

Universo

N.º 128

20 de abril a 20 de mayo de 2021

SUMARIO

- **Presentación**
- **Actualidad científica**
 - Breves
- **En profundidad**
 - Lenguaje, cerebro y pensamiento: qué sabe la neurociencia sobre la capacidad más humana
- **En desarrollo**
 - Llegan los tejidos inteligentes: camisetas para recargar dispositivos y pantallas de tela
 - El enigma de la nube marciana
- **De cerca**
 - “La década de 2020 está llamada a ser la de la energía solar”. Entrevista a Ignacio Mártil de la Plaza, doctor en Física y catedrático de Electrónica
- **Libros**
- **Grandes nombres**
 - James Clerk Maxwell y las ecuaciones electromagnéticas

Presentación

Es muy posible que los neandertales tuvieran la facultad de comunicarse a través de una lengua, al igual que la poseen los seres humanos, y, desde hace medio siglo, la neurobiología intenta desentrañar la naturaleza de las operaciones mentales que constituyen el mosaico lingüístico. Un reportaje de la agencia SINC se adentra en estas cuestiones.

Los científicos han logrado diseñar una camiseta que toma y acumula energía del cuerpo de una persona con la que poder recargar pequeños dispositivos mientras se hace ejercicio, así como una pantalla completamente integrada en la tela. Está claro que los tejidos inteligentes han llegado y *Universo* no quiere que te pierdas ni un detalle sobre cómo funcionan.

El misterio de una enorme nube que se forma a diario durante la primavera en Marte; una entrevista a Ignacio Mártil de la Plaza, doctor en Física y catedrático de Electrónica, y la biografía del científico James Clerk Maxwell, son otros contenidos que te ofrecemos en esta nueva entrega de *Universo*.

Actualidad científica

Breves

Los monos escuchan a escondidas y entienden las “conversaciones”

Antropólogos de la Universidad de Zúrich han llegado a la conclusión de que los titíes de Brasil escuchan a escondidas las “conversaciones” de sus congéneres y además las entienden.

Según informa el diario *ABC*, los investigadores emplearon imágenes térmicas para medir de forma no invasiva los cambios de temperatura en los rostros de los monos, con el objetivo de cuantificar las respuestas emocionales sutiles. “Pudimos usar esta técnica para demostrar que los titíes no percibían las interacciones vocales entre congéneres como la mera suma de los elementos de una sola llamada, sino que los percibían de manera integral, como una conversación”, explica Rahel Brügger, primer autor del estudio.

Para su trabajo, los investigadores usaron reproducciones de intercambios vocales entre titíes, así como llamadas individuales de animales que no participaron en una interacción. Posteriormente, emitieron las reproducciones desde un altavoz oculto y midieron con termografía las reacciones de los monos a las diversas simulaciones.

“Esto mostró que la respuesta a las interacciones de llamadas fue significativamente diferente a la respuesta a las llamadas individuales”, dice Brügger. “Los monos titíes pueden así distinguir un diálogo entre congéneres de un monólogo puro”.

La secuenciación del genoma de un pez pulmonado aporta nueva información sobre la conquista del medio terrestre

Un equipo de investigadores liderado por la Universidad de Constanza, Alemania, en el que participa el Museo Nacional de Ciencias Naturales (MNCN-CSIC), ha logrado secuenciar el genoma del pez pulmonado de Queensland, el más grande que se ha descifrado hasta la fecha.

Según informa el MNCN, gracias al análisis de este genoma, el trabajo, publicado en la revista *Nature*, confirma que estos peces pulmonados son los parientes más cercanos de los tetrápodos, grupo que incluye a anfibios, reptiles, aves y mamíferos, y permite tener una mayor comprensión de las innovaciones que permitieron la conquista del medio terrestre y el origen de los tetrápodos.

“Nuestro estudio confirma que el pez pulmonado australiano, *Neoceratodus forsteri*, y no el celacanto, como se pensaba anteriormente, es el pariente acuático más cercanamente emparentado con el ser humano”, explica Iker Irisarri, investigador postdoctoral en el MNCN durante la realización del estudio y actualmente investigador en la Universidad de Gotinga (Alemania).

Irisarri añade que “además de confirmar nuestra hipótesis acerca de la posición evolutiva clave del pez pulmonado australiano, el análisis de su genoma nos ha dado pistas importantes sobre cómo fue la conquista del medio terrestre. Esto fue posible gracias a varias adaptaciones en la respiración, olfato, movimiento y reproducción”.

En este sentido, según el investigador, entre los hallazgos del estudio destaca la caracterización de genes del desarrollo que revela procesos similares en las aletas y manos de peces pulmonados y humanos, respectivamente, y en los pulmones de ambas especies, lo que indica un origen evolutivo común. Además, los científicos identificaron que, durante la transición entre el medio acuático y el terrestre, las especies tenían un mayor número de genes implicados en el olfato y un menor número de receptores de olores que se transmiten a través del agua.

Un submarino podría surcar el mayor mar de Titán

Los científicos planean enviar a Titán, la luna más grande de Saturno, un submarino que investigue sus misteriosos ríos y mares de metano líquido. Astrónomos de la Universidad de Cornell han estimado que Kraken Mare, el mayor mar de ese mundo, tiene cerca de su centro al menos 300 metros de profundidad, espacio suficiente para que lo explore un artilugio robótico.

Según informa el diario *ABC*, tras examinar los datos de uno de los últimos sobrevuelos de la misión Cassini en Titán, los investigadores detallaron sus hallazgos en un estudio en el *Journal of Geophysical Research*.

“La profundidad y composición de cada uno de los mares de Titán ya se había medido, excepto el mar más grande, Kraken Mare, que no solo tiene un gran nombre, sino que también contiene alrededor del 80 por ciento de los líquidos de la superficie de esta luna”, señala Valerio Poggiali, investigador en el Centro de Astrofísica y Ciencias Planetarias de Cornell (CCAPS, por sus siglas en inglés) y autor principal del trabajo.

Poggiali cree que, en un futuro lejano, un submarino, probablemente sin un motor mecánico, navegará por Kraken Mare. “Gracias a nuestras mediciones”, indica, “ahora los científicos pueden inferir la densidad del líquido con mayor precisión y, en consecuencia, calibrar mejor el sonar a bordo del barco y comprender los flujos direccionales del mar”.

China y Rusia construirán una base lunar juntos

La agencia espacial rusa ha firmado un acuerdo con su homóloga china para construir, de forma conjunta, una estación científica permanente en la Luna, posiblemente en su superficie, y que estará abierta al uso por parte de otros países.

Según informa el diario *La Vanguardia*, el director ejecutivo de Roscosmos, la agencia espacial rusa, Dimitri Rogozin, y el director de la CNSA, su homóloga china, Zhang Kejian, han firmado en nombre de sus respectivos gobiernos un

memorando de entendimiento para cooperar en la creación de la llamada Estación Científica Lunar Internacional.

Roscosmos y la CNSA “cooperarán en la creación de la base lunar con acceso abierto a todos los países interesados y socios internacionales”, indica la agencia rusa en un comunicado. El acuerdo deja abierta la posibilidad de que la estación se construya o bien en la superficie o bien en órbita.

Ambos países quieren “fortalecer la interacción en materia de investigaciones científicas y promover el estudio y uso del espacio con fines pacíficos en provecho de toda la humanidad”, y contemplan, además, la posibilidad de que en el futuro se envíe al hombre a la Luna.

Hallan en Nueva Zelanda el tiburón luminoso más grande del mundo

Un tiburón de 1,80 metros de largo, que brilla en la oscuridad y vive en las profundidades de las aguas de Nueva Zelanda, es el vertebrado luminoso más grande del mundo que se conoce hasta la fecha, según un estudio científico.

La investigación confirma por primera vez que este tiburón carochó (*Dalatias licha*), así como otras dos especies (*Etmopterus lucifer* y *Etmopterus granulosus*) que habitan las profundidades de las aguas neozelandesas, y que ya eran conocidas, son capaces de producir una luz visible a través de reacciones bioquímicas.

Según informa el diario *El Mundo*, Jérôme Mallefet, autor principal del estudio, publicado en la revista científica *Fronteras de las Ciencias Marinas*, y que confirmó por primera vez la existencia de tiburones bioluminiscentes en Nueva Zelanda, explica que los ejemplares capturados producen una luz azul verdosa que brilla y se oscurece lentamente. "Ellos brillan en la oscuridad, no producen destellos", señala este científico en un comunicado del Instituto de Investigación del Agua y la Atmósfera (NIWA, por sus siglas en inglés), una de cuyas expediciones capturó dichos ejemplares.

Mallefet calcula que 57 de las 540 especies conocidas de tiburones pueden producir una luz bioluminiscente. La mayoría de estas especies son de pequeño tamaño y habitan la llamada “zona crepuscular” del mar, a más de 200 metros de profundidad. La investigación de Mallefet, junto a su colega Laurent Duchatelet, de la Universidad Católica de Lovaina, y Darren Stevens, del NIWA, podría ayudar a entender más a los animales de las profundidades marinas.

Logran comunicarse con alguien mientras está soñando

Un estudio publicado en la revista científica *Current Biology* afirma que sus autores han sido capaces de entablar una conversación con una persona dormida mientras estaba soñando, concretamente desde dentro del sueño.

Según informa el diario *La Razón*, un equipo integrado por diferentes universidades ha reunido a varias decenas de voluntarios con sueños lúcidos,

es decir, aquellos en los que es posible recuperar la consciencia y reconocer que se está soñando.

En este trabajo, los investigadores han comprobado que es posible hablar con el soñante desde fuera situando un pequeño altavoz cerca del oído de la persona dormida. Repitiendo una pregunta varias veces, el soñante es capaz de responder con los ojos mientras se mantiene el sueño lúcido, generando un diálogo entre ambos mundos.

Este método funciona de la misma forma que se escucha la alarma del despertador dentro de un sueño. En la fase REM, los estímulos externos suficientemente fuertes se van mezclando con el sueño, y acaban integrándose con él. Si el estímulo es demasiado fuerte, la persona se despertará, pero a la intensidad justa puede mantenerse dormida y que la información llegue al sueño lúcido.

Consiguen leer cartas de hace 300 años sin abrirlas

Un equipo liderado por el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT, por sus siglas en inglés) ha conseguido leer por primera vez cartas de la Europa del Renacimiento que permanecían completamente selladas, y lo ha hecho sin abrirlas gracias a un algoritmo diseñado por ordenador. El estudio se publica en la revista *Nature Communications*.

“Es posible que podamos leer el contenido de esta manera, pero el contenido no es la única característica interesante de una carta. Una vez que son abiertas, perdemos evidencia de cómo fueron dobladas y selladas”, explica al diario *La Vanguardia* Daniel Starza, coautor del estudio y profesor de Literatura Inglesa Moderna Temprana en el King’s College de Londres (Reino Unido).

El equipo de conservadores, expertos en literatura, artistas, ingenieros y científicos ha desarrollado un algoritmo que permite leer las cartas virtualmente y así descubrir más sobre el arte del *letterlocking* (protección de una carta sin un sobre mediante el plegado y el corte). Los autores pudieron revelar por primera vez el contenido de DB-1627, una carta de 1697 típica de la comunicación diaria de la época.

El documento contiene la solicitud de un hombre llamado Jacques Sennacques a su primo Pierre Le Pers, un comerciante francés en La Haya, de una copia certificada de la notificación de defunción de un tal Daniel Le Pers. Esta investigación confirma los hallazgos del trabajo de dos décadas del equipo, que ha estudiado unas 250.000 cartas selladas con esta técnica criptográfica. Aunque la mayoría de ellas ya estaban abiertas, las misivas habían permitido sistematizar las técnicas de bloqueo de cartas.

En profundidad

Lenguaje, cerebro y pensamiento: qué sabe la neurociencia sobre la capacidad más humana

Por Laura Chaparro/SINC

La facultad de comunicarnos mediante una lengua es única de los seres humanos, pero no solo de los *Homo sapiens*; seguramente, también la tuvieron los neandertales. Desde hace medio siglo, la neurobiología trata de desentrañar cómo son las operaciones mentales que configuran el mosaico lingüístico.

Para uno de los iconos de la generación del 98, el escritor Miguel de Unamuno (1864-1936), “la lengua no es la envoltura del pensamiento, sino el pensamiento mismo”. Una idea que compartía otro escritor coetáneo, el austríaco Karl Kraus (1874-1936): “El lenguaje no es aya, sino madre del pensamiento”.

Esta capacidad es típicamente humana, pero posiblemente no haya sido exclusiva de nuestra especie. Recientemente, un equipo de investigadores españoles presentó evidencias de que nuestros “primos” los neandertales también podían hablar. “Los neandertales tenían las mismas capacidades auditivas relacionadas con el lenguaje que nuestra propia especie, lo que supone la primera prueba paleontológica sólida de que también tenían lenguaje”, asegura Mercedes Conde Valverde, autora principal del artículo.

Desde hace siglos, el lenguaje ha sido objeto de reflexión y estudio por parte de filósofos y escritores. Aristóteles, en el siglo IV a. C., ya se refería al lenguaje en su tratado *Sobre la interpretación*. En las últimas décadas, y en paralelo al trabajo de los lingüistas y los paleoantropólogos, los neurocientíficos y biolingüistas se han unido al reto de desentrañar sus misterios.

“Los lingüistas llevan más de 50 años de trabajo firme, dando detalles sobre cómo podrían ser las operaciones mentales necesarias para el lenguaje, pero la forma en que se implementan en las neuronas sigue siendo un gran enigma”, afirma a SINC Cedric Boeckx, director del grupo de Biología Cognitiva del Lenguaje de la Universidad de Barcelona e investigador Icrea.

Un editorial publicado en la revista *Science*, coincidiendo con un especial sobre lenguaje y cerebro, destacaba que las lenguas son distintivamente humanas y que el lenguaje es una cuestión “importante y difícil en neurociencia”. Aunque en el pasado se tratara como una parte separada del cerebro, “mucho trabajo empírico moderno ha demostrado que el lenguaje está integrado y en constante interacción con una increíble variedad de procesos neuronales”, señala el texto que firmó Lera Boroditsky, profesora en el departamento de Ciencia Cognitiva de la Universidad de California (EE. UU.).

A diferencia de otras áreas de la neurociencia, como la visión o las acciones motoras, con las que los científicos han podido utilizar técnicas invasivas en

modelos animales, el estudio del lenguaje carece de estos modelos, lo que dificulta su estudio.

En el epicentro del cerebro

“El lenguaje juega un papel central en el cerebro humano, desde cómo procesamos el color hasta cómo hacemos juicios morales”, recogía el editorial de *Science*. Así, esta capacidad influye en multitud de tareas sin que nos demos cuenta, desde recuerdos, codificación de olores y notas musicales, orientación, razonamiento, toma de decisiones o incluso expresión de emociones.

Diferentes investigaciones han demostrado que las personas que no pudieron expresarse con ningún lenguaje cuando eran niños (como las personas sordas que no podían comunicarse con otros usando lenguas de signos) presentan patrones de conexiones neuronales muy diferentes de aquellos que sí tuvieron una exposición temprana al lenguaje.

Además, los hablantes de diferentes idiomas desarrollan distintas habilidades cognitivas según la estructura y los patrones de sus lenguas, algo que también incluye a las lenguas de signos. Sus hablantes desarrollan diferentes habilidades de atención visoespacial comparados con quienes usan el lenguaje hablado. En cuanto al lenguaje escrito, también reestructura el cerebro. “Incluso las propiedades aparentemente superficiales, como la dirección de la escritura, tienen profundas consecuencias sobre cómo las personas atienden, imaginan y organizan la información”, apunta el editorial.

Chomsky y la mutación repentina

Aunque son muchos los investigadores que están contribuyendo a aclarar los interrogantes de esta capacidad humana, si hay un nombre conocido por buena parte de la población es el de Noam Chomsky (1928). El filósofo, politólogo y también lingüista sostiene que el lenguaje surgió de forma súbita por una mutación genética, algo que ponen en duda diferentes investigaciones.

En un artículo publicado en la revista *PLOS Biology*, el neurobiólogo Boeckx y Pedro Tiago Martins, investigador de su mismo equipo, cuestionan esta hipótesis y mantienen que la capacidad para el lenguaje fue fruto de una evolución gradual. Durante décadas, Chomsky y otros académicos han propuesto que los humanos modernos estamos genéticamente equipados con el mecanismo de ensamble, una capacidad cognitiva sobre la que se basa nuestra habilidad para representar gramáticas complejas de una manera que solo los humanos sabemos utilizar, a diferencia de otras especies.

Quienes defienden la hipótesis del gen único aseguran que el ensamble, al ser una operación simple, tuvo que ser el resultado de una mutación genética que dotó a un humano del equipamiento biológico necesario para el lenguaje. ¿Por qué? Porque esta capacidad cognitiva no tendría niveles intermedios, es decir, se tiene o no se tiene, y antes de la mutación, a su juicio, no existía, pero después sí.

Sin embargo, el estudio de Boeckx y Martins afirma que, aunque el ensamble no se manifieste en fases intermedias, su evolución sí puede haber sido gradual. “Reconocemos la importancia de la contribución de Chomsky. De hecho, sin él, el estudio del lenguaje como capacidad biológica probablemente no existiría, pero reconocemos también que es necesario no asumir que todo lo que diga Chomsky sobre cualquier aspecto del lenguaje es cierto o tiene sentido biológicamente”, indica Martins a SINC.

Un mosaico de áreas cerebrales

Como hemos visto, el lenguaje está relacionado con un gran número de funciones cognitivas, como la atención, la orientación o la memoria. Por eso mismo, las habilidades lingüísticas no se localizan en un área cerebral concreta, sino en muchas de ellas. Tradicionalmente, se habían atribuido al área de Broca (situada en el lóbulo frontal izquierdo) y al área de Wernicke (en el lóbulo parietal izquierdo) la producción y el procesamiento del lenguaje, pero hoy los científicos saben que están involucradas muchas más regiones.

Como explica a SINC Manuel Carreiras, director científico del Basque Center on Cognition, Brain and Language (BCBL), el lenguaje es un sistema muy complejo que tiene varios niveles: fonología, sintaxis, léxico y semántica. Para comprender un mensaje, por ejemplo, hacemos multitud de acciones: desciframos significados por medio de operaciones complejas que realizamos a partir de la recepción de una cadena de sonidos, lo segmentamos en fonemas y palabras reconocibles y lo vamos ensamblando en frases hasta lograr descifrar el significado de ese mensaje.

Además, a partir de una idea llegamos a producir una cadena de sonidos, pero antes seleccionamos las palabras que vamos a utilizar y las ordenamos siguiendo unas reglas gramaticales. Después seleccionamos los fonemas y enviamos las órdenes precisas a los músculos del aparato fonador (del que forman parte las cuerdas vocales, la lengua o el paladar) para generar la cadena de sonidos.

“Todas estas funciones cognitivas están sustentadas por circuitos cerebrales que se activan durante la comprensión y la producción del lenguaje. Estos circuitos cerebrales reclutan distintas áreas de materia gris de la corteza cerebral y subcorticales, así como tractos de materia blanca que conectan distintas áreas de materia gris”, describe Carreiras.

Una revisión de estudios publicada en *Science* ha descrito cómo nuestros cerebros decodifican el lenguaje para extraer un significado casi ilimitado de un conjunto relativamente limitado de palabras. Analizando frases cortas, la investigación concluyó que el lóbulo temporal anterior izquierdo y la corteza media prefrontal estaban relacionadas con la comprensión, la producción, el lenguaje hablado y las señas. “Hay áreas del cerebro que, indudablemente, están relacionadas con el lenguaje, pero lo importante es abandonar la idea de que hay un área cerebral que es la responsable”, mantiene Martins.

Gracias a los avances de la neurociencia y de la tecnología, hoy es posible analizar las áreas cerebrales que se activan en determinadas tareas lingüísticas por medio de imágenes por resonancia magnética funcionales, pero falta mucho por saber. “A medida que ampliamos el modelo clásico para incluir más regiones cerebrales implicadas en el lenguaje nos estamos acercando a responder la pregunta “dónde”, pero aún estamos lejos de saber “cómo” realiza el cerebro las operaciones mentales necesarias para el lenguaje”, concluye Boeckx.

Los sonidos de los primates

Aunque el lenguaje sea una capacidad únicamente humana, los científicos estudian las formas de comunicación de otros animales. Los primates no humanos tienen una boca más larga y una faringe más corta que nosotros, puesto que su laringe no ha descendido como la nuestra. Es lo que se conoce como “descenso laríngeo” y que, durante décadas, se ha considerado como el primer paso para la aparición del habla.

Una revisión de estudios publicada en la revista *Science Advances* concluye que, contrariamente a lo que se pensaba hasta ahora, este descenso laríngeo no es exclusivamente humano ni necesario para producir frecuencias durante la vocalización. “La revisión muestra claramente que, según el contexto social, varios tipos de monos (babuinos, macacos, dianas o lémures) son capaces de modificar la forma de su tracto vocal para producir diferentes cualidades vocales similares a las nuestras”, declara a SINC Louis-Jean Boë, investigador de la Universidad de Grenoble (Francia) y autor principal del estudio.

Este hallazgo implicaría que el descenso laríngeo no es imprescindible para desarrollar el lenguaje, tampoco en los humanos, por lo que, según los autores, sus orígenes se podrían remontar a unos 20 millones de años, en lugar de los 200.000 considerados hasta ahora.

En desarrollo

Llegan los tejidos inteligentes: camisetas para recargar dispositivos y pantallas de tela

Por César Mestre

Ingenieros de la Universidad de California han diseñado una camiseta que recoge y almacena energía del cuerpo humano para cargar pequeños aparatos electrónicos mientras se realiza ejercicio físico. Estas células de biofuel contienen enzimas que reaccionan con el lactato del sudor para producir electricidad. Además, en Shanghái, otro equipo ha desarrollado una pantalla totalmente integrada en el tejido.

La electrónica es cada vez más habitual en la vida de las personas, pero con un mayor consumo eléctrico como contrapartida. A pesar de que cada vez hay baterías con más capacidad para los teléfonos móviles y los ordenadores portátiles, resulta imposible no depender de un enchufe próximo para cargarlos a diario.

Con el fin de soslayar esos inconvenientes, un equipo de ingenieros especializados en bioelectrónica de la Universidad de California San Diego (UC) aporta una solución, cuando menos, peculiar, pero prometedora: la posibilidad de recargar dispositivos electrónicos mediante el propio cuerpo mientras se realiza ejercicio físico. Solo es preciso ponerse una camiseta especial que imita a una central eléctrica, en la que el movimiento y el sudor son su generador.

Una microrred ponible

La prenda en cuestión está diseñada a partir de una combinación de piezas electrónicas, todas flexibles, lavables y serigrafiadas en una disposición especial para mejorar la cantidad de energía que pueden almacenar. Una sencilla camiseta puede transformarse, de este modo, en una microrred portátil que captura y acumula energía directamente del cuerpo de una persona, mediante la que es capaz de alimentar pequeños aparatos electrónicos. La clave reside en la combinación de pilas biocombustibles que se recargan con el sudor, dispositivos que emplean la fricción y el movimiento para producir energía, y supercondensadores capaces de guardarla.

A lo largo del último decenio, los ingenieros de materiales han estado empeñados en desarrollar generadores eléctricos personales, capaces de conseguir electricidad utilizando el cuerpo de una persona. El inconveniente es que, hasta el momento, dichos sistemas producen una corriente muy escasa, por lo que se ha empleado en dispositivos que no precisan apenas electricidad, como relojes de pulsera que se recargan de forma continua mediante el balanceo de la mano.

Para superar este escollo, los ingenieros californianos decidieron tomar ejemplo de las redes eléctricas. Las grandes urbes cuentan con una elevada demanda

de energía, imposible de cubrir con una sola central eléctrica. De manera que, para lograr un suministro eléctrico persistente, se combinan varias centrales eléctricas, guardando el exceso de corriente para poder garantizar que siempre sea continuo cuando llega a los enchufes. Así, incluso si una central eléctrica tiene problemas, las demás pueden continuar ofreciendo suministro y evitar la interrupción.

Con los generadores eléctricos personales es posible hacer lo mismo: si uno solo no puede ofrecer suficiente electricidad, es posible combinar varios y acumular la energía para poder producir una corriente eléctrica permanente. La microrred eléctrica diseñada en San Diego forma parte de una nueva generación de tejidos flexibles e integrados que persiguen revolucionar tanto la alimentación de dispositivos como la manera en que se emplean.

“Al igual que una microrred urbana integra diversas fuentes de energía local y renovable, una microrred ponible integra dispositivos que recogen la energía de forma local en distintas partes del cuerpo”, explica Lu Yin, estudiante de doctorado en la UC y coautor de un artículo publicado en la revista *Nature Communications*.

Sudor y movimiento

La camiseta incorpora dos fuentes de energía principales: células de biofuel capaces de producir electricidad mediante el sudor y generadores triboeléctricos que se activan con el movimiento. Cuando se combinan, ambas fuentes de energía terminan produciendo una corriente eléctrica entre dos y tres veces mayor de la que tendrían por sí solas, pudiendo recargar un reloj inteligente de pulsera con una sesión deportiva de media hora.

Para ser más precisos, una vez que quien se pone la camiseta empieza a sudar, las pilas, colocadas en la parte interna de la prenda, a la altura del pecho, comienzan a producir energía, ya que están provistas de enzimas que generan un intercambio de electrones (entre las moléculas de lactato y oxígeno presentes en el sudor). Por otra parte, las piezas que transforman la energía del movimiento en electricidad (generadores triboeléctricos) están ubicadas en el exterior de la camiseta, en los antebrazos y a los lados del torso, cerca de la cintura, para así recoger la actividad al caminar o correr gracias a la fricción que se produce.

Las células de biofuel fueron creadas por el mismo laboratorio en 2013 y, desde ese momento, han ido perfeccionando su rendimiento y tamaño. Los generadores triboeléctricos son más simples y es una tecnología más antigua. Se basan en lograr electricidad frotando un material con carga positiva y otro con carga negativa.

El hecho de aprovechar tanto el movimiento como la transpiración permite a la microrred alimentar los dispositivos de manera sostenible. “Al sumar los dos elementos compensas las deficiencias de cada uno”, indica Yin. “Son complementarios y sinérgicos, y permiten un arranque rápido y una potencia continua”. Cada elemento brinda una clase de energía distinta: las pilas de biocombustible producen un voltaje bajo y constante, mientras que los

generadores triboeléctricos ofrecen impulsos de alto voltaje. Para que el sistema pueda aprovechar la energía correctamente, los voltajes deben combinarse y regularse en uno solo, estable.

Este es el papel de los supercondensadores, ubicados fuera de la prenda, también a la altura del pecho, y que funcionan como un depósito que acumula temporalmente la energía de ambas fuentes y puede descargarla cuando sea preciso. “Se puede decir que las pilas de biocombustible son una especie de grifo que fluye lentamente y que los generadores triboeléctricos son como una manguera que lanza chorros de agua”, dice Yin. “Los supercondensadores serían el depósito que ambos alimentan”.

Los ingenieros probaron la microrred en sesiones de media hora (10 minutos de ejercicio en una bicicleta estática o corriendo en una cinta y 20 de descanso). El sistema fue capaz de alimentar un reloj LCD o una pequeña pantalla electrocrómica –un dispositivo que cambia de color en respuesta a un voltaje aplicado– en cada sesión. Sin embargo, todavía la corriente que se obtiene es demasiado escasa como para recargar dispositivos más grandes, como teléfonos móviles o tabletas.

Una pantalla de tejido

Mientras en San Diego se trabaja en ropa que puede alimentar dispositivos electrónicos, en Shanghái otro equipo de investigadores se afana en la integración de dispositivos en los tejidos. Los científicos chinos detallan en *Nature* el diseño de una prenda, adaptable y compacta, que funciona como pantalla. No obstante, sus responsables se han visto obligados a subsanar un inconveniente añadido, ya que los materiales convencionales empleados en las pantallas no son compatibles, en principio, con la deformación natural derivada del uso de las prendas.

Este nuevo diseño hilvana fibras conductoras, fibras luminiscentes y fibras de algodón hasta lograr una pantalla flexible de tela, lo que hace de él un material con múltiples aplicaciones prácticas. La pantalla es posible gracias a las unidades electroluminiscentes que nacen de la intersección entre las fibras conductoras y las luminiscentes.

Los científicos explican que, en las pruebas realizadas, la gran mayoría de las unidades luminiscentes se mantuvo estable, incluso tras 1.000 ciclos de flexión, estiramiento y prensado. Además, indican que el brillo de esas unidades permaneció estable después de 100 ciclos de lavado y secado.

Los ingenieros enumeran varios usos potenciales para el tejido, como una herramienta de navegación que muestra un mapa interactivo o un instrumento de comunicación que puede enviar o recuperar mensajes mediante una conexión Bluetooth con un *smarthphone*. “Pueden utilizarse para campos biomédicos, por ejemplo; podemos hacer que emitan luz azul, que se usa para tratar algunas enfermedades, como la ictericia neonatal, de forma más segura y eficaz”, explica Huisheng Peng, ingeniero en la Universidad Fudan de Shanghái y autor principal del artículo.

El enigma de la nube marciana

Por César Mestre

Cada mañana se extiende desde el volcán Arsia Mons hasta los 1.800 kilómetros de distancia, para esfumarse de nuevo apenas unas horas más tarde. Se trata de una enorme nube de hielo de agua que se forma a diario, durante la primavera del hemisferio sur de Marte, sobre la región de Tharsis. La nave Mars Express de la Agencia Espacial Europea (ESA) ha investigado este grandioso fenómeno atmosférico y ha descifrado parte del misterio que lo rodea.

Es primavera en el hemisferio sur del planeta Marte. Cada día, una nube de hielo de agua surge hasta los 20 kilómetros de altura cerca del volcán Arsia Mons, ubicado en las proximidades del ecuador marciano. La misteriosa nube se extiende entonces a gran velocidad varios cientos de kilómetros más, pero desaparece al cabo de unas horas para no regresar hasta la mañana siguiente. Científicos de la Universidad del País Vasco (UPV) han logrado desvelar parte del enigma de esta extraña y efímera nube gracias a un “arma secreta” de la sonda Mars Express de la Agencia Espacial Europea (ESA). Los resultados se han publicado en el *Journal of Geophysical Research*.

Visible desde la Tierra

Es conocido desde hace tiempo que la atmósfera de Marte encierra pequeñas cantidades de vapor de agua. Las moléculas de H₂O provienen, por ejemplo, del hielo que se encuentra en la superficie del planeta. Cuando el agua llega a una altitud de decenas de kilómetros, se condensa y forma nubes como las que se aprecian en las imágenes captadas por la sonda Mars Express.

La nube que motiva este artículo aparece en un ciclo diario en el que se forma y destruye en escasas horas. Sucede, como ya hemos dicho, durante el periodo de primavera marciana, que dura unos 80 días. La nube se observó por primera vez en 1976, y el Mars Express logró fotografiarla en 2009, 2012, 2015 y 2018. Tiene unos 1.800 kilómetros de largo y 150 de ancho, y es visible hasta desde la Tierra con telescopios.

Sea como fuere, hasta ahora no había sido posible captar la extensión total de la nube, ya que la mayoría de naves que orbitan en torno a Marte solo obtienen una idónea visibilidad de la región de Tharsis durante la tarde, momento en que el fenómeno ya ha desaparecido.

Mars Express lo ha conseguido gracias a la cámara de seguimiento visual (VMC, por sus siglas en inglés), apodada la “cámara web” de Marte, que ofrece una resolución similar a la de una cámara web estándar de 2003. Posee un gran campo de visión y fue inicialmente instalada para realizar un seguimiento visual del módulo de aterrizaje Beagle 2, cuando este se separó de la sonda el mencionado año. Pero la ESA ha reconvertido ahora dicho instrumento y lo ha empezado a utilizar con fines científicos.

"Aunque tiene una resolución espacial baja, presenta un gran campo de visión, algo esencial para disponer de una mayor perspectiva a distintas horas del día, y es estupenda para seguir la evolución de un determinado fenómeno a lo largo de un periodo de tiempo prolongado y a pequeños intervalos. Así, hemos podido estudiar toda la nube en numerosos ciclos de vida", explica el investigador principal, Jorge Hernández Bernal, de la UPV.

La influencia del volcán

Los científicos combinaron las observaciones de la cámara web con las de otros dos instrumentos de Mars Express, Omega y HRSC, y de otras naves. "Nos hizo especial ilusión adentrarnos en las observaciones realizadas por Viking 2 en los años 70", admite Hernández. "Vimos que en aquella época ya se había capturado parte de esta fascinante nube gigantesca, y ahora estamos explorándola con todo detalle".

Por su parte, Agustín Sánchez-Lavega, también de la Universidad del País Vasco, coautor del estudio y responsable científico de la VMC, indica que "muchos orbitadores marcianos no pueden siquiera observar esta parte de la superficie del planeta hasta primera hora de la tarde, debido a las propiedades de sus órbitas, por lo que esta es la primera exploración detallada de este interesante fenómeno, algo posible no solo gracias a la diversidad de instrumentos de Mars Express, sino también a su órbita».

Las nuevas observaciones apuntan a que el volcán Arsia Mons es el responsable del fenómeno. Se trata de una nube orográfica y se forma como resultado del viento, que es forzado hacia arriba por el relieve. En este caso, el relieve en particular es el gigantesco volcán, de unos 20 kilómetros de altura. Con esa altitud el volcán logra perturbar la atmósfera de Marte y provoca así la formación de esta nube.

Según parece, el aire húmedo es empujado por los flancos del volcán durante las corrientes ascendentes, lo que provoca que se condense en altitudes más elevadas y frías de la atmósfera. El proceso se inicia cada mañana, alrededor de las cinco de la madrugada, horario marciano, y en las tres horas posteriores los fuertes vientos expanden rápidamente la nube, que se va desvaneciendo durante el resto de la mañana hasta el mediodía.

Comprendiendo el funcionamiento y origen de esta nube, los astrónomos pueden ahora simularla más cómodamente en ordenadores para entender mejor el clima de Marte. "Aunque en la Tierra se observan con frecuencia nubes orográficas, no alcanzan esta enorme longitud ni ofrecen una dinámica tan cambiante. Comprender esta nube nos brinda una excelente oportunidad para intentar replicar su formación con modelos; modelos que mejorarán nuestros conocimientos sobre los sistemas climáticos tanto de Marte como de la Tierra", subraya Sánchez-Lavega.

Más de 15 años en Marte

Mars Express es una misión de exploración de Marte de la Agencia Espacial Europea (ESA) y la primera misión interplanetaria de nuestro continente. El término Express se acuñó originalmente debido a la corta trayectoria interplanetaria entre la Tierra y Marte, ya que el lanzamiento de la nave tuvo lugar cuando las órbitas de ambos mundos se encontraban más próximas en los últimos 60.000 años. Express también hace alusión a la velocidad y eficiencia con que la sonda fue diseñada y construida.

La nave de la ESA tiene dos partes: el Mars Express Orbiter y el Beagle 2, un aterrizador diseñado para investigar exobiología y geoquímica *in situ* en la superficie marciana. El Beagle 2 falló al intentar aterrizar en la superficie del planeta rojo, pero el orbitador ha estado realizando investigaciones científicas de manera satisfactoria desde el lanzamiento de la misión, el 2 de junio de 2003. Beagle 2 hubiera facilitado información sobre la posible vida de organismos en el pasado marciano.

Algunos de los instrumentos de Mars Express, incluyendo la cámara y algún espectrómetro, fueron heredados de la fallida misión rusa a Marte Marsnik 96, lanzada en 1996. El resto de instrumentos, así como la totalidad de la plataforma, son diseños europeos. El diseño básico está inspirado a su vez en la nave Rosetta (sonda interplanetaria).

La misión está enfocada a la inserción orbital y el posible estudio *in situ* del interior, la subsuperficie, la superficie, la atmósfera y el ambiente del planeta rojo. Sus objetivos científicos son completar las metas científicas de la mencionada misión Marsnik 96. La exploración de Marte es crucial para un mejor entendimiento de la Tierra desde un punto de vista comparativo en planetología.

De cerca

“La década de 2020 está llamada a ser la de la energía solar”

Entrevista a Ignacio Mártil de la Plaza, doctor en Física y catedrático de Electrónica

Por Eva Rodríguez/SINC

La transición energética es uno de los retos de este siglo para afrontar la crisis climática. El investigador Ignacio Mártil de la Plaza explica en su último libro cómo el impacto de la COVID-19 y la incidencia de la contaminación del aire en la enfermedad ha hecho que lo que “hasta marzo parecía un mantra de cuatro chalados con las energías limpias, ahora sea una cuestión de supervivencia”, señala.

Ignacio Mártil de la Plaza es catedrático de Electrónica de la Universidad Complutense de Madrid y miembro de la Real Sociedad Española de Física. Sus investigaciones actuales le han llevado al estudio de conceptos avanzados en células solares y en fotodetectores de infrarrojo basados en silicio. Además, es autor del blog de divulgación científica *Un poco de ciencia, por favor*, y en su último libro, *Energía solar: de la utopía a la esperanza*, desgana la tecnología, la ciencia, la economía y la historia de esta fuente energética.

¿Qué lugar ocupa la energía solar en España?

Nuestro sistema eléctrico tiene en estos momentos 11.547 MW de potencia fotovoltaica instalada, lo que representa el 10,45 por ciento del total. Esta tecnología fue responsable el año pasado del 6,1 por ciento del total de la energía eléctrica producida en España. Esto supone un récord histórico que se superará en la próxima década si se cumplen las previsiones. La potencia instalada se ha visto incrementada significativamente durante los dos últimos años, cuando la regulación jurídica ha permitido este aumento sin trabas, al contrario de lo sucedido en el período entre 2011 y 2018, donde apenas se instaló potencia solar. Sin duda, la década de los 2020 está llamada a ser la década de la fotovoltaica.

¿Es suficiente el desarrollo fotovoltaico actual para llegar a este objetivo?

Diría que no. En España disponemos de unos niveles de irradiación solar envidiables, ya que, en promedio para todo el país, recibimos el equivalente a 1.500 kWh/m² cada año, con niveles del orden de 1.900 kWh/m² en el sur de la Península. Con esa cantidad de radiación podríamos generar energía eléctrica para satisfacer nuestra demanda nacional de manera más que sobrada con energía fotovoltaica. Por tanto, no estamos a la altura de lo que nuestra privilegiada situación geográfica nos permitiría.

Se trata de una energía renovable, pero ¿qué ocurre con la fabricación de paneles? ¿Es igual de sostenible?

Efectivamente, la fabricación no es renovable, ya que se consume mucha energía durante la purificación de su materia prima –el silicio– y la posterior fabricación de la célula. Es decir, para purificar 1 kg de silicio y posteriormente fabricar células solares con él, se necesitan del orden de 150 kWh de energía durante el proceso. Si se contabiliza esa energía, cosa que debe hacerse, una instalación fotovoltaica emite durante su vida útil (unos 25 años) del orden de 25-35 g CO₂/kWh, cantidad que es varios órdenes de magnitud inferior a las emisiones de las tecnologías basadas en combustibles fósiles. Así pues, la fotovoltaica no es una fuente energética de cero emisiones, pero se le aproxima mucho.

Además, esta fabricación se hace casi al 100 % en China...

Este país acapara el mercado por una cuestión de costes de fabricación y laborales con los que no es posible competir. Con un mercado interno de 1.400 millones de potenciales consumidores, no necesita exportar nada ni competir con nadie. Además, el gobierno chino, a través de sus planes quinquenales, ha favorecido un crecimiento del mercado local sin precedentes. En la última década se han instalado en el país asiático entre 50 y 70 GW de potencia fotovoltaica cada año. Esto ha acarreado una caída en picado de los precios de los paneles que se ha trasladado al mercado mundial. En consecuencia, China se ha convertido en el suministrador casi único de paneles fotovoltaicos.

¿Qué obstáculos tiene este tipo de energía para generalizarla?

Hay dos clases de obstáculos. Por un lado, los políticos y regulatorios: es decir, durante años la instalación de paneles solares no solo no ha sido promovida, es que se ha penalizado. El tristemente famoso “impuesto al Sol” paralizó el sector durante casi una década. Afortunadamente, desde hace poco más de un año este panorama ha cambiado. Esperemos que se instale la cordura y que la regulación actual se mantenga en el tiempo.

Por otro, como cualquier otra tecnología de producción de electricidad, la fotovoltaica tiene ventajas e inconvenientes. Esta energía no funciona sin luz (de noche o en días nublados) y no es posible aún el almacenamiento a gran escala a costes viables. Estas son sus dos principales limitaciones de cara a su expansión más acelerada. Pero goza de una ventaja que la hace única: el inmenso potencial del recurso solar. Cada año la Tierra recibe una cantidad de energía del Sol equivalente a 7.000 veces el consumo total de energía del planeta. Ninguna otra fuente goza de una “materia prima” de estas características.

Seguimos dependiendo en gran medida de los combustibles fósiles. ¿Cómo se está llevando a cabo la transformación energética en Europa?

Todos los países europeos están realizando esa transición, aunque a ritmos desiguales y con algún fiasco notable en el camino. Por ejemplo, Alemania, que

fue de las primeras que empezó a instalar potencia renovable en cantidades apreciables desde comienzos de este siglo, cerró muy rápidamente sus centrales nucleares por presiones políticas y sociales. La consecuencia fue que tuvo que empezar a tirar del carbón para satisfacer sus necesidades energéticas, elevando sus emisiones de CO₂.

Nuestra vecina Francia es un caso singular, su *mix* energético está dominado por la energía nuclear (75 por ciento), una tecnología que no produce emisiones, pero debe almacenar sus residuos nucleares. El presidente Macron anunció en 2017 un plan para reducir al 50 por ciento ese parque, pero el objetivo se ha pospuesto a 2025 y no es seguro que se vaya a materializar. En definitiva, cada país tiene sus peculiaridades, y pensar en una transición homogénea y acompasada es irreal.

¿Es lo suficientemente rápida para que en menos de 30 años sea realista el cambio?

Centrándonos en España, considero perfectamente viable alcanzar un *mix* energético en el que las renovables aporten cerca del 80 por ciento del total de la energía eléctrica producida en 2030. Para lograrlo, la potencia fotovoltaica debería multiplicarse por tres al final de la década, objetivo ambicioso pero factible.

¿Qué son las perovskitas y cómo mejoran la eficiencia de los paneles fotovoltaicos?

Las perovskitas son una clase de materiales conocidos desde hace más de un siglo. En el mundo de la energía solar fotovoltaica irrumpieron hace muy poco, en 2009, cuando se publicó un resultado de una célula construida con estos materiales que tenía una eficiencia del 3,8 por ciento. Hace pocos días se ha publicado un nuevo estudio en el que, usadas en combinación con una célula de silicio en una estructura que se denomina "tándem", tiene una eficiencia del 29,52 por ciento. Es decir, en poco más de una década han recorrido el camino que el silicio ha tardado medio siglo en transitar.

¿Cómo ve el futuro de este tipo de energía, comparada con las demás energías renovables, para encarar la crisis climática?

La fotovoltaica está en pie de igualdad con la eólica y por encima de otras renovables como la termosolar, biomasa, geotérmica o hidráulica. La combinación de eólica y solar fotovoltaica puede permitir a nuestro país alcanzar la ansiada independencia energética, al menos en lo que a producción de electricidad se refiere. Dado el inmenso potencial del recurso solar y el precio tan económico que tiene (el vatio solar está por debajo de 20 céntimos de euro), unido a la regulación actual que permite las instalaciones de autoconsumo en condiciones muy favorables, no tengo la menor duda de que será un futuro radiante, como el de la materia prima de la que se nutre.

Libros

Más allá de las leyes físicas

Stuart Kauffman

Tusquets, 2021

208 páginas

ISBN: 978-84-9066-927-3

Stuart Kauffman ofrece una explicación sobre la progresión desde un entorno químico complejo hasta la reproducción molecular, el metabolismo y las primitivas protocélulas, y acerca de la posterior emergencia de lo que entendemos como *vida*. Aborda cuestiones como de dónde venimos, cómo hemos llegado hasta aquí o por qué nuestro mundo ha evolucionado. En los cien mil millones de sistemas solares que se estima que podrían existir, la vida evolutiva es, con toda probabilidad, un fenómeno frecuente. Y si así es, esta diversidad nos lleva más allá de la física.

En busca del origen del lenguaje

Sverker Johansson

Ariel, 2021

432 páginas

ISBN: 978-84-344-3322-9

A partir de las investigaciones más recientes en disciplinas tan diversas como la biología evolutiva, la primatología, la neurociencia o la antropología social, Sverker Johansson expone las principales teorías sobre cómo y por qué los humanos comenzaron a hablar. Para ello explora la evolución histórica de las lenguas desde una perspectiva darwiniana, cuestiona las ideas de Chomsky y otros lingüistas reconocidos, compara las habilidades comunicativas de las personas y los animales, y aborda los rasgos característicos de los idiomas modernos. En busca del origen del lenguaje es el libro definitivo para entender cómo se originó el lenguaje humano y por qué hablamos de la manera en que lo hacemos.

La geometría fractal de la naturaleza

Benoît Mandelbrot

Tusquets, 2021

688 páginas

ISBN: 978-84-9066-913-6

Muchas formas de la naturaleza son tan irregulares y fragmentadas que representarlas constituye un desafío matemático de primer orden. Los fractales, "inventados" por este gran matemático, permiten así describir muchas de las formas irregulares y fragmentadas que nos rodean, desde las nubes a los accidentes geográficos. Muchos de estos fractales presentan formas tan disparatadas que ni las ciencias ni las artes cuentan con términos para describirlos.

Grandes nombres

James Clerk Maxwell y las ecuaciones electromagnéticas

Por César Mestre

Autor de la teoría unificada del electromagnetismo y la teoría cinética de gases, James Clerk Maxwell fue un matemático, físico y astrónomo británico que demostró, a partir de sus ecuaciones, que la electricidad, el magnetismo y la luz son efectos producidos por un fenómeno común. Los eruditos le consideran el científico del siglo XIX con mayor influencia en la física del siglo XX.

James Clerk Maxwell nació el 13 de junio de 1831 en Edimburgo (Escocia), en el seno de una familia de clase media que pertenecía a la pequeña nobleza de terratenientes escoceses. Hijo único de un abogado que, posteriormente, pasaría a encargarse de la administración de sus propiedades, inculcó a James el amor por la naturaleza y las ciencias, siendo un ejemplo de ello el que entre sus juguetes infantiles hubiera un fenaquistiscopio, un antepasado del cinematógrafo inventado por el belga Joseph Plateau.

Maxwell fue instruido en la finca familiar por un joven profesor que, debido a su carácter agresivo, no consiguió motivar al niño. Tras la temprana muerte de su madre, a los 10 años, bajo la tutela de su tía, fue enviado a la Academia de Edimburgo, donde sus compañeros se burlaban de él por su acento rural y su ropa extravagante.

A partir de los 12 años empezó a acompañar a su padre a las reuniones de la Royal Society of Edinburgh, lo que marcó su trayectoria hasta el punto de que, en 1845, con solo 14 años, redactó su primera ponencia científica, en la que describía un método para dibujar elipses y figuras con más de dos focos, cuyas propiedades explicaba de manera más sencilla que como lo había hecho René Descartes dos siglos antes. Debido a su juventud, la ponencia hubo de ser presentada a la mencionada institución por un profesor de la Universidad de Edimburgo, pero le sirvió para ser incorporado como integrante de la Royal Society of Edinburgh a los 14 años.

Los anillos de Saturno

En 1847 ingresó en la Universidad de Edimburgo, mostrando un gran interés por la óptica y la investigación del color: en particular, por las propiedades de la luz polarizada. Demostró que la luz blanca se podía descomponer en tres colores esenciales (rojo, verde y azul) y elaboró la teoría del daltonismo. Tras completar tres cursos, se matriculó en el Trinity College de la Universidad de Cambridge, donde deslumbró a todos con su extraordinaria capacidad para resolver problemas relacionados con la física, y se graduó en 1854 como número dos de

su promoción. El deterioro de la salud de su padre le obligó a regresar a Escocia y a renunciar a una plaza en el Trinity College.

En 1856, poco después del fallecimiento de su padre, fue nombrado profesor de Filosofía Natural en el Marischal College de Aberdeen, donde sus colegas le superaban en al menos 15 años. En 1857, el St John's College de la Universidad de Cambridge convocó el premio Adams para la mejor investigación sobre los anillos de Saturno. Maxwell presentó un ensayo sobre el resultado de sus estudios a lo largo de dos años, en los que había descubierto que los anillos de este planeta no eran ni sólidos ni fluidos, sino que estaban formados por cuerpos minúsculos en órbita.

Estos trabajos sentaron la base para sus posteriores investigaciones sobre la dinámica de los gases, su primera contribución relevante a la ciencia: demostró que la teoría nebular sobre la formación del sistema solar vigente en su época estaba equivocada. De esta manera, obtuvo las 130 libras con que estaba dotado el galardón, y en ese mismo año, 1857, trabó amistad con el director del Marischal College, el reverendo Daniel Dewar, con cuya hija, Katherine Mary, se casaría en 1858.

Las ecuaciones

Dos años más tarde, el Marischal College y el King's College sumaron fuerzas para fundar la Universidad de Aberdeen. Se daba la circunstancia de que había dos profesores para cada asignatura, de modo que Maxwell, a pesar de su prestigio, fue despedido. Tras optar a una cátedra en la Universidad de Edimburgo que no consiguió, sí logró una en el King's College de Londres, a donde se trasladó tras superar la enfermedad de la viruela.

Allí empezó a asistir con regularidad a las conferencias que tenían lugar en la Royal Institution, donde conoció a Michael Faraday, que era unos 40 años mayor que él, lo que no impidió que naciera entre ambos una estrecha amistad. Precisamente entonces fue cuando Maxwell inició nuevos estudios en el campo de la electricidad y las líneas de fuerza establecidas por Faraday, reduciendo a 20 ecuaciones diferenciales con otras tantas variables el conocimiento de la época, un trabajo que publicó en 1861 bajo el título *Sobre las líneas de fuerza físicas*.

En una conferencia pronunciada en el King's College en 1862, Maxwell explicó que la velocidad de propagación de un campo electromagnético equivale aproximadamente a la velocidad de la luz, concluyendo que esta es, por tanto, un fenómeno electromagnético consistente en ondulaciones transversales del mismo tipo que las que producen los fenómenos eléctricos y magnéticos.

Desarrollando estas ideas, mostró que las ecuaciones predicen la existencia de ondas de campos eléctricos y magnéticos oscilantes que viajan a través del espacio vacío a una velocidad de 310.740.000 metros por segundo. Estableció también que la velocidad de propagación de un campo electromagnético es similar a la velocidad de la luz.

En 1864 presentó en la Royal Society de Londres su *Teoría dinámica sobre el electromagnetismo*, que simplifica y resume todas las leyes del mismo. Las ecuaciones de Maxwell constituyen uno de los mayores logros de la Física en el siglo XIX, ya que sintetizan las interacciones electromagnéticas. Expuso también que la luz representa una pequeña región del espectro electromagnético y sugirió la posibilidad de producir ondas electromagnéticas en el laboratorio.

Este hecho fue corroborado por Heinrich Hertz en 1887, ocho años después de la muerte de Maxwell, y supone el inicio de la era de la comunicación rápida a distancia. El trabajo de Maxwell sienta las bases para las investigaciones de Hertz y otros científicos cuyo objetivo es determinar la igualdad numérica de la velocidad de la luz en las unidades del sistema cegesimal y la relación de las unidades electromagnéticas con las electrostáticas.

Los gases

En 1865, mientras realizaban un experimento, el científico y su esposa descubrieron que la viscosidad en un gas es independiente de la presión y proporcional a la temperatura. El hallazgo demostraba que el comportamiento de los gases es diferente al de los cuerpos sólidos. Las moléculas se repelían entre sí con una fuerza proporcional a la distancia que las separa elevada a la quinta potencia.

La teoría de los gases determinaba que estos se hallan formados por moléculas en constante movimiento y que colisionan entre sí contra las paredes del recipiente. Esta teoría ya había sido estudiada anteriormente por otros científicos, pero Maxwell y Boltzmann, de quien ya te hablamos ampliamente en un número anterior de *Universo* en esta misma sección, se centraron en ella empleando la estadística matemática y el cálculo de probabilidades.

En 1866, ambos lograron describir la distribución de probabilidad de la velocidad de las partículas, formulando Maxwell, independientemente de Boltzmann, la teoría cinética de los gases, conocida sin embargo hoy día como teoría de Maxwell-Boltzmann. Maxwell probó que la temperatura condicionaba la distribución de velocidades y concluyó que el calor se almacena en el movimiento de las moléculas gaseosas. La teoría fue aplicable a fenómenos de difusión, viscosidad y conductividad térmica del gas. Maxwell formuló la expresión termodinámica, que establece la relación entre la temperatura de un gas y la energía cinética de sus moléculas.

James Clerk Maxwell falleció el 5 de noviembre de 1879, a los 48 años, en Cambridge, a causa de un cáncer de estómago. Curiosamente, murió de la misma enfermedad y a la misma edad que su madre. Se dice que Ludwig Boltzmann, al leer las ecuaciones de Maxwell, exclamó: “¿Fue un dios quien trazó estos signos?”, utilizando las palabras de Goethe. Y Albert Einstein aseguraría que su teoría de la relatividad debía sus orígenes a esas mismas ecuaciones. Por si eso fuera poco, el nombre de Maxwell ha servido para bautizar, entre otros, a unos montes del planeta Venus y a uno de los telescopios más grandes del mundo. La posteridad, en suma.

HASTA EL PRÓXIMO NÚMERO...

Aquí termina este número de *Universo*. Ya estamos preparando el siguiente, en el que te pondremos al día de la actualidad científica y paracientífica. Y ya sabes que puedes proponernos temas que sean de tu interés, así como enviarnos tus comentarios, dudas y sugerencias.

Puedes escribirnos:

- A través de correo electrónico a la dirección: publicaciones@ilunion.com.
- En tinta o en braille, a la siguiente dirección postal:

Revista UNIVERSO
Ilunion Comunicación Social
C/ Albacete, 3
Torre Ilunion – 7.ª planta
28027 Madrid