

# INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

Julio 2013 InvestigacionyCiencia.es

Edición española de SCIENTIFIC AMERICAN

**INGENIERÍA**  
Vehículos  
eléctricos  
ultrarrápidos

**MATEMÁTICAS**  
La sutil  
estadística  
bayesiana

**NEUROCIENCIA**  
Bases  
moleculares  
de la demencia

# Motores de la evolución

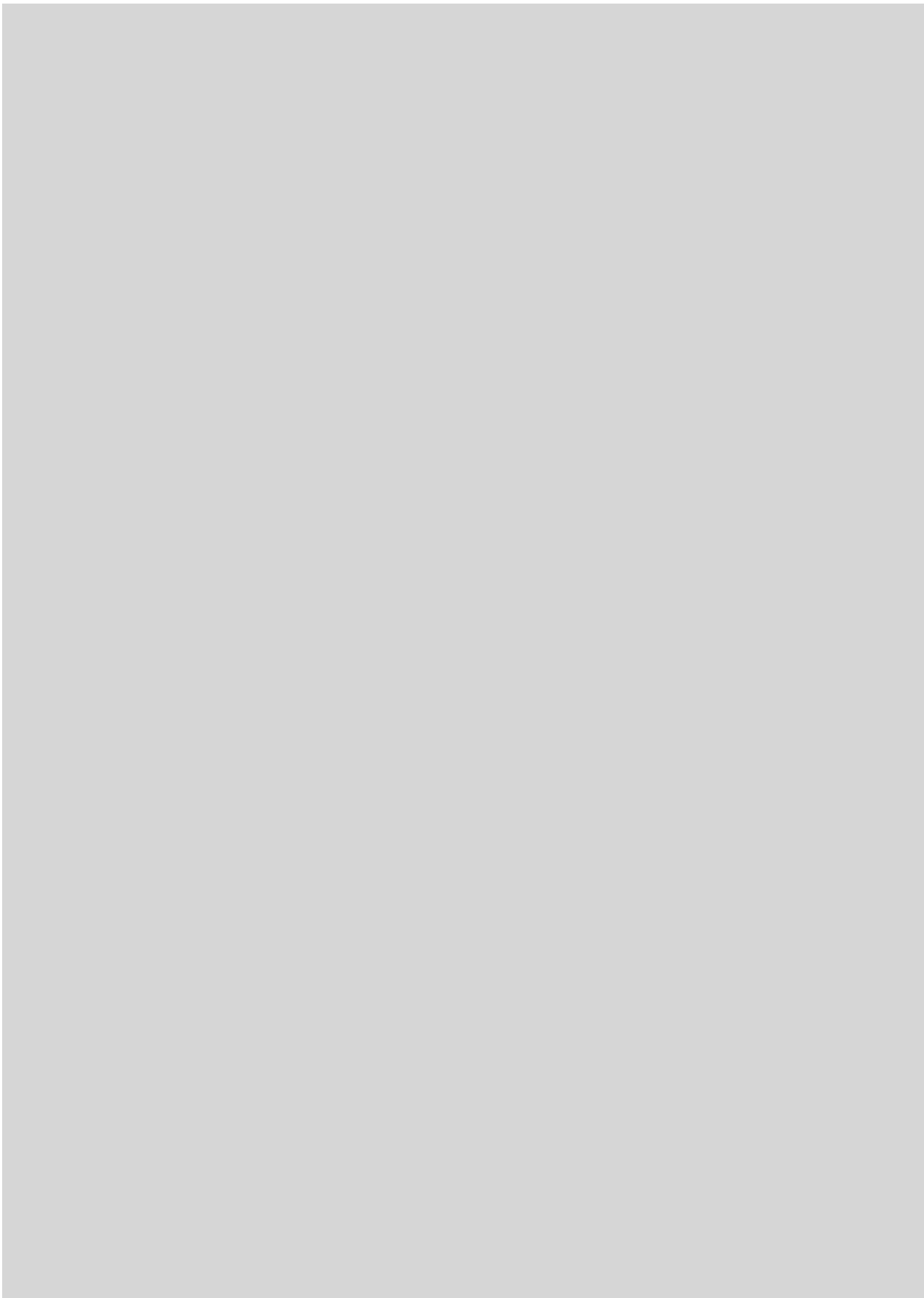
Las microalgas del plancton  
promovieron la explosión de la vida  
marina hace millones de años

**Hacia  
la  
curación  
del  
sida**

**INFORME ESPECIAL**



6,50 EUROS







65

## ARTÍCULOS

### BIOLOGÍA

- 16 El fitoplancton de los mares primigenios**  
Hace unos 250 millones de años, los animales marinos empezaron a diversificarse a un ritmo sin precedentes. La evolución de ciertas plantas microscópicas acuáticas tal vez promoviera aquella explosión espectacular.  
*Por Ronald Martin y Antonietta Quigg*

### NEUROCIENCIA

- 22 Gérmenes de la demencia**  
Una reacción en cadena de proteínas tóxicas podría explicar el alzhéimer, el párkinson y otros trastornos mortales. *Por Lary C. Walker y Mathias Jucker*

### INGENIERÍA

- 28 Un coche bala eléctrico**  
Muy pocos automóviles de combustible han rebasado los 600 kilómetros por hora. Un grupo de estudiantes se ha propuesto superar esta barrera con un vehículo eléctrico. *Por Gregory Mone*

### PLANETAS

- 34 Marte en movimiento**  
La superficie de Marte cambia sin cesar. ¿Podría deberse a la acción de corrientes de agua? *Por Alfred S. McEwen*

### QUÍMICA

- 48 Una reunión de premios nóbel**  
Mientras los laureados y los recién llegados a la química crean nuevos lazos, celebramos aquí sus logros, pasados y futuros. *Coordinado por Ferris Jabr*

### INFORME ESPECIAL: HACIA LA CURACIÓN DEL SIDA

- 60 Evolución del sida en España**  
Si bien la expansión inicial del VIH se produjo por compartir material para la inyección de drogas, la mayoría de las infecciones actuales se deben a la transmisión sexual. *Por Mercedes Díez Ruiz-Navarro y Asunción Díaz Franco*

- 65 La respuesta inmunitaria al VIH**  
Al entrar en el organismo, el virus se enfrenta a una serie de reacciones celulares y moleculares. *Por Nina Bhardwaj, Florian Hladik y Susan Moir*

- 70 Curar la infección por el VIH**  
Los avances logrados y las cuestiones pendientes para vencer de modo definitivo la enfermedad. *Por Javier Martínez-Picado*

### EVOLUCIÓN

- 76 Híbridos humanos**  
Análisis genéticos recientes indican que los primeros *Homo sapiens* se cruzaron con otras especies del mismo género. *Por Michael F. Hammer*

### TEORÍA DE LA PROBABILIDAD

- 82 Thomas Bayes y las sutilezas de la estadística**  
El reverendo inglés alcanzaría fama póstuma gracias a un teorema que permite cuantificar nuestra ignorancia. *Por Marc Dressler*



# INVESTIGACIÓN Y CIENCIA

## SECCIONES

### 3 Cartas de los lectores

#### 4 Apuntes

Más allá de los síntomas. Buenas vibraciones. Esconderse a plena luz del día. Bocados diminutos. GPS emocional. De la vitamina A al zinc.

#### 7 Agenda

#### 8 Panorama

Misión precavida. *Por John Matson*  
 Simulación cuántica de dimensiones suplementarias.  
*Por José Ignacio Latorre*  
 Estudio del suelo mediante técnicas espectroscópicas.  
*Por María C. Hernández Soriano*  
 El camino hacia la complejidad de la materia. *Por Ana Reviejo, Rocío Fernández y Gustavo Fernández*  
 Recreando materia estelar en el laboratorio.  
*Por Laura Tolos*  
 El calentamiento de las profundidades. *Por Mark Fischetti*

#### 42 De cerca

Anillos de crecimiento. *Por Marissa Fessenden*

#### 44 Filosofía de la ciencia

Física y filosofía. *Por Francisco José Soler Gil*

#### 46 Foro científico

Comprender la complejidad. *Por Geoffrey West*

#### 86 Curiosidades de la física

La impenetrabilidad de la materia. *Por Jean-Michel Courty y Édouard Kierlik*

#### 88 Juegos matemáticos

La importancia de Dios en la Biblia. *Por Bartolo Luque*

#### 91 Libros

Genómica química. *Por Luis Alonso*  
 Máquinas moleculares. *Por David Jou*  
 Newton. *Por Luis Alonso*

#### 96 Hace...

50, 100 y 150 años.



## EN PORTADA

La proliferación y el mayor contenido nutricional de las plantas microscópicas que forman el fitoplancton probablemente contribuyeron a la diversificación espectacular de los animales marinos que se inició hace 250 millones de años. Fotografía de Chris Ross, Getty Images (*fondo*); Steve Gschmeissner, Science Source (*fitoplancton*).







## PSICOLOGÍA ESPACIAL

En «La humanidad en el espacio» [INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, marzo de 2013], Cameron M. Smith plantea algunos de los desafíos a los que tendrá que enfrentarse una futura expansión de la humanidad por el espacio. Me ha sorprendido no leer de forma explícita referencias a los aspectos psicológicos. De poco servirá planificar un viaje a otro sistema solar si la misión fracasa por un «colapso psicológico» de la tripulación. No es difícil imaginar la presión que puede llegar a sufrir una persona que se embarque en un viaje sin retorno y lleno de incertidumbres, sabiendo que no serán sino las generaciones futuras las que, con suerte, llegarán a su destino.

El artículo contempla una realidad utópica basada en una planificación racional y sin presiones, algo que pocas veces ha ocurrido en la historia. Si abandonar la Tierra se convierte en una necesidad, sin duda la tripulación incluirá un gran número de políticos y mecenas, quienes puede que no sean la mejor garantía de éxito. Y si no, ¿quién querrá arriesgarse a abandonar la seguridad y bondades de nuestro planeta? Posiblemente, y como ya ha ocurrido en otras épocas, personas que no tengan nada que perder o que se vean forzadas a ello. En todo caso, lo más probable es que la verdadera tripulación se aleje bastante de cualquier tripulación ideal que los expertos puedan planificar.

EUGENIO GÓMEZ MINGUET  
*Manises  
Valencia*

RESPONDE SMITH: *Creo que se trata de una observación correcta; los aspectos psicológicos, sociológicos y culturales de un viaje así serán considerables, por lo que deberán tenerse en cuenta. Uno de los planificadores que conozco trabaja en el diseño de un navío espacial para 40.000 personas, el equivalente a ocho «poblaciones» de 5000 habitantes, las cuales deberán contar con una arquitectura segura pero también gratificante desde un punto de vista psicológico. Dicho experto es un urbanista que otorga gran importancia a las panorámicas amplias y a la abundancia de vegetación, a fin de lograr ciudades adecuadas a la escala y las interacciones humanas. Considero positivo que tales aspectos comiencen a abordarse desde las fases más tempranas del proyecto.*

*Por otro lado, no contemplo los viajes espaciales como una excusa para abandonar la Tierra. Creo que los problemas como la contaminación o la proliferación de armas nucleares, por ejemplo, deberían resolverse en nuestro planeta. Sin embargo, sí pienso que deberíamos ofrecer a nuestra especie una garantía ante posibles catástrofes, ya se trate de una guerra nuclear o del impacto contra un asteroide. Creo que la colonización del espacio se hará por esos motivos. Algunos emigrantes espaciales no tendrán nada que perder en la Tierra, pero sí mucho que ganar en el espacio: libertad, una nueva oportunidad para sus descendientes, etcétera; las mismas motivaciones que en el pasado han impulsado a otros emigrantes en nuestro planeta. Al igual que ellos, también los viajeros espaciales serán audaces. No creo que resulte difícil encontrar voluntarios.*

## CRECIMIENTO ENERGÉTICO

En «Modelos de crecimiento» [INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, mayo de 2013] Mark Buchanan expone que el consumo mundial de energía ha venido aumentando a un ritmo del 2 por ciento anual durante los últimos tres siglos. Estos datos, que son verdaderos, se ponen mejor en relevancia si tenemos en cuenta que lo que crece a ese ritmo es la potencia consumida; es decir, la velocidad a la que consumimos energía.

Ese matiz cobra gran importancia con relación a las energías renovables: solares, eólica, hidroeléctrica, biomasa, etcétera. Todas ellas dependen en última instancia del Sol, por lo que suelen presentarse como limpias e inagotables. Sin embargo, la potencia que nos llega del astro es fini-

ta. Y, dado que el Sol debe alimentar todos los procesos vitales del planeta, antes o después comenzaremos a alterar dichos procesos.

En orden de magnitud, la potencia que recibimos del Sol asciende a unos 100 petavatios. Podemos considerar que la fracción que cabe destinar a fines energéticos no debería superar el 1 por ciento de la potencia solar total (este límite es obviamente especulativo, pero más bien optimista; la fracción disponible podría ser aún menor). Con un crecimiento del 2 por ciento al año y con un consumo mundial actual de unos 15 teravatios, no resulta difícil calcular que apenas nos llevaría dos siglos rebasar dicho límite. Si suponemos una cota máxima igual al 10 por ciento de la potencia solar (arriesgado), tardaríamos poco más de tres siglos.

Si además aspiramos a un consumo energético más equitativo en el mundo, deberemos lograr que el 80 por ciento de la población que actualmente consume el 20 por ciento del total crezca a un ritmo aún mayor. Con una tasa de crecimiento global del 3 por ciento, los mismos límites se alcanzarían en unos 140 y 220 años, respectivamente. (Dadas las dependencias logarítmicas, los valores precisos de los parámetros no implican grandes diferencias en el resultado final.)

Después no solo no podremos crecer más, sino que aumentarán los problemas ambientales. La situación actual tal vez no se diferencie tanto de la que vivimos hace un siglo y medio, cuando el petróleo parecía un recurso inagotable. El término «energías renovables» podría resultar demasiado optimista.

ANTONIO ROBERTO PIRIZ  
*Instituto de Investigaciones  
Energéticas  
Universidad de Castilla-La Mancha*

### CARTAS DE LOS LECTORES

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA agradece la opinión de los lectores. Le animamos a enviar sus comentarios a:

PRENSA CIENTÍFICA, S.A.  
Muntaner 339, pral. 1.º, 08021 BARCELONA  
o a la dirección de correo electrónico:  
redaccion@investigacionyciencia.es

La longitud de las cartas no deberá exceder los 2000 caracteres, espacios incluidos. INVESTIGACIÓN Y CIENCIA se reserva el derecho a resumirlas por cuestiones de espacio o claridad. No se garantiza la respuesta a todas las cartas publicadas.



## NEUROCIENCIA

### Más allá de los síntomas

El pasado mes de mayo, la Asociación estadounidense de Psiquiatría (APA) publicó la quinta edición de su guía para profesionales clínicos, el *Manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales*, o *DSM-5* (cuya primera versión en español saldrá en octubre de 2013). Los investigadores de todo el mundo esperaban ansiosamente el nuevo manual, que, al igual que en otras ocasiones, ha tardado unos catorce años en ser revisado. El *DSM* describe los síntomas de más de trescientas enfermedades mentales oficialmente reconocidas, como la depresión, el trastorno bipolar o la esquizofrenia, entre otras, por lo que ayudará a los terapeutas, psiquiatras y médicos de familia a diagnosticar a sus pacientes. Sin embargo, adolece de una carencia fundamental: no hace ninguna mención a la base biológica de las enfermedades mentales. En el pasado, ese vacío reflejaba el estado de la ciencia. Durante la mayor parte de la historia del *DSM* no se conocían con detalle las causas de esas dolencias.

Esa excusa ya no resulta válida. En la actualidad, los neurólogos conocen algunos de los mecanismos que alteran los circuitos cerebrales de la memoria, las emociones y la atención en diversas enfermedades mentales. Desde 2009, el psicólogo clínico Bruce Cuthbert y su equipo del Instituto Nacional de Salud Mental han estado creando un sistema de clasificación

basado en investigaciones recientes, que revela cómo la estructura y la actividad de un cerebro enfermo difieren de las de otro sano. Este nuevo sistema no sustituirá al *DSM*, del que no se puede prescindir debido a su importancia, afirma Cuthbert. Sus colaboradores y él esperan, más bien, que las futuras versiones del manual incorporen información sobre la biología de las enfermedades mentales, con objeto de distinguir mejor un trastorno de otro.

Cuthbert, cuyo proyecto podría recibir financiación de la futura iniciativa para realizar un mapa del cerebro humano, promovida por la Administración Obama, anima a los investigadores a estudiar los procesos biológicos y cognitivos básicos que operan en numerosas enfermedades mentales. Algunos científicos podrían explorar cómo y por qué los circuitos neuronales que detectan amenazas y almacenan recuerdos desagradables se comportan a veces de forma inusual después de sucesos traumáticos, el tipo de cambios responsables, en parte, del síndrome de estrés postraumático. Otros podrían investigar la neurobiología de las alucinaciones, las perturbaciones de los ritmos circadianos o el modo exacto en que la drogadicción altera las conexiones cerebrales.

La meta final consiste en proporcionar nuevos objetivos biológicos para la medicación. «Hoy entendemos el cerebro mucho mejor que antes», afirma Cuthbert. «Nos hallamos inmersos en un gran cambio».

—Ferris Jabr

## Buenas vibraciones

**¿Cómo funciona el sentido del olfato?** En la actualidad, hay dos posturas científicas enfrentadas respecto a esa cuestión. Y la teoría más polémica acaba de ser confirmada de modo experimental.

El asunto que se debate es si nuestra nariz emplea delicados mecanismos cuánticos para percibir las vibraciones de las moléculas que producen los olores, también denominadas moléculas odoríferas. De hecho, así es como funcionan los espectroscopios de los laboratorios químicos y forenses. Los aparatos hacen incidir luz infrarroja sobre los materiales examinados y revelan las vibraciones que la luz provoca en ellos. El sentido del olfato podría basarse en el mismo mecanismo, pero utilizaría pequeñas corrientes de electrones en lugar de fotones.

Esa explicación contradice la teoría predominante sobre el olfato, según la cual los millones de moléculas odoríferas que existen en el mundo funcionan como piezas de rompecabezas. La nariz contiene decenas de tipos distintos de receptores y cada uno de ellos se une con preferencia a ciertos tipos de moléculas. El receptor del limoneno, por ejemplo, envía una señal al cerebro cuando se une con dicho compuesto, una de las indicaciones sobre el olor a cítrico.

Algo resulta sorprendente, sin embargo. Numerosas moléculas odoríferas contienen uno o más átomos de hidrógeno. Y el hidrógeno puede presentarse en tres formas, o isótopos, químicamente muy similares pero con masas diferentes, lo que influye sobre el modo en que vibra una molécula. Así pues, el deuterio, cuyo núcleo contiene un protón y un neutrón (y que

pesa el doble que el hidrógeno más común, con solo un protón), podría ayudar a los científicos a optar entre la teoría química estándar del olfato y la que se basa en la vibración.

Según una investigación publicada en el número de enero de *PLOS ONE*, la nariz humana puede detectar la presencia de deuterio en algunas moléculas odoríferas. En particular, los investigadores descubrieron que las moléculas normales de almizcle olían de forma distinta que las que contenían deuterio. Uno de los autores, Luca Turin, del Centro de Investigación de Ciencias Biomédicas Alexander Fleming de Grecia, afirma que el hallazgo supone una victoria para la teoría vibratoria.

Algunos expertos discrepan. Eric Block, profesor de química en la Universidad estatal de Nueva York en Albany, apela a trabajos anteriores que demuestran que la nariz humana no puede percibir la presencia de deuterio en la acetofenona (que tiene un olor dulce para los humanos). Turin propone una posible explicación de ese hecho: la acetofenona contiene un número reducido de átomos de deuterio, por lo que generaría una señal vibratoria demasiado débil para ser detectada. Block, por su parte, afirma que Turin, con su explicación, pretende estar en misa y repicando, de modo que la controversia continúa.

—Mark Anderson



### ¿QUÉ ES ESTO?

**Escondarse a plena luz del día:** Cierta clase de heterópteros de largas patas velludas (la subfamilia Emesinae de la familia Reduviidae), típicos de Belice, se ocultan de sus presas en los extremos de las telas de araña. Muchos de ellos atraen a sus víctimas imitando el forcejeo característico de los insectos que quedan atrapados en la tela. Cuando la araña se acerque, será su fin.

—Alex Wild





## TECNOLOGÍA

### Bocados diminutos

¿Le inquietaría saber al lector que hay nanopartículas en su comida?

Hace tiempo que las compañías alimentarias muestran interés por usar la nanotecnología para intensificar los sabores y hacer que los productos sean más cremosos sin añadir grasa. Ello no guarda ninguna relación con las nanopartículas de dióxido de titanio, de menos de 10 nanómetros de diámetro, recién identificadas en el azúcar espolvoreado sobre las rosquillas de Dunkin' Donuts y de la empresa Hostess, ya desaparecida. Los



**Dióxido de titanio**

fragmentos microscópicos podrían haber terminado allí por casualidad, como consecuencia del proceso de molienda utilizado en la mezcla de azúcar en polvo. Quizás hayamos estado ingiriéndolos durante años sin saberlo.

El grupo de salud ambiental As You Sow halló las nanopartículas en muestras que envió a un laboratorio independiente. Los defensores de la salud afirman que son preocupantes, porque con su diminuto tamaño pueden entrar en las células del organismo humano más fácilmente que las partículas de mayores dimensiones. Si fueran tóxicas podrían causar problemas. Por el momento, nadie sabe si las partículas de dióxido de titanio u otros nanomateriales presentes en la comida o en los envases alimentarios suponen un riesgo para la salud. La Unión Europea exige etiquetar debidamente los alimentos que contienen nanomateriales, y la Agencia de Fármacos y Alimentos de los Estados Unidos ha declarado que no tenía suficiente información para determinar si dichos productos resultan inocuos.

Numerosas empresas parecen desconocer si los alimentos que producen contienen nanopartículas o podrían mostrarse reticentes ante el escrutinio público. As You Sow intentó realizar una encuesta entre 2500 empresas alimentarias para realizar su informe. Solo 26 respondieron, y únicamente dos aplicaban medidas específicas con respecto a las nanopartículas. Diez de las empresas ignoraban si usaban nanopartículas, y dos de ellas admitieron que las incorporaban de forma intencionada a los envases. «Tenemos la intención de trabajar con científicos para entender si se difundirán a los alimentos», explica el director de As You Sow, Andrew Behar.

En la actualidad, la organización está intentando financiar nuevos ensayos con los caramelos M&Ms, los bollos Pop-Tarts, el chicle Trident y otros comestibles, al considerar que todos ellos tal vez utilicen el mismo dióxido de titanio hallado en las rosquillas, también de manera no intencionada. Behar se pregunta qué consecuencias tienen para la salud los nanomateriales contenidos en nuestros alimentos y cómo se podría poner en práctica un sistema que garantice su inocuidad. As You Sow defiende que no debería haber ningún tipo de nanopartículas en los alimentos hasta que finalicen las pruebas de seguridad.

—David Biello

## PATENTES

**GPS emocional:** Imagine que pudiera elegir no solo el camino más corto para llegar a su destino, sino también el que mejor se ajusta a su humor en ese momento. A tal fin, la licencia número 8.364.395 de la Oficina de Patentes de EE.UU. combina los últimos avances en sistemas de navegación con técnicas que permiten evaluar el estado anímico de una persona.

Los dispositivos de planificación de itinerarios ya permiten evitar peajes y atascos. Por otro lado, existen también micrófonos que calibran el nivel de estrés de un conductor a partir del tono de voz con el que pregunta por una dirección, sensores que detectan el pulso o el sudor de las manos al volante, o programas informáticos que bucean en las redes sociales para indagar en las emociones y ubicación de sus usuarios.

El nuevo instrumento, diseñado por investigadores de IBM, podría ayudar a los turistas a desplazarse con comodidad por una ciudad desconocida, evitando manifestaciones y grandes atascos, e incluyendo en la ruta restaurantes de moda o paisajes apacibles. Una serie de emoticonos en cada camino servirían como guía.

El dispositivo registra la historia reciente. «Puede elegirse el destino más popular en ese momento o aquel que más ha satisfecho a los usuarios durante la última semana», explica Paul B. French, arquitecto de sistemas de IBM y coinventor del aparato. Si el dispositivo detecta un área que ha alegrado a otros visitantes, la clasificará como apta para mejorar el estado ánimo. «El cambio de humor es clave», concluye French.

—Marissa Fessenden



## De la vitamina A al zinc

¿Son más nutritivos los alimentos ecológicos que los obtenidos mediante métodos tradicionales? El año pasado, un grupo de científicos de la Universidad de Stanford puso en duda esa idea en un informe que causó un gran revuelo. Pero el auténtico secreto reside en que, sin importar si las manzanas y espinacas proceden de la agricultura ecológica o no, los niveles de nutrientes pueden variar en gran medida en función de las condiciones en las que han sido cultivadas, como el tipo y la calidad del suelo, la temperatura y la proporción de días de sol y de lluvia. Como consumidor, uno no puede verificar si ha elegido un lote de calidad superior. Pero ¿y si dispusiéramos de un escáner portátil que nos permitiera comprobar la concentración de nutrientes? «Podríamos comparar unas zanahorias con otras», afirma Dan Kittredge, director ejecutivo de la Asociación de Bionutrientes, que está recaudando los fondos necesarios para investigar un dispositivo de ese tipo. Ello nos ayudaría a decidir si descartamos un lote o nos gastamos el dinero en él.

La técnica básica existe desde hace décadas. La espectroscopía del infrarrojo cercano (NIR), la modalidad en la que Kittredge se centra en la actualidad, ha sido aplicada en la industria farmacéutica, la medicina, la agricultura y la astronomía. El método se basa en el principio de que las moléculas diferentes vibran de un modo ligeramente distinto. Cuando la luz infrarroja incide en una muestra determinada, algunas longitudes de onda son absorbidas en mayor medida que otras por los enlaces químicos que están vibrando. Si se mide la proporción de luz del infrarrojo cercano absorbida en cada longitud de onda, se puede obtener una señal distintiva de la muestra. Los resultados son precisos y rápidos. Mientras que

la cromatografía de gases puede tardar medio día en realizarse, señala Magdi Mossoba, químico del Centro de Seguridad Alimentaria y Nutrición Aplicada de la Agencia Federal de Fármacos y Alimentos de EE.UU., la espectroscopía del infrarrojo cercano logra resultados en apenas unos segundos.

Hasta hace poco, el uso de la espectroscopía del infrarrojo cercano y otras técnicas de espectroscopía vibracional se hallaba restringido al laboratorio y requería grandes equipos que solo podían manejar los científicos. Ahora, gracias a los avances de la miniaturización, se integran en dispositivos sencillos y portátiles que un trabajador sin una alta titulación puede utilizar en un almacén o en el campo, afirma Maggie Pax, directiva de Thermo Fisher Scientific, uno de los principales fabricantes de estos instrumentos. Las empresas farmacéuticas los utilizan para determinar si los lotes de materias primas que emplean están correctamente etiquetados. Más de doce países las han comprado para ayudar a combatir el aumento de las ventas de medicamentos falsificados. Los agricultores, por su parte, las usan para medir los niveles de proteínas en el grano, lo que ayuda a determinar su valor de mercado.

Aun así, la espectroscopía del infrarrojo cercano tiene una gran limitación en cuanto a su uso como escáner de supermercado, ya que no detecta compuestos de una concentración inferior al 0,1 por ciento. Los vegetales contienen sobre todo agua, un 92 por ciento en promedio. También presentan macronutrientes, como carbohidratos y proteínas, en cantidades lo suficientemente elevadas como para ser determinadas con la técnica. Y, por último, poseen micronutrientes, incluidos minerales, vitaminas y antioxidantes, la mayoría de los cuales no pueden ser detectados a causa de su baja concentración. Por tanto, la idea no resultaría aplicable de no ser por una observación clave. Las plantas desarrollan ciertos tipos de compuestos en un orden predecible y en proporciones específicas en relación con diversos minerales, proteínas y lípidos, explica Kittredge. La tarea que ha emprendido ahora el investigador con el Instituto Linus Pauling, de la Universidad Estatal de Oregón, consiste en realizar miles de ensayos con alimentos relevantes para establecer los algoritmos necesarios que permitan desarrollar un escáner viable. «Lo conseguiremos», afirma. «Lo que no sabemos es si tardaremos tres años o treinta.»

—Anne Underwood

### EXPOSICIONES

#### Gravedad cero

Museo de las Ciencias  
Valencia  
[www.cac.es/museo](http://www.cac.es/museo)



### CURSOS Y CONGRESOS

Del 2 al 5 de julio - Jornadas

#### Aprendizaje y enseñanza de las matemáticas

IES Ramón Llull  
Palma de Mallorca  
[xvi.jaem.es](http://xvi.jaem.es)

Del 8 al 10 de julio - Curso

#### El garum romano: Historia, arqueología y gastronomía

Edificio Constitución 1812  
Cádiz  
[www.uca.es](http://www.uca.es) > Cursos de verano

Del 8 al 12 de julio - Curso

#### Las claves del éxito de la novela médica y científica

Edificio histórico  
Universidad de Barcelona  
[www.ub.edu/juliols](http://www.ub.edu/juliols)

13 y 14 de julio - Encuentro

#### Radical Benasque

Centro de Ciencias de Benasque  
Pedro Pascual  
Benasque  
[benasque.org/2013radical](http://benasque.org/2013radical)

Del 15 al 19 de julio

#### XI Simposio del Comité Científico de Investigación Antártica (SCAR)

Cosmocaixa  
Barcelona  
[www.icm.csic.es/](http://www.icm.csic.es/)  
XIthSCARBiologySymposium

Del 23 al 25 de julio - Curso

#### La ciencia toma la palabra: Los problemas sociales de las pseudociencias

Facultad de física  
Universidad de Alicante  
[gplsi.dlsi.ua.es/lacienciaprenlaparaula](http://gplsi.dlsi.ua.es/lacienciaprenlaparaula)



# Panorama



ESPACIO

## Misión precavida

La exploración planetaria, atascada en Marte

El aterrizaje del vehículo explorador *Curiosity* en verano de 2012 supuso un gran éxito para la NASA. Ahora, la agencia espacial estadounidense ha vuelto a apostar por Marte. El pasado mes de diciembre anunció sus planes para enviar otro vehículo explorador en 2020: su séptima misión en curso o planeada al planeta rojo. A su favor, la agencia argumenta el ahorro y el bajo nivel de riesgo que supone repetir una misión.

La obsesión de la NASA por Marte —o por evitar riesgos— llega a expensas del resto del sistema solar. Urano y Neptuno apenas han sido explorados. Lo mismo sucede con Europa, el satélite joviano que, según diversos planetólogos, constituye un hábitat prometedora para albergar vida extraterrestre.

Hace poco varios investigadores propusieron un concepto novedoso de misión espacial: una nave flotante que exploraría los mares de hidrocarburos de Titán, el satélite de Saturno. Sin embargo, la NASA prefiere enviar a Marte el aterrizador *InSight*. Otra misión de bajo riesgo basada en equipos de eficacia probada.

—John Matson

\* Incluye una estimación de 150 millones de dólares por servicios de lanzamiento (los costes reales aún se desconocen)



# Simulación cuántica de dimensiones suplementarias

Una novedosa propuesta para recrear la física en más de tres dimensiones utilizando átomos fríos

El siglo XXI será recordado por la transformación de la mecánica cuántica en ingeniería cuántica. Hoy en día ya podemos diseñar dispositivos cuánticos y emplearlos en nuestro provecho de forma espectacular. Utilizamos láseres como soporte físico para nuestras comunicaciones, medimos el tiempo con la precisión que requiere el sistema GPS gracias a relojes atómicos o inspeccionamos el interior del cuerpo humano con técnicas de resonancia magnética nuclear.

Una de las fronteras del desarrollo tecnológico actual la hallamos en la simulación cuántica, un área de investigación que está experimentando un progreso vertiginoso. La idea reside en explotar las leyes cuánticas de la materia a fin de imitar el comportamiento de sistemas físicos exóticos, imposibles de recrear o de analizar por otros medios [véase «Objeto

tivos y oportunidades de la simulación cuántica», por J. Ignacio Cirac y Peter Zoller; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, noviembre de 2012].

Un simulador se basa en una idea muy antigua. Imaginemos que deseamos medir el paso del tiempo. Para ello podemos construir una clepsidra. Bajo la acción de la gravedad, el agua seguirá unos movimientos cuidadosamente diseñados que nos permitirán fijar intervalos precisos de tiempo. De esta manera, dispondremos de un reloj.

En un espíritu muy similar, el control minucioso de la interacción entre átomos y luz nos permite remedar otros sistemas físicos. Por ejemplo, resulta posible manipular una muestra de átomos atrapados en redes ópticas para que simulen las leyes que rigen un superconductor. También podemos construir una tram-

pa de iones y hacer que estos interactúen como si se tratase de espines individuales. El arte de la simulación cuántica consiste en obrar con astucia para trasladar leyes cuánticas de un sistema a otro. El resultado puede entenderse como un ordenador cuántico primitivo: un instrumento cuántico para descubrir otros sistemas cuánticos.

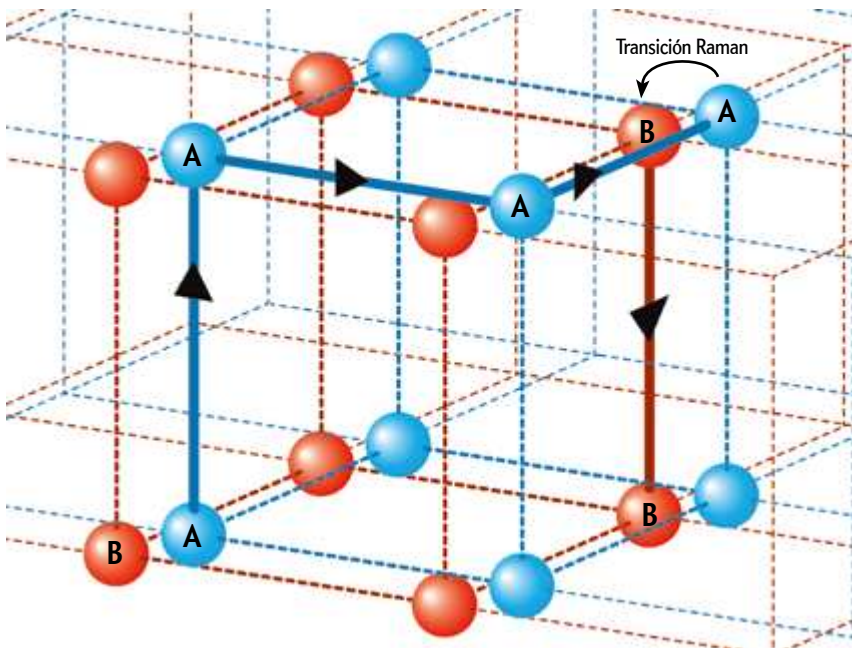
## ¿Cómo simular una cuarta dimensión?

En un artículo publicado en marzo del año pasado en *Physical Review Letters* junto con investigadores de la Universidad de Barcelona y el Instituto de Ciencias Fotónicas de Castelldefels, describimos una estrategia para simular una dimensión extra del espacio.

Es cierto que nuestra experiencia macroscópica nos revela solo tres dimensiones, tres direcciones independientes del espacio. Sin embargo, hace ya casi un siglo, los físicos Theodor Kaluza y Oskar Klein demostraron que eso no tenía por qué resultar incompatible con la existencia de dimensiones microscópicas adicionales. Aunque hasta ahora no se han hallado pruebas empíricas de que las haya, la idea ha sido explorada durante años en el marco de las teorías que aspiran a unificar las leyes de la naturaleza, como la teoría de cuerdas.

Para simular la física de una cuarta dimensión, en nuestro artículo proponíamos utilizar un sistema de átomos fríos atrapados por láseres. Los átomos se enfrían hasta formar un condensado de Bose-Einstein. Después, sobre dicho condensado se hace actuar un sistema de láseres que generan un retículo óptico. Los átomos pasan a ocupar los mínimos del potencial creado. El siguiente paso consiste en crear un segundo retículo similar al primero, pero que no se encuentre conectado con este. De esta manera, dispondremos de dos sistemas tridimensionales independientes.

Las dimensiones del espacio no reflejan más que la posibilidad de conectar sus puntos. De esta manera, si construimos un retículo con una conectividad en cuatro direcciones, estaremos imitando el



**Un átomo** preparado en un estado cuántico interno A se desplaza en un retículo tridimensional (azul) creado por láseres. Al inducir una transición Raman hacia otro estado cuántico B, la partícula pasa a moverse en una red tridimensional diferente (rojo). Esta transición puede ajustarse de forma que la probabilidad de salto entre los dos estados cuánticos internos sea equivalente a la transición entre puntos de la red. En la práctica, este sistema simula el movimiento de una partícula en una nueva dimensión del espacio.

comportamiento de un sistema físico en cuatro dimensiones. A tal fin podemos inducir una transición Raman (un cambio en el estado energético interno del átomo) que provoque que los átomos pasen de una red tridimensional a la otra. Así los átomos se moverán en un *bivolumen*: un comportamiento análogo al desplazamiento en una cuarta dimensión.

Otra opción consiste en aprovechar los niveles internos de un átomo. Este puede moverse en tres dimensiones y, para «saltar» a la cuarta, basta con que pase a uno de sus estados excitados. Si la transición se realiza de la manera adecuada, esos niveles energéticos actuarán como puntos diferentes de una cuarta dimensión.

Cualquiera de las dos opciones anteriores nos permitirían estudiar fenómenos de gran interés. Si analizásemos el comportamiento de una sola partícula, deberíamos observar sus modos de Kaluza-Klein (estados debidos a la dinámica de la partícula en la dimensión «oculta»). En cambio, si llenásemos el retículo de partículas, podríamos simular la manera en que ciertas transiciones de fase entre aislante y superfluido (el modelo de Hubbard) dependen de la dimensión del espacio. Desde un punto de vista experimental, la realización de estas simulaciones se antoja bastante viable.

La manipulación de átomos en retículos ópticos de gases ultrafríos ofrece

infinitas opciones a la simulación cuántica. En un futuro no tan lejano será posible simular dimensiones extras, sistemas frustrados, campos gravitatorios y teorías cuánticas de campos artificiales [véase «Campos electromagnéticos artificiales», por Karina Jiménez-García; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, febrero de 2012] y un sinnúmero de posibilidades que hoy ni siquiera sospechamos. En el mundo cuántico, el límite es la imaginación.

—José Ignacio Latorre  
Departamento de estructura  
y constituyentes de la materia  
Facultad de Física  
Universidad de Barcelona

EDAFOLOGÍA

## Estudio del suelo mediante técnicas espectroscópicas

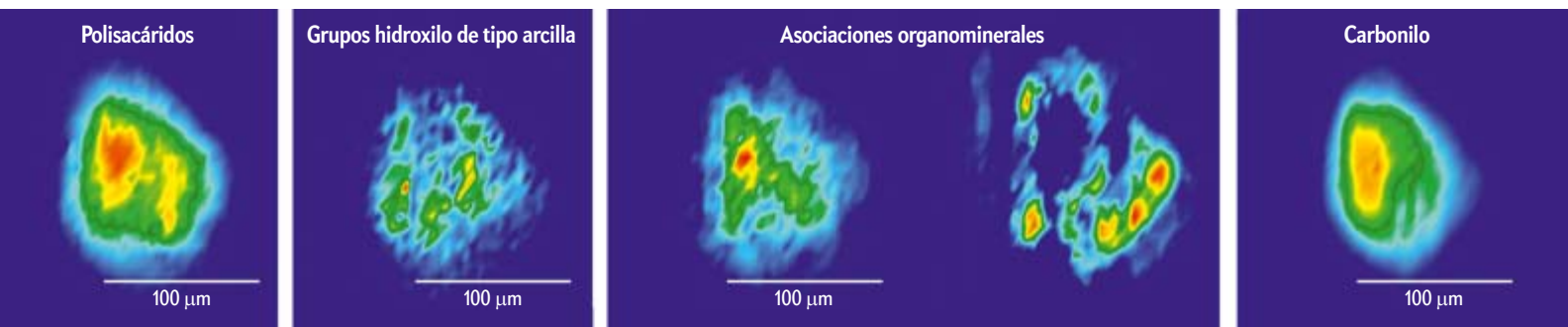
El conocimiento de los procesos edáficos a escala molecular permite afinar las estrategias de gestión de los suelos

La expansión de la población mundial y la mejora del bienestar social han incrementado la explotación del suelo como recurso natural para la producción de alimentos y textiles, así como para la eliminación controlada de residuos. Como consecuencia inmediata, surge la necesidad de investigar el impacto de dichas actividades en el medio y desarrollar estrategias de uso sostenible del suelo, con especial énfasis en temas como la

protección de las aguas subterráneas, estrechamente vinculadas a la calidad del suelo, o la contribución del suelo en las emisiones hacia la atmósfera de gases de efecto invernadero.

Los suelos degradados a causa de la explotación agrícola o minera constituyen un escenario ambiental que exige estrategias específicas para su restauración. Una de ellas consiste en la aplicación de enmiendas orgánicas para mejorar la cali-

dad del suelo y fomentar una producción sostenible. Pero la enorme variabilidad entre distintos tipos de suelo y condiciones ambientales requiere el desarrollo de estrategias «a la carta». La efectividad de dichas actuaciones dependerá, por tanto, de la caracterización rigurosa de los procesos que se producen en el suelo, tales como la dinámica de la materia orgánica o la disponibilidad de elementos inorgánicos.



**Mapas de la distribución** de diversos compuestos orgánicos y minerales en un microagregado de suelo. Cada imagen representa la distribución de una especie química o grupo funcional en el microagregado: polisacáridos, grupos hidroxilo (-OH) de tipo arcilla, asociaciones organominerales (principalmente, grupos carboxílicos y fenólicos) y grupos carbonilo (=CO). Los colores indican la intensidad de la señal, que informa sobre la cantidad presente de cada especie química. Van desde el azul (intensidad cero), el verde (intensidad baja), hasta la señal más

intensa, representada por el amarillo, rojo o naranja. La distribución de los compuestos guarda relación con las propiedades del suelo. De este modo, los polisacáridos aportan información sobre su actividad microbiológica, mientras que las asociaciones organominerales, así como los hidroxilos de tipo arcilla y los carbonilos, ofrecen indicios acerca de la estabilidad estructural. (Las imágenes han sido obtenidas mediante espectroscopía infrarroja de transformada de Fourier acoplada a microscopía óptica.)

IMÁGENES CORTESÍA DE LA AUTORA