

Universo

N.º 151

20 de mayo a 20 de junio de 2023

SUMARIO

- **Presentación**
- **Actualidad científica**
 - Breves
- **En profundidad**
 - La nueva vacuna RSVPreF3 OA, una esperanza para los humanos, un revés para los virus
- **En desarrollo**
 - El mundo en el que el gran asteroide nunca se estrelló
- **De cerca**
 - Laia Ribas, Instituto de Ciencias del Mar: “Estudiar cómo podríamos vivir en Marte nos ayuda a ser más sostenibles en la Tierra”
- **Grandes nombres**
 - “Nobel” de matemáticas, entre el hielo y las ecuaciones diferenciales
- **Libros**
- **Más allá**
 - La leyenda negra del faraón Keops

Presentación

La sanidad está de enhorabuena. En las últimas semanas se han publicado varios estudios de gran impacto para la oncología y la inmunoprofilaxis. Tras el anuncio de estas buenas noticias, la revista *Universo* no puede permanecer impasible; por eso, en su reportaje de portada, se hace eco de la nueva vacuna que promete poner a raya a uno de los virus respiratorios más comunes que arruinan todos los inviernos.

En la ciencia no todo es demostración, gran parte de su actividad se dedica a elaborar teorías sobre posibles comportamientos. Bajo este prisma, la paleontología, a menudo, se ha preguntado qué hubiera sido de la Tierra si el meteorito que se estrelló hace 66 millones de años hubiera pasado de largo. ¿Seguirían existiendo los dinosaurios? ¿Habrían podido evolucionar los primates? ¿Podría haber una coexistencia entre los grandes saurios y los inteligentes homínidos?

La científica del CSIC Laia Ribas ha formado parte de la misión Hypatia I, que viajó en abril a la Mars Desert Research Station, una estación análoga a la que habrá en el futuro en Marte, situada, en esta ocasión, en el desierto de Utah (Estados Unidos). Durante dos semanas, llevaron a cabo investigaciones relacionadas con el espacio y simularon rigurosamente su día a día en Marte. De cómo ha sido su experiencia y de los objetivos finales hablará en una entrevista incluida en la sección “De cerca”.

El 23 de mayo, Luis Caffarelli recogió, de manos del rey Harald V de Noruega, el Premio Abel 2023. Este galardón es el equivalente al Nobel de matemáticas. De entre todos los brillantes matemáticos del mundo, le ha sido concedido a él por su labor para desentrañar los enigmas que se esconden detrás de las ecuaciones diferenciales parciales.

También hablaremos de uno de los faraones más famosos de la historia y de la leyenda negra que le precede. ¿Qué tienen en común Keops y Heródoto? ¿Fue Keops tan terrible o su mala fama no es más que una versión partidista de los sacerdotes de su época? ¿Se ha resuelto por fin el enigma de las construcciones de las grandes pirámides o seguimos como al principio?

Actualidad científica

Breves

La reserva de agua de la Luna, clave para la conquista del espacio

Hace tiempo que la Luna es mucho más que ese pequeño satélite que ilumina las noches, mueve los mares e inspira a los poetas. Desde que se comenzó con la escalada espacial, conquistar la Luna es necesario para poder instalar allí un centro de operaciones con bases científicas, con explotaciones mineras y con colonias permanentes, pero, sobre todo, es necesario para crear una estación espacial que nos abra la puerta a otros mundos.

Los retos tecnológicos para conseguirlo son enormes, y uno de ellos es solucionar el problema del agua. Encontrar reservas de este preciado líquido en la Luna significaría no tener que transportarla desde la Tierra, algo que tendría unos costes prohibitivos. De ahí que las muestras obtenidas de la superficie lunar por la sonda china Chang'e 5 sean tan trascendentales.

La sonda del gigante asiático usó un brazo robótico para obtener rocas y polvo lunar que envió al módulo orbital que sobrevolaba la Luna y, desde allí, se trasladaron a la Tierra. El posterior análisis de estos restos ha desvelado que, las muestras contienen cristales minúsculos, una especie de perlas de vidrio formadas durante los impactos de meteoritos con cantidades de agua. Según el estudio, publicado en la revista *Nature Geoscience*, los resultados atestiguan que la Luna alberga agua, y no gotitas, sino una reserva de 270.000 millones de toneladas.

En los polos, una zona de sombra perpetua donde nunca llega la luz del sol, se encuentra buena parte de esta gran reserva de agua, por eso, el polo sur de la Luna es el lugar donde aterrizarán los cuatro astronautas de la misión Artemis 2: a saber, Victor Glover, Gregory Wiseman, Jeremy Hansen y la primera mujer que pisará la Luna, Christina Koch.

La misión Artemis 2 es la primera prueba tripulada de la cápsula espacial Orion y del cohete SLS, el más potente de la historia. El proyecto pretende establecer colonias habitadas en la Luna como paso previo para llevar humanos a Marte en las próximas décadas. La certeza de que hay agua en la Luna hará posible la supervivencia de los futuros colonos y la obtención de materia prima para combustible de cohetes con los que, algún día, llegar hasta el planeta rojo.

Otra historia es cómo obtener el preciado líquido de cara a abastecer a futuras misiones. Una posible forma de extraerlo sería recolectar suelo lunar, calentarlo en un horno a 100 grados centígrados y capturar el vapor resultante. Lo que, en opinión del jefe de ciencias planetarias de la Agencia Espacial Europea (ESA), James Carpenter, no es muy viable, puesto que, para conseguir las cantidades necesarias para abastecer a las misiones tripuladas, habría que procesar muchísimo suelo lunar. Además, este hallazgo sirve para conocer cómo funciona el ciclo del agua en la Luna y para saber el origen y la procedencia de todo el H₂O que contiene este pequeño satélite.

Próximo destino: Júpiter

Y después de haber “paseado” un poquito por la Luna, nos dirigimos volando hacia Júpiter. El viernes 14 de abril el cohete Ariane de la Agencia Espacial Europea (ESA) dio el empujón inicial a la sonda Juice con la que se pretende llegar a Júpiter.

Juice es el acrónimo inglés de Explorador de las Lunas Heladas de Júpiter y, con ella, la ESA comienza una nueva era de exploración espacial en la que España tiene un papel destacado, puesto que la misión se va a dirigir desde un centro que tiene la Agencia en Villanueva de la Cañada, a las afueras de Madrid.

Durante mucho tiempo, la astrofísica ha estado obcecada en buscar vida extraterrestre en planetas vecinos como Marte, pero las recientes fotografías estelares obtenidas por potentes telescopios, ubicados en todo el mundo, han traído consigo una apertura de miras. Fruto de esas nuevas corrientes son las investigaciones que empiezan a dirigirse hacia otros planetas más hostiles y lejanos que pueden esconder vida en sus océanos ocultos tras enormes capas de hielo, como Júpiter o Saturno.

Esta misión es tan titánica como duradera. Si todo sale bien, la sonda llegará a Júpiter en julio de 2031. Para lograrlo, tendrá que optimizar el combustible al máximo realizando una compleja coreografía interplanetaria entre la Luna, la Tierra y Venus.

Cuando llegue a las cercanías de Júpiter, uno de los objetivos principales será cartografiar al planeta y a tres de sus satélites para determinar su estructura interna. De las 80 lunas que tiene Júpiter, la misión se centrará en tres que, en 1610, fueron catalogadas por Galileo y cuyo descubrimiento ayudó a desmontar la teoría geocéntrica. La primera de ellas será Calisto, uno de los satélites más viejos del sistema solar. La segunda, Europa, la que tiene más volcanes y, la tercera, Ganímedes, la de mayor tamaño. La misión terminará en 2035, cuando la sonda se estrelle contra la superficie de Ganímedes.

Lo primordial es conseguir que Juice sea capaz de aportar pruebas de que existen océanos a cientos de miles de kilómetros bajo la capa helada de los tres cuerpos estelares. Además, se pretende esclarecer cómo son esas grandes masas de agua, por qué están ahí y qué contienen en su interior. Según los indicios actuales, es posible que Europa tenga géiseres que escupan vapor y partículas al exterior, transportando con cada “bufido” posibles formas de vida a la superficie.

La información que aporte la sonda Juice sobre la posibilidad de vida presente o pasada en las lunas de Júpiter se puede extrapolar a los más de 5.000 exoplanetas que se han detectado más allá de nuestro sistema solar.

La presencia de organismos vivos no es una utopía, ya que –según indica el jefe de las actividades científicas de la misión, Nicolás Altobelli–, para que se formen formas primitivas de vida no hace falta el oxígeno. “Otra cosa es que necesites oxígeno para que aparezca vida compleja como la hay en la Tierra en la

actualidad”, aclara en una nota de prensa desde el centro de la ESA en Villanueva de la Cañada.

Comprobado: las plantas hacen ruido, pero ¿con que intención?

Vivimos en un mundo sonoro, donde algunos objetos, por el mero hecho de existir, producen sonidos. Lo que no sabíamos, hasta ahora, es que las plantas producen ruidos a frecuencias imperceptibles para los oídos humanos. En un primer momento, se podría pensar que emiten ondas sonoras fruto de sentimientos o con intenciones comunicativas. Nada más lejos de la realidad. No, las plantas no hablan. La explicación es mucho más prosaica y está relacionada con la física de movimientos de fluidos.

Para llegar a esta conclusión, un equipo de investigadores de la Universidad de Tel Aviv (Israel), liderados por Lilach Hadany, colocó micrófonos para ultrasonidos dentro de un laboratorio con plantas de tomate y de tabaco. A algunas de ellas las sometieron a situaciones estresantes —como insuficiencia de agua, amputaciones de tallos o infecciones—, y a otras las dejaron tranquilas.

Los resultados fueron concluyentes en los distintos tipos de vegetales con los que experimentaron: las plantas hacen ruidos, y su frecuencia y perfil sonoro varían según sean los daños a los que estén sometidas.

Rechazada la posibilidad de que los sonidos sean fruto de la consciencia de las plantas —ya que, en el mundo vegetal nunca se ha identificado un cerebro o un sistema nervioso que controle esas comunicaciones—, ¿por qué producen las plantas esos sonidos?

La primera interpretación que ofrecen los investigadores de la Universidad de Tel Aviv es que estas ondas de ultrasonidos son producidas por la formación y explosión de burbujas de aire en el sistema vascular de la planta. Es algo parecido a lo que ocurre con el agua al circular por las tuberías. La materia, por el mero hecho de existir en movimiento, hace ruido, y esto es lo que les ocurre a las plantas cuando se deterioran, cuando crecen o, simplemente, cuando mueren.

Ceratias, parasitismo sexual en los abismos marinos

En las profundidades del mar, en lo más recóndito, donde no llega la luz, existen animales con formas y colores tan maravillosos como originales. Este es el caso del *Ceratias holboelli*, un pez de desproporcionados dientes afilados que habita a más de 300 metros de profundidad, con una especie de farolillo cuya luz funciona como señuelo para atraer a las presas.

No obstante, lo más curioso de este extraño animal es su dimorfismo sexual extremo. El científico británico Charles Tate Regan, en 1925, descubrió que lo que parecían dos hijitos colgados debajo de las branquias eran en realidad dos machos perfectamente acoplados.

Parte de las peculiaridades de estos peces es la diferencia de tamaño y apariencia entre hembras y machos, puesto que aquellas son bastante más grandes. Se estima que las hembras pueden ser hasta 500.000 veces más pesadas que los machos. Ellos, por su parte, tienen unos ojos y una nariz muy desarrollados que les permiten localizar a su pareja y emparejarse a través de un marcado parasitismo sexual.

Poco a poco, y a través de la función de unas enzimas que digieren tanto su propia piel como la de la hembra, la cabeza del macho se fusiona casi por completo en el cuerpo de la hembra, perdiendo así gran parte de su cerebro, los ojos y hasta el corazón en una conexión de tejidos y vasos sanguíneos que durará toda la vida. Al final, el macho termina convirtiéndose en una suerte de apéndice sexual sin sistema inmunológico propio.

A su vez, la hembra pasa a ser una especie de hermafrodita con la capacidad de fecundarse a sí misma, y, aunque a primera vista podría parecer una relación desigual, en realidad esta simbiosis puede resultar muy beneficiosa para ambos, pues es la única forma de que macho y hembra maduren sexualmente.

Para el éxito de esta relación ha sido crucial la capacidad del macho para adaptar su sistema inmunitario al de la hembra. El estudio de las defensas de esta especie podría proporcionar claves importantes sobre cómo se adaptan las células de un organismo a un entorno extraño, y podrían contribuir a generar mejoras significativas en la compatibilidad de tejidos para los trasplantes humanos.

En profundidad

La nueva vacuna RSVPreF3 OA, una esperanza para los humanos, un revés para los virus

Por Refugio Martínez

Hace unas semanas, se publicó el resultado de un ensayo en el que se abría la posibilidad de una inmunoterapia de precisión para el cáncer, y se dio a conocer la existencia de una asombrosa pastilla experimental que ha logrado la remisión completa en 18 pacientes de una leucemia muy agresiva. Por esas mismas fechas, los periódicos amanecieron con el anuncio de una vacuna para protegernos de uno de los últimos cuatro grandes virus respiratorios, el cual, hasta ahora, se había escapado a nuestras terapias preventivas. Sin duda, la medicina está de enhorabuena.

Desde que, el 31 de enero de 2023, se dio por terminada la pandemia de la covid-19, parece que los virus respiratorios han perdido importancia. Sin embargo, siguen siendo un serio problema para el sistema de salud, y cada invierno, los ambulatorios, las urgencias, las plantas de los hospitales y las unidades de cuidados intensivos (UCI) se siguen colapsando. No obstante, esta situación podría revertirse gracias a una nueva vacuna con la que hacer frente al virus respiratorio sincitial (VRS).

Un anuncio muy alentador

Cuando llega el frío, comienza un pulso contra los virus respiratorios que parece no tener fin, pero, en esta guerra sin tregua, acabamos de ganar otra gran batalla. Primero fue la vacuna de la gripe, después la del neumococo, luego la de la covid y, ahora, la del VRS, desarrollada por la farmacéutica GSK. Este nuevo medicamento preventivo ya ha pasado la fase 3 de experimentación y se encuentra a la espera de que las agencias reguladoras de los medicamentos den su visto bueno para su implantación en adultos el próximo invierno.

En el trabajo, publicado en la revista *New England Journal of Medicine*, han participado científicos del Instituto de Investigación Sanitario (IDIS) del Hospital Clínico de Santiago de Compostela. Con uno de los principales investigadores de este estudio, el pediatra Federico Martín-Torres, ha hablado la revista *Universo* para conocer en profundidad en que consiste la nueva esperanza contra estos *grinches* estacionales, que cada año boicotean los inviernos.

En opinión del experto, este estudio supone “un antes y un después” porque, hasta la fecha, “no existían medios de prevención para el VRS que pudiesen aplicarse a la población”. El recorrido de esta vacuna es tan veloz que, en lo referente a la población infantil, la Agencia Europea del Medicamento (AEM) ya ha aprobado la vacuna para lactantes y niños.

“Esta inmunoprofilaxis ya fue aprobada en noviembre, y Galicia ha sido el primer sitio del mundo en anunciar su incorporación para todos los lactantes sanos”, apunta Federico Martín-Torres, coordinador de la Unidad de Ensayos Clínicos de Vacunas del IDIS y coautor del ensayo.

Aunque la vacuna para adultos está en fase de evaluación por la AEM, este medicamento puede suponer “un impacto muy significativo” en las personas de edad avanzada por su vulnerabilidad añadida. En base a los datos aportados en el estudio, la vacuna es capaz de evitar más de un 80 por ciento de las formas graves de infección por virus respiratorio sincitial en personas de más de 60 años. Este es el principal motivo por el que, según el investigador, es previsible que “antes de que acabe el año ya haya vacunas disponibles para todos”.

Mientras tanto, el experto espera que “las autoridades sanitarias hagan lo necesario para que nuestra población pueda contar con ello”. En este lapsus de tiempo, otras farmacéuticas aprovechan para seguir avanzando en investigaciones paralelas que pueden aportar inmunoprofilaxis añadidas con las que combatir al mismo patógeno. “Hay otras tres vacunas que también en los próximos meses se incorporarán al sistema de salud”, anuncia el pediatra.

Virus respiratorio

Este patógeno afecta a los pulmones y vías respiratorias y, cuando se complica, puede causar neumonía aguda y fallecimiento. Para la población adulta en general, el virus respiratorio sincitial es uno más de esos estacionales que causan tantos constipados. Hasta hace poco, se desconocía la incidencia real de este virus entre las personas más vulnerables. Precisamente, una de las cosas buenas que ha dejado la pandemia son los concienzudos estudios relacionados con el virus respiratorio; de ahí que, ahora, la comunidad médica cuente con cifras con las que calcular la prevalencia.

Los datos indican que este virus puede provocar tanta enfermedad y mortalidad como la gripe. “Para que nos hagamos una idea –aclara Martín-Torres–, la carga de enfermedades que produce y la tasa de letalidad que tiene el VRS en los adultos es equiparable a las de la gripe”, una enfermedad que provoca cada año entre 300.000 y 650.000 fallecimientos en todo el mundo, “y nadie discute que la gripe no sea un patógeno importante en el adulto”, reconoce. No obstante, en países como España, la mortalidad de este virus es muy baja, pero generan mucha presión asistencial; por eso, es necesaria una vacuna que alivie al sistema de salud.

Como el resto de los virus respiratorios, afecta, sobre todo, a las personas que están en los extremos de la horquilla de edad, es decir, a los más mayores con patologías previas –cardíacas o pulmonares– y a los niños de corta edad, con significativa incidencia en lactantes.

Durante el primer año de vida, uno de cada cuatro recién nacidos se infecta con este virus respiratorio. Además, “uno de cada 56 va a ingresar como consecuencia de esta infección, y entre un 5 y un 6 por ciento lo harán en una unidad de intensivos, es decir, en la UCI pediátrica o en la UCI neonatal”, calcula

el médico. “El virus respiratorio sincitial sería equivalente en los lactantes a lo que es la covid en las personas de edad avanzada”.

Estos datos ponen en evidencia la urgencia de una vacuna contra el VRS que podría descender en un 80 por ciento la hospitalización de los bebés. En el caso del resto de los mortales, la infección causada por este virus es parecida a un fuerte constipado.

Desarrollo de la vacuna

El virus respiratorio sincitial fue descubierto en 1956, pero hasta 2013 no se supo realmente cómo se comportaba este patógeno. El equipo de un grupo de institutos nacionales de salud de Estados Unidos, liderado por Barney Graham, fue el que consiguió inmovilizar, por primera vez, al virus en el microscopio y analizar su estructura interior, átomo a átomo, a través de una cristalografía por rayos X. Con este método, pudo conocer el comportamiento de su proteína F, que es la que usa para introducirse en las células humanas.

Esta proteína tiene la habilidad de transformarse una vez dentro de la célula humana, de manera que, cuando está fuera es como un diente incisivo que usa su forma como llave maestra para introducirse y, una vez dentro, se convierte en un voraz colmillo que perfora la membrana para que el virus pueda entrar en el núcleo de la célula e infectarla. “Se invirtieron muchos años en conocer la forma estructural del antígeno que era necesaria para la vacuna del virus respiratorio sincitial, y ese mismo abordaje fue el que se utilizó para desarrollar las vacunas que tanto éxito han tenido frente a la covid-19”, explica el investigador del IDIS.

Este nuevo enfoque, centrado en captar al virus mediante la identificación y eliminación de su espícula –esas pequeñas protuberancias que usan para entrar en las células humanas–, fue esencial para que, en 2020, el equipo dirigido por Barney Graham pudiera encontrar, en poco más de una docena de días, a la ya famosa proteína S, que permite al SARS-CoV-2 penetrar en las células humanas e infectarlas. “Entramos en una nueva era en la que el conocimiento a nivel atómico de la estructura de las proteínas nos llevará a grandes éxitos; y tendremos la posibilidad de combatir nuevos patógenos emergentes”, anunció Graham, a este respecto.

Y, ahora, todos los progresos y tecnologías que se elaboraron en ese tiempo récord se han aprovechado para desarrollar esta nueva vacuna que pone en jaque al cuarto y último patógeno respiratorio que había logrado escapar a la medicina preventiva. “Indudablemente, siempre, los avances en cualquier vacuna tienen repercusión cruzada sobre otras”, apunta el pediatra gallego.

Fruto de las aportaciones de unos y de otros, la farmacéutica GSK presenta su candidata para vacuna: la RSVPreF3 OA, con dos modalidades diferentes, una para niños y otra para adultos. Las vacunas infantiles se basan en la inmunoprofilaxis pasiva. A diferencia de las vacunas tradicionales, en las que se inyecta el patógeno debilitado y nuestro sistema inmune aprende a defenderse, “aquí, realmente, las defensas ya vienen preformadas con los anticuerpos monoclonales de última generación denominados Nexebimad”, explica Federico

Martinón-Torres. “En el vial están contenidos los anticuerpos, es decir, las defensas que necesita para protegerse de la infección, y esa protección dura, aproximadamente, 5 o 6 meses”.

Por su parte, la modalidad RSVPreF3 OA para adultos funciona como una vacuna convencional en la que se incluye el antígeno F, “que es la glicoproteína que utiliza el virus para fijarse a nuestro pulmón, y lo que hace la vacuna es generar defensas frente a ese antígeno, frente a esa proteína F, y así, cuando nuestro organismo se encuentra con el virus, bloquea la posibilidad de que este se fije en el pulmón del sujeto”, apunta el científico.

Para verificar que esta terapia funciona, en las primeras fases del ensayo de la vacuna RSVPreF3 OA, se reclutaron a 24.966 participantes, de los cuales 12.467 voluntarios recibieron una dosis de la vacuna y a 12.499 se les inyectó placebo.

Tras un seguimiento de medio año, los datos obtenidos del ensayo demuestran que, en bebés, en niños y en adultos de más de 60 años, una sola dosis de la vacuna es segura y tiene una eficacia del 82,6 por ciento contra la enfermedad. “Hasta ahora, todos los intentos previos para desarrollar una vacuna contra el VRS habían fracasado al llegar a la fase 3. Esta es la primera que supera esta fase con muy buenos resultados”, confiesa el investigador gallego.

Según los primeros análisis, esta inmunoprofilaxis puede evitar el 80 por ciento de las hospitalizaciones por este virus y, prácticamente, el 70 por ciento de todas las asistencias que necesiten atención médica. Estos datos, según apunta el experto, “podrían tener un impacto muy significativo en la salud pública”.

Por su parte, desde GSK se muestran satisfechos y afirman estar cada día más cerca de conseguir el objetivo de “proteger a la población adulta en riesgo de contraer la enfermedad por VRS, incluyendo a las personas que presentan comorbilidades y que suponen una parte importante de los casos graves por VRS”, ha afirmado el Chief Scientific Officer de la farmacéutica, Tony Wood, en un comunicado.

A punto estamos de alcanzar la protección completa. “Con las vacunas de la covid ya aprobadas y las del virus respiratorio sincitial mostrando eficacia y esperando aprobación, entramos en una nueva era en la que el conocimiento a nivel atómico de la estructura de las proteínas nos llevará a nuevos éxitos; y tendremos la posibilidad de combatir nuevos patógenos emergentes”, afirma el científico gallego. Pero todavía queda la prueba más importante y la más definitiva: llevar la teoría a la práctica y comprobar si realmente funciona.

En desarrollo

Una cronología alternativa

El mundo en el que el gran asteroide nunca se estrelló

Por Refugio Martínez

El mundo es el que es porque la evolución ha sido la que ha sido. Una constante combinación de infinitas posibilidades en las que la intervención del azar y de la mejor adaptación al medio han ido marcando el camino. Pero ¿y si el azar y la adaptación hubieran seguido caminos diferentes? ¿Y si el gran asteroide hubiera desviado su trayectoria? ¿Y si los dinosaurios no se hubieran extinguido? ¿Podrían haber evolucionado los primates? ¿Cuáles son los derroteros por los que hubiera caminado la evolución?

Existe una película de dibujos animados, titulada *El viaje de Arlo*, en la que, mientras los dinosaurios hacen su vida, en un cielo negro azulado se advierte, a lo lejos, que un enorme asteroide pasa de largo. Aunque esto es pura ficción, a menudo la ciencia se ha preguntado cómo hubiera sido la evolución si hace 66 millones de años ese asteroide no hubiera impactado en lo que hoy es la península de Yucatán (México).

Este no fue un acontecimiento aislado. Al año, aproximadamente, 17.000 meteoritos impactan con la atmósfera terrestre, pero, debido a su pequeño tamaño, se convierten en polvo antes de tocar tierra. Sin embargo, el que impactó hace 66 millones de años, en lo que hoy es el golfo de México, se estima que tenía una longitud de 15 kilómetros de ancho. Aquel día no fue un día cualquiera, ese día fue el que marcó el final del reinado de los dinosaurios, que estuvieron habitando la Tierra durante más de 170 millones de años.

El impacto fue equivalente a 10.000 millones de bombas atómicas. Una enorme bola de fuego quemó todo lo que encontró a cientos de kilómetros a su alrededor; después, hubo múltiples tsunamis en todas las direcciones y se formó una capa de polvo que impidió que penetrara la luz solar. El frío y la oscuridad acabaron con la vegetación, lo que descuadró la cadena trófica. Unos animales no pudieron comer plantas y otros no pudieron alimentarse de herbívoros. La consecuencia de estas sucesivas desgracias terminó por extinguir el 75 por ciento de las especies que habitaban el globo terráqueo.

Entre estos animales se encontraban los dinosaurios y, lo que fue el final de la película para unos, supuso el comienzo para otros. La naturaleza siguió su camino, los mamíferos encontraron un nicho en la evolución y los primates se desarrollaron en una sucesiva cadena de eslabones hasta llegar al eslabón final: el *Homo sapiens*. El hombre, un ser inteligente que hoy se pregunta qué hubiera sido de su especie si ese asteroide hubiera pasado de largo.

¿Estaban los dinosaurios abocados a la extinción?

Algunos investigadores creen que, con o sin asteroide, los dinosaurios habrían acabado por desaparecer; sencillamente, no estaban preparados para adaptarse a los cambios que han acontecido en el planeta desde que ellos dejaron de existir. Manabu Sakamoto publicó un artículo en 2016 en el que defendía que los dinosaurios ya se estaban extinguiendo decenas de millones de años antes de que impactara el meteorito. Si no hubiera sido el enorme pedrusco, habrían podido ser otras muchas las causas de su desaparición, porque lo suyo era solo cuestión de tiempo.

Por el contrario, un estudio realizado por investigadores de la Universidad de Bath (Reino Unido), junto con el Museo de Historia Natural de Londres, ha determinado que la suerte de estos enormes animales habría sido bien distinta. Los resultados del trabajo, publicado en la revista científica *Royal Society Open Science*, se argumentan en la perfecta adaptación que ya habían sido capaces de desarrollar en todos los ecosistemas. En el momento en que desaparecieron los dinosaurios, en el Cretácico superior, dominaban en todos los lugares del planeta.

Para desarrollar esta investigación, Joe Bonsor, experto en dinosaurios, paleontólogo del Museo de Historia Natural de Londres y de la Universidad de Bath y autor principal del estudio, tiró de la cuerda genética con la intención de indagar sobre las posibilidades evolutivas de diferentes especies y analizó los árboles genealógicos de las mismas para averiguar si hubieran podido evolucionar en otras especies en el futuro. “El punto principal del trabajo es que no es tan simple como mirar algunos árboles y decidir. Hay que evitar los sesgos, ya que la falta de datos puede mostrar una disminución en las especies que no era real en aquel momento”, explicó Bonsor.

Las dificultades por las que habrían tenido que pasar los grandes saurios para sobrevivir hasta nuestros días no son pocas. Erupciones volcánicas, aumentos de temperatura, subida del nivel del mar, glaciaciones, división de continentes y aperturas hacia grandes praderas son algunas de las pruebas que habrían afrontado con éxito estos ovíparos gigantes.

Las conclusiones del estudio de Joe Bonsor le llevan a sostener la posibilidad, no solo de que hubieran llegado hasta nuestros días, sino de que serían la especie dominante. En esta cronología alternativa, si el investigador estuviera en lo cierto, los dinosaurios seguirían dominando el mundo, y poco espacio habría quedado para el ser humano, que, en la cronología real, bien se ocupó de aprovechar el espacio dejado por los dinosaurios.

¿Serían inteligentes?

Echando la vista atrás, si los primates fueron capaces de evolucionar hasta desarrollar la inteligencia, ¿podría haber ocurrido esto mismo con los gigantes de la prehistoria? A esta pregunta responde Tom Holtz, investigador de dinosaurios carnívoros de la Universidad de Maryland, en EE. UU., quien reconoce que, “a pesar de que dinosaurios equivalentes a cuervos, loros o

primates, con cerebros muy complejos y capacidad para resolver problemas podrían haber evolucionado", no cree que hubiesen llegado "a nada que se parezca al nivel de una inteligencia humana", porque la biología de un animal –su punto de partida– limita la dirección de su evolución.

Los dinosaurios fueron unos hachas en desarrollar cuerpos gigantes, pero no tanto cerebros grandes. Si hacemos una comparativa, resulta sorprendente que el cerebro del *Tyrannosaurus rex*, a pesar de su tamaño, solo pesaba 400 gramos, en comparación con los 1400 gramos que pesa el de un humano. Y, si bien es cierto que aprendieron a vivir en manadas y desarrollaron cuernos elaborados para luchar y exhibirse, no hay nada en más de un centenar de millones de años de historia de los dinosaurios que indique que habrían hecho algo radicalmente diferente si el asteroide no hubiera intervenido. Probablemente, seguiríamos teniendo esos herbívoros supergigantes de cuello largo y carnívoros con dientes tan afilados como pequeños sus cerebros.

Siguiendo con la teoría que reza que los dinosaurios no se hubieran extinguido, en un mundo con los dinosaurios en la tierra, pterosaurios en el cielo y mosasaurios en el mar, ¿qué destino habrían sufrido los mamíferos? ¿Habrían podido evolucionar con un enemigo natural de la altura de estos grandes depredadores? ¿Y coexistir?

Aunque los mamíferos existen hace 160 millones de años, antes de que se extinguieran los dinosaurios, lo cierto es que, en opinión del paleontólogo de vertebrados del Reino Unido Darren Naish, "eran criaturas marginales", lo que no quita que "ya hubieran empezado a evolucionar antes del evento de la extinción". Dicho esto, ¿qué posibilidades habrían tenido de evolucionar hasta el *sapiens* con unos competidores más grandes, mejor adaptados y con años de ventaja en la evolución?

Fruto de la suerte y de la oportunidad

El árbol genealógico de los primates sugiere que nuestra evolución fue más azarosa que inevitable. Los primates surgieron en distintas zonas del planeta, pero solo en África evolucionaron hasta convertirse en simios de gran cerebro. Algo en la fauna, la flora o la geografía de este continente impulsó la evolución de los simios y, a lo largo de 7 millones de años, dio lugar a los humanos modernos.

Esto significa que, incluso con la desaparición de los dinosaurios, nuestra evolución necesitó la combinación adecuada de oportunidad y suerte. En este contexto, si las posibilidades de que los primates evolucionaran han sido remotas, más lo habrían sido con unos competidores naturales como los dinosaurios. Esto no quita para que hayan surgido algunas teorías que defienden la posibilidad de que los homínidos pudieran haberse desarrollado sobre los árboles, donde los saurios no habrían tenido el mismo impacto.

Aunque esta cronología alternativa puede parecer ciencia ficción, lo cierto es que estas teorías son útiles para hacer que nos cuestionemos nuestro antropocentrismo y miremos con humildad el lugar que ocupamos en el nivel

tráfico de los ecosistemas de la Tierra. ¿Cómo hubiera sido el mundo sin nosotros? ¿Está la humanidad aquí por casualidad? ¿Era inevitable la evolución de seres inteligentes? ¿En una lucha por dominar el mundo, quién hubiera ganado: la fuerza acompañada de enormes dentadas o la inteligencia aplicada gracias a pequeñas manitas?

De cerca

Laia Ribas, Instituto de Ciencias del Mar

“Estudiar cómo podríamos vivir en Marte nos ayuda a ser más sostenibles en la Tierra”

Por Eduardo Actis / Cristina Delgado
Publicado en la Agencia SINC (fuente CSIC)

La científica Laia Ribas del CSIC explora las posibilidades de la acuicultura marciana en Hypatia I, una misión de mujeres científicas en la Mars Desert Research Station. Es una instalación similar a las que podría haber en Marte, pero situada en el desierto de Utah, donde la tripulación desarrolló investigaciones relacionadas con el espacio y simuló durante dos semanas la vida en el planeta rojo.

Laia Ribas, investigadora del CSIC en el Instituto de Ciencias del Mar (ICM-CSIC), lleva más de 20 años trabajando en el campo de la acuicultura sostenible, pero hace tres comenzó a interesarse por la cría de peces en Marte. ¿Los motivos? La acuicultura marciana podría proporcionar proteína animal a un futuro asentamiento humano en el planeta rojo y también ayudar a generar prácticas más sostenibles aquí en la Tierra.

Se estima que en 2050 no habrá suficientes peces para abastecer a la población mundial, así que plantearse la cría de peces en un entorno tan hostil como Marte puede orientarnos para hacerlo mejor en nuestro planeta.

Para avanzar en esta línea de investigación, la bióloga del CSIC se ha embarcado en Hypatia I, una misión protagonizada por investigadoras de diferentes disciplinas y edades en uno de los lugares del planeta más parecidos a Marte: el desierto de Utah (Estados Unidos).

Durante 15 días, del sábado 16 al domingo 29 de abril, ha convivido con el resto de las tripulantes de la misión en la instalación análoga Mars Desert Research Station, gestionada por The Mars Society.

Allí, las integrantes de Hypatia I se han comportado como si realmente estuvieran en una estación humana en Marte: se han alimentado de productos deshidratados, han tenido agua potable limitada, no han podido comunicarse de forma síncrona con la Tierra y se han vestido de astronautas en sus salidas al exterior.

Hypatia I impulsará investigaciones como las de Laia Ribas o Neus Sabaté, otra tripulante del CSIC que ha estudiado cómo fabricar baterías con materiales marcianos. Pero la aventura también ha servido para divulgar la ciencia y dar visibilidad a las mujeres científicas con el fin de inspirar vocaciones; en especial, entre las niñas y las chicas jóvenes.

Obtener alimento a partir de peces criados en Marte. Esto suena a ciencia ficción, pero tu investigación en la misión Hypatia persigue ese objetivo. ¿Es así?

Sí. El proyecto principal que estoy desarrollando se llama “Acuicultura en Marte”. Nació hace tres años, cuando me invitaron a participar en el diseño de una ciudad marciana para un concurso de la Mars Society. Uno de los temas que trabajamos fue cómo comería esa ciudad de un millón de habitantes, a la que llamamos Nüwa. Desde hace más de 20 años, investigo en el campo de la acuicultura sostenible, así que sugerí tener peces como alimento proteico animal. La idea gustó, la desarrollamos e incluso acabamos diseñando restaurantes en los que se vendería *sushi*.

Era un planteamiento relativamente nuevo y raro, pero alguien tenía que empezar... Cuando me ofrecieron unirme a Hypatia I, pensé seguir trabajando en esta línea. Se estima que en 2050 no habrá suficientes peces en la Tierra para abastecer a la población mundial, así que la acuicultura es una apuesta de futuro. Una acuicultura sostenible aquí nos puede ayudar a desarrollar una acuicultura sostenible en un posible asentamiento en Marte o en la Luna, y viceversa.

Entonces, ¿la dieta marciana se basaría en los peces?

No. Un 70 por ciento de la comida sería vegetariana; sobre todo, microalgas, que son muy fáciles de generar. Habría también una parte procedente del huerto, como tomates, zanahorias o lechugas. Solo un 4 por ciento de la dieta procedería de animales grandes, como peces y aves, y estaría reservada para momentos festivos. El resto de la proteína animal provendría de insectos y de cultivos celulares artificiales.

¿Habría agua en Marte para las piscifactorías?

Pensamos que sí. En Marte el agua es limitada, como también ocurre en la Tierra. Lo que pasa es que allí se tendrá que ir a buscar a los polos, donde está congelada, o extraer del subsuelo. Marte es un planeta muy hostil: para vivir allí tendremos que adaptarnos, trabajar con lo mínimo y reciclar. Por eso, en Nüwa el agua se pensó también para sitios de recreo: los peces crecerían en lagos de agua dulce situados en parques y que estarían continuamente reciclándose mediante bacterias...

Estudiar cómo podríamos vivir en Marte y en el espacio nos ayuda a entender cómo podemos vivir en la Tierra de manera más sostenible y lo mal que estamos haciéndolo en la actualidad. Por ejemplo, se calcula que con siete litros de agua por persona y día podríamos vivir, y estamos gastando unos 140: estamos derrochando el agua. Esto pasa con todo. Estamos utilizando hectáreas y hectáreas de campos de cultivo y mucha comida se desperdicia.

¿En qué han consistido tus experimentos en Hypatia I?

En Marte, la gravedad es aproximadamente un 30 por ciento de la que experimentamos en la Tierra. Mi objetivo es estudiar las marcas que la alteración de la gravedad genera en el ADN de los peces cebras, un animal modelo estudiado en todo el mundo. Lo que pasa es que generar microgravedad en la Tierra es muy complicado, por lo que el estudio se ha hecho con hipergravedad, es decir, alterando la gravedad de los peces en el laboratorio para que sea tres veces mayor que en la Tierra.

Esto lo hemos hecho durante cinco días con un dispositivo desarrollado en el Instituto de Ciencias del Mar juntamente con el Instituto de Ciencias del Espacio del CSIC. Por cuestiones éticas, no puedo llevar los peces a la Mars Desert Research Station, así que he extraído muestras de su ADN para secuenciarlas allí.

¿No vas a estudiar el impacto en el genoma de los peces de factores como las bajas temperaturas o la radiación que hay en Marte?

En este caso, no. Ya se sabe que factores como la temperatura del agua alteran el genoma de los peces. Por eso, ahora quiero estudiar el factor gravedad. Es un campo muy nuevo y cualquier información que obtengamos va a ser fascinante. Eso sí, no voy a tener la respuesta inmediatamente. Los experimentos científicos son largos y esta es la parte experimental. En la estación no he tenido tiempo de analizar los datos.

¿Tu estudio puede dar pistas de cómo la alteración de la gravedad afecta al ser humano?

Esa es la idea. Los resultados podrían tener aplicación en acuicultura o en ámbitos más relacionados con la medicina.

Has llevado a cabo un proyecto de ingeniería para esterilizar el agua y generar luz en Marte. ¿En qué consiste?

He probado una botella marciana con un tapón (*Light Pills*) diseñado por Helena Arias, otra de las tripulantes de Hypatia I. Es un dispositivo que ha recibido varios premios nacionales e internacionales y que está formado por una placa solar y dos luces: una ultravioleta que se utiliza para esterilizar el agua y otra LED, que sirve para iluminar.

Aunque no puedo llevar ejemplares de pez cebra, tengo permiso para coger otros peces antes de entrar en la estación, trabajar con ellos los 15 días de la misión y luego devolverlos a la tienda. Con estos peces hemos mantenido un sistema Aquaponics para hacer crecer conjuntamente peces y plantas de forma circular. Lo que más me interesa es estudiar el agua en la que han estado los peces y comprobar si es posible esterilizarla con el tapón.

Sin embargo, en la misión no solo has investigado...

No. También he sido la *Greenhouse officer*, la responsable del huerto. Los 15 días de la misión hemos comido comida deshidratada como la que comen los astronautas. La responsable de que haya habido algo verde en nuestra dieta he sido yo. He cuidado las plantas que hay en el invernadero y he gestionado brotes de germinados que, en tres o cuatro días, se pueden consumir.

¿Qué es lo que habéis germinado?

Soja y lentejas.

¿Y por qué todas esas limitaciones?

Hemos simulado ser astronautas. La simulación implica que hay limitación de agua: hemos tenido un tanque con ciertos litros para los 15 días. De ahí salió el agua para beber (solo pudimos consumir dos litros al día), para ducharse (la mayoría de los días tuvimos que asearnos con toallitas y champú seco), para el invernadero, etc. También hubo limitaciones de espacio (hemos estado confinadas en un espacio muy reducido) y para salir.

Cuando quisimos abandonar la estación tuvimos que pedir permiso a Tierra y salir con el traje espacial: con escafandra, manos y pies protegidos como si hubiera radiación y una mochila de siete kilos que sirve para refrigerar y simula contener oxígeno. Para movernos, usamos un Rover para el que hemos tenido que sacarnos un permiso de conducir. Y otra limitación ha sido la conexión: solo pudimos conectarnos al final del día y para enviar informes.

Además, en la misión Hypatia también hicisteis divulgación...

Sí. Tengo un proyecto que se llama *Buscar la vida en Marte* para motivar a pequeñas y pequeños de una escuela de primaria a estudiar ciencias. La idea es que se impliquen en dar respuesta a un gran interrogante para la ciencia: si hay o ha habido vida en Marte.

Lo que voy a hacer es coger sedimentos de diferentes sitios de Marte/Utah, llevarlos a la escuela y, con un kit comercial muy sencillo, tratar de detectar con el alumnado si hay vida. Además, estoy haciendo un juego de cartas sobre la misión con otra tripulante del proyecto que es matemática y artista, Anna Bach, juntamente con una empresa llamada Lastuf, que es especialista en diseño de juegos de cartas.

Que la misión esté compuesta por mujeres, ¿es porque queréis dar relevancia al papel de la mujer en la ciencia e incentivar a las niñas a optar por carreras vinculadas a la ciencia?

Sí. El proyecto es una iniciativa de Mariona Badenas, la comandante de la tripulación. Se inspiró en 2019 durante otra misión en la estación y tuvo la idea precisamente el 11 de febrero, Día de la Mujer y la Niña en la Ciencia. Ella y Carla Conejo, la subcomandante, reunieron a un grupo de mujeres de diferentes

disciplinas STEAM: ciencia, tecnología, ingeniería, matemáticas y también la A de arte. El proyecto es también multigeneracional, y esto es muy bonito. Neus Sabaté, que también es investigadora del CSIC, y yo somos las más veteranas, pero quienes están liderando son más jóvenes que nosotras.

Grandes nombres

Luis Caffarelli recibe el Premio Abel

“Nobel” de matemáticas, entre el hielo y las ecuaciones diferenciales

Por Refugio Martínez

De pequeño no era un genio en matemáticas, de hecho, recurrió a la ayuda de padres y hermana para que le sacaran de algún que otro apuro con las endemoniadas cifras. Sin embargo, su pasión por los números no tardó en manifestarse y convertirse en la razón de ser de su vida profesional. Gracias a las incógnitas que este argentino ha sido capaz de resolver en las ecuaciones diferenciales, hoy tiene la certeza de que ese primer amor ha sido recíproco, y puede afirmar, con orgullo, que también ha sido reconocido, pues acaba de ganar el Premio Abel 2023, que ha recogido de manos del rey Harald V de Noruega el 23 de mayo.

Los premios Nobel, desde que se crearon allá por el año 1895, siempre han tenido una laguna insondable, y es que no existe una categoría para las matemáticas. Con la intención de solventar este descalabro, la Academia de Ciencias y Letras de Noruega creó, en 2002, un premio paralelo llamado Abel, que hoy es el máximo reconocimiento en matemáticas y que, cada año, se entrega a una eminencia en la materia.

En esta ocasión, el galardón lo ha recibido el matemático argentino-estadounidense y catedrático de la Universidad de Texas en Austin (EE. UU.) Luis Caffarelli (Buenos Aires, 1948), que se consagra como el primer matemático latinoamericano en recibir este premio, dotado con 7,5 millones de coronas noruegas (659.000 euros).

Su nombre y su trabajo siempre se han asociado con el estudio de ecuaciones diferenciales parciales y los problemas de límite libre en diferentes objetos de formas cambiantes, como el flujo del agua, las pompas de jabón, el movimiento de las ondas electromagnéticas, el crecimiento de las poblaciones o el devenir económico.

A pesar de que Luis Caffarelli es un matemático excepcionalmente prolífico, con más de 130 colaboradores y de 30 estudiantes de doctorado a lo largo de 50 años, su mérito no ha consistido en dedicar toda una vida a las matemáticas, puesto que, de esa labor pueden presumir cientos de científicos.

Su innovación ha sido ofrecer las herramientas para hacer una descripción matemática del mundo físico que protagoniza nuestra vida diaria. Ha sido capaz de aportar soluciones a problemas que llevan siglos sin resolverse y ha ayudado a que la humanidad avance en la comprensión de algunas de las incógnitas más formidables de todas las matemáticas.

La Academia Noruega de Ciencias y Letras ha destacado sus trabajos “técnicamente virtuosos”, sobre todo, en los llamados problemas de frontera libre, y ha resaltado “sus contribuciones fundamentales a la teoría de la regularidad de las ecuaciones no lineales en derivadas parciales, incluyendo los problemas de frontera libre y la ecuación de Monge-Ampère”.

Muy apegado a España

El experto en ecuaciones diferenciales estudió Matemáticas en la Universidad de Buenos Aires, donde se doctoró en 1972. Un año después, se mudó a Minnesota (EE. UU.) para hacer un posgrado, y estuvo una década en el mítico Instituto de Estudios Avanzados de Princeton. Desde entonces, su carrera investigadora ha transcurrido en universidades estadounidenses.

A pesar de vivir al otro lado del Atlántico, el argentino siempre se ha sentido muy vinculado a España; de hecho, es miembro del Comité Externo de Asesoramiento Científico del Icmat y del Instituto de Ciencias Matemáticas (un centro mixto del CSIC y las universidades Autónoma, Complutense y Carlos III de Madrid).

Su primera visita a la capital española fue en 1984, en plena explosión contracultural tras el franquismo. En ese contexto, se metió de lleno en el ambiente intelectual de la época y codirigió, junto con el catedrático emérito de la Universidad Autónoma de Madrid (UAM) Antonio Córdoba y el economista Ernest Lluch, padre de la sanidad pública universal en España, un proyecto de investigación a través del cual organizaron diversas actividades, como congresos y escuelas, en la Universidad Internacional Menéndez Pelayo (UIMP) sobre ecuaciones en derivadas parciales.

Los tres idearon una exitosa escuela de verano de Matemáticas en el Palacio de la Magdalena de Santander. Pero este proyecto terminó abruptamente cuando la banda terrorista ETA asesinó a Ernest Lluch, en el garaje de su casa, el 21 de noviembre del año 2000.

A pesar de este triste incidente, el investigador argentino recuerda con nostalgia aquella época. “Madrid fue, científicamente, uno de los lugares más interesantes, quizás porque era una combinación de hacer matemáticas y la vida muy amable que teníamos entre nosotros. Hablar la misma lengua hacía mucho más fácil tener discusiones científicas profundas”, rememora. Resultado de esta fructífera relación, el matemático argentino recibió el doctorado *honoris causa* por la Universidad Autónoma de Madrid (UAM), a la que siempre se ha sentido muy vinculado.

El hielo, el agua y la variabilidad

Las ecuaciones diferenciales parciales surgieron de la necesidad de describir fenómenos tan diferentes como el flujo del agua, la fluctuación de los precios o el crecimiento de las poblaciones y, a pesar de los considerables esfuerzos realizados por numerosos matemáticos a lo largo de los siglos, siguen existiendo enigmas alrededor de estas complejas operaciones matemáticas.

En este contexto, el mérito del científico que nos ocupa ha sido resolver algunas de esas incógnitas y plantear soluciones que han supuesto la clave para alcanzar cierto nivel en la comprensión de las ecuaciones diferenciales. Estas operaciones se centran en plantear la descripción de sistemas en los que hay una frontera que no está descrita de antemano, en los que existe un límite, llamado "libre", que forma parte de la incógnita que hay que determinar. Por ejemplo, la frontera invisible que se forma en el agua cuando el hielo se derrite.

Si introducimos varios cubitos de hielo en un vaso con agua, existe la certeza de que acabarán por derretirse, fundiéndose con el agua, pero ¿cómo es la superficie de separación entre las dos fases sólido-líquido? En este proceso se crea una frontera entre los dos cuerpos de diferente estado que supone un enrevesado universo con energías y geometrías cambiantes e irrepetibles que dependerán de algunas variantes, como el tiempo, la temperatura y la densidad de los fluidos.

Para entender la complejidad de la frontera entre dos elementos de distintas densidades que se mezclan, en este reportaje se ha usado el ejemplo del hielo y el agua porque es fácil de comprender, pero estas ecuaciones se pueden aplicar a otros casos de la física, como un frente atmosférico, una aleación metálica, el crecimiento de las poblaciones o los ciclos económicos.

En todos estos casos, la frontera es desconocida, y saber cómo se van a comportar los líquidos, cómo va a evolucionar el movimiento de los fluidos, poder prever cómo se va a ir transformando ese límite libre, sería en esencia, resolver la cuestión. Y aquí es donde las contribuciones de Caffarelli son fundamentales, pues han marcado un antes y un después al aportar soluciones a estos problemas con aplicaciones a interfaces sólido-líquido, a flujos en chorro y de cavitación, de gas y líquido en medios porosos, así como a las matemáticas financieras.

Como todos estos conceptos son tan abstractos, es difícil entender la finalidad pragmática de los avances aportados por Luis Caffarelli, y cabe preguntarse, ¿al fin y al cabo, para qué ha servido descifrar las famosas ecuaciones? Pues porque, en esta era de supercomputación en la que estamos inmersos, tener modelos efectivos requiere poder simular fenómenos del mundo real con una comprensión avanzada de las matemáticas que los impulsan.

En este sentido, conocer cómo funcionarán los modelos matemáticos aplicados a las leyes de la naturaleza puede servir para hacer predicciones de cómo se comportarán fenómenos de lo más variopinto; el más obvio podría ser describir la evolución de un frente atmosférico, ya que mejorará nuestras previsiones meteorológicas en el futuro.

Pero las aplicaciones van mucho más allá. Se podría hacer un análisis de la circulación sanguínea de una persona, se podría predecir el movimiento del petróleo, las matemáticas financieras entrarían en una nueva era en la que los pronósticos económicos serían mucho más fiables y se conocerían mucho mejor los modelos fundamentales que explican el universo.

El legado de Caffarelli podría entenderse como una bola mágica de cristal a partir de la que se podrá ver el comportamiento de determinados fluidos físicos, de señales atmosféricas y de sucesos económicos que, hasta la fecha, habían sido azarosos y que, dentro de poco, serán, sencillamente, previsibles.

Libros

La química de lo bello

Deborah Garcia Bello

Paidós, 2023

312 páginas

ISBN: 978-84-493-4059-8

“El barrio donde crecimos, el graznido de las gaviotas, el cielo rosicler que anticipa un día de sol, el olor de los libros viejos, las fotos en blanco y negro de los abuelos, el mar, las revistas de moda de los 60, las flores urbanas o un pupitre con nombres grabados... Todas ellas bellezas cotidianas que, a menudo, pasan desapercibidas”. Deborah García Bello, química y divulgadora galardonada, nos invita a disfrutar del asombro por estas bellezas cotidianas y a saborear con sosiego las bellezas extraordinarias.

Desde la felicidad de un día corriente hasta la fascinación por una obra de arte, la autora nos descubre una original investigación en la que el arte se comunica con nosotros a través de sus materiales. Porque saber de química es como andar por la vida con unos ojos que miran a escala atómica. Todo lo bello, lo bueno y lo verdadero se ve más nítido a través del conocimiento científico.

Descubriremos el mundo dentro del mundo, lo bello dentro de lo bello, en un relato costumbrista donde la narrativa se mezcla con la divulgación científica; que bajen la ciencia y el arte de sus torres de marfil y que nos revelen que lo más deslumbrante se encuentra en la cotidianidad de nuestro entorno.

Enigma: de las pirámides de Egipto al asesinato de Kennedy

Juan Antonio Cebrián, Bruno Cardeñosa, Carlos Canales y Jesús Callejo

Booket, 2003

368 páginas

ISBN: 978-84-270-5101-0

Un libro ameno y riguroso que da respuesta a los misterios más cuestionados de la humanidad.

¿Quién mató a Kennedy? ¿Llegó el hombre a la Luna? ¿Existen los iluminati? ¿Cómo murió Tutankamón? ¿Cuándo nació Jesús? ¿Cuáles fueron los inventos de Leonardo da Vinci? ¿Cuál es el origen de la esvástica?

El equipo de expertos formado por Juan Antonio Cebrián, Bruno Cardeñosa, Jesús Callejo y Carlos Canales se encarga de buscar respuestas a estas y muchas otras grandes incógnitas que la historia todavía esconde entre sus páginas. Por *Enigma* desfilan pueblos y culturas míticas, iconos del cristianismo, inventos antiguos, herejes, caballeros legendarios, sociedades secretas, tumbas perdidas de personajes célebres y grandes hallazgos científicos que resultaron ser fraudes.

Más allá

La leyenda negra del faraón Keops

Por Meritxell Tizón

Es uno de los personajes del antiguo Egipto que más fascinación provoca, no solo por ser el constructor de una de las siete maravillas del mundo antiguo, la gran pirámide de Guiza, sino por el misterio que envuelve su figura. De él se ha dicho de todo: se le ha acusado de ser un soberano despiadado que no dudó en utilizar a esclavos e, incluso, en prostituir a su propia hija para erigir el mausoleo en el que sería enterrado. Estamos hablando de Keops, faraón de la IV dinastía, a cuya figura, llena de interrogantes, nos acercamos en este reportaje.

A pesar de ser el hombre que levantó el monumento más grandioso del mundo, de la biografía de Keops, también conocido como Jufu o Quéops, poco se sabe. Hijo de Seneferu (o Snofru), faraón fundador de la dinastía IV, y de Hetepheres I, tuvo cuatro esposas, una de ellas su media hermana, y 12 hijos.

Durante mucho tiempo se creyó que su reinado duró tan solo 23 años, entre 2589 y 2566 antes de Cristo, aunque estudios recientes apuntan a que pudo extenderse más y alcanzar las tres décadas.

Los pocos textos legados por los antiguos egipcios que han llegado hasta nuestros días lo definen como “Gran Dios”, y en ellos no se le atribuye la construcción de la gran pirámide de Guiza, aunque sí se relata que él mismo recorrió las antiguas pirámides, buscando mejorar la forma de construir las. También se le atribuye la leyenda de ser el gran buscador de las cámaras del dios Thot y de su libro secreto sobre la sabiduría.

Sin embargo, nada encontramos en esos manuscritos que haga referencia a las crueles características que se le han atribuido durante décadas: las de gobernante cruel y despiadado que acabó con las tradiciones religiosas convencionales para concentrar todo el culto divino en su persona. El mismo que, llevado por la misma megalomanía, no dudó en esclavizar a su pueblo y prostituir a una de sus hijas para construir su faraónica obra.

Entonces, ¿por qué existe esa especie de “leyenda negra” en torno a la figura del faraón y cuál es su origen? La respuesta a esta pregunta parece encontrarse en la obra magna *Historia*, del filósofo e historiador griego Heródoto de Halicarnaso, considerado “el padre de la historia”.

El origen de la leyenda negra

Nacido en la ciudad jonia de Halicarnaso en el año 484 antes de Cristo, Heródoto fue un viajero incansable, circunstancia que es determinante para su actitud como historiador. Aunque aprovechó en la medida de lo posible los escritos de sus antecesores en el género, la investigación, de la que habla al principio de su obra, es un trabajo personal, un acopio de datos *in situ*. De hecho, sus estancias en los centros culturales y políticos del mundo antiguo fueron prolongadas, viajó

por todos los países griegos y llegó hasta el mar Negro, Chipre, Egipto, Citera, Tiro.

Debido a su gran extensión, su obra *Historia* se dividió posteriormente en nueve libros, el segundo de los cuales se considera el estudio etnográfico más antiguo conservado y la descripción más extensa e importante de Egipto en la época antigua. Y es en él donde encontramos, precisamente, esas referencias a la figura de Keops que son el germen de la leyenda negra que hoy en día se cierne sobre el faraón egipcio y que intentan desmontar, en la actualidad, los expertos en egiptología.

En el libro II de su *Historia*, el historiador asegura que, hasta el reinado de Snofru, hubo, en Egipto, “una estricta legalidad y el país gozó de gran prosperidad”, pero Keops, que reinó tras él, sumió a sus habitantes en lo que califica como “una completa miseria”.

Según relata Heródoto, y ahí está el origen de esa teoría que atribuye al faraón el uso de esclavos para construir la gran pirámide, “cerró todos los santuarios impidiendo a los sacerdotes ofrecer sacrificios”, y ordenó a todos los egipcios que trabajasen para él, encomendando a una parte la tarea de arrastrar bloques desde las canteras existentes en la cordillera arábiga hasta el Nilo y, a otra, hacerse cargo de los bloques una vez transportados en embarcaciones a la otra orilla del río.

También es Heródoto quien asegura que, “Keops llegó a tal grado de maldad que, viéndose falto de dinero, colocó a su propia hija en un burdel y le ordenó que se hiciese con una determinada cantidad”, que ella consiguió e, incluso, logró superar, decidiendo “dejar por su propia cuenta un monumento conmemorativo suyo”, solicitando a todo el que la visitaba que le regalara un bloque de piedra para construirlo.

Tiempos difíciles

La presidenta de la Asociación Española de Egiptología, Rosa Pujol, explica, en una entrevista para la revista *Universo*, el poco fundamento histórico que tienen estas teorías. “Yo no sé de dónde sale que prostituyó a su hija, porque la realidad es que de Keops no sabemos prácticamente nada –asegura—. Alguien le debió contar a Heródoto algo parecido, pero la realidad es que un faraón de Egipto tenía poder absoluto, y todo lo que necesitase, fuera oro, piedra para construir o mano de obra..., todo, no tenía más que pedirlo. Por eso carece de lógica completamente que tuviera que prostituir a nadie”, continúa.

A su juicio, esta leyenda “puede formar parte de la búsqueda de titulares de la antigüedad” porque, además, añade, “Egipto sí que trajo princesas de los países limítrofes para formar parte del harén de los faraones, pero jamás se mandó una princesa egipcia a casarse con un príncipe extranjero”.

En su libro *Todo lo que debe saber sobre el antiguo Egipto*, publicado por Nowtilus, el investigador gallego Luis González González, experto en egiptología, apunta al posible origen de la leyenda negra sobre Keops, señalando

que lo que sí está claro es que en el período en el que Heródoto visitó el país, hacia el año 400 antes de Cristo, “Egipto vivía días difíciles en los que germinó una especie de literatura antifaraónica”, que probablemente es el germen de todas estas teorías.

A su juicio, es probable que fueran los propios sacerdotes quienes contaran al historiador griego, que viajó por Egipto dos milenios después de la muerte del faraón, todas estas historias. Y lo hicieron, según explica el investigador y también apuntan otros egiptólogos, al sentir un “odio acérrimo hacia la persona de aquel hombre” que había recortado en gran medida su poder.

La gran pirámide de Guiza

No solo la figura de Keops está envuelta de misterios, ocurre lo mismo con su legado más importante: la gran pirámide de Guiza, un edificio que mide 147 metros de altura, cuyos lados se extienden a lo largo de 230 metros y que se calcula que fue construido con casi dos millones y medio de bloques de piedra.

Su construcción, cómo lograron orientar de forma tan exacta sus lados hacia determinadas estrellas o qué ocultan sus cámaras secretas son algunos de los grandes secretos que todavía hoy esconden sus piedras, para desconcierto de los historiadores.

Rosa Pujol admite que la respuesta a cómo fueron capaces de hacer semejantes monumentos forma parte de los enigmas que, a día de hoy, todavía no se han podido descifrar. “A nuestra asociación llegan bastantes teorías, unas un poquito más fundamentadas y otras absolutamente disparatadas. Nosotros hemos decidido no dar credibilidad a ninguna. En primer lugar, porque esa no sería nuestra función, ya que nos dedicamos a la divulgación de la egiptología científica. Si alguien cree que ha resuelto el enigma de cómo se construyeron, lo suyo es que lo presente en un congreso o en una universidad”, asevera.

Según explica, la teoría más aceptada, que asegura que construyeron las pirámides utilizando rampas envolventes, de alguna manera ha quedado desestimada porque, para que esas rampas tuvieran una inclinación aceptable para que los animales pudieran tirar de las piedras y subirlas hasta los 146 metros de altura, deberían haber tenido una longitud enorme, que haría que nos plantásemos en mitad de El Cairo.

“Hacer que las cuatro caras de la pirámide confluyan en un punto ya parece mágico –reconoce–. Pero no hay que buscarle magia, lo hicieron personas como nosotros, porque también hay quien piensa que hubo una intervención extraterrestre y cosas así. Yo, francamente, prefiero pensar que lo hicieron personas como nosotros que personas verdes”, concluye la experta.

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

Te recordamos que existen otras revistas de temática variada y periodicidad diversa que te invitamos a descubrir, ya sea accediendo al apartado “Publicaciones” de ClubONCE, poniéndote en contacto con el Servicio de Atención al Usuario del Servicio Bibliográfico de la ONCE –llamando al teléfono 910 109 111 (teclea la opción 1)– o enviando un correo electrónico a sbo.clientes@once.es.