable (Puzder y col., *J. Chem. Phys.*, **124**, 164105, ver Figura 1; Podeszwa y col., *J. Phys. Chem. A*, **110**, 10345; Hill y col., *PCCP*, **8**, 4072; Baker y Grant, *J. Chem. Theory Comput.*, **2**, 947). Otro problema relacionado es la estructura colectiva de sistemas heteroaromáticos tan fundamentales como el pirrol (Gontrani y col., *Chem. Phys. Lett.*, **417**, 200) o el imidazol (Iannuzzi, *J. Chem. Phys.*, **124**, 204710). Aunque estas cuestiones puedan parecer sólo de interés para especialistas, de hecho tienen gran importancia para la caracterización estructural de los estados condensados de la materia, uno de los «icebergs» del conocimiento químico actual.

La quiralidad sigue ocupando a los químicos, siempre interesados por comprender la estructura espa-

cial de las moléculas y controlarla hasta el mínimo detalle. Puede destacarse un estudio de la estructura y propiedades ópticas de los pigmentos de las flores, que forman especies asociadas quirales (Ellestad, *Chirality*, **18**, 134). Esta misma preocupación se proyecta en el campo de la química preparativa, donde se ha logrado con éxito la síntesis asimétrica de formas enantiómeras de aminoácidos (Tiwari y col., *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 7360).

Y continuando con la síntesis, esta vez en relación con la química organometálica, conviene anotar que se ha utilizado por vez primera el tri-alil-aluminio como reactivo para la introducción de grupos alilo en compuestos carbonílicos e iminas con excelente rendimiento (Shen y Yao, *J. Org. Chem.*, **71**, 3980), objetivo que hasta ahora requería necesariamente el uso de reactivos de Grignard, tan útiles para tantos métodos de síntesis y, más modestamente, para poder aprobar la asignatura durante la carrera.

Continúan en expansión las técnicas de espectroscopía de resonancia magnética nuclear (RMN), aplicada a la determinación de la estructura y dinámica de sistemas moleculares cada vez más complejos, donde ya no figura simplemente como una técnica subsidiaria de la cristalografía de rayos X, sino como un método de precisión cuantitativa con criterios propios (Malliavin, *Curr. Org. Chem.*, **10**, 555).

alostérico de la proteína — kinasa AMPK (Suter y col., *J. Biol. Chem.*, **281**, 32207).

Pero el «más difícil todavía» es: ¿y sin catalizadores? Dentro de esta línea más exigente se ha estudiado la formación de pequeñas cadenas de ácido ribonucleico con la ayuda de moldes («*templates*»), aunque excluyendo a las enzimas (Heuberger y Switzer, *Org. Lett.*, **8**, 5809). Se trata de un nuevo intento de resolver el dilema «huevo o gallina» que embrolla la comprensión de cómo los ácidos nucleicos pueden ser construidos bajo la dirección de enzimas que, a su vez, son codificadas por ellos.

En vertientes más aplicadas destacan el diseño y la síntesis de nuevas moléculas activas para la industria farmacéutica, así como la exploración de nuevas técnicas. En conjunto, estas líneas de trabajo confluyen en la lucha contra la malaria, la cual se ha revisado en detalle (Egan, *J. Inorg. Biochem.*, **100**, 916; Wood y McNaughton, *Expert Review of Proteomics*, **3**, 525). También se han encontrado nuevas rutas sintéticas más prácticas para el «*Tamiflu*», que podrían facilitar la producción de este conocido (y escaso y, por tanto, caro) antiviral, desarrollado por la firma Roche contra la gripe aviar. Las referencias son: Corey (Premio Nobel 1991) y col., *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 6310; Shibasaki y col., *ibid.*, 6312. Por cierto, que la búsqueda de nuevos fármacos hace cada vez más uso de la Química combinatoria, que pretende explorar matices de la diferenciación química de modo más racional que por el método clásico de tanteo y error, recurriendo si es preciso a herramientas teóricas. En la 8ª edición de la International Patent Classification (IPC), que ha entrado en vigor desde el 1 de enero de 2006, se ha creado una nueva subclase, C40B, para patentes de este tipo.

Y ya cruzando la nueva frontera de la Neuroquímica, puede destacarse la elaboración de un mapa con la distribución de nucleósidos en el cerebro humano, que sugiere un papel funcional de estos compuestos

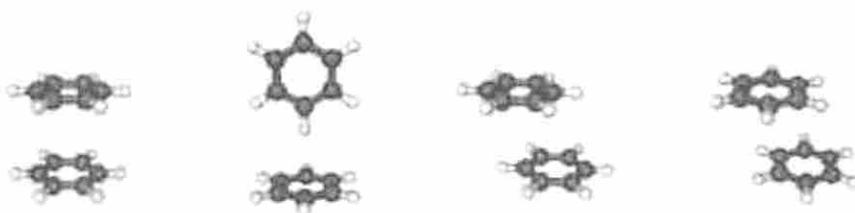


Figura 1. Moléculas de benceno formando dímeros paralelos y perpendiculares.

QUÍMICA BIO-ORGÁNICA

Uno de los temas importantes que ha merecido una reciente revisión es el de las interacciones entre proteínas y ácidos nucleicos (Bujalowski, *Chem. Rev.*, **106**, 556). De

este problema se pasa a la biocatálisis, con la sempiterna cuestión de los mecanismos de la actividad enzimática, y en este campo se ha aportado un interesante estudio acerca del papel detallado que juega el nucleótido 5'-AMP como efector

basado en sus cambios de concentración de unas regiones a otras (Kekesi y col., *Cell. Mol. Neurobiol.*, **26**, 833).

QUÍMICA INORGÁNICA

Una novedad siempre importante en esta área es la producción de nuevos elementos y compuestos. ¿Se considera noticia que el sistema periódico se ha vuelto a actualizar? Esta vez ha sido con la inclusión del elemento 118, que quedaría situado bajo el radón en el grupo de los gases nobles, y del que un equipo compuesto por rusos y americanos ha conseguido producir tres efímeros (y valiosos) átomos, tras bombardear durante miles de horas una muestra enriquecida en californio con un haz de alta energía de iones calcio (Oga-

nessian y col., *Phys. Rev. C*, **74**, 044602). El experimento tuvo su origen en 2002 cuando este mismo equipo detectó la creación de un único átomo, aunque sin lograr confirmarlo hasta ahora.

En cuanto a nuevos compuestos, se ha desarrollado por primera vez un procedimiento para generar fósforo diatómico (P_2) en disolución bajo condiciones asequibles (Piro y col., *Science*, **313**, 1276), lo que puede facilitar la síntesis de compuestos que lo contengan, y ya se está pensando en nuevos catalizadores. También se han explorado las rutas de la síntesis asimétrica, tomando prestados métodos de la Química orgánica, lo que ha permitido obtener por primera vez un complejo metálico octaédrico en forma de hélice de dos palas (Warr, Willis y Wild, *Inorg. Chem.*, **45**, 8618, ver Figura 2).

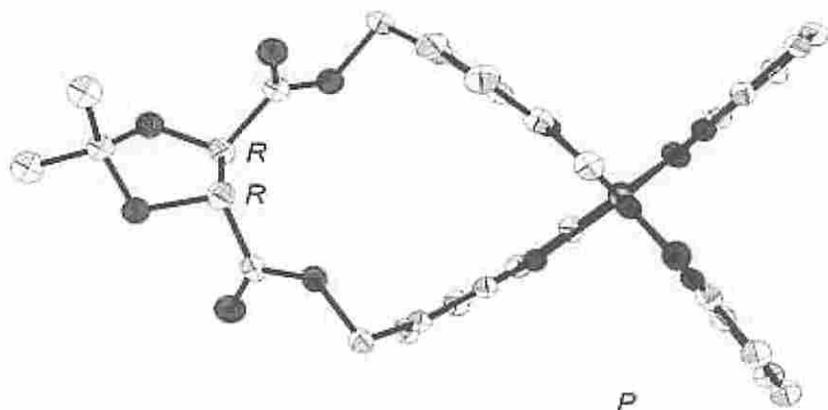


Figura 2. Complejo metálico octaédrico en forma de hélice de dos palas, logrado por síntesis asimétrica.

QUÍMICA ANALÍTICA

El área que suele designarse como los «ojos de la Química» se caracteriza actualmente por utilizar técnicas instrumentales muy diversas y perfeccionadas, enfocadas más bien hacia las aplicaciones prácticas que a los principios básicos, buscando los mejores rendimientos al mínimo coste. Para ello se recurre cada vez más a la informatización y a la microescala, especialmente dentro de los nuevos sistemas de análisis total (microTAS), cuyo objetivo es incluir todo un laboratorio en el tamaño de un simple

chip para poder aproximarle todo lo que sea posible a la muestra a analizar (Dittrich, Tachikawa y Manz, *Anal. Chem.*, **78**, 3887).

Se confirma también la tendencia a dedicar una mayor atención a problemas biológicos. Las contribuciones a la genómica, con la determinación de secuencias de ADN, y a la proteómica, con la identificación y secuenciación de proteínas, tan conocidas por el gran público, se están extendiendo al análisis de metabolitos muy diversos (Want y col., *Anal. Chem.*, **78**, 743). En otros aspectos biomédicos más técnicos se

trabaja en el acoplamiento de dispositivos que permiten realizar el control en línea de bioprocesos (Tahkoniemi y col., *J. Pharm. Biomed. Anal.*, **41**, 1585).

La experiencia obtenida en métodos de caracterización de superficies, especialmente con técnicas de microscopía de barrido, se ha podido aplicar con éxito para que el usuario pueda interactuar con la muestra a la escala del nanometro, lo que indudablemente beneficiará a los investigadores del área de la nanotecnología (Hobbs, Vasilev y Humphris, *Analyst*, **131**, 251).

Otro campo en expansión es el de los sensores y biosensores avanzados, que enlaza con otras facetas aplicadas de la Química, tales como las que se refieren al análisis clínico o al medio ambiente. Uno de los problemas favoritos del diagnóstico médico es la determinación de glucosa, que se ha conseguido realizar de forma altamente selectiva mediante un sensor de fibra óptica integrado en la microdiálisis de los pacientes (Pasic y col., *Anal. Bioanal. Chem.*, **386**, 1293).

QUÍMICA FÍSICA

El área más conceptual de la Química sigue desarrollándose por sí misma, aunque también requiere que se produzcan novedades relevantes en las áreas fronterizas de la Física, a fin de aplicarlas posteriormente a la Química.

Dentro de la vertiente computacional, se avanza en el estudio de los sistemas que realmente interesan a los químicos, cada vez más complejos y que hasta hace muy poco tiempo eran aún prohibitivos por su gran demanda de potencia de cálculo. En el campo en continuo desarrollo de los cálculos basados en la teoría del funcional de la densidad electrónica (DFT), la tendencia es introducir nuevos funcionales que permitan avanzar en el estudio de las fuerzas intermoleculares, lo que tiene aplicación para el cálculo de las interacciones no covalentes, que son tan importantes en la Química supramolecular. Son espe-

cialmente productivos Zhao y Truhlar (ver *J. Chem. Phys.*, **125**, 194101 y *J. Phys. Chem. A*, **110**, 13126). También se sigue utilizando el método de perturbaciones Moeller – Plesset MP2 más tradicional, por ejemplo, para el cálculo de enlaces de hidrógeno (Rusu y col., *Int. J. Quant. Chem.*, **106**, 2811). En otra especialidad más deductiva, se han desarrollado formalismos dependientes del tiempo, que pueden aplicarse a la transferencia de átomos de hidrógeno entre pares de nucleobases pertenecientes a cadenas cortas de ADN (Villani, *Chem. Phys.*,

325, 389). Y por qué no referirse a los siempre intrigantes estados excitados, cuyo análisis a fin de predecir los espectros electrónicos sigue demandando instrumentos teóricos sumamente afinados (Pastore y col., *Chem. Phys. Lett.*, **422**, 522).

En el campo experimental cabe reseñar un interesante estudio que relaciona las propiedades obtenidas por técnicas de espectroscopía de vibración y de RMN, a fin de caracterizar el entorno microscópico de las disoluciones (Zhu y col., *J. Chem. Phys.*, **124**, 244501).

Lo más espectacular queda para el final. En los territorios avanzados de la Dinámica molecular ha destacado la aplicación de un láser ultrarrápido para detectar la redistribución de protones dentro de la molécula de metano en el intervalo de tiempo del attosegundo, nada menos que 10^{-18} segundos (Baker y col., *Science*, **312**, 424, ver Figura 3). Ello supone un gran logro en el estudio de los fenómenos de la Química a una escala de tiempo cada vez más reducida, que ya ha conseguido superar la mítica frontera del femtosegundo (10^{-15} segundos) que establecieron otros esforzados pioneros poco tiempo atrás.

QUÍMICA DE POLÍMEROS

La palabra clave actual parece ser «organización». En esta tendencia puede destacarse una madura reflexión que identifica la conexión lineal de las unidades monoméricas que constituyen los polímeros como el principio de organización básico que origina la gran diversidad de transiciones de fase características de estos compuestos (Di Marzio, *J. Polym. Sci. B*, **44**, 2612). Y si se pretende más complejidad aún, la auto-organización de los polímeros mediante fuerzas no covalentes da lugar a estructuras muy variadas de gran importancia práctica, pero difíciles de analizar tanto por métodos teóricos como experimentales; con este fin se recomienda la determinación de coeficientes de difusión por espectroscopía de RMN, en concreto para estudiar la asociación de proteínas (Price, *Curr. Op. Colloid Interface Sci.*, **11**, 19).

En el área interdisciplinar de la evolución molecular, se ha propuesto que el origen de los biopolímeros con un contenido significativo de información podría estar en la formada más bien que en el HCN, considerado hasta ahora la molécula clave para el origen de la vida. Esta alternativa tendría cierta trascendencia para proponer una vía de síntesis de las primeras nucleobases (Saladino y col., *ChemBioChem*, **7**, 1707),

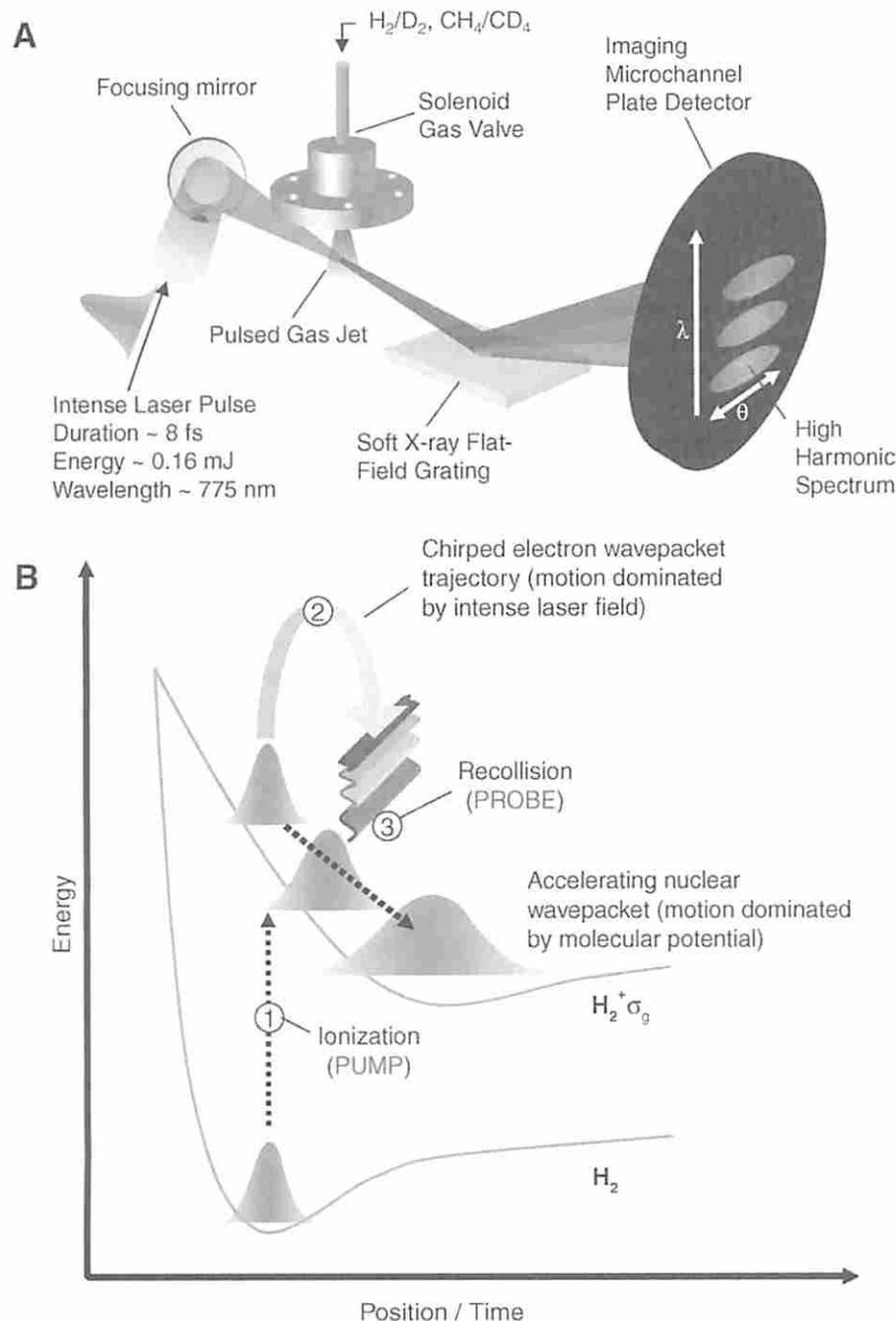


Figura 3. Método para medir la dinámica de los protones dentro de las moléculas.

que de confirmarse esta hipótesis podrían contener oxígeno y no solamente nitrógeno, que era lo que parecía más plausible.

QUÍMICA DE MATERIALES

Esta área de la Química actual continúa dedicando gran atención a la nanotecnología y sus relaciones con la electroquímica. Además de los estudios recientes de oligómeros y polímeros conductores, estabilizados por enlaces covalentes (ver por ejemplo Lacroix y col., *J. Am. Chem. Soc.*, **128**, 7264), cabe reseñar que se han preparado nanotubos fotoconductores constituidos por capas donadoras yceptoras de electrones, entre las que puede establecerse una conexión mediante una asociación molecular no covalente del tipo de transferencia de carga (Yamamoto y col., *Science*, **314**, 1761, ver Figura 4).

En el campo gemelo de las moléculas recolectoras de luz, tiene interés la caracterización de la electroluminiscencia de complejos formados por el boro y moléculas heteroaromáticas (Chen y col., *J. Organometallic Chem.*, **691**, 799 y 1998). También destaca un estudio teórico de los complejos moleculares entre el yodo y las alquilpiridi-

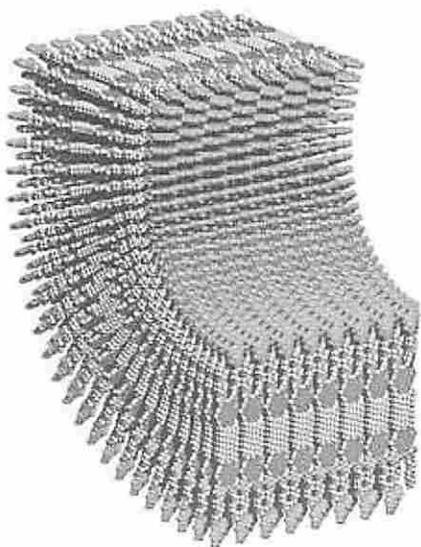


Figura 4. Sección de un nanotubo fotoconductor, mostrando regiones donadoras yceptoras de electrones en una estructura coaxial.

nas, cuya tradición en el estudio de la transferencia de carga se remonta a los trabajos de Mulliken de hace medio siglo, pero que no dejan de sorprendernos continuamente, y esta vez por sus implicaciones en el funcionamiento de células solares (Kusama y Sugihara, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, **90**, 953). La puesta al día de este tipo de sistemas se ha extendido a la auto-organización de especies asociadas de colorantes de cianina, siempre protagonistas destacados de los estudios que pretenden relacionar el color con la constitución química (Kirstein y Daehne, *Int. J. Photoenerg.*, 20363).

Una de las líneas actuales de investigación interdisciplinar que más requiere de una visión amplia para combinar diversas técnicas químicas y físicas, es la que se ocupa de la síntesis, caracterización y aplicaciones de materiales nano-estructurados avanzados, los cuales presentan nuevas propiedades magnéticas y catalíticas de posibilidades insospechadas. Sobre este tema se ha recogido información reciente en un «Workshop» organizado por la IUPAC (Britton, editor, *Pure Appl. Chem.*, **78**, Issue 9).

QUÍMICA INDUSTRIAL

Aunque las novedades de este campo no son de la investigación de vanguardia, merecen también una reseña porque tienen una gran repercusión no sólo en la Química sino en nuestra vida cotidiana en general. En los últimos cinco años, las firmas Dow Chemical, BASF y DuPont venían ocupando los tres primeros puestos en ventas de las grandes compañías de la industria química mundial, pero DuPont ha sido relegada recientemente al sexto puesto, desplazada por los gigantes del petróleo Royal Dutch / Shell, Exxon Mobil, y Total (Short, *Chem. Eng. News*, 24 julio, pág. 13). De modo que la subida de precios de la industria petroquímica, derivada de la conflictiva situación internacional, no parece que haya perjudicado

los beneficios de este sector tan estratégico, sino todo lo contrario. Por otra parte, la fabricación de productos químicos básicos ha declinado en los Estados Unidos un 6,9% respecto del año anterior, pero se ha incrementado en los principales países europeos, incluyendo España, en un promedio del 2%. Estas tendencias se pueden confirmar con precisión utilizando como indicadores productos tan característicos como el etileno, el hidrógeno o el ácido clorhídrico (*Chem. Eng. News*, 10 julio, pág. 59).

QUÍMICA DE NUEVAS FUENTES DE ENERGÍA

Dentro de las nuevas tecnologías para la generación de energía sostenible, las pilas de combustible de óxido sólido (en inglés, SOFC) se encuentran entre las más eficaces y limpias. No obstante, su fabricación presenta el problema crítico de controlar con precisión la microestructura de los electrodos, donde existen regiones conductoras y superficies con actividad catalítica de textura muy compleja, y que sólo recientemente se han podido caracterizar de modo convincente (Wilson y col., *Nature Materials*, **5**, 541). También se ha dedicado atención a la búsqueda de materiales que puedan utilizarse tanto para el ánodo como para el cátodo, con el fin de optimizar el rendimiento del sistema electroquímico (Bastidas, Tao e Irvine, *J. Mater. Chem.*, **16**, 1603).

QUÍMICA DEL ESPACIO

Lo primero que debemos considerar es la Química de la atmósfera y especialmente los estudios de las interacciones entre la contaminación y el cambio climático que nos amenaza. La prensa cotidiana nos informa continuamente de los peligros del calentamiento global y de las dificultades para reducir las emisiones de gas que producen el efecto invernadero, pero ¿acaso podemos hacer algo práctico al respecto? El

químico Paul Crutzen, galardonado con el Premio Nobel en 1995 por sus estudios acerca de la capa de ozono, ha tenido una idea digna de la ciencia – ficción, que consiste en diseminar partículas de azufre en la estratosfera a fin de reflejar los rayos solares, favoreciendo así el enfriamiento del planeta y ganando un poco de tiempo para cumplir los acuerdos internacionales relativos a

las emisiones (Crutzen, *Climatic Change*, 77, 211).

Y para terminar esta reseña saliendo ya de los límites de nuestro propio planeta, conviene dejar constancia de que los debates acerca de si en Marte existe agua en cantidades significativas, o de mayor o menor antigüedad (Bibring y col., *Science*, 312, 400), pueden tener unas derivaciones insospechadas por

el hallazgo de un fluido con las propiedades del agua líquida que puede considerarse relativamente reciente, ya que data solamente de la pasada década (Malin y col., *Science*, 314, 1573). De confirmarse esta noticia, no tendríamos que preocuparnos por la pertinaz sequía marciana.

Fernando Peral Fernández

Dpto. de Ciencias y Técnicas Fisicoquímicas

SEMBLANZAS DE LOS PREMIOS NOBEL

Premio Nobel de Física 2006

El Premio Nobel de Física de 2006 fue concedido a John C. Mather (Virginia, 1946) y Geoge Smoot (Florida, 1945) «por el descubrimiento del carácter de cuerpo negro y la anisotropía de la radiación cósmica de fondo».

En 1933, Karl Jansky, un ingeniero de telecomunicaciones de los Laboratorios Bell en Holmdel, New Jersey, recibió el encargo de identificar los ruidos parásitos que interferían en las radiocomunicaciones. Tras minuciosos estudios, Jansky pudo demostrar que parte de este ruido tenía origen extraterrestre. Había nacido la radioastronomía.

Algo más de 30 años después, en 1964, y en los mismos Laboratorios Bell, dos físicos americanos, Arno Penzias y Robert Wilson, trataban de adaptar para su utilización en radioastronomía una antena de cuerno que había sido diseñada originalmente para realizar comunicaciones a través de satélites en el rango de las microondas. Por mucho que lo intentaban se veían incapaces de eliminar un extraño ruido de fondo. Buscaron todo tipo de explicaciones para determinar el origen del ruido, incluyendo la presencia de «material dieléctrico blando», que era como llamaban a los excrementos de palomas que habían anidado en la antena, pero todo fue inútil. El

ruido era el mismo ya apuntase la antena al cenit o al horizonte, lo que excluía que el origen del ruido fuera cualquier fenómeno atmosférico, pues el «espesor» de atmósfera explorado en ambos casos era muy diferente. Además, el ruido también era el mismo en cualquier dirección y cualquier época del año, lo que parecía indicar que provenía del exterior del Sistema Solar e incluso de nuestra propia galaxia.

Sin embargo, había una explicación, entonces desconocida para Penzias y Wilson. Ya a finales de los años 40 y principios de los 50 del siglo pasado, Gamow, Alpher y Hermann habían conjeturado que la casi absoluta dominancia del hidrógeno y del helio en el universo requería que, en una etapa primitiva, éste debería haber estado lleno de radiación a una temperatura muy alta, que habría impedido la formación de núcleos más pesados. En realidad, estas estimaciones estaban basadas en una hipótesis errónea sobre la nucleosíntesis primordial; pero, en cualquier caso, si el Universo se estaba expandiendo, como Hubble había descubierto en 1929, y si la cantidad de materia/radiación permanecía constante, en una etapa primitiva habría sido muy denso y caliente: un estado de plasma en el que partículas cargadas y radiación interactuaban libremente. La dis-

tribución de energía de la radiación sería así una distribución correspondiente al equilibrio térmico, es decir, una distribución de Planck. Con el tiempo (según las estimaciones actuales, unos 380.000 años después del Big Bang) el Universo se habría enfriado lo suficiente para que protones y electrones formaran átomos de hidrógeno. En estas condiciones, el Universo se habría hecho básicamente transparente a la radiación. Mientras el Universo seguía expandiéndose, esta radiación se iría enfriando hasta que hoy estaría a varios grados por encima del cero absoluto. En otras palabras, la radiación se manifestaría a longitudes de onda en el rango del infrarrojo y las microondas.

En aquellos años nadie se interesó en la búsqueda de dicha radiación, probablemente debido tanto al desconocimiento general de la predicción como a una subestimación de las posibilidades experimentales. Sin embargo, en los años 60, Robert Dicke y Jim Peebles, de la Universidad de Princeton, también en New Jersey, llegaron a conclusiones parecidas y animaron a dos físicos experimentales de su universidad, Peter Roll y David Wilkinson, a montar una antena para detectarla. Fue entonces cuando Penzias y Wilson, casi por azar, supieron de estos trabajos y los dos grupos entraron en contacto. Parecía claro que el ruido que Penzias y Wilson encontraban tan molesto era la radia-