

Vida Científica

NOVEDADES CIENTÍFICAS EN 2011

EN QUÍMICA

Entre los muchos acontecimientos científicos que se producen actualmente, tiene una especial relevancia para nosotros la celebración en 2011 del **Año Internacional de la Química**. Uno de los motivos de esta propuesta, inspirada conjuntamente por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) y por la UNESCO, es conmemorar el centenario del Premio Nobel de Química de Marie Sklodowska-Curie, que como sabemos se sumó a otro obtenido previamente dentro del campo de la Física. Después de transcurrido un siglo, se mantiene vivo el ejemplo de esta investigadora, que tantas dificultades tuvo que superar en su trabajo y en su vida personal, contribuyendo a abrir el camino a la participación activa de la mujer en el desarrollo científico. Pero al mismo tiempo que evocamos a Madame Curie, conviene aprovechar esta oportunidad para examinar el recorrido de la Química en los últimos tiempos y reflexionar acerca de su repercusión dentro de la sociedad actual.

Por lo que respecta a los avances científicos de la Química pura, no es necesario aguardar a esta ocasión concreta para sacarlos a la luz. En otros ejemplares de esta misma revista ha quedado constancia de algunas aportaciones de relieve que se han ido produciendo durante los últimos años, y que tienen su continuación en una pequeña muestra representativa que se comenta en las siguientes secciones.

Si bien todos estos avances contribuyen a consolidar el edificio de la Química, cabe esperar que algunas aportaciones especialmente afortunadas pasarán en su día a reforzar la tecnología de uso cotidiano, y en esa forma es como serán apreciadas por el gran público. Bien sabemos que en los primeros momentos, los descubrimientos circulan solamente entre especialistas y salvo casos muy excepcionales, no llegan a alcanzar la estimación inmediata que merecen. Pero esta evidencia no debería ocultarnos que el objetivo remoto de la investigación química, como de toda la investigación en general, es contribuir a un mundo mejor para todos.

Desde este punto de vista, nos ha parecido conveniente dedicar este espacio a revisar con preferencia aquellos avances de la Química aplicada que puedan orientarse de un modo más directo a resolver las necesidades materiales de las personas corrientes o incluso a aliviar los sufrimientos de las poblaciones más deprimidas. Acaso de este modo se puedan encontrar algunas respuestas a la cuestión de cómo contribuye la Química actual al bienestar de la humanidad.

Según costumbre en esta sección, a fin de facilitar la localización de las publicaciones originales a los posibles interesados, las referencias incluyen sus autores y el título abreviado de la revista, el volumen, la página inicial y el año de edición.

AVANCES EN INVESTIGACIÓN BÁSICA

Dentro de la investigación que se lleva a cabo sin otra preocupación que la de extender los límites de la Química, uno de los marcos de referencia y quizá el más universal de ellos es el Sistema periódico de los elementos. Así que nada mejor que la incorporación de nuevos elementos para mostrar la vitalidad de esta orientación básica.

Por lo tanto, merece reseñarse que un equipo formado por rusos y estadounidenses ha logrado obtener el elemento 117, o "ununseptium" (Oganessian y col., *Phys. Rev. Lett.*, **104**, 142502, 2010; ver Figura 1). Aunque sus propiedades más importantes son aún desconocidas, incluyendo su supuesto comportamiento como halógeno, posee ya el número de registro CAS 54101-14-3, que lo matricula formalmente en el mundo de la Química. El experimento descrito ha conseguido producir dos isótopos, de números másicos 294 y 293, mediante reacciones de fusión nuclear entre iones ^{48}Ca , actuando como proyectiles, y núcleos radiactivos de ^{249}Bk , actuando como blanco. Previamente, el mismo equipo había conseguido preparar los elementos 114, 115, 116 y 118, por lo que al cubrir el hueco que quedaba, se dispone ya de 7 periodos completos de la Tabla de los elementos, que se extiende de modo continuo desde el hidrógeno hasta el elemento 118. Estos hallazgos apoyan la hipótesis de una isla de estabilidad de elementos superpesados, que se atribuye

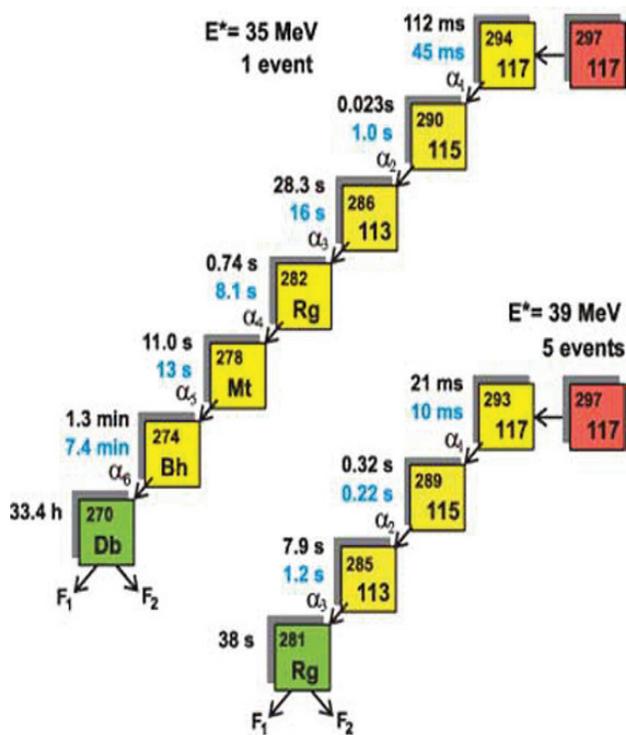


Figura 1. Cadenas de decaimiento secuencial observadas para dos isótopos correspondientes al nuevo elemento 117. En cada uno de los escalones, los tiempos de vida esperados de acuerdo con el modelo de capas nucleares se representan en azul, y los valores experimentales se representan en negro. Según Oganessian y col. (2010).

a la formación de capas cerradas de protones y neutrones en este entorno del número atómico (Hofmann, *Physics*, 3, 31, 2010).

Conviene aclarar que todos estos nuevos elementos se están obteniendo artificialmente en la forma de unos pocos núcleos desnudos, cuya existencia es efímera. Por tanto, a la Química de los años venideros le queda el reto de lograr una familia de elementos superpesados completos, cuyos núcleos estén estabilizados por electrones y que puedan formar compuestos similares a los que estudiamos en los elementos más sencillos que les han precedido en la tabla periódica.

Dentro del mismo objetivo general de agrandar los límites de la Química, pero en otra dimensión totalmente diferente a la anterior, puede situarse la investigación de las sustancias que forman el espacio exterior a nuestro propio planeta. En esta línea sigue de actualidad la búsqueda de agua líquida en el planeta Marte (Kerr, *Science*, 330, 1617, 2010), que se apoya en evidencias basadas en la distribución de las sales de perclorato en el subsuelo (Cull y col., *Geophys. Res. Lett.*, 37, L22203, 2010) y tam-

bién de afloramientos ricos en carbonatos (Morris y col., *Science*, 329, 421, 2010), supuestamente procedentes de disoluciones acuosas en ambos casos, lo que anima las esperanzas de encontrar micro-organismos, aunque sean de una forma de vida muy rudimentaria y diferente a la terrestre.

Otros estudios a nivel básico intentan profundizar en los fundamentos químicos de los procesos vitales. Entre éstos, puede que estén cerca de desvelarse muchos misterios relacionados con la parte oscura del genoma. Se trata de una fracción del ADN muy considerable que no se transcribe para codificar proteínas, pero que lejos de formar una dotación inútil, parece ejercer funciones reguladoras aún sin descifrar (Blaxter, *Science*, 330, 1758, 2010; Pennisi, *Science*, 330, 1614, 2010).

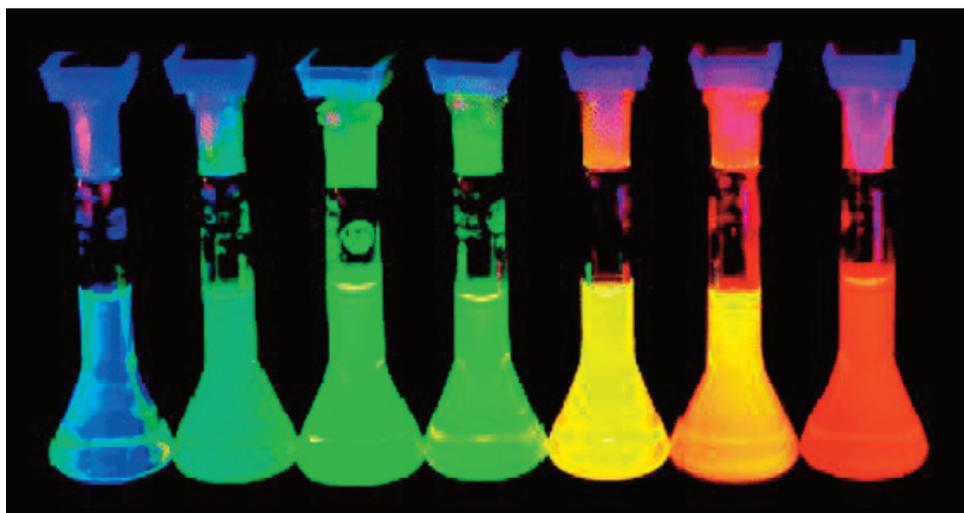
MATERIALES

La tendencia dominante viene dada por la aplicación de la nanotecnología en campos muy variados, con una acusada vocación hacia la electrónica. Así, los estudios de nanocristales coloidales permiten concluir que cuando el tamaño de dichos cristales se regula mediante procedimientos adecuados de síntesis, se condicionan las propiedades electrónicas y electro-ópticas de los materiales sin modificar su composición química. Este hecho apunta a interesantes previsiones en el diseño de las generaciones futuras de circuitos electrónicos (Talapin y col., *Chem. Rev.*, 110, 389, 2010; ver Figura 2).

Otra aplicación que podemos destacar se refiere a los transistores de efecto campo, construidos en la nanoescala, cuyas propiedades eléctricas en disolución acuosa parecen muy adecuadas para ser utilizados como biosondas tridimensionales, a fin de obtener información de los potenciales electroquímicos que operan en el interior de las células (Tian y col., *Science*, 329, 830, 2010).

Otra interesante propiedad de las nanoestructuras formadas por auto-ensamblaje es que permiten imitar de forma artificial las propiedades de las membranas biológicas. Un ejemplo se tiene en los “dendrímeros de Jano”, así denominados porque como el dios mitológico también poseen dos caras, ya que se trata de compuestos orgánicos altamente ramificados y bifuncionales que presentan grupos polares en un extremo de la molécula y grupos no polares en el otro extremo.

Figura 2. El color de la luz emitida por disoluciones coloidales de nanocristales de CdSe/ZnS depende del tamaño del núcleo del cristal. Las partículas con el núcleo de CdSe más pequeño (aproximadamente 1,7 nm) emiten luz azul, en tanto que las de núcleo más grande (aproximadamente 5 nm) emiten luz roja. Los tamaños intermedios recorren los colores del espectro visible. Según Rogach y col., *Adv. Funct. Mater.*, 12, 653 (2002), reproducido posteriormente en Talapin y col. (2010).



En disolución acuosa, sus moléculas sufren un proceso de auto-ensamblaje, del cual resultan unas nanoestructuras estables y de tamaño uniforme que reciben el nombre de “dendrimersomas”. Las nuevas estructuras tienen una arquitectura compleja capaz de favorecer que otras moléculas extrañas puedan acomodarse en su interior. Esta característica estructural es la clave de la funcionalidad de estos compuestos para transportar fármacos o transferir material genético, con mayores posibilidades prácticas que otras alternativas más convencionales utilizadas hasta ahora, que se basaban en el uso de fosfolípidos y otros polímeros naturales o sintéticos (Percec y col., *Science*, 328, 1009, 2010; ver Figura 3).

La construcción progresiva de estructuras cada vez más complejas a partir de unos precursores de estructura adecuada es también el fundamento de los meta-materiales formados por el ensamblaje de pequeñas varillas, anillos y alambres moleculares, que muestran unas propiedades ópticas fantásticas, tales como reconducir la luz en torno a un objeto volviéndolo parcialmente invisible (Zhang y col., *Nano Lett.*, 11, 2825, 2011; Service y Cho, *Science*, 330, 1622, 2010).

SALUD

Los métodos químicos de preparación de medicamentos al alcance de todos aquellos que los necesiten, inde-

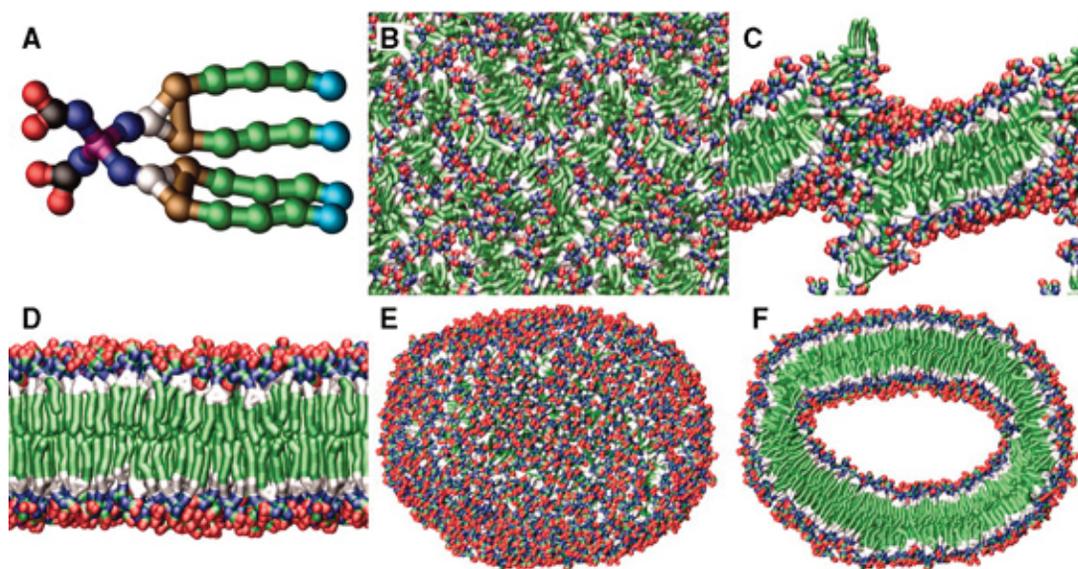


Figura 3. Modelos espaciales de los dendrimersomas de Jano (A) y de las estructuras que forman por auto-ensamblaje (B-F). Según Percec y col. (2010).

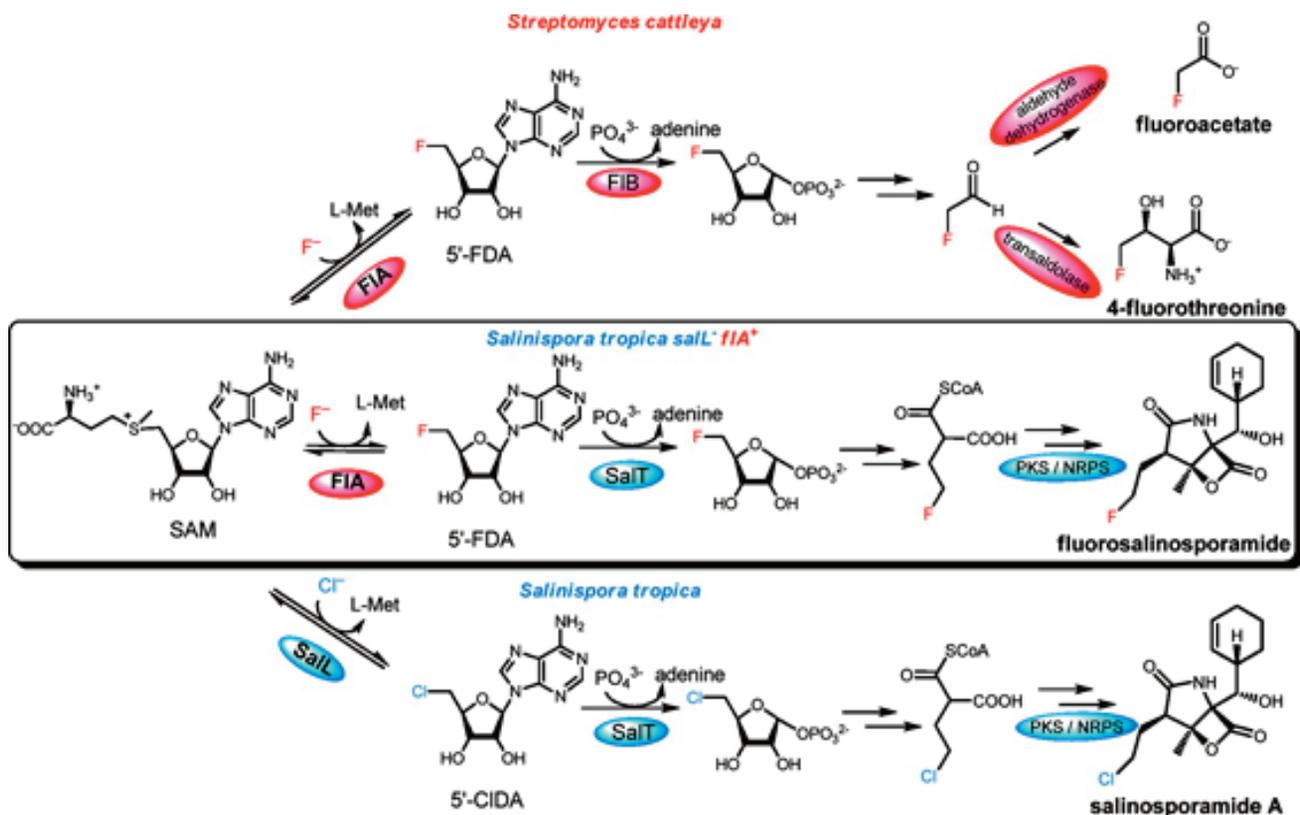


Figura 4. Biosíntesis de dos fluorometabolitos por “*Streptomyces cattleya*” (fila superior) y del agente anticancerígeno salinosporamida A por “*Salinispora tropica*” (fila inferior), en los que se basa el proceso híbrido de síntesis de fluorosalinosporamida (fila intermedia). Según Moore y col. (2010).

pendientemente de sus recursos económicos, siguen dos tendencias principales. La primera de ellas es rentabilizar aquellas actividades que realicen los agentes naturales, y la segunda tendencia es afinar los procedimientos de síntesis para que se obtengan productos eficaces al coste más bajo posible.

Dentro del campo de la explotación de los medios naturales, tiene interés una nueva propuesta de obtención de compuestos organofluorados. Estos compuestos intervienen en el 15% de los productos farmacéuticos en el mercado, lo que supone una proporción notable, pero las moléculas fluoradas naturales son muy escasas, por lo que no hay más remedio que recurrir a costosos procedimientos químicos de síntesis. Este es el motivo de que se esté investigando la posibilidad de obtener dichas moléculas por biotecnología, con la ayuda de bacterias que realicen la ardua tarea de incorporar el flúor a productos naturales de estructuras complejas (Moore y col., *J. Nat. Prod.*, 73, 378, 2010; ver Figura 4).

Otra fuente natural de moléculas beneficiosas para la salud se encuentra en los extractos de moras, que son

ricos en las antocianinas responsables del intenso colorido de este fruto. Estos compuestos favorecen la producción de enzimas antioxidantes, que son útiles para mitigar el deterioro de la memoria asociado con el envejecimiento (Yen y col., *J. Nut. Biochem.*, 21, 598, 2010). Las antocianinas también actúan directamente contra la degeneración de las neuronas causada por la formación de placas amiloides, lo que puede resultar de gran ayuda en la prevención de la enfermedad de Alzheimer (Yen y col., *J. Agric. Food Chem.*, 59, 1683, 2011).

En el desarrollo de los métodos artificiales de síntesis, se mantiene el interés por conseguir fármacos contra el SIDA que sean asequibles a las poblaciones más deprimidas. En esta tendencia se sitúa el tenofovir, un microbicida antirretroviral recomendado para la prevención de la infección con HIV en mujeres, cuya eficiencia y seguridad han sido comprobadas por el Centro para el Programa de Investigación del SIDA en Sudáfrica, designado con las siglas CAPRISA (Karim y col., *Science*, 329, 1168, 2010). Por ello se dedica ahora una atención preferente al objetivo, típicamente químico, de

lograr la síntesis del tenofovir con alto rendimiento al coste más bajo posible (Schoofs, *Wall Street Journal*, 13 de mayo de 2011).

ALIMENTACIÓN

La ciencia y tecnología química de los alimentos está muy centrada últimamente en comprender la naturaleza de los sabores y optimizar su manipulación, lo que favorece la convocatoria de numerosos congresos, cursillos y talleres sobre este tema (por ejemplo: Ho, Mussinan, Shahidi y Contis, eds., *Recent advances in Food and Flavor Chemistry*, Royal Society of Chemistry, Cambridge, 2010). Así por ejemplo, la conservación de alimentos suele presentar necesidades de utilización de sabores y fragancias naturales, que satisfagan a los consumidores sin los presuntos riesgos que conllevan los aditivos sintéticos. En relación con ello se puede consultar un listado de los últimos avances en *Flavour Fragr. J.*, 25, 236, 2010.

Entre los soportes químicos que se utilizan para retener compuestos que aportan sabor a los alimentos son especialmente eficaces los polisacáridos, por lo que es aconsejable conocer bien los factores que regulan su funcionamiento (Naknean y Meenune, *Int. Food Res. J.*, 17, 23, 2010). Otro recurso muy adecuado para la retención y conservación de sabores es la encapsulación, una técnica que se basa en revestir unos materiales con otros y que ha tenido numerosas aplicaciones en la industria farmacéutica y cosmética. Actualmente se elab-

boran tecnologías de encapsulación con el fin de resaltar las cualidades sensoriales de alimentos y bebidas, tanto para proteger extractos naturales delicados y volátiles, como para enmascarar sabores indeseados de determinados ingredientes (Farhat, *64 PMCA Production Conference*, abril 2010). Dentro de esta línea se ha estudiado la encapsulación de aceites esenciales dentro de moléculas de ciclodextrinas, con las cuales forman complejos de inclusión no covalentes de elevada estabilidad, análogos a otros ya conocidos para estos potentes agentes complejantes (Cabral, *Flavour Fragr. J.*, 25, 313, 2010; Stojanovic y col., *J. Med. Plants Res.*, 4, 1382, 2010; ver Figura 5).

Un problema que se plantea con frecuencia a la industria alimentaria es el de identificar aquellos componentes que comunican un sabor indeseado a los productos. Así por ejemplo, se ha encontrado que el típico sabor a cartón que suele acompañar a las proteínas del suero de la leche envasada, no se debe a un único compuesto, sino a una mezcla compleja de aldehidos, cetonas y sulfuros, los cuales demuestran sus efectos cuando son reunidos a voluntad, provocando dicho sabor en una muestra que estaba libre de él (Drake y col., *J. Sensory Stud.*, 25, 616, 2010).

Otro tema de investigación actual dentro de la Química de los alimentos se refiere a los ácidos grasos omega-3, muy conocidos como compuestos poli-insaturados esenciales para el organismo humano, el cual no puede sintetizarlos y por tanto han de obtenerse de

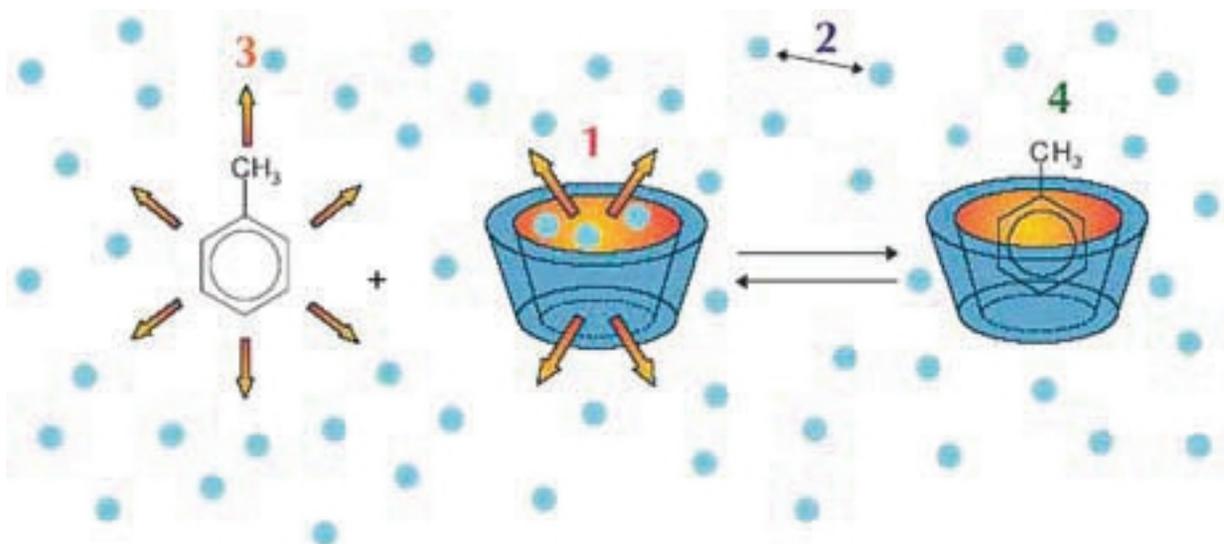


Figura 5. Esquema de la formación de un complejo de inclusión entre un compuesto apolar y una molécula de ciclodextrina, partiendo del desplazamiento inicial de moléculas de agua (1) que son atraídas entre sí formando enlaces de hidrógeno (2), lo que favorece que el ligando (3) ocupe la cavidad vacante (4) dando un compuesto estable. Según Cabral (2010).

alimentos tales como pescados azules y frutos secos. Estos ácidos parecen mostrar efectos beneficiosos en la prevención de enfermedades cardiovasculares e inflamatorias, así como de trastornos cerebrales o incluso del cáncer. Se comprende el interés de desarrollar nuevos métodos que permitan obtener muestras concentradas de ácidos omega-3 a partir de aceites de pescado, purificadas al máximo del colesterol que les suele acompañar (Kwak y col., *Int. J. Food Sci. Tech.*, 46, 1462, 2011). Para ello se recomienda utilizar la microencapsulación de aceites de la familia de los arenques en la preparación de alimentos infantiles, por las buenas cualidades que se reconocen a dichos aceites en el desarrollo del cerebro y la retina de los bebés (Sathivel y col., *LWT-Food Sci. Tech.*, 44, 576, 2011). Se están investigando también las condiciones bajo las que este tipo de ácidos grasos puedan sufrir una modificación química aleatoria, con el objetivo de llegar a optimizar las propiedades físicas y químicas de los aceites que los contienen (Shahidi y col., *J. Agric. Food Chem.*, 58, 8842, 2010).

FUENTES DE ENERGÍA

La investigación actual en fuentes de energía presenta algunas tendencias singularmente atractivas que merecen comentarse en detalle.

La primera de estas tendencias se centra en la captura de excedentes del dióxido de carbono, uno de los principales causantes del efecto de invernadero, con objeto de proceder al aprovechamiento posterior de este compuesto. Con ello se pretende no sólo reducir los efectos de la acumulación del CO₂ en la atmósfera, sino también disponer de grandes cantidades de esta materia prima a bajo costo. La repercusión económica de esta estrategia podría compararse a la que supuso en su momento la introducción del craqueo catalítico del petróleo, que permitió aprovechar los excedentes pesados del crudo al transformarlos en otros componentes más ligeros y mucho más valiosos. Dentro de esta línea puede reseñarse que las empresas alemanas RWE, BASF y Linde están colaborando para desarrollar una nueva tecnología de separación de CO₂ en una planta piloto cercana a la ciudad de Colonia, con la que se ha logrado un ahorro del 20% en la energía requerida y además se ha reducido sustancialmente el consumo de los disolventes necesarios (*Informe de prensa conjunto*, 3 de septiembre de 2010).

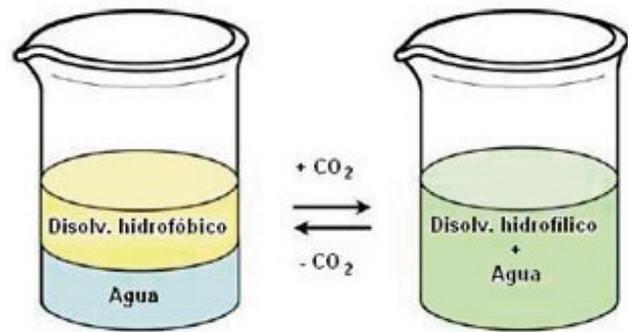


Figura 6. Esquema de la formación reversible de fases en una mezcla de agua y un disolvente hidrofóbico / hidrofílico, regulada por el CO₂. Según Jessop y col. (2010).

Como un ejemplo curioso entre los posibles usos del CO₂ que se consiga capturar de un modo u otro, se ha descrito recientemente la preparación de un disolvente, la N,N,N'-tributylpentanamidina, de carácter tanto hidrofóbico como hidrofílico, que puede utilizarse conjuntamente con el CO₂ para la extracción de aceites vegetales (Jessop y col., *Green Chemistry*, 12, 809, 2010; ver Figura 6). Con este nuevo método se evita el uso tradicional del hexano como disolvente para la extracción y los subsiguientes procesos de destilación necesarios para eliminarlo, que resultan muy gravosos desde los puntos de vista energético y ambiental. Se piensa que con esta nueva aplicación, el CO₂ contribuirá a renovar los métodos industriales de producción de los aceites de cocina en ciertos países.

Otra de las tendencias actuales para la producción de energía sostenible apunta hacia el desarrollo de combustibles solares que sustituyan a los combustibles fósiles. Con ello se podría utilizar directamente la energía solar para producir hidrógeno a partir de agua, y convertir el CO₂ en otras moléculas más complejas, entre ellas hidrocarburos, que tengan aplicación como combustibles convencionales (Centi y Perathoner, *ChemSusChem*, 3, 195, 2010). Una interesante contribución a este último objetivo es un proceso fotocatalítico que aplica una formación de nanotubos de TiO₂ dopados con nitrógeno, junto con nanopartículas de Cu y Pt (Grimes y col., *ACS Nano*, 4, 1259, 2010).

Tal vez una solución más sencilla consista lisa y llanamente en aprovechar en nuestro propio beneficio el trabajo que vienen realizando los microorganismos, tales como las bacterias y las algas, desde hace millones de años (Hunter, *EMBO Reports*, 11, 266, 2010). En este campo se encuentran en estudio las pilas solares y pilas de combustible que utilicen la energía solar y la activi-

dad de microorganismos fototrópicos a fin de producir electricidad (Hamelers y col., *Trends Biotech.*, 29, 41, 2011; Rosenbaum y Schröder, *Electroanalysis*, 22, 844, 2010). Se ha encontrado que las cianobacterias, que son responsables de hasta el 30% de la fotosíntesis que se realiza en nuestro planeta, pueden utilizarse en los paneles solares como elementos activos para generar electricidad, así como también son capaces de funcionar al modo de una completa planta química para la obtención de productos tan valiosos como el hidrógeno, alcanos, alcoholes, azúcares, etc (Silver y col., *Trends Biotech.*, 29, 95, 2011).

La imitación de las actividades naturales de los microorganismos inspira también desde hace tiempo las investigaciones orientadas hacia la fotosíntesis artificial. Mediante el desarrollo de nuevos catalizadores y pilas fotoelectroquímicas que se encuentran en estudio, la luz del Sol podría aprovecharse a voluntad para producir compuestos ricos en energía, al tiempo que se reduciría la cantidad de CO₂ en la atmósfera (Kalyanasundaram y Graetzel, *Curr. Op. Biotech.*, 21, 298, 2010). En esta línea se ha descrito el uso de un microorganismo perteneciente a la familia de las algas rojas, encapsulado dentro de gel de sílice, para formar un material fotosintético híbrido que resulta adecuado para el uso de células solares o la fijación de CO₂ bajo condiciones de temperatura que pueden ser muy amplias (Su y col., *J. Colloid Interface Sci.*, 344, 348, 2010).

Hasta que estos objetivos tan deseables se cumplan plenamente, habrá que seguir aprovechando la fotosín-

tesis natural, procurando mejorar su eficiencia (Larkum, *Curr. Op. Biotech.*, 21, 271, 2010). Como sabemos, la captación de luz solar y la transducción de energía se realizan mediante el soporte material de la molécula de clorofila, de la que hasta ahora se conocían cuatro variedades químicamente diferentes, designadas como *a*, *b*, *c*, *d*. Recientemente se ha logrado aislar una 5ª variedad, que sería la clorofila *f*. Sus espectros de absorción y de fluorescencia son significativamente diferentes a los de las formas anteriores, ya que aparecen desplazados hacia longitudes de onda más altas. Por tanto, este hallazgo permitiría explotar la fotosíntesis, no ya en su localización principal en la zona del visible, sino en la vecina región del infrarrojo, en la que son especialistas ciertas bacterias que habitan en las oscuras profundidades del mar (Chen y col., *Science*, 329, 1318, 2010; ver Figura 7).

EL FUTURO CREATIVO DE LA QUÍMICA

Aunque sea imposible prever hacia dónde se dirigirá la Química en el futuro, y cuál es la cosecha de conocimientos enteramente nuevos que el tiempo nos reserva, no resulta aventurado pronosticar que uno de los campos a conquistar sea el de la fabricación de dispositivos cada vez más pequeños mediante técnicas propiamente químicas. En concreto, se intenta desarrollar máquinas moleculares capaces de ejecutar tareas automatizadas dentro de la escala de tamaño que es propia de la nanotecnología.

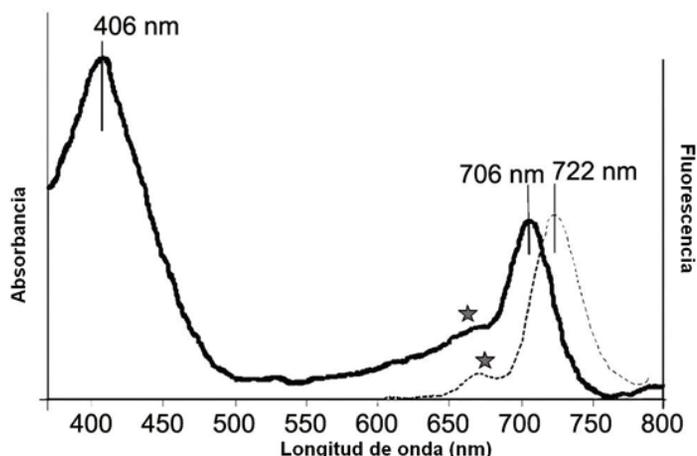
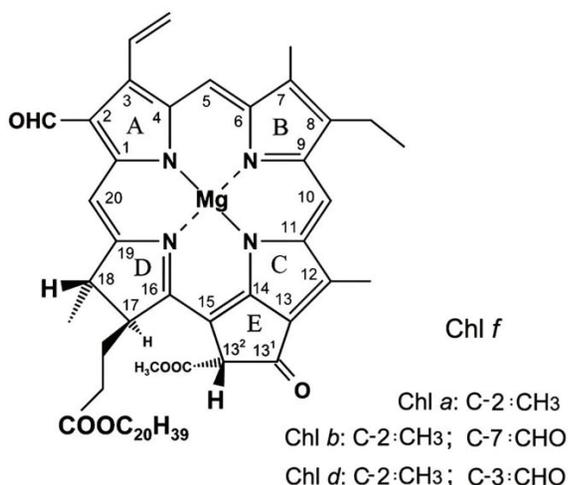


Figura 7. Izquierda: Estructura química de la clorofila *f*, donde se indican las diferencias con respecto a otras variedades de este compuesto. Derecha: Espectros de absorción y fluorescencia ($\lambda_{exc} = 407 \text{ nm}$) de clorofila *f* en disolución en metanol a temperatura ambiente; los asteriscos indican presencia de contaminantes. Según Chen y col. (2010).

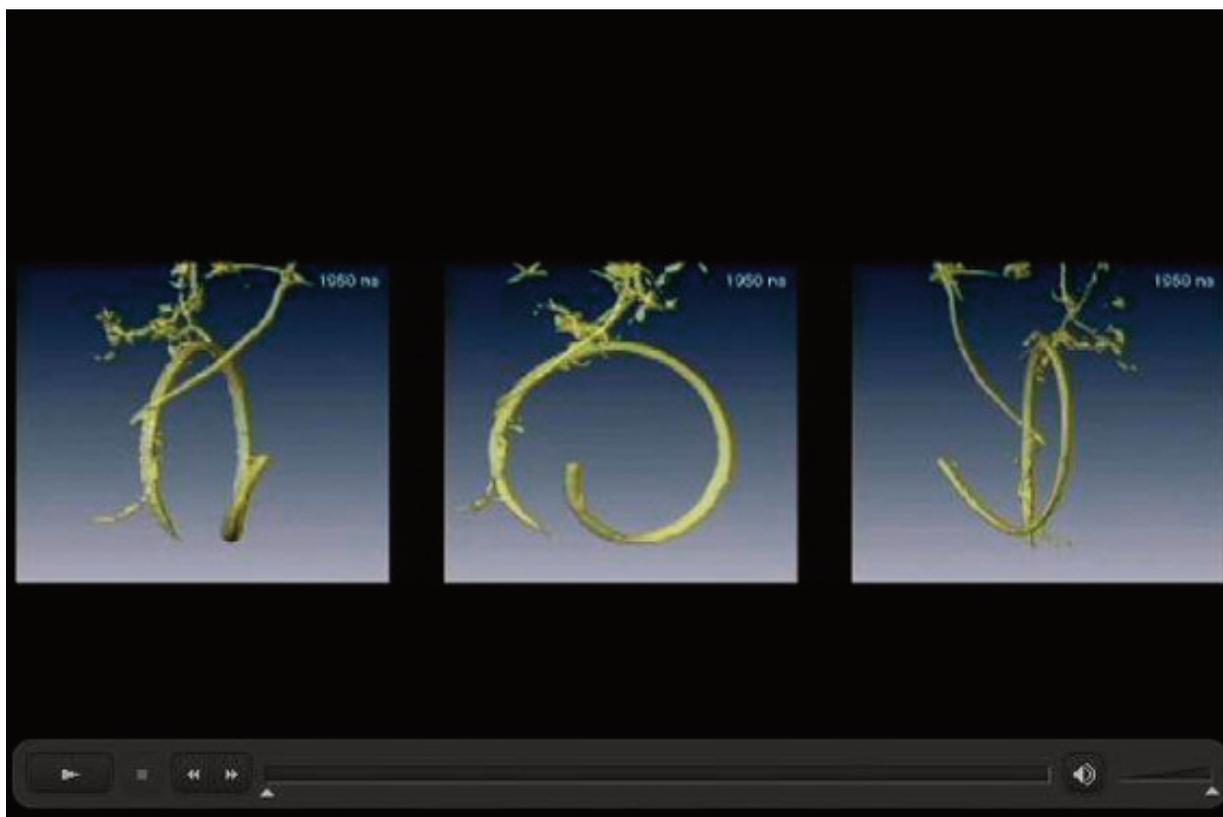


Figura 8. Variaciones morfológicas de un nanotubo de carbono, cuya estructura de anillo se modifica como respuesta a pulsos ultrarrápidos producidos con un laser. Las imágenes individuales se componen formando un video. Según Kwon y Zewail, 2010.

Tales aplicaciones pueden favorecerse con la ayuda de un nuevo desarrollo de la tomografía electrónica que incluye la resolución temporal en femtosegundos. Este método permite extender la formación de imágenes de objetos a nanoescala desde las tres dimensiones espaciales estudiadas hasta ahora, hasta cuatro dimensiones espacio - temporales. Se sustituye así la representación estática de un estado en equilibrio promediado en el tiempo, que era la habitual, por una representación dinámica de una sucesión de cambios ultrarrápidos, que da una información mucho más rica acerca de la posible evolución de estructuras alejadas del equilibrio y procesos transitorios, que se produzcan como respuesta a variaciones provocadas en la muestra (Kwon y Zewail, *Science*, 328, 1668, 2010; ver Figura 8 y video en: <http://pubs.acs.org/cen/news/88/i26/8826notw4.html?mainTab=1>).

Un paso más allá, posiblemente de gran importancia histórica, ha sido la construcción de la primera máquina cuyos movimientos pueden someterse a control cuántico. Aunque se trate de un objeto mecánico artificial, cuya longitud se mide en micrometros y su anchura en nano-

metros, y no de un sistema natural atómico o molecular propiamente dicho, es posible detectar en él que cumple las leyes de la Mecánica cuántica, ya que absorbe o emite energía en cuantos cuyo tamaño es proporcional a su frecuencia de vibración. Para ello se ha requerido fabricar un resonador mecánico de alta frecuencia, formado por una delgada película de nitruro de aluminio, que es un conocido piezoeléctrico, la cual se ha dispuesto entre dos electrodos de aluminio metálico, que a su vez se han llevado a su estado cuántico fundamental mediante refrigeración criogénica a la temperatura de 25 mK (O'Connell y col., *Nature*, 464, 697, 2010; Cho, *Science*, 330, 1604, 2010). Es de esperar que este experimento abra el camino a otros muchos que posibiliten fabricar dispositivos nunca vistos, o incluso comprobar la vigencia de las leyes de la Mecánica cuántica en sistemas artificiales, cuya composición material consigamos optimizar mediante los conocimientos que aporte la Química.

Fernando Peral Fernández
Dpto. de Ciencias y Técnicas Fisicoquímicas