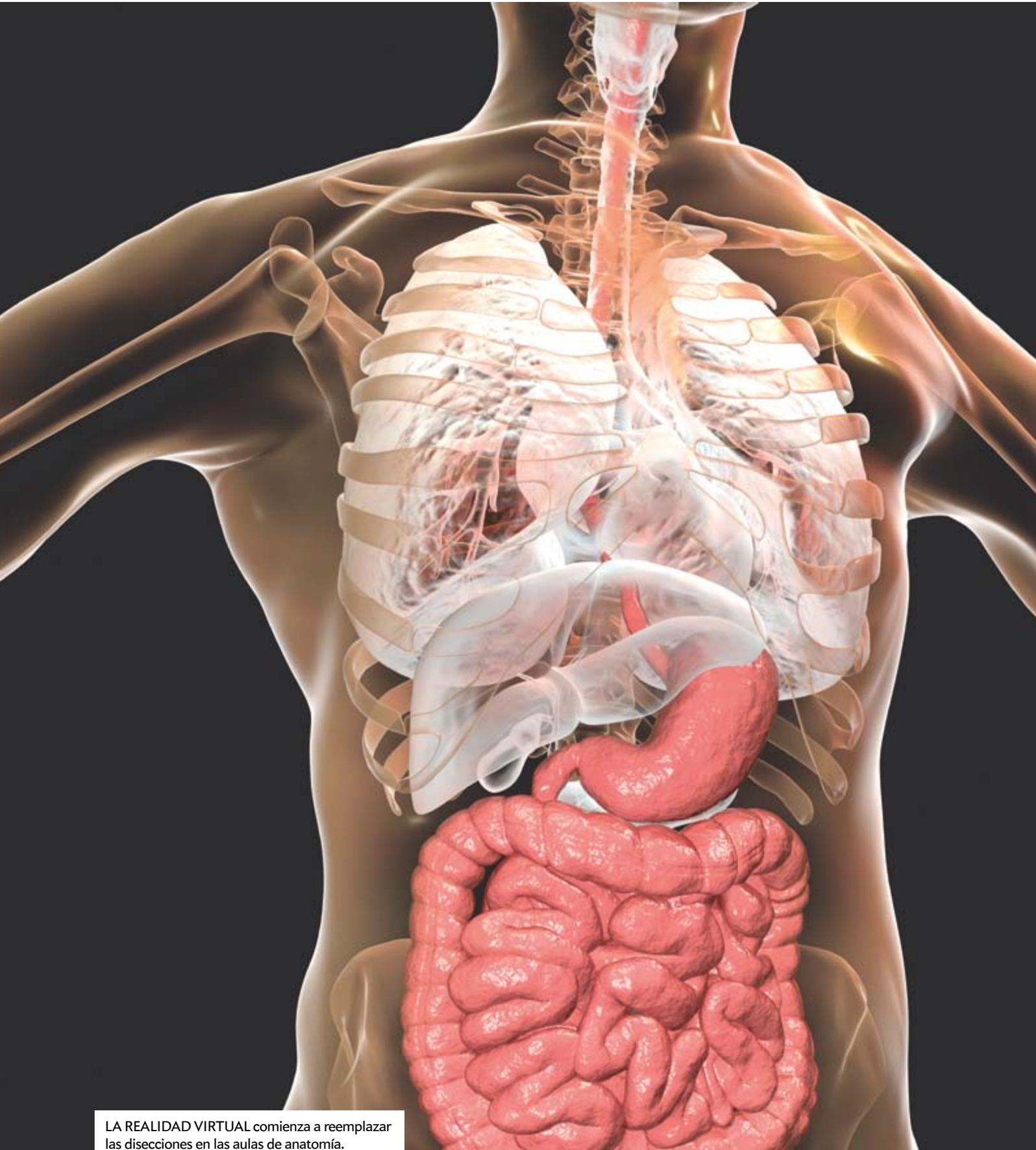


Apuntes



LA REALIDAD VIRTUAL comienza a reemplazar las disecciones en las aulas de anatomía.

DOCENCIA MÉDICA

El fin de las disecciones anatómicas

En algunas facultades de medicina, comienzan a ser sustituidas por simulaciones

Federico II, emperador del Sacro Imperio Romano que gobernó sobre buena parte de la Europa cristiana, emitió en 1231 un decreto por el cual exigía a las escuelas que médicos veteranos practicaran una disección de cadáver cada lustro. Fue este el tímido origen de una práctica que se convertiría en una de las piedras angulares de la formación médica. Durante el Renacimiento, las disecciones ayudaron a los estudiosos y a los artistas a adquirir conocimientos de primera mano sobre la anatomía humana. Hoy siguen siendo una experiencia esencial para los estudiantes del primer curso de medicina, una iniciación secular a los secretos que se esconden bajo la piel.

Ahora, transcurrido casi un milenio de aquella introducción comedida, las salas de disección podrían tener los días contados. Este año algunas facultades de medicina de Estados Unidos impartirán sus asignaturas de anatomía sin un solo cadáver. Los alumnos indagarán en las interioridades del cuerpo a través de recreaciones tridimensionales con realidad virtual, combinados con modelos palpables de los órganos e imágenes de pacientes reales, como ecografías y TAC.

Los creadores del programa esperan que la tecnología solvante algunos de los inconvenientes de los enfoques tradicionales. La disección de un cadáver requiere mucho tiempo, y ciertas partes son tan inaccesibles que pueden quedar destruidas en el proceso. Es más, las texturas y los colores de los órganos embalsamados difieren de los del cuerpo viviente, y los cuerpos donados suelen ser decrepitos o estar enfermos. «A decir verdad, la enseñanza de la anatomía no ha cambiado mucho desde el Renacimiento», afirma James Young, responsable de gestión académica de la Facultad de Medicina Lerner de la Clínica de Cleveland. El programa, iniciado en colaboración con la Universidad Case de la Reserva Occidental, ha inaugurado un nuevo campus sin cadáveres este verano. «A medida que la tecnología y el conocimiento mejoran, aumenta la presión por hacer las cosas mejor y más rápido y ofrecer a los alumnos una representación más adecuada de la anatomía humana.»



KATERYNA KONI, GETTY IMAGES

**BOLETINES A MEDIDA**

Elige los boletines según tus preferencias temáticas y recibirás toda la información sobre las revistas, las noticias y los contenidos web que más te interesan.

www.investigacionyciencia.es/boletines

Young, que estudió medicina en los años 70, sufrió una «disociación profunda» entre su formación anatómica y lo que vio durante su residencia en cardiología. Cuando intentó examinar los órganos de los pacientes mirando los resultados de las pruebas radiológicas o las filmaciones de minicámaras introducidas, comprobó que el interior del cuerpo no se parecía en nada a lo que había visto en los cadáveres. «Son totalmente distintos. Los órganos de un cadáver embalsamado están aplanados, comprimidos. Los colores no son vivos, propios de un cuerpo con vida», explica. Opina que la diferencia puede alterar el aprendizaje.

En cambio, las herramientas anatómicas virtuales ofrecen una visión más fiel de los órganos vivos, ayudan al alumnado a formarse una idea bien fundamentada de las partes del cuerpo, aseguran tanto él como otros docentes. Gracias a los visores de realidad virtual o a los guantes de realidad aumentada, que proyectan imágenes digitales superpuestas sobre las reales, es posible examinar un órgano desde cualquier ángulo. Se puede vincular la estructura con la función observando el corazón palpitante o las articulaciones en movimiento. También permiten seleccionar ángulos que abarcan otros órganos, o el aparato circulatorio o el sistema nervioso enteros, para ver mejor las relaciones en-

tre las partes. «Quedé sorprendido», confiesa Mark Schuster, decano de la Facultad de Medicina Kaiser Permanente de Pasadena, California, que dará la bienvenida a su primera promoción de estudiantes de medicina en 2020. «Me habría gustado contar con ello cuando estudiaba anatomía. Me habría ayudado de verdad a encajarlo todo.» En el plan de estudios de primero, los estudiantes no pisarán una sala de disección.

La adopción de técnicas avanzadas tiene sentido en los programas médicos nuevos, que no deben soportar el peso de la tradición ni disponer de las instalaciones para la disección, pero incluso algunos ya existentes están incorporando herramientas digitales a sus clases de anatomía como complemento. «En mi opinión, la gran ventaja radica en que las imágenes son muy nítidas», apunta el profesor de anatomía y biología celular Darren Hoffman, quien emplea software interactivo y tridimensional de anatomía en sus cursos de la Facultad de Medicina Carver de la Universidad de Iowa. «Ayuda a adquirir la visión tridimensional del cuerpo, de modo que cuando uno observa el tobillo de un paciente, sabe qué hay bajo la superficie y cómo está engranado todo.»

Aparte de las ventajas educativas, prescindir de los cadáveres supone una decisión económica para los nuevos programas. El

coste de una sala de disección y de las instalaciones anexas asciende a varios millones de euros, pues demanda un espacio amplio, así como la adopción de las medidas de seguridad exigidas por las normativas legales. Y aunque los cadáveres procedan de donaciones, la facultad debe desembolsar los gastos de preparación, mantenimiento y, por último, entierro de los restos. Esos costes suponen una traba mayor si cabe para las facultades de los países subdesarrollados, explica Young. Y, lo que es peor, muchos países afrontan un descenso en las donaciones y dependen de los cuerpos no reclamados para la disección, según un estudio de 2018.

La enseñanza de la anatomía sin disección no está exenta de inconvenientes. En un cuerpo virtual puede resultar difícil tener una percepción en profundidad, y los alumnos dejan de observar las variaciones anatómicas naturales de los individuos, según Hoffman. También existe el riesgo de que pierdan el impacto emocional, incluso filosófico, que entraña la manipulación de un cadáver, considerado por muchos como el primer paciente de todo médico. «Se podría decir que la experiencia infunde una mezcla de asombro y respeto. Uno reconoce lo maravilloso y complejo que es el cuerpo humano y comienza a ser consciente de que todos y cada

COGNICIÓN

Belleza matemática

Los legos coinciden en sus juicios al evaluar la elegancia de las demostraciones matemáticas

Los matemáticos describen a menudo sus teorías y demostraciones como «hermosas», llegando incluso a dejarse guiar en su trabajo por consideraciones estéticas. Y aunque cabría pensar que tales criterios podrían resultar opacos para los no expertos, una nueva investigación ha revelado que no es así: los profanos suelen coincidir a la hora de juzgar la belleza de una demostración matemática.

En el trabajo, publicado en agosto en *Cognition*, un matemático y un psicólogo efectuaron tres experimentos con cientos de participantes. La mayoría eran titulados superiores, pero no habían estudiado matemáticas más allá del cálculo universitario. En cada ensayo se les presentaron cuatro razonamientos matemáticos sencillos (dos de



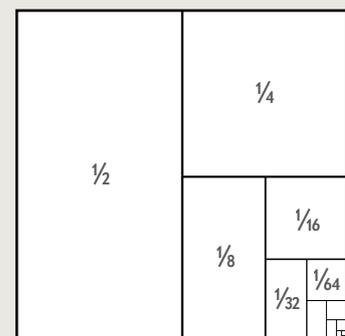
ellos con diagramas, como el mostrado aquí) y se comprobó que los hubieran entendido.

Primero, los participantes tuvieron que cuantificar cuánto «se parecía» cada razonamiento a cuatro pinturas de paisajes. Los resultados fueron concordantes: la mayoría coincidió a la hora de señalar qué argumentación encajaba mejor con cada cuadro, y sus elecciones se alinearon con las de ocho matemáticos. Por ejemplo, el razonamiento mostrado aquí fue mayoritariamente asociado al paisaje de Albert Bierstadt que aparece al lado. Un segundo experimento, en el que se usaron piezas de piano en lugar de pinturas, arrojó resultados similares.

En el tercer ensayo, los sujetos debían describir los razonamientos y los cuadros

Razonamiento: $\frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{16} + \frac{1}{32} + \dots = 1$

Puede entenderse dividiendo en mitades sucesivas un cuadrado de área unidad.



usando una lista de diez adjetivos, incluido *hermoso*. Los resultados también concordaron, y la elegancia (seguida de la profundidad y la claridad) se reveló como factor principal para juzgar la belleza tanto en matemáticas como en arte. Samuel Johnson, psicólogo de la Universidad de Bath y coautor del artículo, explica que le sorprendió que, además, los adjetivos permitiesen predecir las parejas de cuadros y razonamientos

uno de los habitantes de este mundo es así, comenzando por uno mismo», declara Hoffman. Pero la sala no es el único modo de forjar la identidad médica de los alumnos, afirman él y otros. Por ejemplo, los futuros médicos pueden entrar en contacto antes con pacientes vivos durante la carrera.

Otra pregunta pendiente es si aprenderán tan bien con las herramientas digitales. Los estudios emprendidos por los organismos docentes se preguntan si la sustitución de las técnicas tradicionales por las nuevas no irá en detrimento de la calidad de la docencia. Si los resultados son positivos, podrían impulsar a más facultades a dar el gran paso. «Parece prematuro calificar esto como una tendencia, pero dado el gran número de centros que han mostrado interés, diría que algo se está cocinando», opina Schuster.

La formación anatómica se ha resistido al cambio durante tanto tiempo que Young y otros contemplan lo que está ocurriendo como un signo hacia una posible transición histórica. «No hay duda de que estamos ante el inicio de un cambio de paradigma», se pronuncia Young. «Tardará años en culminar, pero si me pregunta cómo serán las clases de anatomía en una década, le responderé que no habrá cadáveres. Esa es mi predicción.»

—Bahar Gholipour

del primer experimento. Ello indicaría que la correspondencia entre matemáticas y arte se basa en algo más que en rasgos geométricos superficiales.

«Los resultados son poco intuitivos pero muy convincentes», afirma Matthew Inglis, experto en educación matemática de la Universidad de Loughborough que no participó en el estudio. Sus investigaciones han hallado que los propios matemáticos discrepan sobre la calidad de una demostración. «A partir de mi propio trabajo, habría esperado que los juicios estéticos en matemáticas varían de una persona a otra», apunta.

A Nathalie Sinclair, experta en enseñanza de las matemáticas de la Universidad Simon Fraser, también le sorprendió: «Dado el miedo que suscitan las matemáticas, habría pensado que la gente encontraría absurdas las preguntas», razona.

Stefan Steinerberger, matemático de Yale y coautor del artículo, cree que los profesores deberían resaltar la belleza de las matemáticas. «Las personas tienen la extraña tendencia a considerarse máquinas de cómputo incorporadas», señala. «Eso es falso.»

—Matthew Hutson



LOS REBAÑOS DE GANADO reducen la incidencia de los incendios en el ecosistema de Serengueti y Mara.

ECOLOGÍA

El ganado aleja el fuego

El sobrepastoreo reduce los incendios beneficiosos para el ecosistema de la sabana

El continente africano alberga una gran variedad de hábitats, pero la sabana abarca casi la mitad de su extensión. Y donde crece la sabana, brota el fuego. «Es un elemento importante del ecosistema», afirma el ecólogo de la Universidad de Liverpool James R. Probert. Los incendios mantienen el predominio de los herbazales frente a los arbustos y espinos de mayor talla que invaden el paisaje. La disminución de las especies herbáceas podría expulsar a especies como el ñu, famoso por su espectacular migración anual.

Hace una década los investigadores achacaron al descenso de los incendios en el Parque Nacional del Serengueti, en Tanzania, la recuperación de las manadas de ñus diezmadadas por una epidemia de peste bovina. Cuando millones de ellos pastan, el material combustible desaparece del paisaje, lo cual reduce la frecuencia y la virulencia de los incendios.

Pero Probert y sus colaboradores descubrieron que incluso después de la estabilización de las poblaciones de ñus acaecida a mediados de los años 90, los incendios siguieron menguando en la sabana, la vegetación que domina el ecosistema de los parques de Serengueti y de Masái Mara, situados a ambos lados de la frontera que separa Tanzania y Kenia. Los análisis de los datos captados por satélite que ha realizado este equipo indican que los incendios forestales habrían disminuido un 40 por ciento en la región entre 2001 y 2014, coincidiendo con un drástico aumento de los rebaños de ganado. Relataron sus hallazgos en julio en *Global Change Biology*.

«Es sabido que allí donde pastan multitud de herbívoros los incendios disminuyen. Pero no creo que nadie haya reparado hasta ahora en la magnitud de esa reducción y lo haya vinculado con el ganado doméstico», explica Probert.

«Se trata de una pauta realmente interesante», en palabras de John Fryxell, biólogo de la Universidad de Guelph, que no ha participado en el estudio. Advierte, empero, que quince años de datos siguen siendo demasiado pocos para extraer conclusiones definitivas. «Lo que una correlación a corto plazo como esa parece insinuar es que hay algo interesante que merecería un análisis empírico más minucioso», matiza. Esa investigación podría consistir en medir la frecuencia de los incendios o la intensidad del pastoreo en ciertas zonas, y hacer después un seguimiento de la respuesta del paisaje a lo largo del tiempo.

Probert señala que algunos de esos lugares están sufriendo una especie de «tragedia de los bienes comunes», en la que el ganado está consumiendo más recursos de los que el terreno es capaz de renovar. Opina que los conservacionistas deberían cooperar con los pastores en la elaboración de un plan de pastoreo rotativo, que repartiría el impacto de los rebaños en el tiempo y el espacio. Estudios como el de Probert seguirán revelando el modo en que los enclaves salvajes como los parques de Serengueti y Masái Mara están indisolublemente ligados con la actividad humana.

—Jason G. Goldman

COMPORTAMIENTO ANIMAL

¿Dónde depositan las ranas los renacuajos?

Al escoger las charcas más lejanas, reducen el riesgo de endogamia y de hallar competidores

Cuando los renacuajos de las ranitas dendrobátidas nacen de los huevos depositados en la hojarasca de la selva, se encaraman a lomos de sus pacientes padres, que los llevan a cuevas hasta el agua. Zoólogos que estudian en la selva amazónica estos anfibios de vivo colorido, a veces llamados ranas de dardo venenosas, han descubierto hace poco que los progenitores pasan de largo de las charcas próximas y prefieren otras más alejadas, un desplazamiento que supone un gasto de energía valiosa. A veces llegan a recorrer hasta 400 metros, a tenor de lo descrito en *Evolutionary Ecology* en julio. «Es un trayecto bastante largo», asegura el autor del estudio, Andrius Pašukonis, biólogo de la Universidad Stanford.

Él y sus colaboradores instalaron diminutos radiotransmisores con forma de pañal en siete ranas de dardo trilitadas (*Ameerega trivittata*) de Perú y 11 ranas de dardo tintoreras (*Dendrobates tinctorius*) de la Guayana francesa. A través de las señales de radio cap-

tadas trazaron el recorrido en 23 desplazamientos y anotaron cada vez que los padres cargados con su prole pasaban de largo de una charca o depositaban sus crías.

Las ranas trilitadas viajaron más lejos, cubriendo una media de 215 metros, cuando la charca más cercana estaba en promedio a solo 52 metros de su territorio. Las tintoreras viajaron en promedio unos 39 metros, dejan-



UNA RANA MACHO provista de un radiotransmisor lleva a cuevas sus renacuajos.

do atrás charcas que estaban a una distancia media de 19 metros. Dos llegaron a abandonar la protección de la selva para depositar a sus renacuajos en prados inundados.

Pese al coste energético y al alto riesgo de topar con depredadores, el elegir charcas distantes para los renacuajos brindaría ventajas evolutivas, como reducir el riesgo de endogamia y la competencia por los recursos, explica Pašukonis. Aun así, resulta difícil decir qué impulsa exactamente a estas ranitas a ir más lejos, matiza la neurobióloga Sabrina Burmeister de la Universidad de Carolina del Norte en Chapel Hill, investigadora de la cognición de las ranas venenosas, que no ha intervenido en el nuevo estudio.

Los resultados podrían ayudar a proteger los anfibios amenazados por la desaparición de su hábitat. «Conocer las áreas de campeo y el tipo de entornos que frecuentan, y por qué lo hacen, reviste suma importancia para cualquier campaña de conservación», aclara Burmeister. —Jennifer Leman

BIOQUÍMICA

Venenos terapéuticos

Ciertos compuestos tóxicos de los escorpiones podrían ayudar a combatir infecciones graves

Pocos pensarán que un escorpión pueda ser beneficioso. Pero se han aislado dos nuevos compuestos químicos del veneno de estos arácnidos que podrían servir como tratamientos contra las infecciones estafilocócicas y la tuberculosis farmacorresistente. El coste del veneno de alacrán es exorbitante: recolectar un mililitro costaría en torno a 10.000 euros, asegura Richard Zare, químico de la Universidad Stanford y autor de un estudio que vio la luz el pasado junio en *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*. Calcula que la cantidad extraída a un solo individuo apenas alcanza unas milésimas de mililitro y que este tarda hasta más de dos semanas en reponerla. Aun así, merece la pena seguir estudiando el veneno. Algunas de sus sustancias poseen interesantes propiedades medicinales y pueden ser sintetizadas en el laboratorio con un coste menos prohibitivo.

Investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México extrajeron el veneno de un alacrán propio del

este del país, *Diplocentrus melici*. Separaron sus componentes y ensayaron algunos con las bacterias *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Mycobacterium tuberculosis*. Dos de ellos, que aislados resultaron ser de color rojo y azul, mataron los estafilococos y las micobacterias, lo que apunta a un posible uso como antibióticos.

Enviaron pequeñas muestras de ambos al grupo de Zare en Stanford para averiguar la composición y la estructura molecular. El grupo sintetizó a continuación los compuestos y los remitió al Instituto de Ciencias Mé-

dicas y Nutrición Salvador Zubirán, en Ciudad de México.

Allí, los patólogos los administraron a ratones infectados por la tuberculosis y a muestras de tejido humano que albergaban estafilococos. El compuesto rojo demostró ser más eficaz contra estos últimos, mientras que el azul funcionó mejor con la tuberculosis, incluida una cepa resistente a los antibióticos, sin dañar el epitelio pulmonar de los roedores.

Christine Beeton, fisióloga molecular y biofísica del Colegio Baylor de Medicina que estudia posibles aplicaciones terapéuticas del veneno y es ajena al nuevo trabajo, afirma que el enfoque adoptado en el estudio parece alentador. Pero advierte que es preciso seguir estudiando los compuestos en animales de mayor talla y que la síntesis de la cantidad necesaria para iniciar el estudio en humanos podría entrañar dificultades.

—Rachel Crowell



Diplocentrus melici

Falsa ilusión de profundidad

Una corrección visual habitual podría distorsionar la percepción del movimiento en tres dimensiones

El cristalino del ojo pierde capacidad de enfoque con los años. Una corrección habitual para este problema, la monovisión, consiste en prescribir lentes de contacto o gafas que enfoquen un ojo para la visión de cerca, como la lectura, y el otro para la visión de lejos, como la conducción al volante. Cerca de 10 millones de estadounidenses la usan, pero un nuevo estudio ha descubierto que puede causar una ilusión óptica peligrosa.

Hace casi un siglo, el médico alemán Carl Pulfrich describió un fenómeno óptico llamado hoy efecto de Pulfrich: cuando un ojo ve una imagen más oscura o con menos contraste que el otro, un objeto que se desplaza lateralmente (como un péndulo) parece viajar trazando un arco tridimensional. Esto ocurre porque el cerebro procesa la imagen

más oscura o con menos contraste con más lentitud que la mejor iluminada o con mayor contraste, un desfase que percibe como tridimensional.

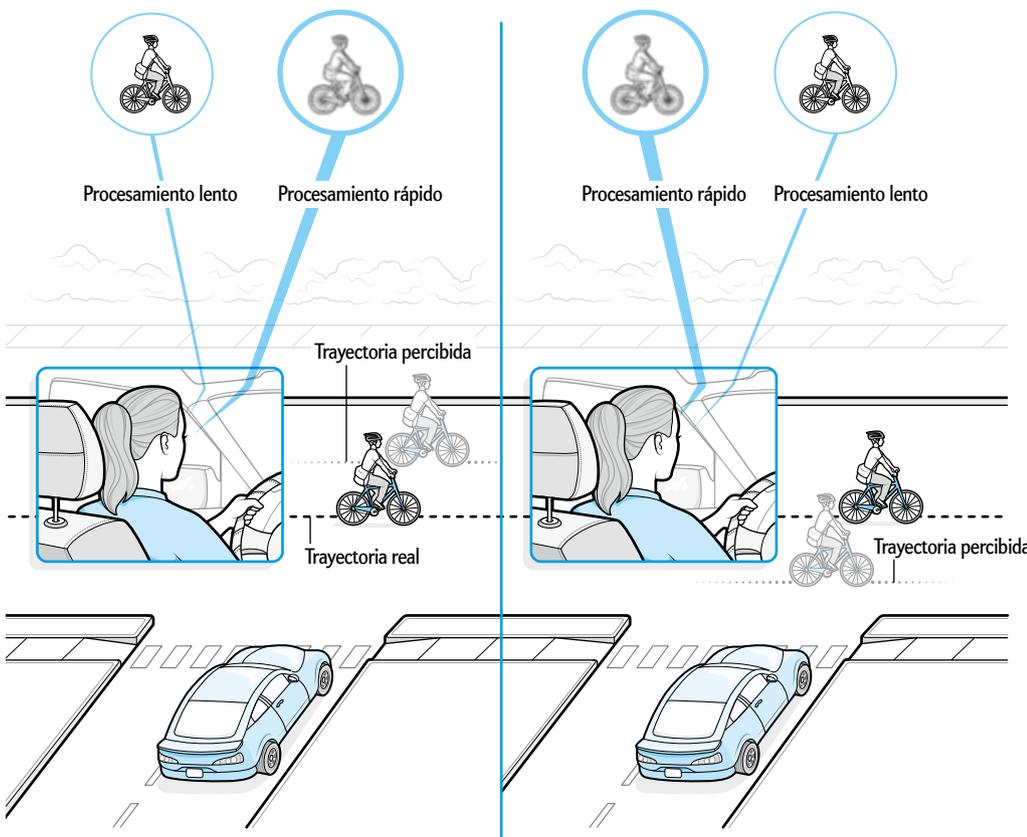
Johannes Burge, psicólogo en la Universidad de Pensilvania, y sus colaboradores han descubierto recientemente que la monovisión causa un efecto de Pulfrich invertido. Invitaron a una serie de participantes a que mirasen a través de un aparato que proyectaba una imagen distinta ante cada ojo (una borrosa y otra enfocada) de un objeto que se movía de lado a lado. Comprobaron así que los observadores procesaban la imagen borrosa un par de milisegundos antes que la nítida, lo cual hacía que el objeto pareciera curvarse ante la pantalla. Aparecía más próximo al observador a medida que se desplazaba a la derecha (si el ojo izquierdo veía la imagen borrosa) o a la izquierda (si la veía el derecho). «Podríamos pensar que no es muy grave», explica Burge, pero basta para que un conductor en un cruce erre en la ubicación de un ciclista en marcha en una distancia equivalente al ancho de un carril (*gráfica*).

Burge y sus colaboradores preveían justo lo contrario: que el cerebro procesaría la imagen borrosa con más lentitud a causa de

su menor contraste, similar al efecto de Pulfrich tradicional. Resolvieron esta paradoja al comprobar que el desenfoque reduce el contraste de los detalles pequeños mucho más que el de los gruesos. Puesto que el cerebro tarda más en procesar los pequeños, la imagen borrosa es procesada antes. Los investigadores publicaron su estudio en agosto en *Current Biology*.

Douglas Lanska, neurólogo jubilado de la Universidad de Wisconsin que había estudiado el efecto de Pulfrich y no ha formado parte del estudio, califica los hallazgos de «curiosos», pero matiza: «Creo que el modelo ha sobrestimado un poco la repercusión que tiene en condiciones reales». Convendría estudiar el efecto de Pulfrich inverso fuera del laboratorio, opina. Burge y su equipo averiguaron que el efecto puede corregirse tintando la lente borrosa, pues así se crea un efecto de Pulfrich clásico que cancela el inverso. El cerebro también podría compensar las limitaciones de la monovisión, pero según Burge es preciso seguir estudiando el fenómeno. Subraya que esas percepciones erróneas son poco frecuentes, lo cual indica que «en circunstancias normales nuestro sentido de la vista está calibrado de forma exquisita.»

—Tanya Lewis



El efecto de Pulfrich inverso

La monovisión, una corrección visual habitual en la que la lente colocada ante un ojo se enfoca para la vista de cerca y la del otro para la de lejos, hace que un ojo forme una imagen borrosa a una distancia dada. En el fenómeno denominado efecto de Pulfrich inverso, el cerebro procesa la imagen borrosa en menos tiempo que la nítida. Se crea así la ilusión de que un objeto o persona en movimiento (un ciclista, por ejemplo) parece estar más lejos (*izquierda*) o más cerca (*derecha*) de lo que realmente está. Para pechar de precavidos, los investigadores plantean que la lente para ver de lejos debería colocarse en el ojo derecho en los países en que se conduce por la derecha, y en el izquierdo en los que se circula por el lado contrario.

MATERIALES

Una trampa molecular

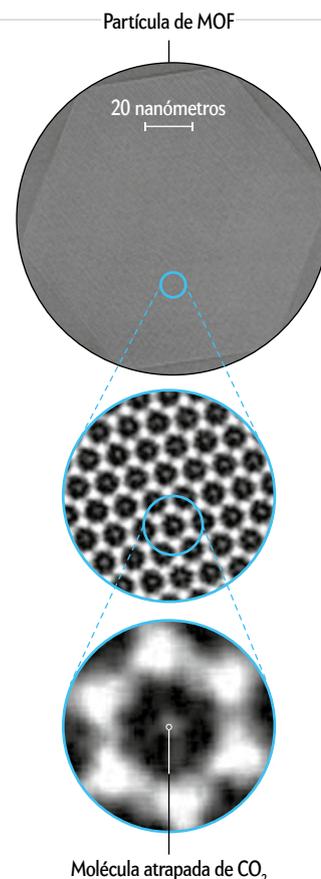
Obtienen las primeras imágenes de moléculas de CO₂ capturado

Por primera vez, los investigadores han obtenido imágenes de moléculas individuales de CO₂ atrapadas en «jaulas» moleculares. Para conseguirlo, han tomado prestada una técnica usada en biología. Los armazones organometálicos (MOF, por sus siglas en inglés) son polímeros excepcionalmente porosos diseñados para capturar determinadas moléculas de gas, lo que permite separar o purificar vapores. Estos materiales absorben grandes cantidades de gas: un solo gramo puede presentar una superficie de captura mayor que un campo de fútbol. Entre otras aplicaciones, se ha propuesto emplear MOF para retener hidrógeno en los depósitos de los automóviles o en pilas de combustible, así como para capturar emisiones de CO₂.

Cuando Yuzhang Li, científico de materiales de Stanford, y sus colaboradores examinaron con un microscopio electrónico de transmisión una muestra de MOF que atrapaba CO₂, encontraron que el potente haz de electrones del instrumento había derretido el armazón, explica Li. Así que probaron una estrategia usada a menudo por los biólogos para obtener imágenes de proteínas, virus y orgánulos celulares: emplearon nitrógeno líquido para congelar y estabilizar el material a una temperatura de -170 grados Celsius, al tiempo que disminuyeron la intensidad del haz de electrones. Ello les permitió tomar fotografías de larga exposición no solo de un corte del material, llamado ZIF-8 (arriba y centro), sino también de las moléculas de CO₂ atrapadas en él (abajo). Los resultados se publicaron en agosto en la revista *Matter*.

Este proceso de ultracongelación permitirá estudiar de manera detallada cómo atrapan los MOF el gas, asegura Jeffrey Long, químico de materiales de la Universidad de California en Berkeley que no participó en el estudio. Por ejemplo, concluye Li, en el futuro podrían generarse imágenes 3D para investigar la rapidez y la eficacia con que estos materiales absorben los gases.

—Sid Perkins



FÍSICA CUÁNTICA

Partículas de sonido

Aislar fonones abre nuevas vías en computación cuántica

Los investigadores se han hecho con el control de la esquiva «partícula» del sonido: el fonón. Los fonones son las unidades básicas de energía vibratoria en un material, y pueden considerarse partículas en el mismo sentido en que los fotones son partículas de luz. Estas últimas se usan de manera habitual para almacenar información en los prototipos de ordenadores cuánticos. Emplear sonido en lugar de luz podría gozar de ciertas ventajas, pero, para ello, los fonones deberían poder controlarse a escalas diminutas.

Hasta hace poco eso no era posible; el mero hecho de detectar un fonón lo destruía. Los primeros métodos se basaban en convertir los fonones en señales eléctricas mediante qubits superconductores, un tipo de circuito cuántico. Estos sistemas aceptan cantidades concretas de energía: si la energía de un fonón coincide con ellas, el circuito puede absorberlo. Eso destruye el fonón, pero delata su presencia.

En un trabajo reciente, una colaboración del Instituto Nacional de Estándares y Tecno-

logía de EE.UU. y la Universidad de Colorado en Boulder ajustó su qubit superconductor de manera que los fonones, en vez de destruirse, acelerasen la corriente. De este modo, los experimentadores lograron cuantificar el cambio que cada fonón causaba en ella.

«Se han logrado éxitos impresionantes en el uso de qubits superconductores para controlar los estados cuánticos de la luz. Y tenemos curiosidad: ¿qué podemos hacer con el sonido que no permita la luz?», explica Lucas Sletten, de la Universidad de Colorado en Boulder y autor principal del estudio, publicado en junio en *Physical Review X*.

Una diferencia es la velocidad: el sonido viaja mucho más despacio que la luz. Los investigadores aprovecharon esta circunstancia para coordinar las interacciones entre el

circuito y los fonones. Atraparon fonones de frecuencias determinadas entre dos «espejos acústicos» (que reflejan el sonido), y el tiempo relativamente largo que tardaba el sonido en completar un viaje de ida y vuelta permitió lograr una coordinación precisa. Los espejos estaban separados por el grosor de un cabello; un control similar de la luz hubiese requerido un alejamiento de 12 metros.

La «lentitud» del sonido también permitió identificar fonones de distinta frecuencia. Sletten explica que los ordenadores cuánticos aumentan su capacidad añadiendo más qubits superconductores. Sin embargo, lo mismo podría lograrse con un solo qubit que procesara información con varias frecuencias.

«Sin duda se trata de un hito», valora Yiwen Chu, física de la Escuela Politécnica Federal de Zúrich que no participó en el estudio. La experta recuerda que, en su día, experimentos análogos con luz allanaron el camino a la investigación actual sobre ordenadores cuánticos.

Las aplicaciones similares para el sonido aún se antojan distantes. Entre otras cosas, los científicos deben encontrar la manera de conseguir que los fonones sobrevivan mucho más tiempo que los 600 nanosegundos habituales. Con todo, el nuevo trabajo debería abrir caminos en computación cuántica.

—Leila Sloman





ASTRONOMÍA

Detector de sobremesa

Un pequeño detector de ondas gravitacionales podría estudiar la materia oscura

Durante el primer segundo que siguió a la gran explosión pudieron haberse creado agujeros negros cuya formación habría generado ondas gravitacionales. Ahora, un equipo de investigadores de la Universidad del Noroeste de EE.UU. ha comenzado a diseñar un pequeño sensor que, por primera vez, podría detectar esos aullidos primordiales.

En 2016, el Observatorio de Ondas Gravitacionales por Interferometría Láser (LIGO), un coloso de mil millones de dólares, anunció la primera detección de ondas gravitacionales. Aquella señal provenía de la colisión y posterior fusión de dos agujeros negros de masa estelar. Desde entonces, este gigantesco experimento también ha registrado ondas procedentes de la fusión de estrellas de neutrones. El detector propuesto ahora, que obtuvo financiación en julio, mediría ondas de frecuencia más elevada, como las generadas por los agujeros negros del universo naciente.

Los experimentos actuales de ondas gravitacionales, como LIGO y Virgo, usan un sistema de espejos y «brazos» láser de varios kilómetros para medir los diminutos cambios de distancia causados por el paso de ondas gravitacionales. El nuevo Detector de Sensores Levitados emplearía láseres para suspender una cuenta de vidrio en el interior de una cámara de vacío, lo que le permitiría alcanzar una gran sensibilidad con brazos de apenas un metro de largo. El instrumento inten-

taría escuchar el «eco» de la formación de agujeros negros primordiales, así como las huellas gravitatorias de cierta clase de partículas hipotéticas llamadas axiones. Ambos son candidatos a constituir la materia oscura, la misteriosa sustancia invisible que los físicos creen que da cuenta de la mayor parte de la masa del universo.

«Creo que hay cada vez más interés en ampliar el intervalo de frecuencias en la búsqueda de ondas gravitacionales, sobre todo tras los emocionantes descubrimientos de LIGO», comenta Andrew Geraci, físico de la Universidad del Noroeste e investigador principal del proyecto. «Estas fuentes relacionadas con la materia oscura son más especulativas; las encontradas por LIGO ya se esperaba que existiesen.»

Para tratar de detectar esas ondas, el proyecto de la Universidad del Noroeste contará con un millón de dólares de la Fundación W. M. Keck, una organización benéfica con sede en Los Ángeles, así como con ayuda de la universidad. Tras dos años de desarrollo, un prototipo de un metro de largo funcionaría de manera preliminar durante un año, lo que allanaría el camino para construir un detector mayor, de hasta diez metros de longitud.

Muchos investigadores se preguntan si hay algún objeto con energía suficiente para ser una fuente intensa de ondas gravitacionales a frecuencias tan elevadas (superiores a los 10 kilohercios), explica Rana Adhikari, físico experimental del Instituto de Tecnología de California que no participa en el proyecto. Sin embargo, añade, las hipotéticas fuentes vinculadas a la materia oscura podrían ser la excepción: «Puede que en este régimen de ondas gravitacionales “ultrasónicas” el universo nos sorprenda con una gran cantidad de fenómenos exóticos», concluye.

—Jeremy Hsu

AGENDA

CONFERENCIAS

2 de octubre

La producción de oro en el universo

Gabriel Martínez-Pinedo, Universidad Técnica de Darmstadt
Fundación Ramón Areces
Madrid
www.fundacionareces.es

10 de octubre

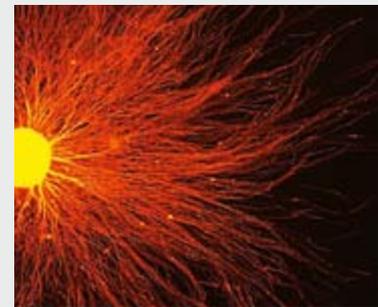
Matemáticas: Las geometrías y otras revoluciones

Marina Logares, Universidad de Plymouth
Casa de las Ciencias
Logroño
www.csic.es

24 de octubre

Conectando y reconectando el cerebro con los sentidos

Guillermina López Bendito, Universidad Miguel Hernández
Museo de las Ciencias
Valencia
www.cac.es



28 de octubre

Ciberseguridad

Luis Jiménez, Centro Criptológico Nacional
Gianluca D'Antonio, Asociación Española para el Fomento de la Seguridad de la Información
Fundación Juan March
Madrid
www.march.es

OTROS

2 de octubre — Mesa redonda

Centenario del nacimiento de Ramon Margalef

Ateneo Barcelonés
Barcelona
www.ateneubcn.org

18 de octubre — Taller

Química en la cocina

Organiza: Colegio Oficial de Químicos
Centro Cívico Vil·la Urània
Barcelona
www.taulaperiodica.cat