

Apuntes

1



2



EN EE.UU., la extracción de petróleo y gas (1) y la actividad sísmica han crecido de la mano en los últimos diez años. Aunque la mayoría de los temblores derivados de la actividad humana revisten poca intensidad, su frecuencia provoca daños que afectan a los residentes. Los investigadores (2) buscan posibles maneras de sofocar esos movimientos del suelo.



PRAGUE, OKLAHOMA,
marzo de 2015



COYLE, OKLAHOMA,
enero de 2016





ENERGÍA

Soluciones a los terremotos de origen humano

En poco tiempo se han ideado varias propuestas para controlar los seísmos inducidos por la extracción de petróleo y gas

En Oklahoma, Texas, Kansas y otros estados de EE.UU., la producción de petróleo y gas está desencadenando brotes sísmicos en un grado nunca antes visto. Oklahoma tenía en el pasado una media de uno o dos terremotos al año; en 2015 experimentó casi 900. Al mismo tiempo, el ritmo a que suceden los seísmos en el centro y este del país (las zonas antaño consideradas más tranquilas al respecto) subió de 29 al año a más de 1000.

Esos movimientos de tierra han causado lesiones, dañado casas y provocado las querrelas de varios colectivos. Con todo, nadie espera que la producción de petróleo y gas vaya a cesar a corto plazo, por lo que los movimientos sísmicos tampoco lo harán. En consecuencia, las instituciones académicas, el Gobierno, las compañías petroleras y los organismos reguladores han reaccionado para intentar reducir la frecuencia e intensidad de los terremotos inducidos. Varios resultados recientes demuestran que en poco tiempo se han logrado algunos progresos, si bien numerosos problemas aún persisten.

Los expertos saben desde los años sesenta del siglo pasado que inyectar fluidos a alta presión en el suelo puede causar terremotos. En la mayoría de los casos no es la fracturación hidráulica de la roca que contiene petróleo y gas lo que desencadena los temblores, sino la inyección asociada de agua residual. Los pozos de petróleo de Oklahoma (sometidos a fracturación o no) produ-



MCCLOUD, OKLAHOMA, febrero de 2016



PAWNEE, OKLAHOMA, septiembre de 2016

cen diez o más barriles de agua subterránea por cada barril de petróleo. Las compañías separan el agua y otros productos secundarios y los inyectan de nuevo en el suelo a través de pozos de agua residual (un procedimiento concebido para proteger el suelo y el agua de la superficie). Sin embargo, tales inyecciones pueden inducir terremotos, ya que contrarrestan el rozamiento que normalmente impediría que las fallas se desplazasen. Cuando Oklahoma y otros estados se sumaron al nuevo apogeo de la producción energética, la cantidad de fluido vertido en los pozos de agua residual creció con rapidez.

En la coyuntura económica actual nadie discute si las inyecciones de agua deberían detenerse. Así pues, para hacer frente al problema, un grupo de investigadores de Stanford ha comenzado a estudiar dónde deberían efectuarse esas inyecciones. Hasta ahora han cartografiado las tensiones geo-

En la coyuntura económica actual, nadie discute si las inyecciones de agua deberían detenerse

lógicas naturales en Oklahoma y Texas (los estados con mayor población en riesgo de sufrir terremotos inducidos por la actividad humana) y han descubierto que solo una parte de las fallas tiene el potencial de deslizarse ante modestos aumentos de presión.

El equipo halló que las fallas orientadas en cierta dirección con respecto a las tensiones naturales del suelo son las más propensas a volverse activas. En el caso de las que experimentan tensiones críticas (es decir, sujetas a una fuerza natural de magnitud suficiente y aplicada en la dirección justa), puede bastar una fuerza adicional sorprendentemente pequeña para llegar a la ruptura. Esa presión puede ser de una atmósfera o menos, apunta Jens-Erik Lund Snee, estudiante de doctorado de Stanford y autor principal de un mapa de las tensiones de Texas publicado en octubre de 2016 en *Geophysical Research Letters*. Lund Snee espera que las compañías y los organismos públicos crucen esos mapas de tensiones con los de fallas, a fin

de averiguar dónde es más probable que las inyecciones causen seísmos y evitar esas zonas.

Una limitación radica en que, en Texas y Oklahoma, numerosos terremotos se han producido en fallas que estaban aún sin cartografiar. Sin embargo, las petroleras sí podrían valerse de los datos del equipo de Stanford, pues a menudo conocen el subsuelo mejor que los organismos académicos o los supervisores. «No resuelve el problema, pero no cabe duda de que supone un gran paso hacia su resolución», asegura Heather DeShon, sismóloga de la Universidad Metodista del Sur, en Dallas, y experta en terremotos inducidos por la actividad humana.

Los investigadores también están analizando los posibles beneficios de instalar densas redes de detectores sísmicos que adviertan de pequeños movimientos cerca de los pozos. De esta manera, las compañías y los organismos públicos podrían aminorar con rapidez el volumen de líquido inyectado antes de que los terremotos se hicieran mayores. En estos momentos, Texas está instalando una red de tales características. Algunos científicos recomiendan inyectar el líquido residual en capas de suelo que, al estar selladas de forma natural, permanecen aisladas de las fallas. Mientras, otros intentan determinar cuánta presión puede tolerar cada zona antes de que se induzca la actividad sísmica.

Por el momento, sin embargo, Oklahoma sigue temblando. Jake Walker, sismólogo del estado, reconoce que varios hallazgos serán de ayuda a largo plazo, pero él se centra en encontrar respuestas rápidas. Desde 2015 el estado ha reducido de forma considerable los volúmenes inyectados y, en ciertos casos, ha suspendido la inyección de aguas residuales cerca de zonas sísmicas para mitigar los temblores. Pero, si bien eso logró reducir la cantidad de terremotos, la intensidad de los que aún se producen ha aumentado. ¿Por qué? Una posible explicación es que, al seguir extendiéndose las bolsas a alta presión por el subsuelo, como una gota de agua sobre una toalla de papel, el líquido encuentra nuevas fallas, algunas de las cuales serían mayores. Walter admite que, a pesar de los progresos, el peligro aún no ha desaparecido.

—Anna Kuchment



TECNOLOGÍA

Aprender Morse sin darse cuenta

Los ordenadores ponibles que transmiten estímulos táctiles permiten adquirir habilidades manuales de manera casi inconsciente

Aprender código Morse, con su claqué de puntos y rayas, podría requerir mucho menos esfuerzo y atención de lo que parece. Según un estudio reciente, el truco parece encontrarse en usar un ordenador ponible que aproveche nuestra capacidad para percibir estímulos táctiles. El trabajo sugiere que los dispositivos móviles podrían ayudarnos a adquirir varias destrezas manuales casi sin que nos demos cuenta, mientras llevamos a cabo nuestras tareas cotidianas.

La estudiante de doctorado Caitlyn Seim y el experto en computación Thad Starner, del Instituto de Tecnología de Georgia, investigan en tecnología háptica: cómo integrar las vibraciones y otras indicaciones táctiles en los aparatos electrónicos. El pasado mes de septiembre, durante el vigésimo Simposio Internacional de Ordenadores Ponibles, celebrado en Heidelberg, anunciaron que habían programado Google Glass, las gafas inteligentes de Google, para que el usuario aprenda código Morse de forma pasiva. Los resultados preliminares apuntan al éxito de la técnica.

En el estudio, doce sujetos se pusieron las gafas inteligentes mientras usaban un ordenador personal para participar en un juego en línea. Durante varias sesiones de una hora, la mitad de los jugadores oyó cómo el altavoz integrado en las gafas deletreaba repetidamente varias palabras. Al mismo tiempo, sentían unos pequeños golpes tras la oreja derecha, efectuados por un transductor de conducción ósea incorporado a la montura; esos golpeteos corres-



pondían a los puntos y rayas de cada letra en código Morse. Los otros seis participantes solo oyeron el audio, pero no experimentaron las vibraciones asociadas.

Tras cada partida se pedía a los jugadores que escribiesen letras en código Morse pulsando con el dedo en la superficie táctil de las gafas. Si, por ejemplo, marcaban punto-punto, el visualizador mostraba la letra I. Esas breves pruebas les incitaban a aprender el código. Tras cuatro sesiones de una hora, el grupo que había recibido las indicaciones táctiles fue capaz de escribir un pangrama (una frase que usa el alfabeto entero) con una exactitud del 94 por ciento. En cambio, el grupo que únicamente estuvo expuesto al audio —y que, por tanto, solo aprendió por ensayo y error— vio reducida su tasa de éxito al 47 por ciento.

Según Starner, el estudio muestra que es posible que alguien aprenda a teclear en Morse sin prestar demasiada atención. El investigador sostiene que el aprendizaje háptico pasivo podría ayudar a los usuarios a dominar en poco tiempo nuevos métodos de entrada de texto para teclados accesorios, o un sistema de tipo Morse ejecutado a ciegas dando golpecitos en un reloj inteligente. «Eso podría cambiar por completo la manera en que usamos los dispositivos móviles y ponibles», añade.

Seim señala que los resultados cuadran a la perfección con otros procesos de aprendizaje háptico pasivo observados en estudios anteriores. Por ejemplo, su grupo ha creado unos guantes inteligentes que transmiten vibraciones a los dedos con el objetivo de que el usuario aprenda los movimientos musculares que permiten tocar una melodía al piano o escribir en Braille. Paul Lukowicz, experto del Centro Alemán de Investigaciones en Inteligencia Artificial que no participó en el estudio, apunta que, si bien se trata de un experimento a pequeña escala, los resultados revelan el potencial de los ordenadores ponibles para enseñarnos cosas mientras seguimos con nuestro día a día.

—Ingfei Chen

ÉTICA

Un trato más humano para los primates

Se propone el acceso libre a los datos para reducir el número de estudios que soportan nuestros parientes más cercanos

El año pasado, el Congreso de EE.UU. hizo un llamamiento cuando ordenó a los Institutos Nacionales de Salud (NIH) que revisaran sus criterios de supervisión ética de la investigación con primates financiada con fondos públicos. Si bien la comunidad científica considera que los primates son un elemento esencial para los avances en biomedicina (han permitido grandes progresos en la lucha contra el sida y las enfermedades neurológicas como el párkinson, entre otras), admite que puede hacerse más por mejorar el trato que se les dispensa y reducir su uso en las investigaciones [véase «¿Debe investigarse con animales?», por Juan Lerma, *en este mismo número*]. Con ese fin, los NIH convocaron el pasado septiembre a destacados científicos y expertos en ética para debatir acerca del futuro de la investigación con primates, y coincidieron en que el intercambio de datos es el camino que debe seguirse.

Para dar respuesta a nuevas incógnitas, es posible reducir los experimentos con primates estudiando los datos ya recabados, asegura David O'Connor, patólogo de la Universidad de Wisconsin en Madison. Él ya ha tomado ese camino: su laboratorio estudia el virus del Zika en primates y cuelga de inmediato todos los resultados en Internet. Intenta descubrir modos para combatir el virus con la mayor rapidez posible sin exponer innecesariamente a los animales.

El Instituto Allen de Ciencias del Cerebro, en Seattle, que emplea macacos de la India para estudiar las bases moleculares del desarrollo cerebral, también hace públicos todos sus resultados. O'Connor afirma que esta práctica debería gozar de mayor difusión para que los estudiosos que emplean este escaso pero vital recurso puedan saber lo máximo posible con el mínimo número de animales. Aun así, no oculta su escepticismo de que el intercambio de datos se ponga de moda, pues ello exigiría un cambio en la arraigada cultura del secretismo que domina la ciencia, donde los datos se guardan bajo siete llaves hasta su publicación en una revista arbitrada por expertos.

Un paso hacia la transparencia total sería seguir el ejemplo de los ensayos clínicos en humanos, explica Christine Grady, especialista en bioética de los NIH. La legislación de Estados Unidos exige a la mayoría de tales ensayos que se registren en línea y que hagan públicos sus resultados, aunque fracasen o sean inconcluyentes. Así se garantiza que, sean cuales sean los resultados, otros aprendan del estudio, una actitud que también podría evitar que los primates fueran destinados a estudiar lo mismo por duplicado.

Nancy Haigwood, directora del Centro Nacional de Oregón para la Investigación con Primates, califica el libre intercambio de datos como «el futuro». Su centro acoge a 4800 primates (macacos, papiones y saimirés, entre otros) destinados al estudio de las enfermedades humanas. Actualmente vuelca los resultados de su centro en la página web de O'Connor. «No veo ningún inconveniente. Tenemos que compartir los datos más rápido», asegura.

—Monique Brouillette



EN 2015 los NIH de EE.UU. decidieron cesar la investigación biomédica con chimpancés. Muchos de los que se retiraron fueron enviados a Chimp Haven, en Keithville, Luisiana.

Plantas cultivadas en los polos

Un invernadero en el Antártico proporcionará frutas y hortalizas a los científicos polares

En el invierno sin fin de la Antártida, la imagen misma del sibirismo decadente es una fresa jugosa. Los investigadores de la estación polar Neumayer III podrán quizá tener pronto la suerte de contar en su alimentación con ese manjar, como con otras frutas y verduras frescas: los ingenieros del Centro Aeroespacial Alemán están construyendo en estos momentos un invernadero para todo el año.

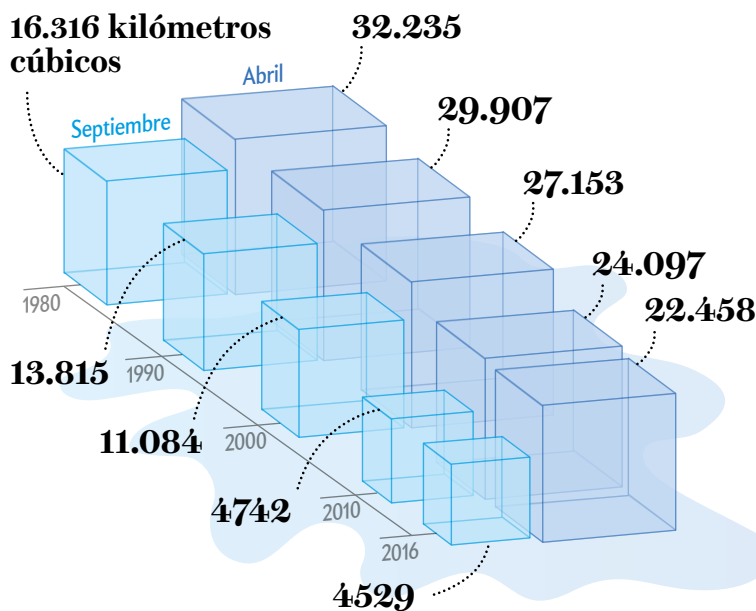
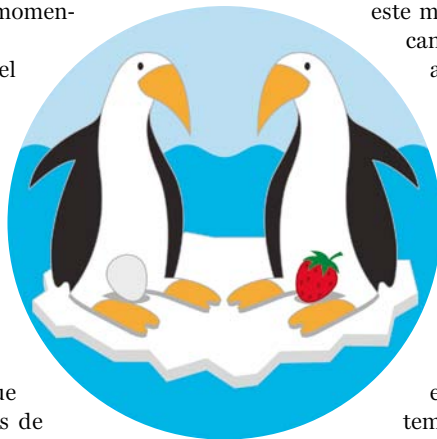
Bautizado con el nombre de Eden ISS, el sistema cerrado, un contenedor de transporte de 6 metros de largo, se dirigirá hacia el sur en octubre. El proyecto está ahora en su fase final; el mes que viene Paul Zabel, futuro encargado del invernadero, y sus colaboradores empezarán los ensayos en Bremen. Tienen pensado plantar en un simulado aislamiento entre 30 y 50 especies diferentes: tomates, pimientos, lechuga y fresas, y también hierbas como la albahaca y el perejil que añadan sabor a los alimentos envasados de que se compone la dieta habitual de un científico en la Antártida. «Nos centramos en las plantas que son comestibles en cuanto se las recolecta, que no necesitan ningún procesamiento posterior», comenta Zabel.

Cultivar verduras en las hostiles condiciones de la Antártida requiere medidas drásticas: en la plataforma de hielo Ekström

las temperaturas pueden llegar a los treinta grados bajo cero y el sol desaparece durante meses enteros. Para superar semejantes inconvenientes, Zabel ha recurrido a un método de cultivo llamado aeroponía, que no necesita suelo (también los invernaderos de las estaciones estadounidenses y australianas usan este método). Las frutas y las hortalizas se colocan en estantes, con las raíces colgando en el aire, y reciben una rociada de neblina rica en nutrientes cada pocos minutos. Como enriquecimiento, se introduce dióxido de carbono adicional en el invernadero, que se mantiene a 24 grados de temperatura, y 42 lámparas de led alumbran en las longitudes de onda rojas y azules que favorecen a las plantas, con lo que el recinto toma un resplandor púrpuro.

Morder frutas o verduras maduras podría subir la moral de los diez miembros del equipo que invernarán durante la próxima temporada en Neumayer III. Pero la huerta es más que un regalo para los científicos polares, dice Zabel. En última instancia, el proyecto está concebido para ensayar técnicas eficientes de cultivo de alimentos vegetales en entornos aún más extremos, como la Estación Espacial Internacional o Marte.

—Megan Gannon



CAMBIO CLIMÁTICO

Retroceso del hielo

Su volumen se ha reducido un 72 por ciento en el Ártico

La magnitud de la pérdida de hielo en los polos tal y como lo ven los satélites es solo, nunca mejor dicho, la punta del iceberg. Aunque la reducción del hielo ártico suele expresarse en superficie, el cambio en volumen no es menos impresionante. Se calcula que el número de metros cúbicos de hielo de verano ha disminuido un 72 por ciento entre 1989 y 2016. Los datos de 2016 solo afianzan la tendencia: el hielo alcanzó los mínimos en los meses de octubre y noviembre. El Ártico podría quedarse sin hielo hacia mediados del siglo, si seguimos emitiendo gases de efecto invernadero al ritmo actual, comenta Julianne Stroeve, investigadora del Centro Nacional de Datos del Hielo y la Nieve de EE.UU.

—Ryan F. Mardelbaum

Robots en el torrente sanguíneo

Fabrican microrrobots sumergibles cuyo movimiento puede controlarse mediante la luz

Hace años que los científicos sueñan con crear máquinas microscópicas que surquen el flujo sanguíneo para administrar fármacos o realizar cirugía menor. En los últimos quince años se han fabricado distintas variantes que dependen de reacciones químicas, campos magnéticos o vibraciones, pero a menudo acaban moviéndose erráticamente. Como explica Jinyao Tang, químico de la Universidad de Hong Kong, el problema principal reside en guiarlas hacia donde se las necesita. Ahora, su equipo ha logrado varios progresos con un microrrobot sumergible que puede ser conducido con suavidad y precisión mediante un haz luminoso.

En un artículo publicado en diciembre de 2016 en *Nature Nanotechnology*, los investigadores refirieron la creación de micropartículas con forma de cepillo, con un «mango» compuesto de silicio y «cerdas» de dióxido de titanio. Ambos materiales absorben fotones. Cuando se ilumina la micropartícula, el silicio genera iones hidróxido, con carga negativa, mientras que el dióxido de titanio produce iones positivos de hidrógeno.

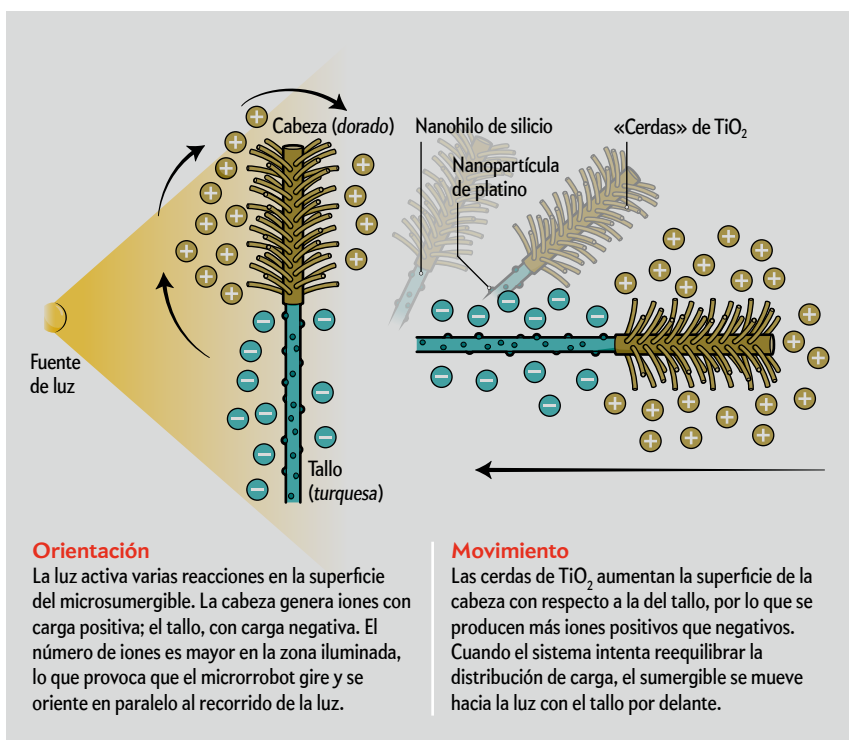
no. Cuando dichos iones se desplazan para compensar la distribución irregular de carga, arrastran consigo el fluido, lo que hace que el conjunto avance hacia la luz con el tallo por delante, como un dardo.

Para comprobar su funcionamiento, los investigadores lo colocaron en un líquido sobre un portaobjetos de vidrio y lo guiaron con luz ultravioleta para que escribiera la palabra *nano*. El motor, que mide 11 micrómetros de largo, recorrió alrededor de un milímetro en dos minutos. Aunque demasiado lento para usos médicos, Tang explica que están diseñando nuevas geometrías que aumentarán la velocidad. «Esa forma única de controlar con precisión la velocidad y la dirección resulta asombrosa», apunta Samuel Sánchez, nanorrobotista del Instituto Max Planck de Sistemas Inteligentes de Stuttgart, quien no participó en la investigación.

El trabajo representa un primer paso para fabricar robots con aplicaciones clínicas que puedan moverse por el cuerpo del paciente mientras son controlados desde fuera con un haz de luz, señala Tang. Por el momento funcionan con luz ultravioleta, pero los investigadores ya están trabajando en versiones que respondan al infrarrojo cercano, el cual puede penetrar unos centímetros en los tejidos. Para alcanzar mayores profundidades en el cuerpo del paciente, los cirujanos podrían controlar los robots con fibras ópticas.

—Prachi Patel

Sumergibles microscópicos guiados por luz



BROWN BIRD DESIGN (ilustración); FUENTE: «PROGRAMMABLE ARTIFICIAL PHOTOTACTIC MICROSUMMER», BAOHU DA ET AL. EN *NATURE NANOTECHNOLOGY*, VOL. 11, DICIEMBRE DE 2016; OBSERVATORIO EUROPEO AUSTRAUM. KORNMESSE (Próxima b)

CONFERENCIAS

12 de febrero

La superconductividad: Ese extraño fenómeno cuántico que puedes ver

Belén Valenzuela, Instituto de Ciencia de Materiales de Madrid/CSIC Museo Nacional de Ciencia y Tecnología Alcobendas
www.muncyt.es > actividades

EXPOSICIONES

WOW: Maravillas de la vida salvaje

Parque de las Ciencias Granada
www.parqueciencias.com > exposiciones

Las matemáticas y la vida

Museo de la Ciencia y la Técnica de Cataluña Terrassa
mnactec.cat > exposiciones

OTROS

Concurso de vídeo, dibujo y relato

La mar de ciencia

Para alumnos de primaria y secundaria interesados en la ciencia y el mar CSIC y Sistema de Observación y Predicción Costero de las Islas Baleares
www.lamardeciencia.es

2 de febrero — Conferencia y observación de la Luna

¿Existen otras Tierras en nuestra galaxia?

Pedro J. Amado, Instituto de Astrofísica de Andalucía/CSIC Ciudad de las Artes y las Ciencias Valencia
www.cac.es/astrofísica



Del 6 al 19 de febrero

Día Internacional de la Mujer y la Niña en la Ciencia

Numerosas actividades en todo el territorio nacional
<https://11defebrero.org>

15 de febrero — Tertulia

La plasticidad del cerebro

Antoni Rodríguez Fornells, Instituto de Investigación Biomédica de Bellvitge Casa Orlandai Barcelona
www.cienciaensocietat.org > cafés científicos