

nocapas de moléculas de agua que parecen imposibilitar el posterior crecimiento de hielo *-Phys. Rev. Lett.* **95**, 166102 (2005). Cuando se colocan moléculas aisladas de agua sobre un sustrato metálico a temperaturas inferiores a 60 K, éstas se quedan quietas. A temperaturas más altas, las moléculas se mueven lo suficiente como para formar diminutas islas de hielo bidimensional. Las nuevas moléculas que van aterrizando sobre los cristales caerán por los bordes hacia los espacios entre las islas. De este modo se obtiene una monocapa de hielo que cubre completamente la superficie metálica. Sin embargo, como los cuatro enlaces posibles de la molécula de agua están ocupados (uno al sustrato de Pt, el metal utilizado como sustrato, y tres a sus moléculas vecinas de agua), la adición de más agua no producirá un crecimiento tridimensional del hielo capa a capa. Sólo cuando hay una cantidad de agua para cubrir la superficie, equivalente a 40 ó 50 capas, se consigue que el hielo cristalino 3D cubra completamente la monocapa hidrófoba. Los investigadores del PNL han sido los primeros en observar este efecto. Para que se muestre esta novedosa propiedad hidrófoba, los enlaces del sustrato de agua tienen que ser lo bastante fuertes como para formar una monocapa estable. Enlaces débiles dan lugar a un estado hidrófobo "clásico" en el que el agua di-

rectamente se "apelotona", por lo que no se llega a formar una primera monocapa completa.

- Se ha obtenido hielo a temperatura ambiente sometiendo las moléculas de agua a un campo eléctrico suficientemente alto *-Phys. Rev. Lett.* **95**, 085701 (2005). Algunos físicos habían predicho este fenómeno para campos próximos a 109 V/m, los cuales provocarían la formación de los enlaces ordenados del hidrógeno necesarios para la cristalización. Ha sido observada por primera vez (*Phys. Rev. Lett.* **95**, 085701, 2005) la congelación del agua inducida eléctricamente a temperatura ambiente y en un campo inferior al esperado, sólo 106 V/m. Según los investigadores, las condiciones experimentales en las que se llevó el congelamiento, un campo eléctrico modesto y un hueco espacial muy estrecho, podrían reproducirse en la naturaleza. Se cree, por ejemplo, que campos de 106 V/m pueden darse en nubarrones, en diminutas grietas en la roca y en ciertos dispositivos eléctricos nanométricos.

Óptica

Físicos del JILA, el instituto conjunto del NIST y la Universidad de Colorado, han creado un nuevo proceso óptico para extender la producción de radiación coherente al extremo ultravioleta del espectro

electromagnético *-Phys. Rev. Lett.* **94**, 193201 (2005). El proceso está basado en el hecho de que pulsos láser ultra-rápidos de anchuras de femtosegundos, separados por nanosegundos, se manifiestan como una superposición de luz de diferentes frecuencias sobre una amplia banda espectral. La transformada de Fourier de estos pulsos cortos es una larga serie de picos uniformemente espaciados que se asemeja a las púas de un peine. Los investigadores del JILA han conseguido desplazar este "peine" de frecuencias hacia el ultravioleta extremo. Para lograrlo, han generado una serie de armónicos altos del peine de frecuencias original, cercano al infrarrojo. Estos "peines" de frecuencia han posibilitado la demostración de los relojes atómicos ópticos y son objeto de investigación en óptica no lineal, en espectroscopía de precisión y en manipulación y control de pulsos láser. Los autores creen que el nuevo peine de frecuencias en el ultravioleta proporciona una importante herramienta para la espectroscopía de resolución ultra-alta y para las medidas de precisión en ese dominio espectral. Esto abrirá las puertas a una resolución espectral sin precedentes, haciendo posible el estudio de la estructura fina de átomos y moléculas con luz XUV coherente.

Pedro Córdoba Torres

Dpto. de Física Matemática y de Fluidos

Los retos matemáticos del tercer milenio

Los problemas matemáticos son la quintaesencia de la disciplina. Al recoger retos conceptuales estratégicos, estas barreras técnicas encierran la posibilidad de novedosos avances en la capacidad del lenguaje matemático. De ahí la importancia de los problemas más relevantes, todavía sin resolver. Siete de ellos fueron identificados en París, el año 2000, por la Fundación Clay, y se les ha denominado "*Problemas del Premio del Milenio*", ya que dicha institución ofrece un millón de dólares a quien solucione cualquiera de ellos:

1. P versus NP
2. La conjetura de Hogde
3. La conjetura de Poincaré
4. La hipótesis de Riemann
5. La existencia de soluciones a las ecuaciones de Yang Mills y la falta de masa
6. El problema de la existencia de soluciones y su diferenciabilidad en las ecuaciones de Navier-Stokes
7. La conjetura de Birch y Swinnerton-Dyer

PERO, ¿PARA QUÉ SIRVEN LAS MATEMÁTICAS?

La inmensa mayoría de los matemáticos dirá que las matemáticas son bellas de por sí, que se justifican a sí mismas. Pero las matemáticas son además necesarias, o más bien indispensables. Podrían ser la ciencia invisible: parte de su mérito consiste en estar detrás de múltiples facetas de la vida cotidiana, ocultas pero esenciales. Y son también el motor del cambio: no hay avión, robot, computador... tecnología del futuro que no se alimente de matemáticas. Éstos son algunos ejemplos:

¿Habrá que coger hoy el paraguas?

Las matemáticas son esenciales para predecir qué tiempo hará. Para ello se divide la atmósfera que envuelve el planeta en cajas imaginarias de cerca de 50 kilómetros de lado y entre algunas decenas y centenas de metros de alto. Por medio de los satélites y las estaciones meteorológicas se toman datos climáticos de estas cajas y se introducen todas las variables en potentes ordenadores que las combinan con las leyes de la dinámica y la física en complicados cálculos para predecir cómo se comportará el tiempo en los siguientes días. A más largo plazo, y con modelos matemáticos similares a éstos que incorporan las interacciones de la atmósfera con los océanos, los hielos o la biosfera, se estudian también los posibles efectos del cambio climático.

Lo siento, no hablo español

A veces consideradas un lenguaje universal, las matemáticas resultan también indispensables para la traducción automatizada de cualquier idioma, desde el francés al zulú. Esto es así porque los programas informáticos de traducción se basan en estadísticas y probabilidades, junto a enormes bases de datos de palabras, para dar con la traducción más correcta de cada término.

Coge el teléfono

Marcar un número y hablar con alguien a través de un teléfono móvil es más complicado de lo que parece. Sólo la norma GSM (Global System for Mobile communications) que permite conectar un receptor con otro supone más de 5.000 páginas de especificaciones técnicas. Las matemáticas y los algoritmos no sólo consiguen simplificar este proceso, sino que son fundamentales en cada uno de los pasos de una llamada: la transformación de la voz en series numéricas, su en-

vío por ondas hertzianas, el encriptado de la comunicación, la gestión de las distintas frecuencias de radio de cada operador...

Comunicación blindada

Cómo encriptar una conversación telefónica para que no sea escuchada por otras personas. O cómo garantizar la seguridad de una tarjeta de crédito. Desde la II Guerra Mundial, donde los matemáticos jugaron un papel determinante en el descifrado de mensajes secretos, esta ciencia constituye la pieza clave de muchos de los sistemas de seguridad usados de forma cotidiana. Muchos de estos sistemas se basan en el protocolo RSA, construido en torno a la idea de que, si bien se pueden construir cifras enormes a partir de números primos ($N = p \times q$), resulta muy complicado hallar los factores p y q cuando sólo se conoce N .

Puja y gana

Qué tiene que hacer una persona para sacar el máximo beneficio a la hora de pujar en una subasta. La teoría de juegos, creada por el matemático de origen húngaro John von Neumann en los años 1920-1940, analiza los diferentes actores y sus diferentes estrategias para anticiparse a ellos. Un ejemplo: En una situación simétrica en la que los diferentes actores piensan lo mismo de los otros, un postor debe buscar el máximo beneficio sabiendo que los otros van a seguir la misma estrategia que él.

¿Se caerá este rascacielos?

Los números han permitido también elaborar complejos modelos matemáticos para representar prácticamente cualquier sólido o fluido en un ordenador y simular cuál será su comportamiento en la realidad. Es decir, predecir de alguna forma el futuro. Estos modelos son ya utilizados para analizar la estabilidad

de rascacielos y puentes ante un terremoto o para simular el aterrizaje de una sonda espacial en un lugar remoto. En estos momentos, se intenta también reproducir los órganos del cuerpo humano en un ordenador y llegar a saber con antelación cómo responderá un paciente en un quirófano durante una operación.

La probabilidad de desarrollar un cáncer

Muchas enfermedades tienen un componente hereditario, lo que significa que una persona puede estar más predispuesta a padecer un mal si es portador o no de un determinado gen. Así ocurre con el gen BRCA1, cuya mutación se descubrió en 1990 que está implicada en un porcentaje elevado de mujeres con cáncer de mama. Para hallarlo, los investigadores tuvieron que apoyarse en múltiples análisis estadísticos sobre personas emparentadas.

De Parque Jurásico a Star Wars

Conseguir que unos juguetes cobren vida en la pantalla de cine o que el ataque de un tiranosaurio rex haga agarrarse a los espectadores a sus asientos es posible, en gran medida, gracias a las matemáticas. Muchos de los efectos especiales más alucinantes del cine o las películas de animación son una combinación de píxeles y formas geométricas creadas a partir de matemáticas por medio de programas informáticos.

Revivir el pasado

Reconstruir una vasija rota nunca es fácil. Pero qué pasa si ésta encima tiene siglos de antigüedad y debe ser recompuesta sin saber cómo era a partir de cientos o miles de pequeños fragmentos desordenados e incompletos. Las matemáticas son igualmente una herramienta indispensable para la arqueología, pues permiten reconstruir superficies de todo tipo e incluso partes de

un cuerpo humano a partir de unos pocos restos antiguos. Las piezas disponibles son digitalizadas e introducidas en programas informáticos que recomponen el objeto de forma virtual por medio de geometría, combinaciones y estadísticas.

Conservando el medio ambiente

La combinación de las matemáticas y la ecología permite comprender muchas de las complejas interacciones de la naturaleza. Con ayuda del álgebra, simulaciones numéricas, procesos estocásticos, ecuaciones diferenciales o estadística se pueden crear modelos con

los que determinar, por ejemplo, qué extensión se necesita proteger para conservar una determinada población de animales o a qué ritmo se propagará una especie de planta invasora.

Música y literatura

Sea una ópera de Mozart o la guitarra de Keith Richards, toda la música que se almacena en un CD está formada por largas series de ceros y unos. Pero ésta no es, ni mucho menos, la única relación de las matemáticas con la música y con el arte. La composición musical está ligada íntimamente a las matemáti-

cas, al igual que muchas pinturas y obras de arte. En la literatura, las matemáticas están muy presentes en clásicos como *Alicia en el País de las Maravillas* o los *Viajes de Gulliver*. Y en el caso de Borges, que estudió matemáticas durante varios años, la impronta de esta ciencia aparece por toda su obra. En especial, en su cuento "El Aleph", que ya en el nombre se refiere a una teoría matemática que expone cómo el todo no es necesariamente mayor que las partes.

2004 © Copyright by Asociación
International Congress
of Mathematicians, ICM

Novedades científicas en Química en el año 2005

MANIPULACIÓN DE ÁTOMOS DE HIDRÓGENO EN PALADIO

En un artículo publicado en los *Proceedings of the National Academy of Science*¹ el equipo dirigido por Paul S. Weiss, profesor en la universidad de Penn State, afirma haber conseguido por vez primera la manipulación de átomos de hidrógeno en posiciones estables debajo de la superficie de un cristal de paladio, consiguiendo una estructura que se prevé tendrá aplicaciones interesantes en catálisis metálica, almacenamiento de hidrógeno y celdas de combustible. La observación de los efectos de los hidruros situados bajo la superficie de paladio (cuyos átomos de hidrógeno están parcialmente cargados de forma negativa) confirma la existencia de sitios estables, previstos teóricamente, pero de los cuales no se había tenido constancia experimental. La investigación ha sido dirigida por Paul S. Weiss, profesor en la universidad de Penn State y que, años atrás, cuando trabajaba en IBM, fue el primero en manipular átomos de xenon en una superficie metálica.

Una vez movidos los átomos de hidrógeno absorbidos desde el seno del cristal hasta la posición inmediatamente próxima a la superficie (ver Figura 1), se pudo observar cómo afecta a las propiedades físicas, químicas y electrónicas del metal la presencia del hidruro situado en posiciones específicas de la red cristalina. El estudio de esos efectos permite profundizar en el estudio de re-

acciones químicas en presencia de catalizador metálico, ya que, como afirma el propio Weiss, existía información experimental que de forma indirecta establece que los átomos de hidrógeno reactivo son los situados en posiciones subsuperficiales, aunque sin confirmación directa. Por ello, muestra su esperanza de que el nuevo material permitirá confirmar las predicciones y obtener datos mediante observación directa.

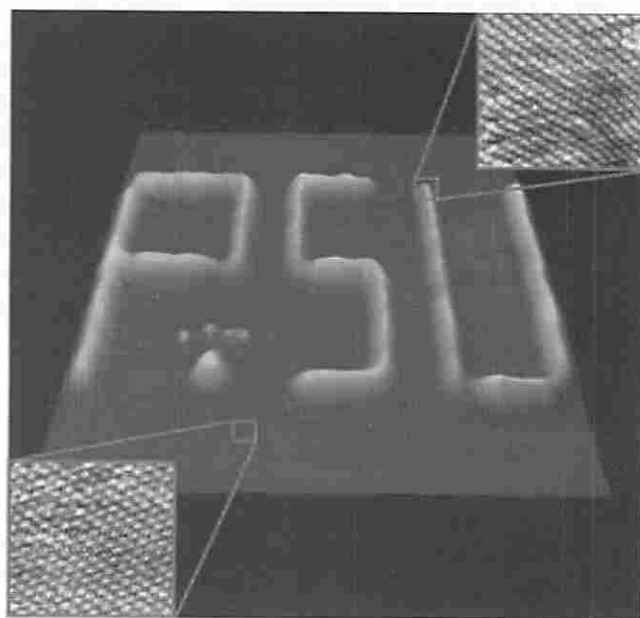


Figura 1.

¹ E.C.H. Sykes, L.C. Fernández-Torres, S.U. Nanayakkara, B.A. Mantooh, R.M. Nevin, and P.S. Weiss, "Observation and manipulation of subsurface hydride in Pd{111} and its effect on surface chemical, physical, and electronic properties", *Proceedings of the National Academy of Science*, **102**, 17907-17911 (2005).