

APUNTES



La retina humana, como la de la imagen, podría revelar indicios de la enfermedad de Alzheimer.

DETECTAR EL ALZHEÍMER A TRAVÉS DE LA RETINA

Ciertas pruebas oculares facilitarían el diagnóstico de la enfermedad

En el embrión, una parte del encéfalo incipiente se ramifica y conforma la retina, una lámina de tejido que tapiza la parte posterior del globo ocular. Esto convierte la retina, compuesta por varias capas de neuronas, en parte del sistema nervioso central. A medida que más y más pruebas indican que algunas alteraciones cerebrales se pueden manifestar a través de ella, los especialistas están dedicando más atención a su posible uso como indicador de los signos iniciales del alzhéimer, una enfermedad neurodegenerativa incurable que afecta a más de [800.000 personas en España](#) y a [10 millones en Europa](#).

Décadas atrás, el alzhéimer solo se podía diagnosticar en la autopsia, tras la muerte del paciente; pero, gracias al progreso científico, desde inicios del milenio es posible detectar con precisión los signos de la enfermedad —y empezar a investigar tratamientos— años antes de que aparezcan los primeros síntomas. Hoy, la obtención de imágenes del cerebro mediante [tomografía por emisión de positrones](#) (TEP) y el [análisis del líquido cefalorraquídeo](#) (el líquido que envuelve el encéfalo y la médula espinal) facilitan el diagnóstico del alzhéimer en sus etapas iniciales.

«Ha habido enormes avances en la capacidad de detección precoz», afirma Peter J. Snyder, neuropsicólogo y neurocientífico en la Universidad de Rhode Island. Pero esos métodos de diagnóstico no siempre están disponibles y son costosos e invasivos. La TEP exige la inyección de una sustancia marcadora radiactiva en el torrente sanguíneo, y el líquido cefalorraquídeo debe extraerse mediante la punción con una aguja entre las vértebras de la espalda. «Tenemos que priorizar el diagnóstico de las personas con alto riesgo mediante herramientas de cribado que sean económicas, sencillas y no invasivas», señala Snyder. La retina resulta especialmente interesante, añade, porque presenta una vinculación estrecha con el tejido cerebral y puede

examinarse a través de la pupila con métodos corrientes en la consulta del oftalmólogo.

Una estrategia para el cribado retiniano consiste en buscar indicios del amiloide beta, el péptido que se agrega en forma de placas dañinas en el cerebro de los pacientes de alzhéimer. Los estudios apuntan a que este fragmento proteico se acumula también en la retina, y existen indicios de que podría ser detectable en su seno antes de la manifestación de los primeros síntomas.

En 2014, Robert Vince y Swati More, del Centro de Diseño Farmacológico de la Universidad de Minnesota, [describieron](#) por primera vez el uso de un método que denominaron obtención de imágenes hiperespectrales. Consistía en capturar una imagen a numerosas longitudes de onda para localizar los agregados de amiloide beta en retinas de ratón. A continuación, confirmaron la presencia de esos agregados en el cerebro de los roedores en fases más avanzadas de la enfermedad. Desde esa primera descripción, los equipos de ambos científicos han descubierto que los agregados también servirían como indicador precoz en el ojo humano.

El equipo ha concedido la licencia de la técnica a una empresa de diagnóstico por imágenes de Canadá, RetiSpec, que la combina con un algoritmo de aprendizaje automático que localiza con precisión los agregados amiloideos en las imágenes hiperespectrales. Investigadores de numerosos centros de América del Norte están llevando a cabo ensayos clínicos para examinar la eficacia de la técnica.

Los datos preliminares de esos estudios, presentados en una conferencia el pasado noviembre, procedían de 108 participantes con riesgo de padecer alzhéimer, con alzhéimer presintomático o con un deterioro cognitivo leve (que puede ser un signo inicial de enfermedad neurodegenerativa). Al comparar las pruebas de cribado retiniano con los resultados de la TEP y del análisis del líquido cefalorraquídeo, los investigadores comprobaron que la técnica identificaba correctamente a

las personas con amiloide cerebral en el 86 por ciento de los casos, y descartaba con acierto a los no afectados el 80 por ciento de las veces. En opinión de Sharon Cohen, directora médica del Programa de Memoria de Toronto y coordinadora del estudio, los resultados son alentadores, pero matiza que se precisan más datos antes de que se apruebe su uso como instrumento de diagnóstico. «Aunque creo que ese día llegará.»

Otros investigadores han identificado también amiloide en las retinas de personas sin signos de deterioro cognitivo pero cuyas imágenes de TEP mostraban la presencia de placas amiloides. El neurocientífico Robert Rissman, de la Universidad de California en San Diego, y sus colaboradores están examinando la retina de los participantes en un gran ensayo en curso donde se investiga un fármaco experimental contra el alzhéimer. Antes y después de iniciar el tratamiento, los investigadores miden el amiloide retiniano; primero lo hicieron en un pequeño estudio de viabilidad con ocho participantes, y ahora lo están midiendo en un mayor número de pacientes. Estos datos podrían arrojar luz sobre la evolución del amiloide en la retina y demostrar si el tratamiento reduce su concentración, explica Rissman.

Asimismo, se están investigando otros signos retinianos del alzhéimer inicial. En un [estudio](#) publicado en *JAMA Ophthalmology* a principios de este año, sus autores describieron que el espesor de la retina se asociaba con ciertos aspectos del deterioro cognitivo. Y el equipo de Snyder ha estado explorando los cambios progresivos en la anatomía de ese tejido, como la regresión de ciertas regiones; los datos preliminares parecen

indicar que esos cambios se relacionan con la acumulación de amiloide en el cerebro. Snyder y sus colaboradores analizan ahora esos y otros biomarcadores retinianos, como las alteraciones en los vasos sanguíneos, en el ensayo longitudinal [Estudio para un Atlas de Imágenes Retinianas del Alzhéimer](#) (ARIAS, por sus siglas en inglés).

Si bien el diagnóstico retiniano de la enfermedad se ha abordado con distintos enfoques, Rissman afirma que de momento no se ha demostrado ninguno y advierte de que quedan preguntas sin respuesta, como saber si los agregados que se detectan son realmente de amiloide. Snyder destaca que se sigue debatiendo cuál es el mejor modo de reconocer la sustancia en la retina, a lo que se suma el hecho de que los estudios por imágenes de esos agregados se han saldado con resultados variopintos en distintos centros de investigación.

Pese a lo anterior, Cohen asegura que, «si bien los trabajos de diferentes laboratorios siempre son bienvenidos para confirmar los datos [...], ya hay suficientes pruebas de que el amiloide se acumula en la retina y esto no debería ponerse en tela de juicio.»

La detección precoz y el diagnóstico certero son claves para prestar a los enfermos la atención y el itinerario terapéutico adecuados, por lo que herramientas como el estudio por imágenes de la retina podrían ser de ayuda tanto para el paciente como para el médico en ese periplo, afirma Rebecca Edelmayer, directora de promoción científica de la Asociación de EE.UU. para el Alzheimer. Aunque todavía no se conocen todas las posibilidades que puede brindar el diagnóstico por la imagen de la retina, «vivimos un momento realmente interesante», concluye.

Diana Kwon

BIOLOGÍA

AGUIJÓN A PROPULSIÓN

Un estudio ahonda en los extraordinarios aguijones de los animales marinos

Las medusas, las anémonas y los corales, que conforman el grupo de los cnidarios, disparan dardos con veneno urticante a velocidades de relámpago por medio de diminutas cápsulas presurizadas. El mecanismo exacto

del proceso, que tiene lugar en unos orgánulos celulares especiales llamados nematocistos, no se conocía con certeza. Ahora, un equipo encabezado por Matt Gibson y Ahmet Karabulut, del Instituto Stowers de Investigaciones Médi-

cas de Kansas City, ha empleado una avanzada técnica de imágenes para examinar con sumo detalle el accionamiento del nematocisto. Según creen, descubrir la biofísica de la que califican como «una de las micromáquinas biológicas más refinadas de la naturaleza» podría inspirar el diseño de minúsculos inoculadores de fármacos.

La casualidad ha contribuido al [descubrimiento](#), que se ha dado a conocer en *Nature Communications*: Karabulut se percató de que una sustancia empleada en la preparación microscópica de las células urticantes de las anémonas de mar también provocaba el disparo de los nematocistos y los fijaba, es decir, conservaba su estructura celular, en diversas etapas del proceso. Por medio de la microscopía de fluorescencia de muy alta resolución y la microscopía electrónica, observaron con todo lujo de detalles la secuencia de sucesos. En estos intervienen un tubo rígido y un filamento flexible en forma de látigo, que permanece enroscado alrededor del primero en el interior del nematocisto.

La célula carece del espacio suficiente para dar cabida a un mecanismo elástico que impulse el aguijón, «así que ha ideado otra estrategia», explica Karabulut. Tanto el tubo como el filamento permanecen invaginados y perfectamente plegados en el interior del orgánulo minúsculo. Cuando el nematocisto se dispara, el tubo sale proyectado primero y gira hacia la derecha. A continuación,



Anémona de mar

ROBERT AGUILAR/CENTRO SMITHSONIANO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES (CC BY 2.0)

el filamento se desenrolla y se desplaza sobre el tubo girando también hacia la derecha. Ese giro orienta hacia afuera los diminutos garfios que lo recubren, que hasta ese momento apuntaban hacia adentro, y que son los encargados de inyectar las toxinas a la infortunada presa.

Poder ver el proceso bifásico de disparo supone «un gran avance en el conocimiento de la mecánica de evaginación del orgánulo», opina Leslie Babonis, bióloga evolutiva de la Universidad Cornell y ajena al estudio.

En el futuro tal vez sea posible diseñar y crear a medida cnidocitos para que inyecten fármacos donde se quiera. «No creo que sea descabellado pensar en aplicaciones médicas o terapéuticas», concluye Babonis.

Viviane Callier

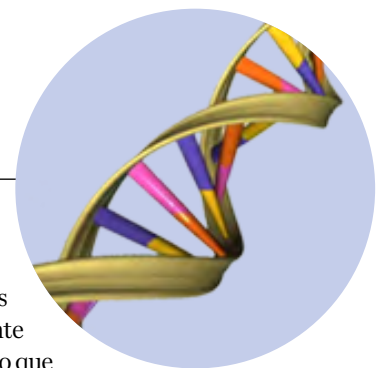
QUÍMICA TEÓRICA

MUTACIONES CUÁNTICAS

El efecto túnel podría modificar el ADN

Muchos biólogos suponen que los fenómenos cuánticos desempeñan un papel insignificante en el interior de las células. Sin embargo, según un reciente análisis teórico de los enlaces que mantienen unido el

ADN, esos efectos podrían ser bastante más frecuentes de lo que se sospechaba y constituir una importante fuente de mutaciones genéticas.



APFERRON/INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DEL GENOMA HUMANO DE EE.UU./WIKIMEDIA COMMONS; DOMINIO PÚBLICO

Un equipo dirigido por Louie Slocombe, de la Universidad de Surrey, se ha centrado en las bases nitrogenadas presentes en los «peldaños» que conectan la doble cadena de la molécula de ADN, así como en los puentes de hidrógeno (formados mediante un protón) que enlazan las dos partes de esos peldaños. Su modelo teórico incluye los efectos cuánticos que permiten que un protón unido a la base citosina de una hebra experimente de forma espontánea un «efecto túnel» y se enganche a la base guanina de la otra.

Ese par de bases alterado, conocido como tautómero, puede recuperar enseguida su configuración original. Pero si el protón no regresa a su posición antes de que se separen las dos cadenas de ADN (el primer paso del proceso de replicación), la citosina podría unirse a una base distinta, la adenina, en vez de a la guanina. Y ese apareamiento anómalo crearía una mutación.

Desde la década de 1950, cuando se [descubrió](#) la estructura de la molécula de ADN, se sabe que (en teoría) los pares de bases pueden adoptar formas tautoméricas. No obstante, se creía que el efecto túnel tendría poca relevancia a la hora de generar mutaciones, debido a la duración extraordinariamente corta de esos estados físicos.

Sin embargo, según el [modelo](#) que describen los investigadores en *Communications Physics*, el

proceso cuántico ocurre tan a menudo que, en un momento dado, puede haber cientos de miles de tautómeros en el genoma de una célula. Así pues, aunque esas estructuras sean efímeras, surgen con tanta frecuencia que podrían convertirse en una gran fuente de mutaciones. El modelo indica que la inestabilidad cuántica «tal vez desempeñe un papel mucho más importante en las mutaciones del ADN de lo que se ha propuesto hasta ahora», escriben los autores. El equipo se pregunta por el modo en que los mecanismos de reparación específicos logran subsanar esos errores cuánticos, dado que la cantidad de tautómeros predicha es miles de veces mayor que el número total de mutaciones que se produce en cada generación humana.

El trabajo quizás «allane el camino para investigar diversos procesos de efecto túnel en el ADN y en la membrana celular que podrían ser fundamentales en biología molecular», comenta Gizem Çelebi Torabfam, científica del Centro de Investigaciones y Aplicaciones Nanotecnológicas de la Universidad Sabanci, en Estambul, quien ha estudiado el efecto túnel, pero no participó en el proyecto. «Además, deberíamos considerar la [transferencia ultrarrápida](#) de protones entre dos bases de ADN en la patogenia de enfermedades comunes.»

Lars Fischer y Gary Stix

ECOLOGÍA

PARÁSITOS INTESTINALES

Los «códigos de barras genéticos» ayudan a entender cómo se propagan las lombrices entre los herbívoros

Si una cabra y un hipopótamo van a beber a un abrevadero de la sabana, quizás acaben compartiendo mucho más que un simple trago. Los parásitos intestinales, transmitidos a través de la comida y el agua, pueden causar daños que van desde un [retraso del crecimiento](#) hasta la inanición y la muerte. Para predecir cómo se propagan esas lombrices en lugares como el centro de Kenia, donde confluyen cada vez más los herbívoros salvajes y los domésticos, los científicos tratan de comprender mejor qué parásitos

viven en cada especie y por qué.

Un [estudio](#) publicado en *Proceedings of the Royal Society B* muestra que los parásitos intestinales son selectivos en cuanto a sus anfitriones: las especies de parásitos relacionadas entre sí tienden a concentrarse en animales con tripas similares. Los investigadores realizaron un análisis químico de 550 muestras fecales de 17 especies herbívoras e identificaron fragmentos de ADN de los parásitos (los deno-



minados [códigos de barras genéticos](#)) que les permitieron catalogar las poblaciones de nematodos susceptibles de alojarse en los intestinos de los animales.

Las aproximadamente 80 clases de lombrices que hallaron parecían repartirse entre dos tipos distintos de aparatos digestivos: algunas se inclinaban por los estómagos simples, mientras que otras preferían aquellos compuestos por varios compartimentos, como los de las vacas y los camellos. Incluso las especies no emparentadas, como los elefantes y los burros (que tienen poco en común, más allá de ser monogástricos), presentaban parásitos genéticamente similares, lo cual sugiere que esos mamíferos podrían infectarse unos a otros.

Saber qué lombrices viven en qué animales ayuda a los ganaderos y a los expertos en conservación a controlar la propagación de los parásitos. En Kenia, las estaciones secas son cada vez más largas, lo que ha llevado a un buen número de granjeros a cambiar el ganado vacuno por animales que toleran mejor las sequías, como los camellos. Aunque, desde el punto de vista genético, los camellos son muy diferentes de sus nuevos vecinos de la sabana, parece que comparten parásitos con multitud de especies salvajes y domésticas, sobre todo con las vacas. Y el 90 por ciento de los camellos analizados tenían parásitos, cuando

la media en otras especies poligástricas ronda el 65 por ciento.

«No sabíamos que hubiera tantos camellos infectados, ni que compartieran parásitos con tantos animales salvajes», admite Georgia Titcomb, ecóloga experta en enfermedades de la Universidad de California en Santa Bárbara y primera autora del artículo. A partir de estos resultados, se ha decidido desparasitar a los camellos de la zona estudiada para proteger a animales como las jirafas, cuya población está disminuyendo.

Las lombrices intestinales suelen identificarse mediante procesos lentos y costosos, que implican sacrificar animales o examinar las heces al microscopio en busca de huevos. Sin los códigos de barras genéticos, Titcomb y su equipo no habrían obtenido una imagen tan completa de la población de parásitos.

«Creo que son las herramientas perfectas para abordar este tipo de cuestiones, como qué factores determinan la composición de las comunidades de parásitos», señala Sebastién Calvignac-Spencer, ecólogo de enfermedades del Instituto Robert Koch de Berlín ajeno al estudio, pero que emplea los códigos de barras genéticos para estudiar los virus de los mamíferos. Ambos investigadores confían en que este método se popularice entre los parasitólogos.

Sasha Warren

TECNOLOGÍA

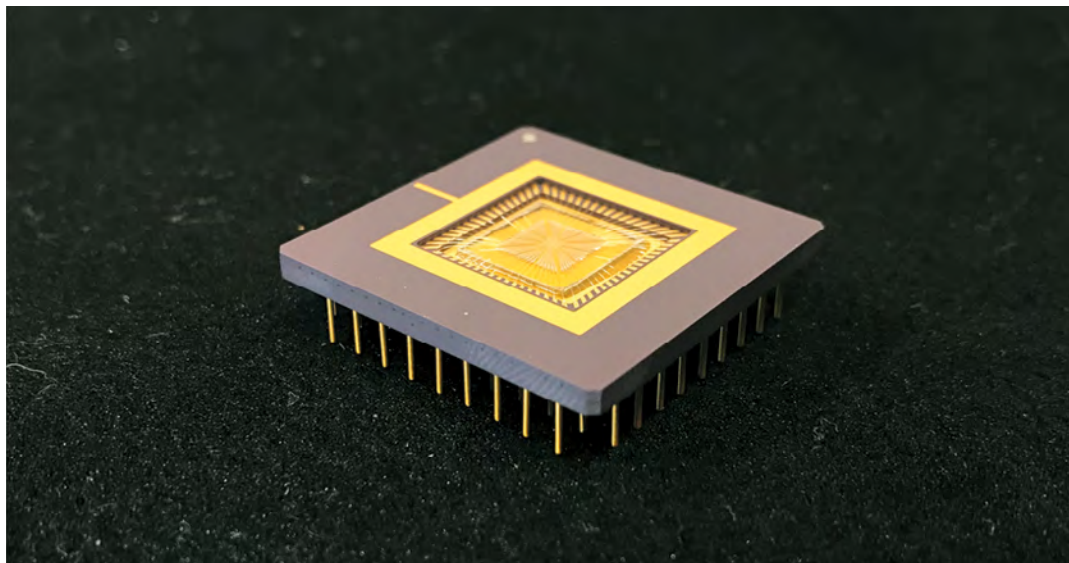
CHIPS CON CILIOS ARTIFICIALES

Un nuevo chip recubierto de cilios podría revolucionar el diagnóstico mediante equipos portátiles

El diminuto movimiento de un cilio, una especie de pelo celular microscópico, apenas provoca un cambio en su poseedor. Pero, si se mueven todas juntas, estas estructuras logran auténticas hazañas biológicas dentro del organismo. Los cilios eliminan los patógenos inhalados que han llegado al aparato respiratorio, transportan el líquido cefalorraquídeo a través de las cavidades cerebrales, empujan los óvulos del ovario al útero y drenan la mucosidad desde el oído medio hacia la cavidad nasal. Ejercen dichas funcio-

nes gracias a un control microfluídico preciso sobre los líquidos vitales del organismo. Para entender mejor cómo funcionan, los científicos llevan intentando imitarlos desde hace años.

Ahora se está más cerca que nunca de conseguirlo. Un equipo compuesto por varios investigadores ha creado un chip cubierto de cilios artificiales. Con él pueden controlar con precisión los minúsculos patrones de flujo de los fluidos. Los desarrolladores esperan que esta técnica se convierta en la base de nuevos dispositivos portátiles de diagnóstico. En la actualidad, numerosas



WEI WANG/JINGKUN LU

Chip recubierto con cientos de cilios artificiales.

pruebas diagnósticas de laboratorio consumen tiempo y recursos y precisan de la intervención humana. Un chip cubierto de cilios permitiría realizar esas pruebas de una forma más sencilla, barata y eficiente. Además, las muestras que se necesitarían de sangre, orina u otro material podrían ser mucho menores.

Los humanos hemos logrado espectaculares hazañas tecnológicas a gran escala, pero «no estamos al mismo nivel en lo referente al diseño de máquinas en miniatura», señala Itai Cohen, físico de la Universidad Cornell y principal autor del [estudio](#), publicado en *Nature*, en el que se describe el chip con cilios. Anteriormente, se había intentado crear cilios artificiales que funcionaran gracias a la presión, la luz, la electricidad e incluso imanes. Pero quedaba por resolver un gran obstáculo: el diseño de minúsculos actuadores (las piezas que activan el movimiento de una máquina) que pudieran controlarse individualmente o en pequeños grupos, en lugar de todos a la vez.

Los investigadores resolvieron el problema inspirándose en algunos aspectos de su trabajo previo. En agosto de 2020, el Libro Guinness de los Récords reconoció a Cohen y a su equipo por diseñar el [robot andante más pequeño](#) del mundo. Su máquina, cuyo tamaño era tan solo de una fracción de un milímetro, caminaba sobre cuatro patas flexibles. De forma parecida, los nuevos cilios artificiales están hechos de una película flexible de grosor nanométrico que responde al control eléctrico. Cada cilio mide una veinteaava parte de un milímetro de largo (menos de la mitad de lo que mide un ácaro) y diez nanómetros

de grosor (más delgado que el más pequeño de los orgánulos celulares). Uno de sus lados está recubierto con una tira de platino, y el otro, con una película de titanio.

La clave para controlar eléctricamente estos cilios artificiales reside en su composición metálica. Al aplicar un pequeño voltaje positivo a través de un cilio, se desencadena una reacción química; cuando este entra en contacto con una gota de un fluido de prueba, el platino electrificado rompe las moléculas de agua del fluido. Esto libera los átomos de oxígeno, que serán absorbidos por la superficie de platino. El oxígeno captado alarga la tira y hace que se doble en una dirección. Cuando se invierte el voltaje (pasa de positivo a negativo), el oxígeno sale del platino y el cilio recupera la forma original. Así lo explica Cohen: «Al hacer oscilar el voltaje, la tira se puede doblar y desdoblar a voluntad, lo que genera ondas con las que se impulsará el movimiento [del fluido de prueba]». Mientras tanto, la película de titanio, eléctricamente inerte, estabiliza la estructura.

El siguiente paso era crear una superficie con miles de cilios artificiales. Al doblarse y desdoblarse una tras otra, estas finas tiras pueden impulsar una cantidad microscópica de fluido en una dirección determinada. Pero, para conseguir que una gota fluyera siguiendo un patrón más complejo, el equipo tuvo que dividir la superficie del chip en grupos de cilios que se pudieran controlar por separado. En colaboración con investigadores de la Universidad de Cambridge, el equipo de Cornell ideó virtualmente un sistema de control para simular en tres dimensiones el

movimiento de una gotita a través de un chip recubierto de cilios.

Después de analizar todos los aspectos teóricos mediante esas simulaciones, construyeron el dispositivo físico. Su chip, de un centímetro de ancho, está recubierto por cientos de diminutas bandas de platino y titanio, y está dividido en 64 unidades ciliares, cada una compuesta por ocho cilios. Dado que cada unidad puede controlarse de forma independiente, es posible programarla por separado y después coordinarla con el resto para mover el fluido en la dirección deseada. Trabajando juntas, las unidades podrían crear un sinfín de patrones de flujo.

El primer dispositivo creado por el equipo puede dirigir gotas siguiendo patrones específicos, pero no es tan eficiente como les hubiera gustado. Ya están planificando la siguiente generación de chips con cilios con más de una «articulación». Tendrán más capacidad de flexión, «y el flujo del fluido será mucho más eficiente», señala Cohen.

El estudio «muestra de manera elegante que, mediante señales eléctricas, es posible controlar por separado conjuntos de cilios artificiales para realizar operaciones complejas y programables con fluidos», comenta Zuankai Wang, experto en microfluidos de la Universidad de la Ciudad de Hong Kong, quien no participó en el estudio. «Esperamos que en los años venideros se puedan producir en masa dispositivos de diagnóstico portátiles de bajo coste.»

Dado que la nueva técnica imita las estructuras biológicas, tiene mucho sentido utilizarla

en medicina. Facilitaría, por ejemplo, el análisis de una muestra de agua, sangre u orina en busca de contaminantes o marcadores de una enfermedad. El usuario colocaría una gotita de sangre u orina en el chip y los cilios artificiales moverían de un lugar a otro la muestra (junto a cualquier compuesto o patógeno que contuviera), lo que haría que se mezclara con los reactivos. Una serie de biosensores integrados en el chip medirían los productos de estas reacciones químicas. Luego harían que los cilios manipulasen todavía más el flujo del líquido, lo que permitiría realizar pruebas adicionales para confirmar los resultados. «De esta forma, todos los experimentos químicos que ahora precisan de un laboratorio se llevarían a cabo en un chip de un centímetro», explica Cohen. «El chip también podría alimentarse mediante diminutos paneles solares insertados en él.» Un dispositivo autosuficiente como este sería ideal.

«Es increíble cómo han combinado la microelectrónica con la mecánica de fluidos», comenta Manoj Chaudhury, científico de materiales de la Universidad de Lehigh, ajeno al estudio. Según él, han resuelto un problema esencial, pero todavía queda mucho trabajo por hacer. «Cuando se diseña un sistema de reactores para analizar una gota de sangre, debe haber estaciones locales donde a veces es necesario calentar o enfriar la muestra. Por lo que sería muy interesante ver cómo integran todos estos aspectos en un microrreactor.»

Saugat Bolakhe

BIOLOGÍA

EL LINAJE DE LOS HELECHOS ARBORESCENTES

La secuenciación del genoma arroja pistas sobre su origen y evolución

Los helechos son peculiares. Verdes y foliáceos como las demás plantas de los bosques y las selvas, se reproducen en cambio como los hongos, liberando nubes de esporas. Y, a diferencia de la mayoría de las plantas superiores, que se reproducen con semillas, muchos no

precisan de pareja para consumir la fecundación. Estudios recientes calculan que divergieron de ellas hace unos 400 millones de años.

Otro atributo distintivo de los helechos, o pteridófitas, es su enorme genoma, que, pese a esa fisiología singular y sus vínculos con las

plantas superiores, apenas había sido estudiado. Hasta hace poco solo se habían secuenciado por completo dos genomas relativamente pequeños de pteridófitas, en contraste con las más de doscientas plantas con flores, o angiospermas. Eso convierte en noticia el que se haya secuenciado por primera vez el genoma de un helecho arborescente, *Alsophila (Cyathea) spinulosa*, un avance que ofrece pistas sobre cómo acumularon semejante cantidad de genes las plantas de su clase.

«Si uno quiere conocer el origen de las semillas y de las flores, los helechos constituyen una referencia de suma importancia. Pero lo que quiero saber de veras es por qué su genoma es tan grande», afirma Fay-Wei Li, pteridólogo del Instituto Boyce Thompson de la Universidad Cornell y uno de los autores del nuevo [estudio](#), publicado en *Nature Plants*.

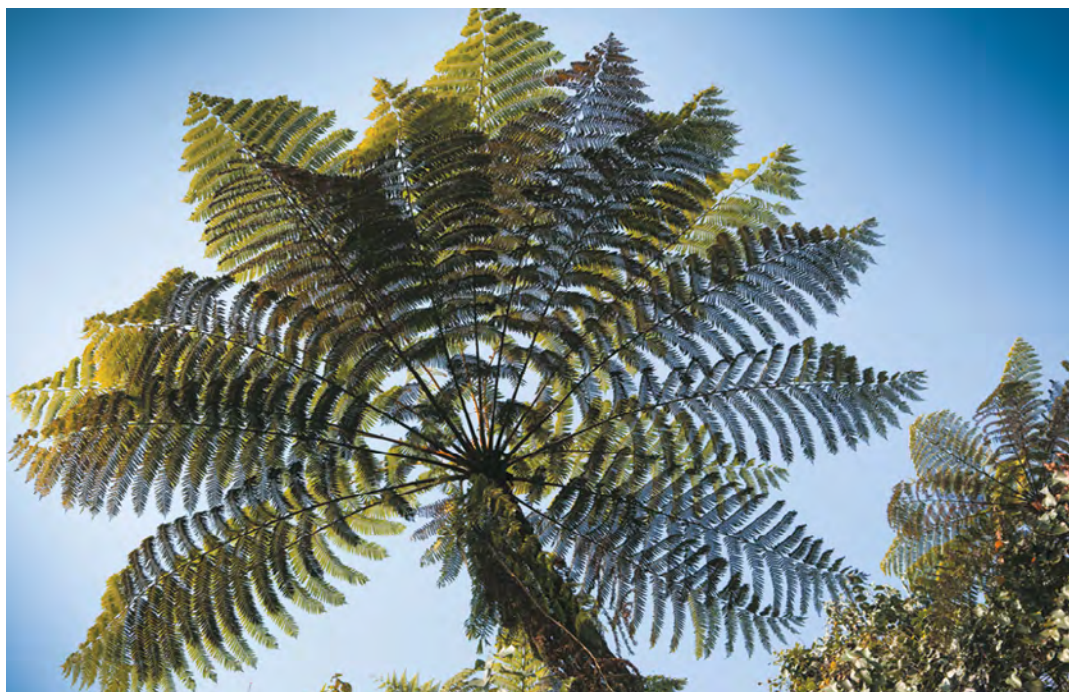
El equipo de Li ha descubierto que *A. spinulosa* acoge más de 6000 millones de pares de bases de ADN, mil millones más que el promedio de las angiospermas (en comparación, el genoma humano se compone de 3000 millones). El novedoso análisis indica que, hace más 100 millones de años, el antepasado de este helecho duplicó su genoma durante la replicación, un error frecuente en el reino vegetal, comenta Li.

Lo que no está tan claro es por qué los helechos arborescentes han conservado todo ese material

genético; la mayoría de las plantas angiospermas que experimentan duplicaciones acaban recuperando el tamaño original del genoma. Este helecho habría acaparado los cromosomas, explica Li: «La llamo hipótesis de Marie Kondo: los cromosomas “aportan felicidad” a los helechos, pero no a las plantas con semilla.» En toda planta que se reproduzca asexualmente, el genoma grande puede dar nuevas oportunidades de mutaciones beneficiosas al tiempo que amortigua el efecto de las indeseables. Los helechos también son plantas longevas, así que evolucionan con cierta lentitud, lo que podría haber facilitado la retención de material genético.

Gracias a la secuenciación del genoma entero, se han localizado también los genes responsables del peculiar pseudotrunko (estípote) de este helecho, lo cual ofrece valiosas pistas sobre la evolución de los rasgos básicos de las plantas dotadas de tallos, opina Jan de Vries, biólogo evolutivo vegetal de la Universidad de Gotinga que no ha participado en el estudio. «La evolución es ingeniosa. Averiguar los programas moleculares que han prosperado nos permite saber qué es factible desde el punto de vista biológico y dónde se hallan los límites. Y con ese conocimiento, podemos comenzar a jugar en el campo de la biología sintética.»

Fionna M. D. Samuels



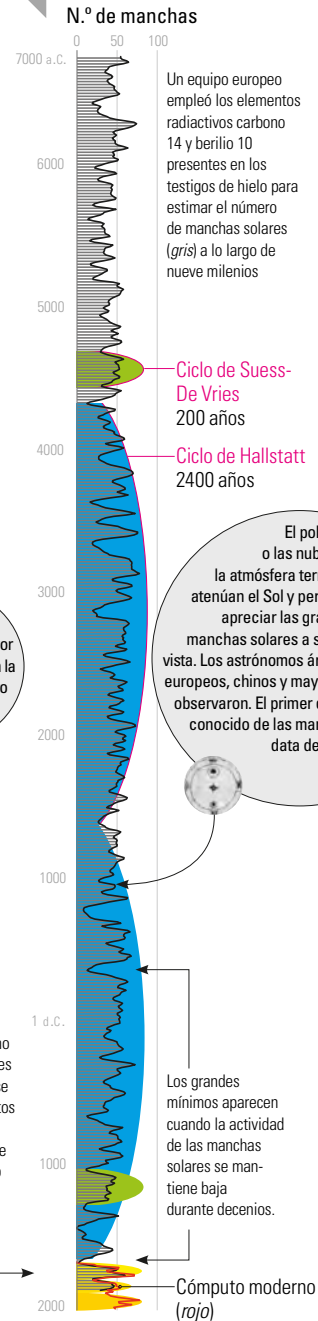
El helecho arborescente *Alsophila spinulosa*.

CICLOS SOLARES

Las manchas oscuras del Sol se rigen por ciclos de 11 años... y también de 88, 200 y 2400 años

La superficie del Sol no deja de mutar: las **manchas** y **fulguraciones** solares aumentan y disminuyen cada 11 años, un **ciclo** asociado a la inversión regular del campo magnético de la estrella. En las épocas de mayor actividad, son más frecuentes las «eyecciones de masa coronal», donde el Sol arroja al espacio enormes cantidades de plasma que pueden perturbar los satélites y otras señales electrónicas, en caso de llegar a la Tierra. Una mayor actividad solar durante el ciclo también produce auroras más espectaculares y hace que aumenten ligeramente las temperaturas en nuestro planeta. Pero también existen periodicidades más largas. El ciclo de Gleissberg (*en amarillo*), identificado por vez primera en 1862, intensifica y atenúa el ciclo de 11 años a lo largo de un siglo. El ciclo de Suess-De Vries (*verde*) dura unos 200 años, y el de Hallstatt (*azul*), del orden de 2400 años, como revelan los elementos radiactivos atrapados en los **testigos de hielo**, que llevan la impronta de la actividad del Sol. Pero nuestra estrella también puede ser errática, por lo que no resulta **nada fácil** predecir las manchas solares, según Alexei Pevtsov, astrónomo del Observatorio Solar Nacional de EE.UU.: «Hay un elemento de aleatoriedad».

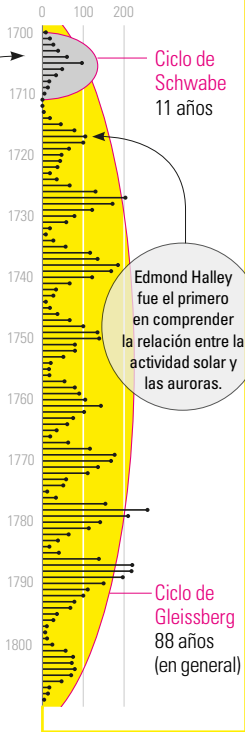
Una visión más amplia



Katie Peek

Historia reciente

N.º de manchas



El cómputo moderno de las manchas solares comenzó con la cámara oscura, que proyectaba la imagen del Sol.

Edmond Halley fue el primero en comprender la relación entre la actividad solar y las auroras.

Ciclo de Gleissberg 88 años (en general)

En 1845, la primera fotografía de la superficie solar reveló un Sol en calma.

En abril de 1947 se registró la mayor mancha solar, con la mitad de diámetro que Júpiter.

Una de las mayores eyecciones de masa coronal ocurrió en 2001, durante un máximo de manchas solares.

El registro moderno de manchas solares (arcos amarillos) se solapa con los datos de los testigos de hielo. (Los arcos se dibujan solo como apoyo visual.)

El polvo o las nubes de la atmósfera terrestre atenúan el Sol y permiten apreciar las grandes manchas solares a simple vista. Los astrónomos árabes, europeos, chinos y mayas las observaron. El primer dibujo conocido de las manchas data de 1128.

Los grandes mínimos aparecen cuando la actividad de las manchas solares se mantiene baja durante decenios.

Cómputo moderno (rojo)

Ciclo actual

El presente ciclo de 11 años comenzó en diciembre de 2019 y, por ahora (pese a que había predicciones de todo tipo), parece de una intensidad similar al anterior.

FUENTES: DATOS DEL PROGRAMA SILSO. REAL OBSERVATORIO DE BELGICA. BRUSELAS. «SOLAR ACTIVITY OVER NINE MILLENNIA». ACONSISTENT MULTI-PROXY RECONSTRUCTION. CHU JIU WU ET AL. EN ASTRONOMY & ASTROPHYSICS. VOL. 615. ART. A93. JULIO DE 2018. KATIE PEEK (gráfico)

HIELO RESONANTE

Las capas de hielo pueden amplificar pequeños sismos relacionados con la actividad volcánica

Los sismólogos se basan en el rumor del magma moviéndose en el subsuelo para predecir erupciones volcánicas inminentes. Sin embargo, los instrumentos sísmicos habituales ofrecen solo una imagen aproximada de lo que ocurre bajo los [volcanes](#) cubiertos de hielo de Islandia. Pero Andreas Fichtner, sismólogo de la Escuela Politécnica Federal de Zúrich, y sus colaboradores han mostrado que la misma capa de hielo que oculta esos volcanes puede amplificar señales sísmicas que, de otro modo, resultarían indetectables.

El volcán más activo de Islandia, el Grímsvötn, está totalmente cubierto por el mayor glaciar de Europa. En el pasado reciente, ha sufrido erupciones explosivas en torno a una vez por decenio, generando riesgo de inundaciones y peligrosas nubes de ceniza. En mayo de 2021, Fichtner y sus colegas instalaron 12,5 kilómetros de fibra óptica para estudiar la actividad y la estructura del Grímsvötn, efectuando mediciones continuas y en tiempo real de las vibraciones del suelo en los alrededores del volcán. Los investigadores estudiaron la [transmisión de los pulsos de luz](#) enviados a través del cable a fin de caracterizar dichas vibraciones en cada punto del trayecto.

El análisis los llevó a detectar casi 2000 temblores de tierra en menos de un mes, lo cual con-

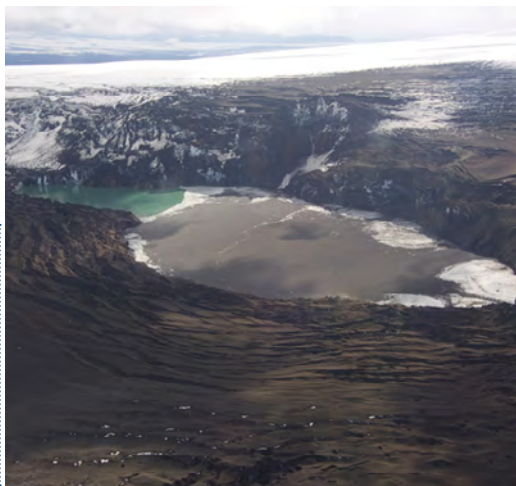
trasta con los 18 registrados por la red sísmica nacional de Islandia, según la coautora del estudio Kristín Jónsdóttir, de la Agencia Meteorológica Islandesa. Y también captaron una extraña vibración rítmica, procedente del hielo que flotaba en el lago que ocupa la caldera del volcán.

Una capa de hielo, como cualquier otro sólido, vibra con cierta frecuencia natural. Si experimenta una sacudida intensa que coincide con esa frecuencia, las vibraciones se amplifican, del mismo modo que la acción de un martillo neumático en la calle puede inducir un traqueteo en la mesa de la cocina. De acuerdo con los investigadores, el zumbido misterioso que detectaron provenía de «tremores volcánicos», terremotos de escasa magnitud causados por la actividad volcánica y geotérmica. Tales temblores son más conspicuos cerca de la caldera del volcán y pueden indicar la probabilidad de que se produzca una erupción.

«La resonancia natural de la capa de hielo actúa como una lupa», explica Fichtner, aumentando la intensidad de los tremores hasta hacerlos detectables. «Hasta donde sabemos, es un fenómeno que no se había observado antes.» El [trabajo](#) se ha publicado en *The Seismic Record*.

Esa amplificación también se produce en un contexto muy diferente, destaca Ebru Bozdog, geofísica de la Escuela de Minas de Colorado ajena al estudio. En lugares como Los Ángeles, prosigue, «sabemos que las cuencas sedimentarias son capaces de amplificar las ondas sísmicas, y por eso son tan peligrosas. Entiendo que la capa de hielo del volcán podría estar comportándose de forma similar».

Esos resonadores naturales pueden revelar la actividad geotérmica, cuyo seguimiento resulta «crucial para saber qué está ocurriendo en el volcán», asegura Corentin Caudron, sismólogo de la Universidad Libre de Bruselas que no participó en la investigación. «Este estudio abre nuevas perspectivas para vigilar los volcanes cubiertos por glaciares, tanto en Islandia como en otros lugares.»



Vista aérea del volcán Grímsvötn en agosto de 2011.

Rachel Berkowitz

DILUVIOS TRAS LOS FUEGOS

Cada vez será más habitual que los incendios vengan seguidos de lluvias torrenciales

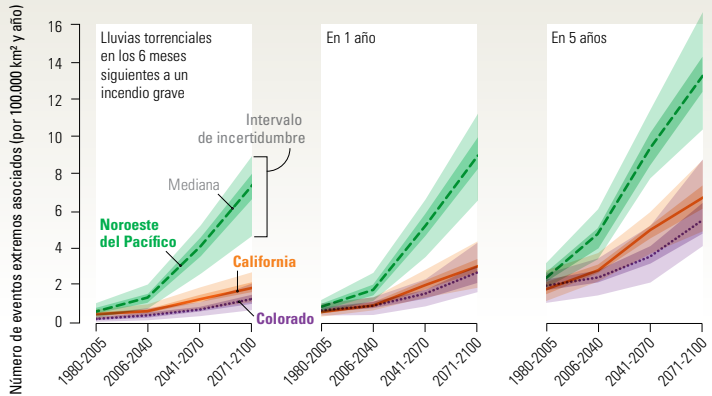
El cambio climático tiende a **sacar lo peor** de la meteorología, ya sean episodios extremos de frío o calor, lluvias torrenciales o incendios. Y de acuerdo con un **estudio** reciente centrado en el Oeste de Estados Unidos, el calentamiento atmosférico incrementa las probabilidades de que caigan fuertes precipitaciones tras un incendio forestal. La confluencia de ambos fenómenos eleva el riesgo de que se produzcan deslizamientos de tierra e inundaciones relámpago.

«Tras un incendio, se pierde toda la vegetación y no quedan estructuras radiculares que afiancen el suelo, por lo que este es mucho más vulnerable», explica Samantha Stevenson, climatóloga de la Universidad de California y coautora del estudio.

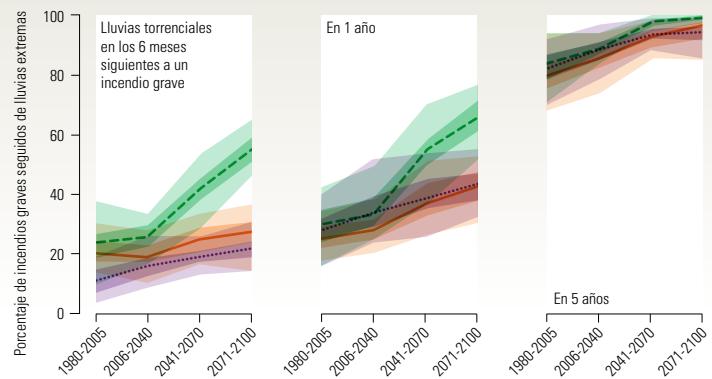
Los incendios no causan las tormentas, pero el aumento de temperatura que los agrava también permite que el aire **contenga más humedad**, y eso provoca que las lluvias descarguen más agua en poco tiempo [véase «**Tormentas de vapor**», por Jennifer A. Francis; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, enero de 2022]. «Estamos hablando de tormentas muy intensas, en el percentil 99,9», subraya Stevenson.

Clara Moskowitz

Se prevé que aumente el **número absoluto de incendios graves** que vienen seguidos de lluvias torrenciales.



También se espera que crezca el **porcentaje de incendios graves** que vienen seguidos de lluvias torrenciales.



Y también aumentará el **número absoluto de episodios de lluvias torrenciales** tras cada incendio grave.

