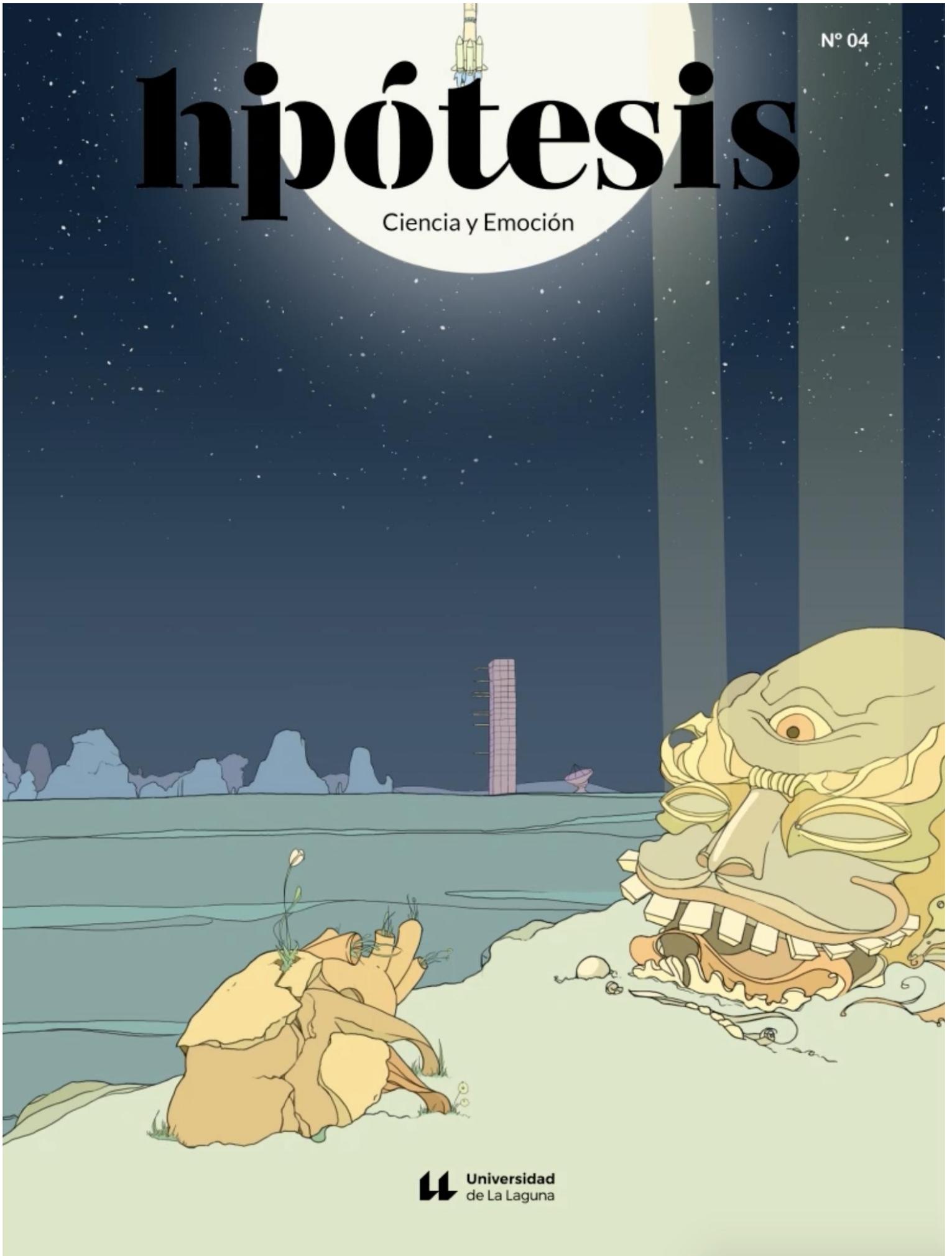


hipótesis

Ciencia y Emoción



Si los peces tuvieran vértigo no podrían vivir en Canarias

AUTORA **NATACHA AGUILAR DE SOTO**

Investigadora Ramón y Cajal.

Grupo de Investigación en Biodiversidad, Ecología Marina y Conservación Universidad de La Laguna



Porque en Canarias las escarpadas pendientes que descienden desde los volcanes continúan bajo el mar y, con salir un poco de la costa, en los canales entre islas, los peces encuentran un abismo acuático de hasta más de tres kilómetros bajos sus ojos. En este universo tridimensional planean y aletean seres de morfologías extravagantes, paralelos de aves en otro azul. Se visten de colores dictados por la absorción de la luz en el agua: los epipelágicos viven en la capa fótica, que se extiende desde la superficie hasta 100-200 metros; lucen tonos oscuros en el dorso y claros en el vientre, para camuflarse con el agua profunda ante depredadores más superficiales, y con el sol ante quienes les atacan desde abajo. La dictadura de la luz desaparece en el abismo y, a medida que nos sumergimos, los peces se vuelven completamente negros o con partes del cuerpo transparentes, como el *Macropinna microstoma*, que puede ver a través de su cráneo y para ello muestra sin asomo de vergüenza el interior de su cabeza, porque no había nadie que le pudiera ver hasta que las cámaras humanas rompieron la intimidad de las profundidades. En estas oscuridades multitud de seres son fulgurantes de fotóforos, puntos luminosos en su cuerpo que utilizan como señuelos para atraer parejas o presas, o para esconderse de depredadores, emulando los fotóforos ventrales del pez hacia la longitud de onda de la más que tenue luz solar residual que consigue penetrar hasta un máximo de 1000 metros de profundidad. A esta capa de aguas libres entre 200 y 1000 metros la llamamos mesopelágica, y por debajo se extienden la abisopelágica y la hadal, con nombres que emulan el descenso a los infiernos de la mitología clásica..

El sonido llegó antes que los submarinos a las grandes profundidades y los primeros investigadores de acústica submarina, en la segunda guerra mundial, fueron sorprendidos por una fuerte capa de ecos que formaba un falso fondo a unos 600 m. Esta fue bautizada capa de reflexión profunda (DSL por sus siglas en inglés, la Deep Scattering Layer) y se confirmó con pescas experimentales que estaba vivas. Los sonares caracterizaron la mayor migración animal del planeta, superando con creces la del famoso delta del Okavango; es la migración vertical de la



DSL, en la que cada noche parte de la capa asciende, como un inmenso enjambre de peces e invertebrados que suman una biomasa animal de miriadas de elefantes. Nuestra perspectiva de animales terrestres nos hace pensar que el mayor ecosistema del planeta es el de las selvas tropicales, sin embargo la biomasa mesopelágica, dominada por la DSL, ha sido estimada entre mil y diez mil millones de toneladas. Los organismos de la DSL se alimentan en aguas epipelágicas de noche y descienden de nuevo a su refugio profundo, entre 400 y 800 m de profundidad, antes del amanecer, para escapar de los cazadores visuales. Los millones de pequeños depredadores de la DSL transportan carbono hacia aguas profundas, pero también fertilizan las aguas someras con sus excreciones y respiración. Con ello favorecen el crecimiento del plancton, reforzando el importante papel de la DSL en la productividad marina y en el ciclo del carbono, y con ello en la regulación del clima. De la DSL dependen múltiples depredadores secundarios, desde atunes rojos a calamares gigantes y cetáceos.

La DSL se compone mayoritariamente de peces del orden mictófididos, de pocos centímetros de longitud, no aptos para el consumo humano; eso lo ha salvado... hasta ahora. Desde Naciones Unidas y Europa están mirando a esta biomasa profunda como la próxima gran fuente de harina de pescado para piscifactorías. Sin embargo, la falta de conocimientos básicos sobre la comunidad de la DSL, incluyendo su tasa de renovación, hace que sea imposible actualmente plantear un enfoque ecosistémico de la explotación, sin el cual ya hemos visto cómo las pesquerías mundiales están en proceso de colapso en muchos casos. Si se planteara la pesca de la DSL en Canarias, podría tener efectos catastróficos, o no, sobre la megafauna de las islas, y para averiguarlo estamos investigando la ecología de aguas profundas, desde invertebrados a



PULSA SOBRE LAS IMÁGENES



cetáceos, en una carrera de fondo, pues aún queda tanto por entender y descubrir. Comenzamos caracterizando el comportamiento de alimentación de cetáceos de buceo profundo en Canarias: los zifios (*Ziphiidae*) son buceadores extremos que se sumergen unas 10 veces al día por una hora a un km de profundidad para cazar de 20 a 30 presas por buceo. En contraste, los calderones bucean por tan solo 15-20 minutos a las mismas profundidades para cazar 1-2 presas realizando persecuciones a alta velocidad por las que recibieron el apodo de “guepardos de aguas profundas”. Una de sus presas es el calamar gigante, y la reciente tesis de Alejandro Escáñez demuestra que Canarias es un punto caliente de concentración de esta especie a nivel mundial. Realizamos pescas experimentales que solo pueden capturar las “mariposas” de esa selva marina profunda y encontramos nuevas citas de especies para Canarias. Para muestrear a los grandes peces e invertebrados depredadores, y estudiar si se puede utilizar la acústica pasiva para cuantificar biomasa, ahora estamos sumergiendo cámaras, hidrófonos y ecosondas de baja intensidad en la DSL. El objetivo es contribuir a dar luz en el desconocimiento profundo sobre esa mar oceánica que nos rodea; con ello, con suerte y constancia, ayudar a demostrar al mundo que los seres vivos de los abismos valen mucho más vivos en su medio que alimentando salmones en jaulas. ¿Por qué en tierra no se nos ocurre comer lobos o tigres, sino herbívoros, y sin embargo comemos sistemáticamente carnívoros marinos? El futuro de la seguridad alimentaria no pasa por esquilmar los mares en todas sus dimensiones, sino por un enfoque sostenible para la pesca y la acuicultura (que sea de circuito cerrado y multitrófica). Podemos mirar al cielo buscando planetas alternativos, o mirar a lo más hondo del nuestro, reconocerlo en toda su belleza y mantener su equilibrio. Para ello no hay otra que aprender a compartir en profundidad. ■





¿Por qué existe el sexo?

AUTOR PAU CARAZO
ILUSTRACIONES VERÓNICA MORALES

Investigador Ramón y Cajal
Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva
Universidad de Valencia

Se podría decir que este planeta que llamamos Tierra esta obsesionado con el sexo. Desde el afanoso zumbido de una abeja libando de flor en flor hasta el delicioso canto de un ruiseñor, por no mencionar el inescrutable cerebro de cualquier adolescente humano, el sexo está en todas partes. De hecho, casi todo lo que hace un organismo a lo largo de su vida está dedicado, directa o indirectamente, consciente o inconscientemente, a reproducirse. Las leyes de la evolución Darwiniana, génesis principal de la biodiversidad terrestre, son inexorables en este sentido. **A pesar del énfasis que la tan manida frase “la supervivencia del más apto” otorga a la supervivencia, la lucha permanente por reproducirse más (y mejor) que los demás es el verdadero motor de la evolución.** Si a esto unimos que una mayoría abrumadora de los animales, plantas y hongos (aproximadamente el 99% de los conocidos) se reproducen sexualmente, acaso podemos comenzar a entender esta obsesión.

Pero, ¿por qué existe el sexo? Esta pregunta ha obsesionado a biólogos evolutivos durante décadas y sigue constituyendo uno de los grandes enigmas de la biología. Conocido como “la paradoja del sexo”, este rompecabezas evolutivo surge de una serie de observaciones. En primer lugar, que existen muchas otras formas de reproducción asexual: la fisión en bacterias, la gemación en levaduras, la fragmentación de las estrellas de mar o la reproducción vegetativa de la que son capaces muchas plantas. Frente a la reproducción asexual, la reproducción sexual se caracteriza porque combina, en la generación de un nuevo organismo, el material genético de dos organismos distintos. En otras palabras, la reproducción asexual da lugar a clones idénticos entre sí, mientras que la reproducción sexual produce descendientes que en los que se comparte el material genético de cada progenitor, produciendo una mezcla única, y a veces caprichosa, en cada descendiente. En segundo lugar, la observación de que los organismos de reproducción asexual se reproducen exactamente el doble de rápido que uno con dos sexos en donde se requiere la participación de dos individuos. Esto, por no hablar de la gran cantidad de energía y recursos que muchos organismos de reproducción sexual invierten en encontrar una pareja. En tercer lugar, que los organismos de reproducción sexual solo pasan la mitad de sus genes a la descendencia. Por último, la existencia de reproducción sexual abre



la puerta a la aparición de roles sexuales distintos, donde uno de los dos sexos (típicamente los machos) invierte menos en la descendencia que el otro, desde la formación de los gametos hasta el cuidado de la prole, pasando por los costes de gestación. Esta estrategia masculina es, en cierta medida, una estrategia parásita de la hembra y puede suponer unos costes añadidos.

En conjunto, pues, la reproducción sexual tiene unos mayores costes en comparación con la reproducción asexual. ¿Cómo es posible, pues, que no solo no haya desaparecido sino que sea claramente favorecida por la evolución? Aquí radica la paradoja del sexo. Las respuestas a este enigma, aún incompletas, se han ido conformando gradualmente. En general sabemos que **las ventajas del sexo sobrevienen porque los organismos suelen vivir en un ambiente cambiante donde la incertidumbre es muchas veces la norma.** En un medio estable, donde los organismos estuvieran perfectamente adaptados a su entorno, la reproducción asexual sería ideal porque producir copias perfectamente adaptadas a la mayor velocidad posible supone una estrategia imbatible. No obstante, en entornos donde el ambiente cambia es vital producir descendencia de características variables porque esto incrementa exponencialmente las posibilidades de que, al menos parte de la descendencia, sobreviva a un cambio ambiental. Para hacer frente a una nueva cepa de un virus, un nuevo parásito, un depredador más rápido o un ambiente más cálido de aquel en el que se han adaptado sus ancestros, el sexo es crucial para la supervivencia porque, generación tras generación, baraja los genes de los progenitores más exitosos y produce nuevas variantes para hacer frente a los nuevos desafíos.

Sabemos también que la presencia de machos “parásito” puede tener grandes ventajas para una población. Precisamente porque invierten relativamente poco (o nada) en cuidados parentales, los machos de tienden en general a invertir la mayor parte de sus recursos en reproducirse. Esto quiere decir que pueden reproducirse a una tasa muy superior a la de las hembras. En la especie humana el record registrado en número de hijos de una misma mujer es de 69 (fruto de 27 partos, la mayoría múltiples) pero de 888 en los hombres (Ismail, El Sanguinario, un emperador Marroquí). Esto, a su vez, implica que las hembras son un recurso limitante para los machos, y por tanto que la competencia por aparearse suele ser mucho mayor entre machos que entre hembras. En otras palabras, la mayor parte de las hembras dejarán descendencia mientras que solo los mejores machos conseguirán reproducirse. De esta forma, la evolución actúa de forma despiadada en los machos, filtrando solo los mejores genes, a un coste muy bajo



para las hembras. Gracias al sexo, las hembras transferirán esos genes exitosos de los mejores machos a su descendencia sin haber pagado los costes de dicha selección. En términos poblacionales, esto significa que la mayor parte de los costes de la selección recaen en el sexo del que no depende la productividad de la población, y por tanto que las poblaciones con reproducción sexual evolucionan más rápido.

Queda mucho por resolver, como entender por qué el sexo no desaparece como estrategia reproductiva en dos sexos más estables, o por qué es tan frecuente la aparición de dos sexos distintos. Una cosa parece clara, mientras resolvemos estos dilemas las chicharras seguirán cantando machacon y las delicadas aves del paraíso seguirán danzando sus cómicas danzas, una y otra vez. Todo por y para el sexo. ■



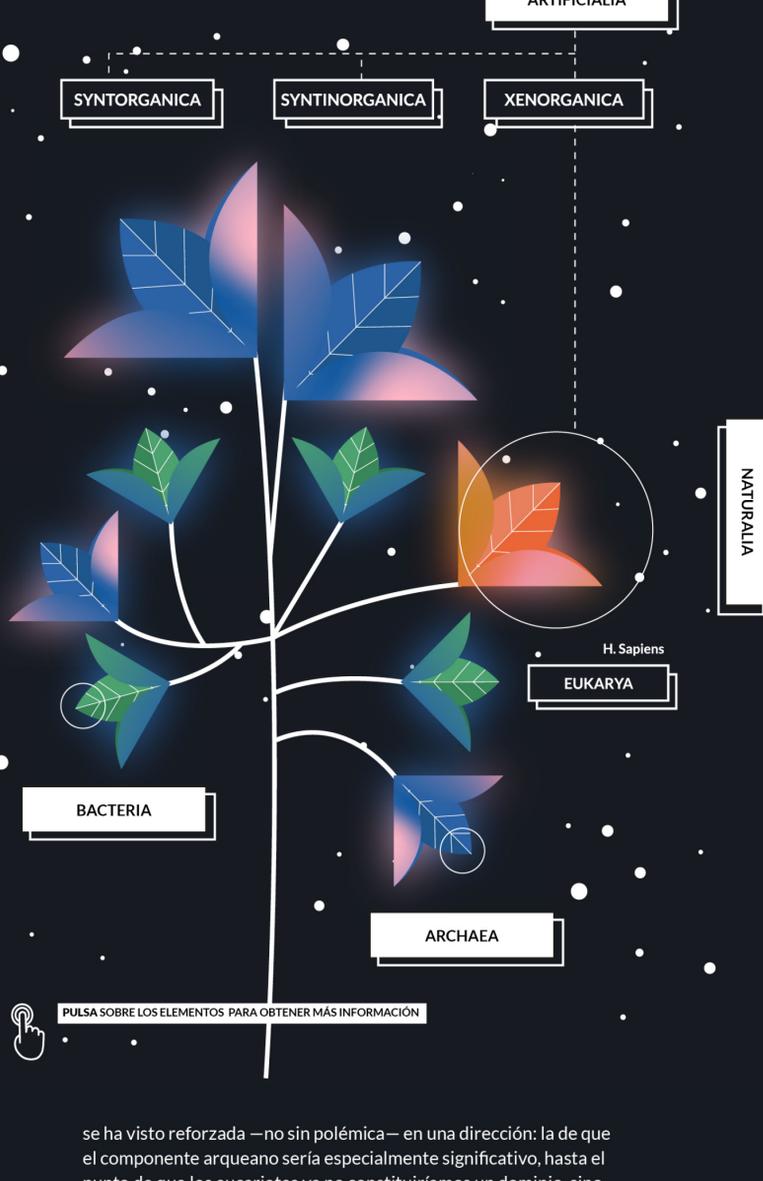
La creación de una rama insólita en el ÁRBOL DE LA VIDA

AUTORA JUAN A. AGUILERA MOCHÓN
ILUSTRACIÓN CARLA GARRIDO

Departamento de Bioquímica y Biología Molecular I
Universidad de Granada

En 1977, el microbiólogo Carl Woese (1928-2012) y su colega George E. Fox (n. 1945), ambos estadounidenses, sorprendieron al mundo con un muy novedoso árbol de todos los seres vivos que, después de ajustarle una raíz, para muchos aún mantiene vigencia en lo esencial, aunque hay controversia en el modo de separarse sus tres grandes ramas. Una de ellas era nada menos que un nuevo gran «dominio» de organismos, al que el propio Woese finalmente denominó Archaea (arqueas). Las microscópicas arqueas habitan a menudo en ambientes extremos de temperatura, presión, acidez, etc., y se diferenciaban netamente —en términos moleculares— de los otros dos dominios, Bacteria (las bacterias, como *Escherichia coli*, salmonelas, etc.) y Eucarya (los eucariotas, con células con núcleo, incluyen los organismos visibles a simple vista, como animales, plantas, y hongos). No obstante, son de más calado los parecidos entre los tres dominios que las diferencias; es decir, no pueden ocultar que todos los seres vivos procedemos de un ancestro común, el LUCA (sigla inglesa de 'último antepasado común universal'). No debemos olvidar, sin embargo, que este LUCA-raíz probablemente es, a su vez, solo una de las ramas del árbol completo de la vida que surge de más «abajo», desde los primeros y más antiguos seres vivos, pero no tenemos acceso a esas probables ramas muertas.

En los últimos años se han aportado dos importantes novedades. Por una parte, el árbol estaría repleto de ramas horizontales que ilustran transferencias de genes entre especies, incluso de dominios distintos, y esas transferencias "laterales" afectarían al mismo LUCA, que sería una población heterogénea (LUCAs). Por otra, una relativamente vieja idea, la de que los eucariotas son (somos) un híbrido entre arqueas y bacterias, se ha visto reforzada —no sin polémica— en una dirección: la de que el componente arqueano sería especialmente significativo, hasta el punto de que los eucariotas ya no constituiríamos un dominio, sino una simple (pero compleja) rama de las arqueas que hace unos 2.000 millones de años salió beneficiada de la hibridación con las bacterias, y



se ha visto reforzada —no sin polémica— en una dirección: la de que el componente arqueano sería especialmente significativo, hasta el punto de que los eucariotas ya no constituiríamos un dominio, sino una simple (pero compleja) rama de las arqueas que hace unos 2.000 millones de años salió beneficiada de la hibridación con las bacterias, y en particular de que unas arqueas engulleran (mediante endosimbiosis) a unas bacterias que acabaron convertidas en mitocondrias; gracias a esto tendríamos células más complejas, capaces de organizarse en aparatosos y hasta estafalariós organismos pluricelulares.

Pero el árbol está a punto de enfrentarse a un reto sin precedentes. Resulta que de nuestra ramita humana puede que nazcan unos brotes insólitos, de una naturaleza nunca vista. En la evolución no ha habido jamás —por más que algunos se empeñen— intencionalidad, diseño planificado, búsqueda de objetivos. Pero ahora los humanos parecemos a punto de conseguir sintetizar (o crear, si se prefiere), con intencionalidad y planificación, entes que podrían considerarse vivos. Y de dos tipos: orgánicos e inorgánicos, pues unos están basados en la química del carbono y otros en las propiedades del silicio (robots con inteligencia artificial). Al menos en algunos casos, para considerarlos vivos habría que modificar en ciertas definiciones de vida —como la de la NASA— la "capacidad de evolucionar por selección natural" por "ser productos directos o secundarios de la selección natural". La cuestión es: cuando se produzca la creación humana de seres vivos, ¿cómo encajarán en el árbol de la vida?

Hasta ahora no se ha planteado la cuestión porque los organismos modificados genéticamente vienen siendo meras variantes de los naturales. Incluso aquellos con genomas sintéticos tienen esencialmente el mismo genoma que los naturales, aunque se haya interrumpido la línea de replicaciones del ADN desde el LUCA. Pero los organismos futuros realmente nuevos, productos del diseño —¿vida 2.0?—, ya introducirían una discontinuidad tanto material como informativa con los naturales. ¿Qué hacemos con ellos? Hasta el momento, no conocemos ninguna propuesta concreta dentro de la literatura científica. Como ha destacado Elizabeth Pennisi, colaboradora de la revista Science, «los taxonomistas microbianos aún no han evaluado cómo debe encajar la vida sintética en el árbol de la vida». Mientras tanto, merece la pena destacar la propuesta de la diseñadora (artística, no genética) británica Alexandra Daisy Ginsberg, colaboradora de científicos sociales y de biólogos sintéticos, que ha sugerido añadir un nuevo dominio de seres vivos al que ha denominado Synthetic. Incluiría a los organismos sintéticos, tanto orgánicos como inorgánicos (y a sus híbridos), y a los llamados xenoorganismos, con otros ácidos nucleicos (de diseño), otro código genético (de diseño)... Pero, ¿cómo relacionar este dominio con la topología de los árboles de la vida tradicionales?





Origen y contenido de la Macaronesia

AUTOR **JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ-PALACIO**

ILUSTRACIÓN **CARLA GARRIDO PUERTA**

Departamento de Botánica, Ecología y Fisiología Vegetal

Universidad de La Laguna

El término Macaronesia, procedente de los vocablos griegos *makarios* (los felices) y *nesos* (islas), literalmente las Islas Afortunadas, designa a una serie de archipiélagos localizados en la zona oriental del Atlántico Norte, que comparten origen volcánico y cierta afinidad de su biota. La región macaronésica incluye los archipiélagos de Azores, Madeira, Salvajes, Canarias y Cabo Verde, en orden decreciente de latitud. Suman unos 15.000 km² divididos en más de 40 islas y un centenar de islotes, con una población de tres millones de personas y 20.000 especies terrestres diferentes, 6.000 de ellas endémicas. El concepto es, sin embargo, discutido ya que la afinidad biótica entre los archipiélagos es variable y, en todo caso, más patente en el medio terrestre que en el marino. En lo que no hay discrepancias es en el hecho de que Macaronesia alberga la mayor densidad de endemismos del mundo.

Hoy en día el término Macaronesia ha trascendido su inicial acepción biogeográfica y recientemente ha dado el salto al lenguaje político.

El historiador británico William Stearn atribuye al botánico, geólogo y filántropo británico Philip Barker Webb la autoría del término Macaronesia alrededor de 1850, cuatro años antes de morir. Que Webb lo propusiera tiene sentido pues fue una persona culta, políglota y con certeza conocedor de los textos clásicos, por lo que fácilmente era familiarizado con el griego clásico y la historia de las Islas Afortunadas. De hecho, algunos años antes, en 1832, el explorador francés Jules Dumont D'Urville empleó términos similares para referirse a conjuntos de archipiélagos del océano Pacífico, como Micronesia, Melanesia y Polinesia, hecho en el que el botánico inglés pudo haberse inspirado.

En un intento de escudriñar en qué momento y con qué contenido aparece el texto citado por primera vez en la literatura científica he buscado su rastro en documentos de la época. Aunque existen referencias tempranas a la similitud biótica de las islas atlánticas y al interés de analizar el origen de la biota que comparten, el término Macaronesia no aparece sin embargo en las obras sobre Canarias de los exploradores germanos de la primera mitad del siglo XIX Humboldt y von Buch, algo de esperar ya que dichas obras fueron previas a la fecha en que Stearn atribuye a Webb la propuesta. Curiosamente, tampoco la he encontrado en la obra magna de Webb y Berthelot, *Histoire Naturelle des Iles Canaries*, publicada entre 1836 y 1850, en donde tuvieron muchísimas ocasiones de utilizarlo.

Tampoco el prolífico botánico y ornitólogo alemán Carl Bolle (*Notes on the Botany of the Cape Verde Islands*, 1852), ni el botánico alemán Herman Schacht (*Madeira und Teneriffa mit ihrer Vegetation*, 1859) usan el término. He encontrado además que el biogeógrafo británico Joseph Dalton Hooker no lo menciona en su célebre conferencia de 1866 en Nottingham titulada *Insular Floras*. Pese a que Hooker diserta ampliamente de la flora paleoendémica de los archipiélagos atlánticos, creo que si Hooker no utiliza el término de Macaronesia es, sencillamente, porque no existía previamente dada la gran erudición de la que hacía gala. Finalmente, ni el geólogo Karl von Fritsch (*Reisebilder von den Kanarischen Inseln*, 1867) ni el zoólogo Ernst Haeckel (*Eine Besteigung des Pik von Teneriffa*, 1870), este último conocido como el Darwin alemán y quien propuso el término de Ecología, usaron Macaronesia en sus obras. Es decir, dos décadas después de que supuestamente Webb hubiera acuñado el término, este aún no había aparecido en ninguna de las obras más importantes referidas a los archipiélagos atlánticos.



PHILIP BARKER WEBB 1793-1854

Según mi pesquisa la primera vez que aparece el término es en la obra *Niger Flora or An Enumeration of the Plants of Western Tropical Africa*, editada en 1849 por William Jackson Hooker y dedicada a la memoria del Prof. Theodore Vogel. Esta obra contiene un capítulo titulado *Spicilegia Gorgonea* dedicado a la Flora de Cabo Verde, del que Webb es autor y en donde se atribuye haber acuñado el término: "*The region to which the genus Sinapidendron belongs we have elsewhere called Macaronesian. The two Sinapidendrons of the Cape de Verd islands differ from the Madeira and Canarian species*". Con esta frase parece que quedan implícitos dos hechos. En primer lugar, que él (tal vez utilizando un plural mayestático o de modestia) o él junto a otro(s) colega(s) acuñaron el término en otro texto que desafortunadamente no cita. Y en segundo lugar, para él Macaronesia comprende los archipiélagos que cita expresamente.

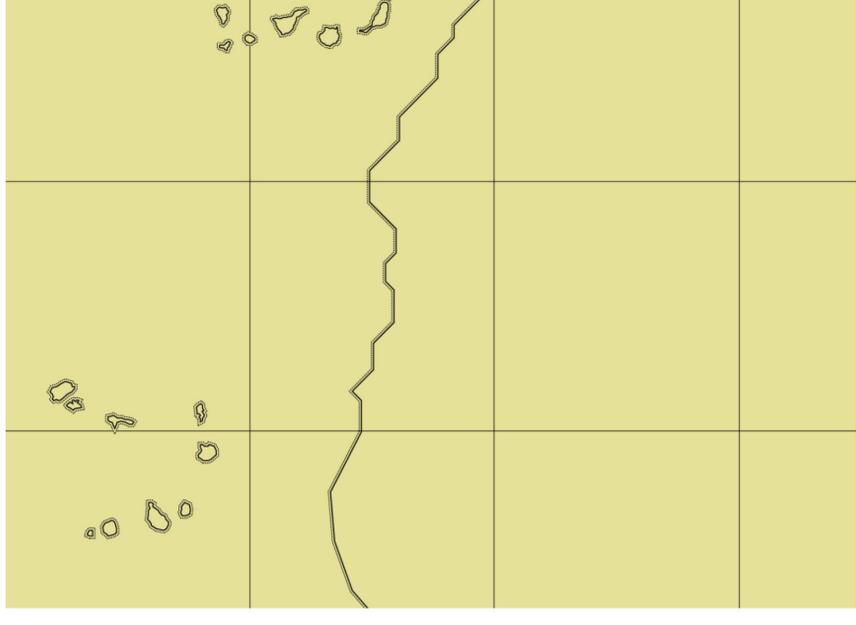
Me ha llamado mucho la atención que el biogeógrafo británico Joseph Dalton Hooker, hijo del anteriormente citado William Jackson Hooker, no menciona el término Macaronesia en su célebre conferencia de 1866 en Nottingham titulada *Insular Floras*. Pese a que Hooker diserta ampliamente de la flora paleoendémica de los archipiélagos atlánticos, creo que si Hooker no utiliza el término de Macaronesia es sencillamente porque no lo conocía en aquel entonces, lo que contrasta enormemente con la gran erudición de la que hacía gala.

Tras esta primera mención, el término parece desaparecer hasta que es rescatado más de dos décadas después, en 1872, por el geobotánico August Grisebach, en su libro *Die Vegetation der Erde nach ihrer klimatischen Anordnung*, quien lo utilizará en el capítulo dedicado a las islas oceánicas, aunque sin indicar referencia alguna, pero sí especificando que englobaría a los tres archipiélagos septentrionales, es decir, lo que hoy llamamos la Macaronesia europea.

Años más tarde, Joseph Dalton Hooker utiliza por primera vez el término en 1878 en su libro *Journal of a Tour in Marocco and the Great Atlas*, al que recoge en un apéndice titulado *On the Canarian Flora as compared with the Moroccan*. Atribuye, en un pie de página, que el término fue acuñado por Webb para referirse exclusivamente a la flora de Canarias (algo que como hemos visto no es cierto), aunque Hooker reivindica su ampliación al resto de los archipiélagos comentados. En 1879, aparece la primera referencia del geobotánico prusiano Adolf Engler a este vocablo en su trabajo *Veruch einer Entwicklungsgeschichte der extratropischen Florengebiete der Nördlichen Hemisphäre*, en donde afirma que Webb se refirió con él exclusivamente a Canarias (lo que parece falso), aunque propone que debería incluir también los archipiélagos de Azores y Madeira, además del canario.

La que creo que es la primera aparición del término en lengua española se hace esperar hasta 1880, cuando el médico militar catalán Ramón Masferrer y Arquimbau, quien durante los años que pasó destinado en Tenerife se destacó como un gran estudioso de la vegetación y flora de Canarias, presentó en la sesión anual de la Sociedad Española de Historia Natural una consulta acerca de si fue Webb el primero en utilizar el nombre de Región Macaronésica para los archipiélagos atlánticos. Ese mismo año su obra "Recuerdos botánicos de Tenerife, o sea, datos para el estudio de la flora canaria" incluye el término y dos años más tarde en la obra "Las laureles de Canarias" Masferrer lo atribuye a Webb.

Como conclusión podría decirse que si el término Macaronesia es unánimemente atribuido a Webb, existen aún dudas razonables respecto a que entendié por este primera. ■



Ley de Benford: la fuerza de uno



Profesora Titular de Análisis Matemático



Es más probable que un número empiece por 1 o por 9? Parecería lógico que cualquier dígito del 1 al 9 tuviese la misma probabilidad (1/9, es decir, el 11,11%) de encabezar un número; sin embargo, esta intuición es falsa. La ley de Benford (LB) o ley del primer dígito asegura que, en el mundo real, el 1 aparece como primera cifra con mucha más frecuencia que el resto. Además, cuanto mayor es el dígito, menos probable es que se encuentre en primera posición.

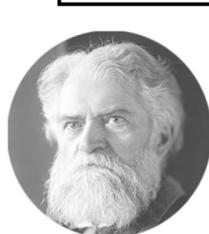
La LB es un ejemplo paradigmático de la ley de eponimia de Stigler (1980): «Ningún descubrimiento científico recibe el nombre de quien lo descubrió en primer lugar». Para las operaciones aritméticas con números de muchas cifras se suelen utilizar logaritmos. Antes del advenimiento de las calculadoras y ordenadores, los logaritmos se calculaban mediante tablas. Fue Simon Newcomb (1835-1909, polímata estadounidense nacido en Canadá que llegó a ser presidente de la American Mathematical Society) quien primero observó, hacia 1881, que las primeras páginas de los libros de tablas de logaritmos –correspondientes a los números con dígitos iniciales 1 y 2– aparecían mucho más sucias y ajadas que las últimas –las de los dígitos 8 y 9–: por alguna razón, el primer grupo de números era mucho más buscado que el resto. Newcomb enunció que «la ley de probabilidad de la ocurrencia de números es tal que las mantisas [partes decimales] de sus logaritmos son equiprobables», obteniendo probabilidades para el valor del primer y segundo dígitos significativos (tabla 2).

 VER TABLA

El hallazgo de Newcomb, que éste trató como evidente, pasó desapercibido para sus coetáneos. En 1938, el físico estadounidense Frank Benford (1883-1948), investigando para General Electric en Nueva York, observó de manera independiente el mismo fenómeno en las tablas de logaritmos que él manejaba. Para corroborarlo, recopiló 20229 números provenientes de 20 fuentes muy dispares entre sí (ver tabla 3). Y en efecto, los primeros dígitos de todos esos números mostraron una extraña adherencia a la regla descrita por Newcomb, que Benford formuló, de nuevo heurísti-



Group	Title	First Digit									Count
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
A	Rivers, Area	31.0	16.4	10.7	11.3	7.2	8.6	5.5	4.2	5.1	335
B	Population	33.9	20.4	14.2	8.1	7.2	6.2	4.1	3.7	2.2	3259
C	Constants	41.3	14.4	4.8	8.6	10.6	5.8	1.0	2.9	10.6	104
D	Newspapers	30.0	18.0	12.0	10.0	8.0	6.0	6.0	5.0	5.0	100
E	Spec. Heat	24.0	18.4	16.2	14.6	10.6	4.1	3.2	4.8	4.1	1389
F	Pressure	29.6	18.3	12.8	9.8	8.3	6.4	5.7	4.4	4.7	703
G	H.P. Lost	30.0	18.4	11.9	10.8	8.1	7.0	5.1	5.1	3.6	690
H	Mol. Wgt.	26.7	25.2	15.4	10.8	6.7	5.1	4.1	2.8	3.2	1800
I	Drainage	27.1	23.9	13.8	12.6	8.2	5.0	5.0	2.5	1.9	159
J	Atomic Wgt.	47.2	18.7	5.5	4.4	6.6	4.4	3.3	4.4	5.5	91
K	n^{-1}, \sqrt{n}, \dots	25.7	20.3	9.7	6.8	6.6	6.8	7.2	8.0	8.9	5000
L	Design	26.8	14.8	14.3	7.5	8.3	8.4	7.0	7.3	5.6	560
M	Digest	33.4	18.5	12.4	7.5	7.1	6.5	5.5	4.9	4.2	308
N	Cost Data	32.4	18.8	10.1	10.1	9.8	5.5	4.7	5.5	3.1	741
O	X-Ray Volts	27.9	17.5	14.4	9.0	8.1	7.4	5.1	5.8	4.8	707
P	Am. League	32.7	17.6	12.6	9.8	7.4	6.4	4.9	5.6	3.0	1458
Q	Black Body	31.0	17.3	14.1	8.7	6.6	7.0	5.2	4.7	5.4	1165
R	Addresses	28.9	19.2	12.6	8.8	8.5	6.4	5.6	5.0	5.0	342
S	$n!, n^2 \dots n!$	25.3	16.0	12.0	10.0	8.5	8.8	6.8	7.1	5.5	900
T	Death Rate	27.0	18.6	15.7	9.4	6.7	6.5	7.2	4.8	4.1	418
Average		30.6	18.5	12.4	9.4	8.0	6.4	5.1	4.9	4.7	1011
Probable Error		± 0.8	± 0.4	± 0.4	± 0.3	± 0.2	± 0.2	± 0.2	± 0.2	± 0.3	—



M. Negrini

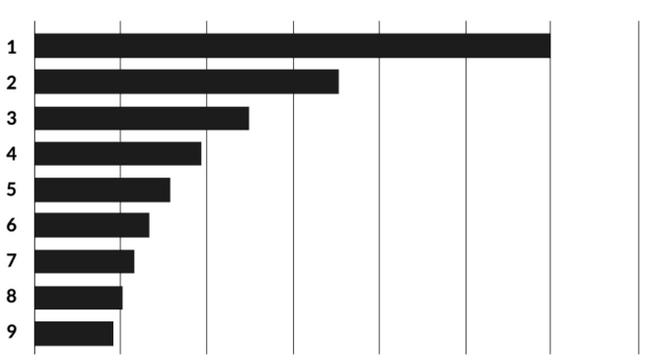
 PULSA SOBRE LAS IMÁGENES

La primera demostración rigurosa de la LB se debe a Theodore Hill, quien en 1995 estableció que «la LB es la distribución de todas las distribuciones»: si tomamos al azar una serie de distribuciones y las mezclamos, entonces los primeros dígitos del conjunto de valores resultante siguen la LB. Este hecho puede explicar la asombrosa ubicuidad de los datos que la cumplen: muchas magnitudes son el resultado de la interferencia aleatoria de varias otras.



¿Resulta realmente tan sencillo encontrar conjuntos de números que confirmen la LB? (fig. 6). El lector puede cerciorarse por sí mismo actualizando los datos y/o reprodiciendo la experiencia con que si se encuentra incómodo manejando hojas de cálculo, bastará con que elija las distintas bases de datos disponibles en el menú desplegable de este otro verificador de la LB en línea.

LEY DE BENFORD



La LB no es una ley universal: tiene limitaciones. Para su validez, la muestra de números debe ser variada y abarcar diversos órdenes de magnitud, estar libre de condicionamientos y sesgos, y no ser completamente aleatoria. En particular, ¡malas noticias!: la LB no es aplicable a la lotería ni a los juegos de azar...

Entonces, ¿para qué sirve? Al margen de su interés como objeto de estudio de la teoría de probabilidades, hasta la fecha su principal aplicación ha sido la detección de irregularidades en series de datos. Una vez constatado (a menudo empíricamente) que las probabilidades asociadas a determinados procesos satisfacen la LB, es posible identificar como falsos conjuntos de números supuestamente resultantes de tales procesos que no se ajusten a ella o, incluso, descartar los propios procesos. Por ejemplo, si se sabe que las cantidades asociadas a un cierto fenómeno físico mode-

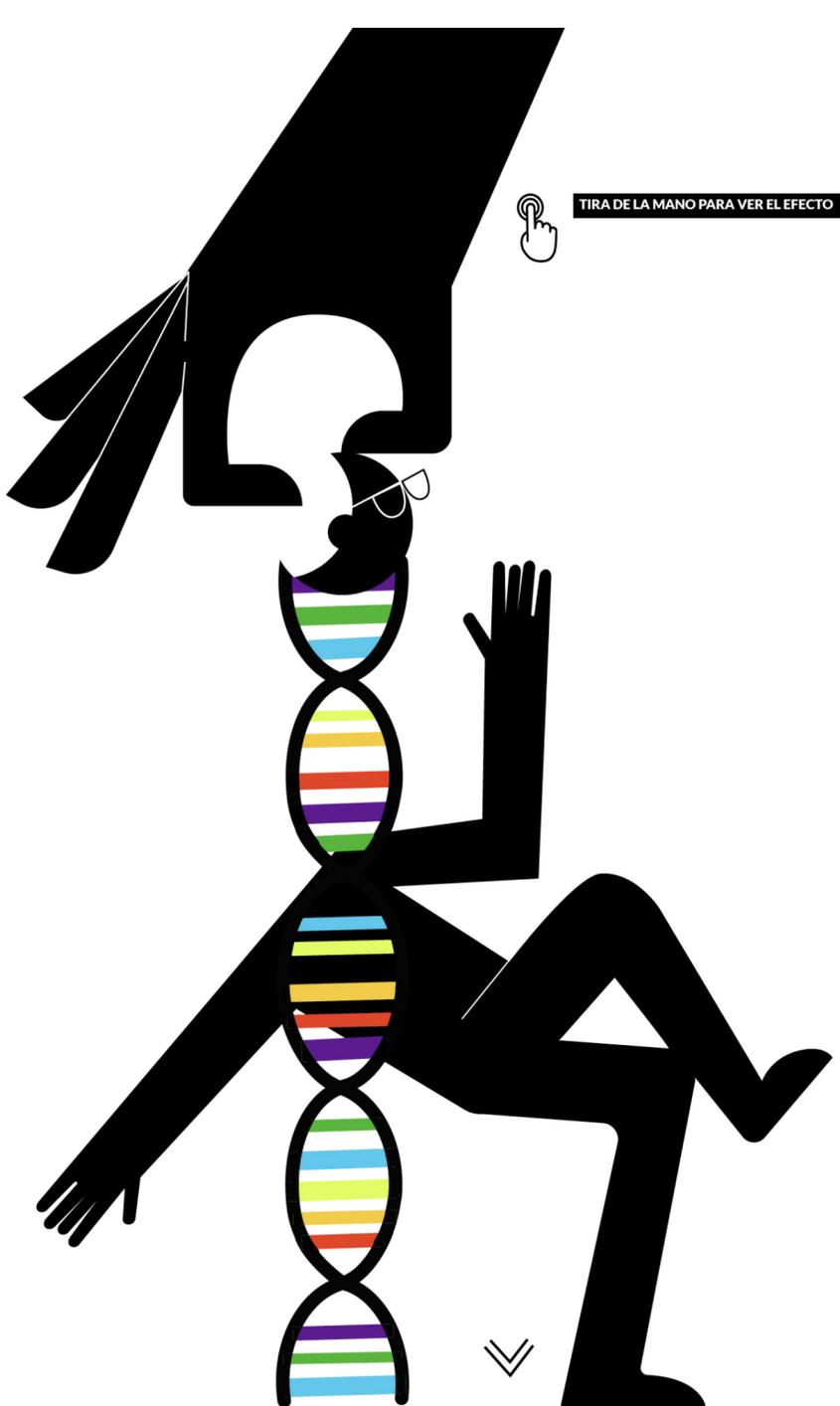


lizado matemáticamente satisfacen la LB, las correspondientes simulaciones numéricas también deben satisfacerla; de lo contrario, el modelo queda falsado.

En 1992, el experto en contabilidad Mark Nigrini comprobó que los datos financieros se ajustan muy bien a la LB y la aplicó, por primera vez, a la auditoría forense: cabe sospechar que un conjunto de datos contables cuyas primeras cifras significativas no siguen la LB están maquillados. La LB no brinda una respuesta categórica sobre la existencia o inexistencia de fraude, pero sirve de alerta. Nigrini (2012) explica la utilización de la LB en casos mediáticos como los de Enron, AIG, Madoff, Bill Clinton o Lehman Brothers. No en vano, la LB se ha convertido en la ley matemática favorita del Internal Revenue Service (IRS), la agencia tributaria estadounidense, que consiguió encarcelar al mítico Al Capone por evasión fiscal; ¡tan sólo por eso, merecería ser tenida en cuenta! En España, en 2013, el matemático de la Universidad de Sevilla Miguel Lacruz confrontó los famosos papeles de Bárcenas con la LB, apreciando indicios de manipulación.

Desde el trabajo pionero de Nigrini, las áreas de aplicación de la LB han ido aumentando espectacularmente. La web benfordonline.net reúne una completísima bibliografía, tanto teórica como aplicada, sobre ella; cronológicamente arranca con el artículo de Newcomb de 1881 y un 70% de los ítems son posteriores al año 2000, lo que da cumplida idea del creciente interés que esta ley está suscitando en la comunidad referencian los de Newcomb y Benford también siguen la LB. Y es que, como afirmó Nigrini: «La LB no es mágica, pero a veces lo parece». ■





AUTORA **GEMMA MARFANY**
ILUSTRACIÓN **CARLA GARRIDO PUERTA**

*Departamento de Genética, Microbiología y Estadística
Centro de Investigaciones en Red de Enfermedades Raras (CIBERER)
Instituto de Biomedicina. Universidad de Barcelona*

Ansia de descubrir mundo, pasión por viajar... son algunas de las traducciones que podemos encontrar del término inglés “wanderlust”, aunque a me parecen traducciones modernas de un sentimiento más difuso, difícil de definir y muy típicamente humano: el impulso de merodear, la necesidad de no quedarse quieto en ningún lugar. Este sentimiento, impulsado por razones muy distintas: hambrunas, falta de agua, condiciones climáticas adversas, guerras de expansión territorial, epidemias o la búsqueda de nuevos recursos... ha generado un gran trasiego de poblaciones humanas a través de mares y montañas, a cortas y a largas distancias, hasta el punto de moldear nuestro genoma desde hace centenares de miles de años hasta la actualidad.

En oleadas o en ciclos, los humanos hemos conquistado espacios, nos hemos asentado y reproducido; hemos migrado a nuevos lugares en los que nos hemos mezclado y reproducido de manera que nuestro ADN ha acabado siendo un puzzle de pequeños fragmentos provenientes de distintos ancestros. Recordemos que de los 46 cromosomas (23 pares) de nuestro genoma, uno de cada par procede de cada uno de los progenitores; la mitad, 23 cromosomas, de nuestra madre y la otra mitad, otros 23, de nuestro padre. Pero como ellos, a su vez, han heredado la mitad de cromosomas de cada uno de sus padres, en promedio, un 25% de nuestro ADN procede de cada abuelo, un 12,5% de los bisabuelos y así hasta llegara a fragmentos de ADN de ancestros que se pierden en el pasado.

Actualmente existen técnicas de secuenciación masiva de ADN que nos permiten obtener la información completa de un genoma individual por un coste razonable, entre 600€-1000€. La mayor parte de esta información genética es idéntica entre humanos; sólo 1 ó 2 de cada mil posiciones del ADN cambian entre nosotros. Dicho de otra manera: los humanos somos en un 99,998% idénticos, identidad que se mantiene incluso comparando personas de origen amerindio con otras de origen sudafricano, mediterráneo o de la isla de Okinawa en Japón. Estas variantes genéticas son las responsables de nuestras características diferenciales, aunque hay que destacar que la gran mayoría de ellas se localizan en regiones que no codifican para ninguna ins-

trucción genética concreta. Sea como fuere, analizando las secuencias que son distintas entre nosotros podemos establecer relaciones de parentesco genético, ya que, como he comentado antes, las compartimos con otros miembros de nuestra familia. Mediante el análisis de la secuencia de ADN y algoritmos bioinformáticos podemos establecer las relaciones de parentesco genético. Gracias a estas comparaciones sabemos que, en general, dos personas escogidas al azar, de todo el mundo, suelen ser primos sextos o séptimos de promedio, lo que quiere decir que la población humana actual se expandió hace poco.

Aunque no existen poblaciones o etnias endémicas “puras”, puesto que el ser humano ha migrado y se ha cruzado, en algunos lugares hay poblaciones cuyo ADN permite trazar el origen genético con cierta fiabilidad. Por ejemplo, si analizáramos el ADN de Barack Obama, encontraríamos que el 50% de su ADN es de origen etíope (heredado de su padre) y el otro 50%, de origen inglés, mezclado con ADN de otros orígenes británicos y europeos (heredado de su madre). En la edición de este año 2019 del festival de Eurovisión pudimos ver una gran cantidad de spots en que una compañía de análisis genéticos de ancestralidad se ofrecía a cuantificar el tanto por ciento del genoma que se compartía con el o la cantante preferidos o a informarnos del origen geográfico de la muestra. En un video que circulaba por twitter, esta vez de una agencia de viajes, una compañía de diagnóstico genético analizaba el porcentaje de genoma de orígenes geográficos distintos (con un margen amplio). En todos estos casos, se utiliza la información genética variable entre humanos para identificar regiones de los cromosomas que hemos heredado en bloque de nuestros ancestros y que pueden determinar, con más o menos precisión, su origen geográfico, a modo de GPS del ADN.

Ante esto parece como si el ADN de cada población humana se pudiera adscribir a una localización geográfica concreta, pero esto no es exactamente así puesto que, como ya hemos comentado, los humanos han merodeado por toda la geografía mundial, en distintas épocas de nuestra corta andadura como especie. De hecho, ni tan siquiera la especie humana actual, considerada como la especie humana moderna, tiene origen único. Cuando analizamos el ADN de personas de muy diversa procedencia se pueden identificar claramente regiones cromosómicas heredadas en bloque, rema-

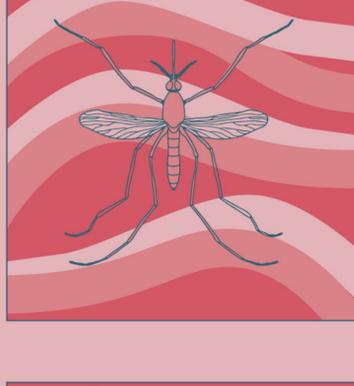
nentes de la mezcla genética con otros homínidos (especies humanas del género Homo ya extintas), como son los neandertales (entre el 2% y el 8% del ADN en algunos europeos), los denisovanos (del 0,2% en Asia continental y amerindios, hasta el 5% en islas de Oceanía), y alguna otra especie, cuyos fósiles no se han podido encontrar todavía, pero cuyo ADN forma parte de algunos humanos actuales. Estas hibridaciones con otros homínidos se produjeron tras diferentes oleadas de migración desde África hacia distintas regiones del mundo, desde hace 200.000 años hasta la actualidad. A pesar de que estas especies tan cercanas a nosotros se extinguieron hace unos 40.000 años, los humanos actuales perpetuamos todavía parte de su ADN.

Los datos genéticos indican que en las poblaciones humanas se ha favorecido, de siempre, la mezcla genética, y los registros históricos corroboran que una constante de los humanos es que hemos migrado, viajado y cruzado genéticamente. Ansias de descubrir mundo, Hay territorios de paso que han favorecido el intercambio cultural y genético en los que encontramos mayor diversidad genética. En otras zonas, islas alejadas, montañas elevadas, valles perdidos, los grupos humanos han permanecido más aislados y en ellos se evidencian fenómenos genéticos como la deriva genética, el efecto fundador y la consanguinidad, que determinan una reducción de la variabilidad genética. Estos casos, únicos, nos permiten determinar mutaciones y variantes endémicas y profundizar en aspectos de la genética humana que serían muy difíciles de analizar de otra manera. Pero tanto las poblaciones de territorios de alta y baja diversidad genética proporcionan una visión global de la información genética que nos conforma y nos identifica como humanos.

No somos una especie pura, llevamos dentro de nosotros la herencia de nuestro pasado, fragmentos de ADN de nuestros ancestros, que han sido aderezados con nuevas mutaciones que surgen en cada generación y que transmitiremos a nuestros descendientes. Este es nuestro legado genético. ■

Las leishmaniasis: un problema por resolver

AUTORA EMMA CARMELO



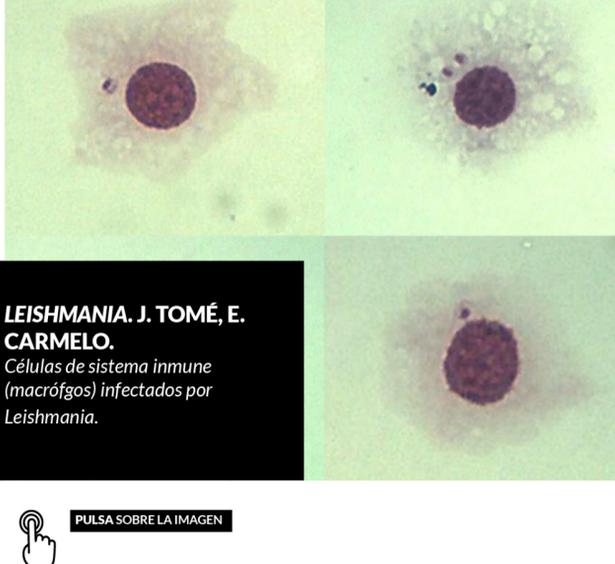
PULSA SOBRE LAS IMÁGENES



El nombre Leishmaniasis recoge un conjunto de manifestaciones clínicas, desde úlceras cutáneas que desaparecen espontáneamente, hasta afecciones viscerales que ponen en riesgo la vida del paciente. Todas ellas son causadas por distintas especies del género *Leishmania*, un protozoo parásito transmitido por la picadura de un insecto vector, que afecta a humanos y otros animales como los perros (que se denominan hospedadores). La Organización Mundial de la Salud considera que más de 1.000 millones de personas en todo el mundo viven en zonas endémicas para leishmaniasis, por lo que están en riesgo de adquirir esta infección. La leishmaniasis es una de las denominadas Enfermedades tropicales desatendidas u olvidadas, que son aquellas enfermedades infecciosas que afectan mayoritariamente a poblaciones que viven en la pobreza, sin acceso a condiciones adecuadas de saneamiento y en contacto con los vectores transmisores y con animales que pueden transmitirlos.

Toda la Cuenca Mediterránea, incluyendo España, es zona endémica para la leishmaniasis. En nuestro medio, esta enfermedad fue un problema grave para individuos inmunodeprimidos, como los portadores del VIH o pacientes receptores de trasplantes. Aunque las terapias antirretrovirales avanzadas han supuesto un freno para la expansión de esta enfermedad en España, desde el año 2009 se ha detectado un brote epidémico en el sur de la Comunidad de Madrid, que ha supuesto un reto para las autoridades sanitarias y científicas.

El control de la enfermedad a nivel mundial está muy lejos de ser alcanzado ya que presenta una serie de retos de difícil resolución. Por una parte, la forma clínica y la gravedad de los síntomas en el paciente dependen de la especie de *Leishmania* que infecte, pero también del estado del sistema inmunitario del hospedador, de forma que aquellos individuos cuyo sistema inmunitario está debilitado son presa fácil para el parásito. Por otro lado, los métodos de diagnóstico de laboratorio de la leishmaniasis son complejos, invasivos y presentan riesgos para el paciente. Otro de los problemas que plantea la leishmaniasis es el tratamiento de la enfermedad. **Los pocos medicamentos disponibles presentan alta toxicidad y además es necesario que el paciente tenga su sistema inmunitario en buen estado**, dado que los medicamentos, por sí solos, no son capaces de eliminar completamente el parásito del organismo.



LEISHMANIA. J. TOMÉ, E. CARMELO.

Células de sistema inmune (macrófagos) infectados por Leishmania.



PULSA SOBRE LA IMAGEN

Todo esto dibuja un escenario complejo a nivel mundial, en el que el control de la infección requiere el desarrollo de nuevos métodos de diagnóstico que puedan ser utilizados en lugares de bajos recursos, la mejora de las técnicas de control de los vectores transmisores, nuevos medicamentos y, particularmente, el desarrollo de vacunas que permitan prevenir la parasitación. Sin embargo, a pesar de la gran cantidad de tiempo y esfuerzo dedicado a la implementación de una vacuna contra la leishmaniasis en humanos esta está aún fuera de nuestro alcance.

Uno de los mayores obstáculos con el que tropieza este proyecto es que no se conocen con precisión los mecanismos inmunitarios que son necesarios para controlar la infección sin causar enfermedad en el paciente.

En el Instituto Universitario de Enfermedades Tropicales y Salud Pública de Canarias nuestro grupo de investigación trata de conocer cómo reacciona el sistema inmune frente a la infección por *Leishmania*, analizando cómo se activan y desactivan los genes de los órganos afectados por el parásito. Este conocimiento nos permitiría orientar la búsqueda de medicamentos más eficaces que ayuden a los enfermos a vencer a la infección y también a diseñar vacunas que puedan ser efectivas contra parásitos complejos.

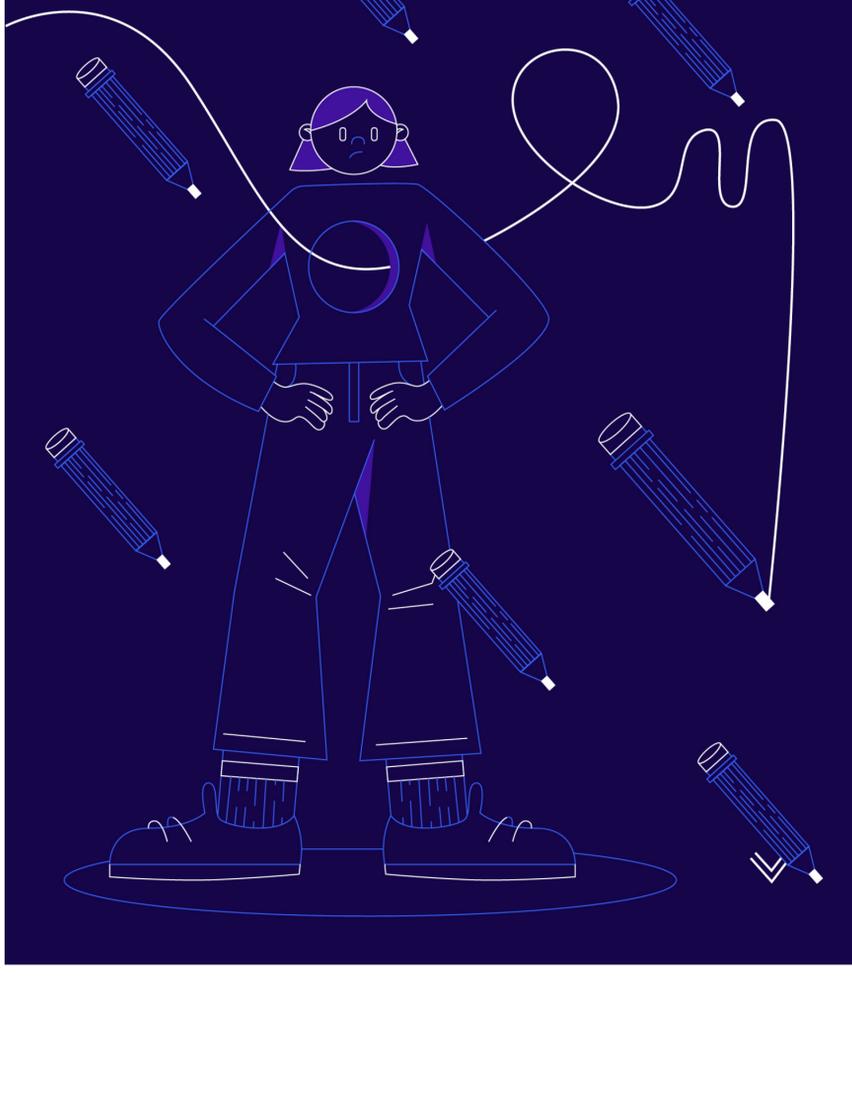
La interacción del parásito con el órgano diana (hígado, bazo, médula ósea...), induce importantes cambios en la funcionamiento de los genes del parásito como de la célula hospedadora. Con el fin de resistir la acción del sistema inmunitario del hospedador y colonizar sus tejidos, *Leishmania* modifica la expresión de muchos de sus genes, incluidos aquellos que participan en los procesos celulares más básicos. Del mismo modo, el organismo infectado intenta luchar contra el parásito iniciando respuestas inmunes innatas y adaptativas, **que también implican modificaciones en la expresión de numerosos genes. El análisis de la expresión génica en los órganos infectados durante la leishmaniasis se presenta pues como una herramienta útil para identificar los mecanismos que controlan el establecimiento de la enfermedad y por tanto para diseñar estrategias racionales para el desarrollo de terapias inmunomoduladoras y de vacunas.**

Los resultados obtenidos hasta ahora nos han permitido poner a punto un nuevo sistema para evaluar los cambios en la expresión de genes del sistema inmune durante la infección por *Leishmania infantum*, que permite caracterizar la respuesta del sistema inmunitario a la infección. Así, hemos podido determinar que la infección por *L. infantum* induce una respuesta inflamatoria ineficaz en los bazo de ratones infectados, debido al desarrollo de una respuesta inhibitoria del sistema inmune que favorece la persistencia del parásito. Este enfoque global de la respuesta inmunitaria nos ha permitido también identificar nuevas moléculas (biomarcadores) que hacen posible el seguimiento de la infección y la evaluación de la respuesta frente a ella. Estos biomarcadores podrían permitir la predicción de la infección o incluso la determinación de la carga parasitaria en los órganos infectados y el seguimiento de su reducción durante el tratamiento.

En estos momentos nuestra atención está orientada a la determinación de los procesos inmunológicos que controlan la infección por *L. infantum* en los primeros días tras la entrada del parásito ya que, pensamos, es en ese periodo de tiempo cuando se sientan las bases inmunológicas que establecen cómo va a progresar la infección y se activan las señales que controlan el progreso de la misma. ■



DISEÑO INEXISTENTE



AUTOR **ALBERTO MARÍN SANGUINO**
ILUSTRACIÓN **CARLA GARRIDO PUERTA**

Investigador y docente
Universidad Politécnica de Múnich

Si la humanidad tuvo una infancia, fue ese periodo en el que el transcurrir cotidiano de los acontecimientos se convertía en un festival de intervenciones milagrosas. Las diversas mitologías que han acompañado a la humanidad siempre fueron capaces de encontrar explicaciones extraordinarias para los hechos más mundanos. Los dioses se implicaban personalmente en las tormentas, la lluvia o las catástrofes que arrasaban civilizaciones (normalmente después de que éstas abandonaran el “recto camino”). Esta filosofía de realismo mágico parte de la base de que la vida tiene un propósito, un sentido. Todo ocurre con una intención, desde la maduración de la fruta hasta los terremotos. Tranquilizador, sin duda, porque si las cosas pasaran sólo porque sí, sería, literalmente “el sin Dios”.

La Ilustración rompió esta concepción del mundo al proponer una visión mecanicista del universo. Y aunque aún tenemos terraplanistas, antivacunas y telepredicadores la gran mayoría de las sociedades desarrolladas espera explicaciones sencillas para los hechos cotidianos. Entendemos, explicamos y predecimos los fenómenos atmosféricos en base a mecanismos físicos. Por muy complicados que estos mecanismos lleguen a ser, se basan en unos pocos principios muy sencillos. Es por eso, que tras haber aprendido esos principios en la escuela, las elaboradas explicaciones mitológicas nos parecen artificiosas e innecesariamente complicadas, incluso hasta el punto de resultar pueriles.

Pero los seres vivos podrían ser una excepción a esta regla. En biología, conocer los mecanismos de funcionamiento no solo no hace desaparecer nuestra necesidad de encontrar explicaciones milagrosas, pueden incluso reforzarla. Pongamos el caso del movimiento de las bacterias y su búsqueda de nutrientes. Las bacterias se mueven impulsadas por una especie de motor fuera-borda, el flagelo. El flagelo es un filamento compuesto de proteínas con forma de saca-corchos que al girar propulsa a la bacteria como una hélice. Este filamento está montado sobre un diminuto motor de proteínas anclado en la superficie de la célula. Las bacterias no tienen sistema nervioso, y aun así detectan comida, se mueven hacia ella y se alejan de las sustancias tóxicas. ¿Cómo lo consiguen? El proceso, bien conocido, se denomina quimiotaxis y se basa en una suerte de órgano olfativo; unos receptores que cuando contactan con una molécula determinada provoca una serie de señales que se transmiten y activan a otras proteínas del interior de la célula. Como en una carrera de relevos, esta señal química pasa de una a otra proteína hasta que la señal llega al “motor” que mueve el flagelo.

Tenemos pues un mecanismo de funcionamiento pero, ¿cómo es que estos receptores están en el lugar adecuado? ¿Cómo sabe la célula que tiene que establecer esta cadena de relevos para transmitir la información? Y sobre todo ¿cómo han llegado las bacterias a disponer de este sofisticado motor de propulsión? Como muchos otros procesos celulares la quimiotaxis depende de la actuación coordinada de muchas proteínas. Proteínas que no se comportan como moléculas inertes, sino más bien como pequeños robots diseñados para cumplir con una tarea específica y según una coreografía predeterminada. Este cuadro puede dar la sensación de que la célula está construida de acuerdo con un plan, y que cada molécula tiene un propósito dentro de ese plan. Parece que los seres vivos han sido diseñados y por tanto nos preguntamos, inevitablemente, por la identidad del diseñador.

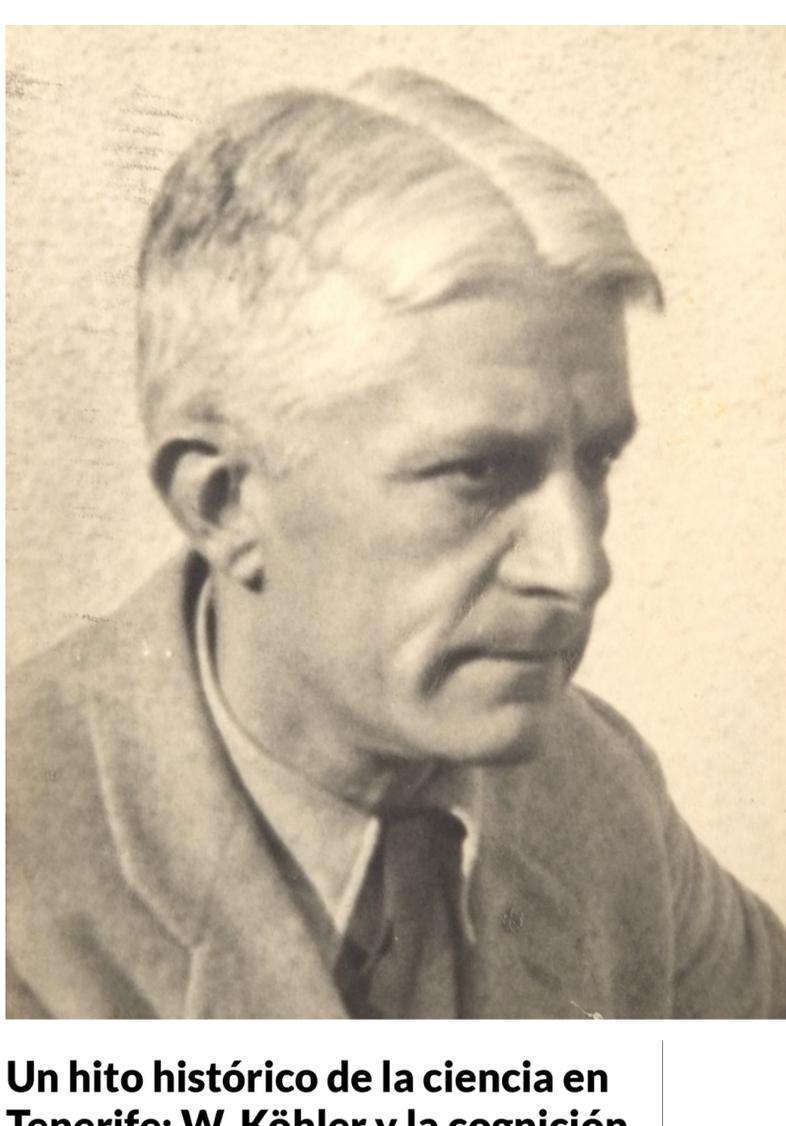
La apariencia de diseño en los seres vivos justifica explicaciones sobrenaturales que, sin embargo, resultarían pueriles para describir fenómenos físicos. Desde la perspectiva biológica, a diferencia de la física o la química, tiene sentido preguntarse por qué pasa algo y no solo cómo pasa: mientras es absurdo decir que llovió para embarrar el campo de fútbol no es tan extraño oír que las alas de los pájaros están porque las necesitan para volar. Norbert Wiener, uno de los padres de la ingeniería moderna, le puso nombre a esta pretensión de sentido en los seres vivos: la teleonomía.

Darwin y Wallace desarrollaron un marco teórico para la biología basado en la necesidad de explicar esta apariencia de diseño; marco que se ha ido confirmando y completando hasta convertirse en la columna vertebral de la biología. La teoría de la evolución señala a la selección natural como el ingeniero invisible detrás de todo. Los seres vivos producen copias imperfectas de sí mismos. Las diferencias entre estas se traducen en diferentes capacidades de crecer, colonizar territorios y reproducirse. Las características de las variedades mejor adaptadas pasan a un mayor número de descendientes y se convierten en el nuevo estándar. La selección natural moldea los seres vivos como un alfarero que prueba varios diseños para acabar quedándose con el que se más se vende; no porque varios diseños para acabar quedándose, sino precisamente porque es el que más aceptación genera en su entorno.

Las metáforas tecnológicas funcionan en biología porque la evolución de las especies opera de forma similar al desarrollo tecnológico. Volviendo a nuestro alfarero, podemos analizar la aparición de esa maravilla tecnológica que es el botijo. Al estar hecho de un material poroso, el botijo permite una ligera evaporación del agua que contiene, este proceso se lleva el calor y mantiene el agua fresca sin coste energético. La simple elegancia del botijo rivaliza con los mejores diseños de Apple pero sigue siendo el resultado de un larguísimo proceso de ensayo y error.

La biología del siglo XXI es la Biología de los Sistemas; una biología que concibe los seres vivos como un proyecto de ingeniería. A sabiendas de que muchos años de ensayo y error producen resultados similares a trabajos de ingeniería, biólogos, informáticos e ingenieros analizan miles de componentes buscando el diseño general que los ingenieros analiza para permitir funcionar como máquinas bien diseñadas. La hipótesis del diseño es una herramienta útil aun sabiendo que los seres vivos no están diseñados, que son el resultado de millones de años de ciega improvisación. ■





Un hito histórico de la ciencia en Tenerife: W. Köhler y la cognición de los simios.

AUTOR CARLOS J. ÁLVAREZ GONZÁLEZ

*Profesor Titular de Psicología Básica.
Universidad de La Laguna.*

Es evidente que no todos los lugares pueden presumir de contar con un evento fundamental en la historia de la ciencia mundial. Sin embargo, es el caso de Tenerife y concretamente del Puerto de la Cruz a principios del siglo XX.

A finales del siglo XIX Alemania era uno de los países que contaba con notorios avances en las diferentes disciplinas científicas. La física y la fisiología fueron dos de esas ciencias. Los fisiólogos (y físicos) como Helmholtz, Weber o Fechner se plantearon medir las funciones de los órganos de los sentidos: la sensación y la percepción. Nace la psicofísica, quizás el primer intento exitoso de cuantificar y medir "lo mental". Algo después y a partir de estos fisiólogos, se estableció en Leipzig el primer laboratorio de psicología del mundo, por un discípulo de Helmholtz: Wilhelm Wundt. La psicología como ciencia experimental había nacido.

Casi al mismo tiempo, Charles Darwin publicó en Inglaterra el "Origen de las Especies". La teoría de la evolución clamaba a gritos que el ser humano dejaba de ser especial. Era un primate más, emparentado con el resto de animales, y sobre todo con los simios.

A partir de estas y otras influencias, a principios del siglo XX la Academia Prusiana (alemana) de las Ciencias decide establecer lo que sería prácticamente el primer centro para la investigación con primates no humanos del mundo. Se deciden por Tenerife, sobre todo por el clima para los chimpancés y por la comodidad para los investigadores. En 1912 ve la luz el ambicioso proyecto y llegan los primeros simios al Puerto de la Cruz. Tras un año bajo la dirección del neurofisiólogo Eugen Tuber, se nombra como segundo director al psicólogo Wolfgang Köhler. Con tan solo 26 años, y por su trabajo en Frankfurt con Max Wertheimer, era uno de los fundadores de la influyente Escuela de la Gestalt, una orientación que había sido desarrollada en la investigación sobre percepción visual. También había estudiado física con Max Planck del que tuvo una notable influencia.

Köhler se instala con su familia en la Casa Amarilla, en la zona que hoy es La Paz, junto al terreno donde vivían y se estudiaba el comportamiento de los chimpancés. Orienta su investigación hacia los procesos de toma de decisiones y "razonamiento" de los simios. Les planteaba a los chimpancés "problemas" como la obtención de comida en contextos artificiales y difíciles, y observaba cómo lo resolvían. Se les proporcionaban herramientas no obvias y que los primates no conocían. Tras muchos experimentos y muchas horas de registro, Köhler llega a la revolucionaria

conclusión de que los chimpancés no solo actúan por ensayo-error como defendían los primeros psicólogos conductistas norteamericanos (vg. Thorndike) o los de la reflexología soviética de Ivan Pavlov, sino que muestran COGNICIÓN y una inteligencia similar a la del ser humano aunque cuantitativamente inferior. La psicología y cognición comparadas, y la primatología como la entendemos hoy habían nacido en el norte de Tenerife. Con la ayuda hasta el final de su ayudante y cuidador Manolo "el de los machangos", apodo que la gente del pueblo usaban con el orotavense. Obvia decir quiénes eran los "machangos", esa palabra tan canaria.

Una de las grandes aportaciones de Köhler a la historia de la ciencia fue el descubrimiento del proceso psicológico de insight: la comprensión inmediata y directa de la estructura de una situación o problema y de su



solución sin que ésta obedezca solamente a procesos de ensayo-error o al puro aprendizaje. Ese "Eureka" o "bombilla que se enciende" cuando damos con la solución repentina a un problema al que le hemos dado muchas vueltas. El insight o solución súbita, sinónimo de creatividad y de intuición, es por primera vez estudiado, descrito y explicado en chimpancés.

Por citar tan solo a un psicólogo histórico, el ruso Lev Vygotski escribió en 1930: "Las investigaciones de Köhler proporcionan por vez primera una fundamentación empírica del darwinismo en su aspecto más crítico, importante y difícil: el de la psicología". HOY, sus trabajos y resultados siguen constituyendo hitos fundamentales en la historia de la psicología, la primatología, la etología y las neurociencias.

Tras la derrota de Alemania en la 1ª Guerra Mundial se cierra la estación primatológica de Tenerife en 1920 y Köhler vuelve a Berlín. Ocupa una cátedra del prestigioso Instituto de Psicología y a EEUU desarrolla una exitosa carrera. Presto hasta 1935, cuando emigra a EEUU por su oposición al régimen nazi, al que abierta y públicamente criticó en 1933, entre otras cosas por su política antisemita. Fue uno de los primeros académicos alemanes en hacerlo. Curiosamente, el profesor Ronald Ley de la Universidad de New York publicó en 1990 "Susurros de espionaje", un libro fruto de una intensa investigación en Tenerife y otros sitios, que defendía que Köhler fue además de científico, espía alemán en la primera guerra, tal y como fue denunciado por el cónsul inglés en Canarias.

Aparte de las aportaciones científicas mencionadas, es ésta también una apasionante historia de intrigas, de política, de ideales, con reminiscencias románticas propias del género novelesco. Y todo relacionado con aquella Casa Amarilla de La Paz, en el Puerto de la Cruz.

La Casa Amarilla hoy

Actualmente aquella casa sigue en pie aunque prácticamente en ruinas. Pese al esfuerzo de mucha gente implicada desde hace más de 25 años por restaurarla y convertirla en lo que este hito de la historia mundial de la ciencia merece. Nuestro hito científico tinerfeño. En esa lucha destacaría a la Asociación W. Köhler (principalmente a su secretario, Melchor Hernández), a profesores de la Facultad de Medicina, a la Facultad de Psicología (ambas de la Universidad de La Laguna: ULL), a investigadores de prestigio internacional como Jane Goodall o Josep Call, a sociedades científicas y a cientos de científicos y profesionales particulares de decenas de países del mundo. Y a profesionales implicados en el mismo objetivo. Por otro lado, es imposible resumir aquí todo lo ocurrido en décadas recientes: conflictos entre propietarios y administraciones, malos entendidos, despreocupación de organismos públicos, expedientes para su declaración como Bien de Interés Cultural (BIC) promovido tarde y para una categoría errónea (Monumento) por lo que fue recurrido por los propietarios y anulado por el Tribunal Supremo, etc. Pero quedémonos con lo

bueno y con lo logrado en el último lustro por diferentes personas, destacando a miembros del Consorcio Urbanístico para la Rehabilitación del Puerto de la Cruz.

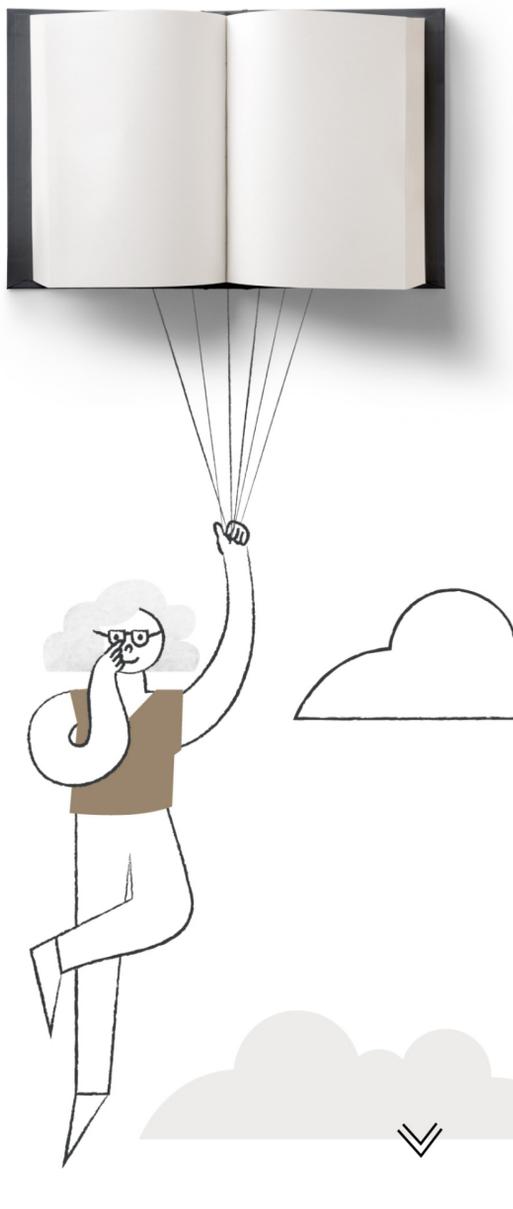
La Casa Amarilla fue declarada por fin BIC (Bien de Interés Cultural) por sentencia de 2011 aunque su trámite comenzó en 2003. En los últimos años, representantes del Consorcio comenzaron a reunirse con la Asociación W. Köhler y con representantes de la Facultad de Psicología de la ULL. Fruto de esas reuniones se empieza a vislumbrar un futuro para la Casa Amarilla como centro de divulgación histórico-científica donde en un terreno aledaño ya de dotación pública, además, se ubicaría el Centro de Neurociencias de la ULL ya consensuado entre las administraciones. La obtención de la Casa Amarilla como dotación pública está incluida en 2º Plan de Modernización del Puerto de la Cruz. Este plan ha iniciado su tramitación y está previsto gestionarlo y ejecutarlo entre 2020 y 2024.

Esperemos que tras dicha actuación, y una vez resueltos los temas relacionados con la propiedad de la parcela de la Casa Amarilla y su calificación urbanística, este complejo dedicado a la divulgación científica sea pronto una realidad y podamos sentirnos orgullosos de este nuestro patrimonio científico. ■



El alumnado olvidado

AUTORA ÁFRICA BORGES
ILUSTRACIÓN CARLA GARRIDO



Departamento de Psicología Clínica, Psicobiología y Metodología
Universidad de La Laguna

El alumnado de altas capacidades demanda, por sus características cognitivas, especialmente su mayor velocidad de aprendizaje, programas educativos específicos. El porcentaje de estudiantes con talento de esta categoría oscila entre el 10% y el 20%. No obstante, el último informe publicado por Ministerio de Educación (curso 2016-17), el porcentaje de alumnado atendido por el programa de Necesidades Específicas de Apoyo Educativo (NEAE) por razón de su mayor dotación intelectual o talento está en tan solo del 0,33%. Y no porque falte legislación: tanto en las leyes estatales de educación (desde el año 2002) como en muchas de las comunidades autónomas (Canarias es una de ellas desde 2003) se recoge la necesidad de su diagnóstico y de ofrecerle una respuesta educativa. Entonces, ¿por qué se deja sin atender a la mayoría de estudiantes con talento?

Una respuesta es la existencia de mitos en torno a este alumnado, de entre los que cabe destacar dos. El primero es la alarma social que genera el diagnóstico asociado a la sobredotación de venir acompañando de un desajuste personal y social. Esto hace que frecuentemente las familias consideren las altas capacidades como una mala noticia. Sin embargo, lo cierto es que no es así: este alumnado, como grupo, tiene el mismo ajuste personal y social que sus pares, si no más. Lo que no implica, sin embargo, que algunos sufran falta de apoyo y aislamiento; pero esto no es una característica exclusiva de las personas con alta capacidad intelectual. El segundo mito es el de asimilar alta capacidad a alto rendimiento académico. Si bien el primer predictor de éxito académico es la inteligencia, otros factores son fundamentales, especialmente la motivación. Dada su mayor velocidad de aprendizaje, este alumnado capta rápidamente los contenidos por lo que, de repetirse, acaban por aburrirlos y desmotivarlos, produciendo resultados académicos deficientes. Una consecuencia de esto es que se dificulta su detección, por parte del profesorado, desde el momento que se esperan grandes logros académicos y descartando a quienes no destaquen por sus altas calificaciones.

Un problema adicional con el que nos enfrentamos a la hora de abordar esta cuestión es el concepto mismo de alta capacidad. De hecho hay al menos cuatro propuestas de definición: la basada en la inteligencia; aquella en la que se ponderan otros factores, como la creatividad; aquella en la que se valoran aspectos de rendimiento y, por último, la que considera que el contexto social actúa como catalizador. El problema estriba en que



“El alumnado de altas capacidades intelectuales necesita programas específicos diseñados para potenciar sus capacidades.”



adoptar un modelo u otro tiene consecuencias prácticas, pues determina la forma de identificación y de intervención. Es posible por tanto que dependiendo de la zona geográfica, un mismo estudiante pueda ser o no considerado de altas capacidades.

Hay también un problema de capacitación del profesorado; se detecta falta de formación específica en esta materia, tanto en los grados en educación, en los que con suerte encuentra alguna asignatura en los programas de estudio, como en los posgrados; no existen en España títulos oficiales de máster de este campo, tan solo títulos propios en algunas universidades públicas o privadas.

Estas carencias en la formación del profesorado es grave, pues es este el responsable de la detección temprana y de la atención educativa que debe recibir este colectivo; colectivo para el que en algunos casos se deben hacer adaptaciones curriculares específicas en relación a su implementación, diseño y contenidos. Es por tanto evidente la necesidad de contar con profesorado capaz de detectar e identificar a este alumnado; que conozca sus características y capacitado para intervenir eficazmente.

Es preciso poner remedio a las carencias de formación y educación de nuestros estudiantes más capaces y distinguir entre igualdad y equidad. La igualdad aquí es injusta, porque cada estudiante debe recibir la formación que requiera para el aprovechamiento máximo de su dotación. La alta capacidad es una potencialidad, no un logro adquirido, y necesita programas específicos para que se haga realidad. Por tanto, hay que procurar, en base al principio de equidad, la adaptación de contenidos y competencias a sus características. Y ello por dos razones. Por justicia, pues merecen recibir la formación precisa acorde a su capacidad; y por el bien de la comunidad, para que su formación sea suficientemente estimulante para que alcancen su potencial y sirvan como motor de desarrollo.

En este sentido la Universidad de La Laguna ha asumido un claro compromiso desde hace más de una década. Prueba de ello es el hecho de que se viene desarrollando tres programas en esta línea. Uno de ellos es el Programa Integral para Altas Capacidades, que desde el curso 2003-04 contribuye a al desarrollo integral de la población afectada entre los 3 a los 18 años, y que incluye un programa específico para progenitores. Otro es COMPORTE-ULL, actualmente en su segunda edición, dirigido a estudiantes entre los 6 y 16 años, orientado, en este caso, a potenciar las vocaciones científicas. Este programa se despliega a través de talleres formativos mensuales impartidos por estudiantes de doctorado que exponen, lúdica y didácticamente, el tema de sus tesis doctorales. El tercer programa, es ATENEA-ULL, dirigido a alumnado universitario de todas las titulaciones y que cuenta con un diseño pionero y actualmente en su primera edición. El objetivo es aumentar la motivación y exponerles a temas que no figuran en los currículos formativos de sus grados. Para ello se cuenta con más de 80 profesores de todas las áreas de conocimiento que han realizado 650 actividades, específicas para perfiles concretos y cinco lecciones magistrales, de carácter general.

El alumnado de altas capacidades intelectuales necesita programas específicos diseñados para potenciar sus capacidades. Es pues una exigencia que las instituciones educativas le ofrezca la educación que les corresponde y que la sociedad conozca su realidad, sin mitos. Saquémoslos del olvido. ■



AUTOR M^a TERESA TEJEDOR JUNCO
ILUSTRACIÓN CARLA GARRIDO PUERTA

*Microbiología. Facultad de Veterinaria.
Instituto de Investigaciones Biomédicas y Sanitarias.
Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.*

La célula es la unidad anatómica y funcional de los seres vivos. Existen dos tipos celulares fundamentales: eucariotas (con núcleo) y procariotas (sin núcleo). Durante siglos se ha considerado que los animales (incluyendo al ser humano) y los vegetales estaban formados por células eucariotas, mientras que las células procariotas incluían las bacterias y arqueas. Llamamos microbiota a la población total de microorganismos presentes en un ser vivo y microbioma al conjunto de genes que poseen dichos microorganismos. Los primeros estudios sugerían que casi la mitad de las células presentes en el ser humano eran bacterias. Actualmente se considera que ese porcentaje está alrededor del 10%.

Durante años, el papel de los microorganismos presentes en los seres humanos y en el resto de los animales era poco conocido. Se pensaba que protegían de las infecciones mediante la competencia por el nicho ecológico (si el espacio ya estaba ocupado, los patógenos tendrían más dificultades para establecerse), producían algunas sustancias en el intestino (por ejemplo, la vitamina K) o intervenían en la degradación de alimentos. Y poco más. El estudio de la microbiota se veía dificultado por la existencia de numerosos tipos de microorganismos, con diferentes requerimientos de cultivo y pruebas de identificación. Pero las nuevas tecnologías, como los secuenciadores de ADN de alto rendimiento, permiten ya identificar y valorar la abundancia relativa de microorganismos lo que simplifica el estudio de la microbiota de cada zona del cuerpo. Esto ha posibilitado estudiar la microbiota del ser humano.

Si consideramos nuestro organismo como un planeta, cada zona del mismo (piel, intestino, mucosas respiratorias, etc.) representaría un ecosistema diferente y estaría poblada por un conjunto de microorganismos distinto. Estas poblaciones pueden variar en función de diferentes factores: presencia/ausencia de determinados nutrientes, alteraciones del pH, de la concentración de oxígeno o de la temperatura, humedad, etc. Y lo mismo que en cualquier ecosistema en cada zona la población puede evolucionar, proliferando unos microorganismos u otros en función de esos factores.

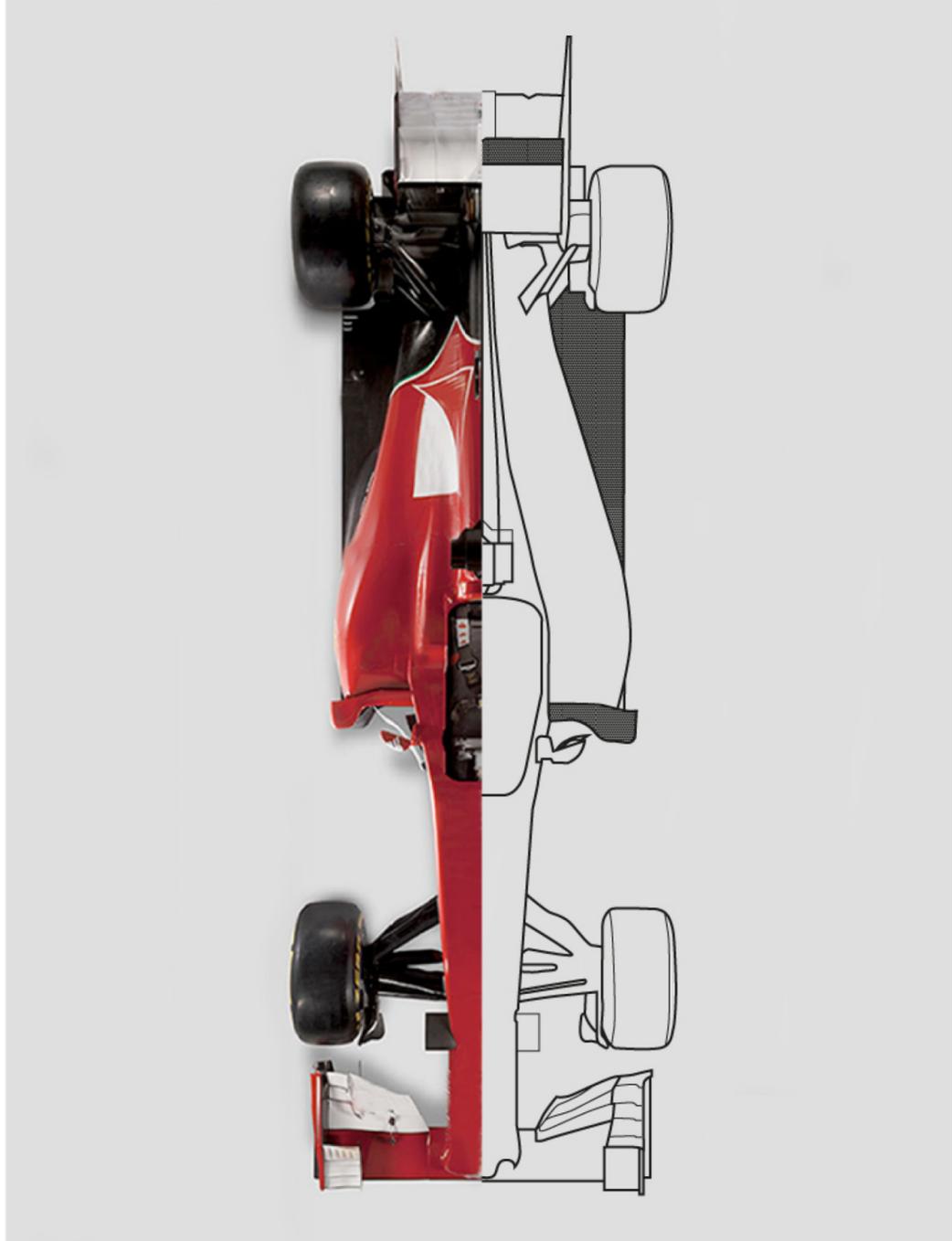
Existe lo que podemos llamar una "microbiota normal" o sana, que puede verse alterada por diversos motivos, dando lugar, en ocasiones, a una situación patológica. Por ejemplo, se ha visto que, tras tratamientos prolongados con antibióticos, la microbiota intestinal se ve alterada y tarda hasta un año en volver a su situación de equilibrio. Si la alteración es tan grande que no se puede recuperar de forma autónoma, se necesita restaurar el equilibrio mediante reintroducción de una población sana de microorganismos, es decir, haciendo un trasplante de materia fecal. Estos trasplantes se han realizado con éxito para el tratamiento de la colitis ulcerosa, que puede aparecer tras el uso de antibióticos muy potentes durante largo tiempo para tratar infecciones graves. Existen ya Bancos de Materia Fecal, que funcionan como los Bancos de Sangre o los de Órganos para donaciones.

También se ha visto que hay una correlación entre la obesidad y la composición de la microbiota. Comparando ratones obesos y ratones delgados se comprobó que los ratones obesos tienen una proporción mucho mayor de bacterias del grupo de las Firmicutes y mucho menor de Bacteroidetes que los ratones delgados. Si se hacen trasplantes de materia fecal, desde ratones obesos a ratones delgados, se induce obesidad. Esto explicaría por qué algunas personas engordan más que otras aunque reciban la misma dieta. ¡Pero no podemos achacarle a nuestros microorganismos toda la responsabilidad de nuestro sobrepeso! Habría que estudiar la relación entre la microbiota intestinal, la dieta y la genética humana para poder diseñar probióticos complejos que modifiquen la microbiota de personas obesas y así ayudarlas a adelgazar. También se ha estudiado la microbiota vaginal de pacientes que habían sufrido repetidos abortos sin que se pudiera encontrar la causa. Se comprobó que su microbiota vaginal era significativamente diferente de la de voluntarias sanas. Este hallazgo ha abierto la posibilidad de trasplantar microbiota vaginal de donantes sanas para el tratamiento de ésta y otras patologías.

Actualmente hay muchas líneas de investigación abiertas sobre la microbiota y el microbioma y la posible relación de los cambios en su composición con diferentes patologías o síndromes. Se estudia su papel en enfermedades alérgicas (el asma), en enfermedades pulmonares (la fibrosis quística) e incluso en trastornos neuropsiquiátricos (el autismo o el trastorno por déficit de atención). En algunos de estos casos se encuentra correlación entre alteraciones en la microbiota y la patología estudiada, pero no se ha podido establecer un efecto causal, es decir, no ha sido posible demostrar si la microbiota alterada es la causa o simplemente una consecuencia de la patología.

Algunas bacterias pueden establecer relaciones simbióticas con diversos animales, aportándoles propiedades que les confieren ventajas evolutivas. Este es el caso de la abubilla, el pez cardenal, el pez globo o el pulpo de anillos azules. Algunas bacterias presentes en la glándula uropigial de las abubillas sintetizan bacteriocinas, que impiden el crecimiento de otros microorganismos. Las hembras de esta ave untan los huevos en el nido con la secreción de esa glándula y así les confieren protección frente a infecciones. Además, como el olor de la secreción es desagradable, los huevos son menos apetecibles para los depredadores. En el pez cardenal encontramos algunas especies que son bioluminiscentes, porque poseen bacterias simbióticas que son capaces de emitir luz. El papel del organismo de estas bacterias es atraer el zooplancton caracterizado, pero parece que podría servir para atraer al zooplancton y para despertar a predadores. El pez globo y el pulpo de anillos azules sintetizan toxinas, codificadas en el microbioma de las bacterias simbióticas y ello les permite evitar ser atacados por depredadores.

El microbioma se considera en la actualidad un órgano más, con sus características fisiológicas y sus propias patologías. El conocimiento de la estructura, composición e interacciones entre los diferentes microorganismos que componen la microbiota de un ser vivo, su relación con la salud física y mental, y su papel en el éxito evolutivo de determinadas especies, representan un fascinante desafío. ■



Se está gestando un bólido

AUTOR **JUANJO MARTÍN**

De la misma manera que las grandes expediciones comienzan con un paso, los grandes proyectos arrancan con un boceto, con una simple idea gráfica de lo que queremos hacer. Pero no se equivoquen, hacer un boceto no es garabatear en una servilleta, detrás de ese humilde dibujo hay un arduo trabajo.

Un boceto es por ahora el mayor tesoro de un grupo multidisciplinar de estudiantes de la Universidad de La Laguna (ULL) que quiere construir un vehículo de carreras y participar con él en una competición. Este ambicioso plan es, no solo es un reto intelectual sino también científico. Quiero decir que tendrán que construir el coche desde cero, con sus propias manos; tendrán que buscar la financiación para ello, gestionarla y redactar los proyectos que, en distintos momentos, les pide el organizador del campeonato; no es suficiente pues con presentarse con un bólido en la línea de salida.

El proyecto, del que existen las modalidades de mar y tierra, se denomina Fórmula Student. Según se puede leer en su web "La Formula Student, también conocida como Fórmula SAE, es una competición entre estudiantes de universidades de todo el mundo que promueve la excelencia en ingeniería a través de una competición donde los miembros del equipo diseñan, construyen, desarrollan y compiten un vehículo monoplace".

Un grupo de estudiantes de la ULL ha recogido el guante y ha iniciado el largo camino que les llevará al asfalto del Circuito de Barcelona, donde tendrán que poner a prueba un prototipo que hoy por hoy es solo un sueño y un dibujo. Pero eso no quiere decir que FSULL, que es así como se denominan, no se haya partido el lomo hasta ahora. Ya han recorrido un



largo camino administrativo. Han ido tocando puertas en busca de la financiación que necesitan, han involucrado a otros estudiantes así como a profesores y profesoras de la ULL.

Adrián Martín y Romen Hernández, dos alumnos de ingeniería que están empujando para lograr este objetivo, nos explican cómo será este vehículo que aunque "no será como un coche de Fórmula 1, lo cierto es que los ingenieros que trabajan en la máxima competición salen precisamente de este tipo de competiciones. Estos vehículos pueden alcanzar los 150 kilómetros a la hora, aunque lo más importante es la aceleración, ya que el récord de aceleración lo tienen un vehículo de este tipo".

Los estudiantes no solo deben fabricar el coche, sino también aprender a conducirlo ya que las bases especifican que debe ser un alumno/a del equipo quien conduzca el bólido. "Esto será un premio, será muy bonito construirlo y poder conducirlo".

Pero eso ahora queda muy lejos, aún queda un largo camino que recorrer. "Ahora estamos buscando la financiación para poder participar. La competición se divide en pruebas dinámicas y estáticas, en estas últimas se evalúa el proyecto, la seguridad, la financiación, etc. y todo esto antes de apretar un tornillo".

Como se puede ver esta competición es como la vida misma, quien tiene más presupuesto tiene mejor coche y nuestro equipo aún no ha conseguido reunir los 65.000€ necesarios para participar. "Estamos tocando a la puerta de muchas instituciones y la respuesta está siendo buena pero este año no hemos llegado a tiempo para participar, hay universidades que asumen ellos solos todo el coste, pero no es nuestro caso".

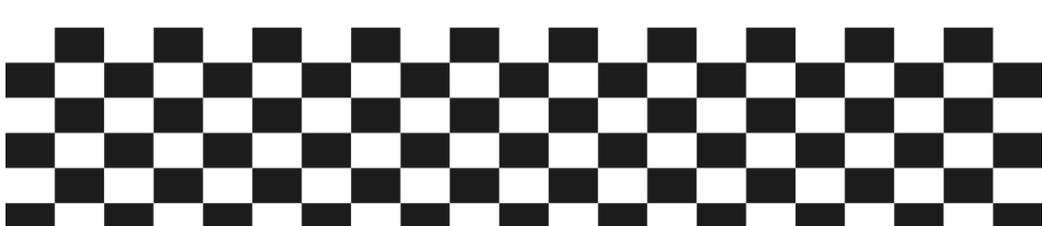
En esta competición, como en las "mayores", hay grandes equipos y otros más modestos; en esto los alemanes nos toman también la delantera. "Los líderes europeos son los alemanes que trabajan en colaboración con las fábricas Audi, por ejemplo. Pero para nosotros ya sería todo un logro en este primer año entrar en la competición con nuestro coche eléctrico".



“Entendimos que el mundo tiende más a lo eléctrico, por eso diseñar un coche de combustión sería un paso atrás; además, profesionalmente, nos viene muy bien esta experiencia para nuestro futuro.”

El concurso permite tres tipos de vehículos, eléctricos, autónomos y de combustión: "Entendimos que el mundo tiende más a lo eléctrico, por eso diseñar un coche de combustión sería un paso atrás; además, profesionalmente, nos viene muy bien esta experiencia para nuestro futuro."

Está claro que cuando estos chicos y chicas acaben sus carreras tendrán un gran bagaje de experiencia y conocimientos, adquiridos por la vía de resolver problemas autónomamente, que les lanzará al mercado laboral en condiciones inmejorables. Los futuros ingenieros e ingenieras que diseñen los coches del futuro están ahora ocupando su tiempo libre en construir un bólido que, de momento, es un dibujo pero que pronto será una veloz realidad. ■





Héctor Socas: “Me gustaría convertir el Museo en un Centro de Cultura Científica”

REDACCIÓN JUANJO MARTÍN

Un museo es un lugar que enseña algo al visitante. Los hay de muchos tipos: de historia, de pintura, de artefactos militares, de coches. Los hay también que enseñan máquinas de tortura o piezas de cerámica. Hay un museo para cada cosa, solo hay que buscarlo. Los museos, además de ser una herramienta didáctica, también pueden ser emblemas de la ciudad que los acoge; este es precisamente el caso de nuestro protagonista.

Su historia comenzaba allá por el año 1993 en un terreno anexo al Instituto de Astrofísica de Canarias (IAC). Su estandarte es la gigantesca antena situada en su terraza que en su día mandaba mensajes a otros posibles habitantes del Universo. Es el Museo de la Ciencia y Cosmos.

Los museos de ciencia eran como el resto de museos, en sus vitrinas se podían ver colecciones de insectos o minerales; ejemplos del “mirame pero no me toques”. Estos museos clásicos se han ido adaptando a las nuevas tendencias en las que impera el “prohibido no tocar”. Pero en el caso de nuestro museo, este nació joven.

El Museo de la Ciencia y el Cosmos es un espacio para entender mejor el universo que nos rodea. Consta de una serie de módulos interactivos que nos enseñan cómo nos engañan los sentidos o nos explican el funcionamiento del interior del Sol. Este es la catedral de los más curiosos de la casa.

El museo pertenece al Organismo Autónomo de Museos y Centros del Cabildo de Tenerife y goza de algo más que una cercanía física con el IAC. De hecho está vinculado al IAC administrativamente en virtud de la cual sus directores son investigadores o investigadoras de esta institución. Es el caso de actual director, recientemente incorporado a su puesto, y al que queremos conocer.



Cómo ha sido el aterrizaje en este el puesto de Director del museo?

Muy bien, aun estoy aprendiendo. Es una experiencia nueva para mí, muy diferente. Aun estoy conociendo al personal, esto es lo primero, son el mejor patrimonio del museo. Gracias a ellos sé que esto lo vamos a sacar adelante.



Cuándo te propusieron ser Director ¿Por qué aceptaste?

Porque me gusta mucho todo lo relacionado con la comunicación científica y creo que el museo es el lugar ideal para hacerlo. A mí no se me había ocurrido aspirar a este puesto pero cuando me lo propusieron se me ocurrió que este museo sería una buena plataforma para impulsar varios proyectos y hacer lo que me gusta. Desde organizar tertulias y conferencias hasta ser la interfaz entre los investigadores y la sociedad. Me gustaría que podamos servir de punto de reunión entre las personas que tienen interés por la ciencia y los mejores investigadores e investigadoras. También con los medios de comunicación, quiero lograr que nos tengan de referencia y puedan informarse mejor con nosotros.



Ha sido una evolución. La comunicación y divulgación me dan una visión más general. Yo comencé trabajando en Física Solar pero me gustaba toda la Astrofísica. Al principio comienzas con una visión muy estrecha y especializada de tu área y poco a poco el bagaje acumulado hace que tu mirada se amplíe y vayas conociendo otras áreas. Esto me ha dado grandes satisfacciones; me ha permitido conocer otras campos de la Astrofísica y me hace sentirme más realizado. Cuando acabé el doctorado marché a EE.UU. donde estuve mucho años trabajando, pero siempre con la intención de volver algún día. Allí se trabaja muy bien y se cobra más, pero sobre todo me movía una razón. Trabajaba en un centro de Física Solar y echaba de menos la conexión con el resto de la Astrofísica. Aquí, en el IAC, sí lo tengo; se estudia todo, desde la Arqueoastronomía, pasando por los agujeros negros o los nuevos planetas. Es maravilloso porque estás continuamente aprendiendo. Mi otro proyecto divulgativo, el podcast Coffee Break, me interesa particularmente como medio para aprender de mis compañeros y compañeras, lo que me permite estar al día en este mundo.

Estoy comprobando que cada día estoy más ilusionado con las cosas que me gustaría hacer y que básicamente son dos. Una es sacar el museo a Internet. Me gustaría que todo lo que se haga aquí se pueda seguir a través de la red y de las redes sociales; aumentar así su impacto y que podamos llegar al público que no está aquí. El hecho de que se puedan presenciar una charla desde cualquier parte del mundo con la posibilidad de hacer preguntas. El segundo tiene que ver con ofertar el museo al público adulto. Lo que percibo es que la atención a la infancia y juventud funciona muy bien; el museo es un eficaz atractor del público infantil desde el principio. Pero creo que falta ampliar la oferta dirigida al público adulto; en este sentido me gustaría convertir el museo en un centro de cultura científica, ausente en nuestra sociedad. Solemos asociar la cultura a otras áreas del conocimiento y no pensamos en la Ciencia como parte de la cultura. La Ciencia es cada vez más importante y debemos ser un centro de referencia para la sociedad y los medios de comunicación.

Un museo de ciencia no se puede quedar encerrado en sus propios muros, debe salir a la calle, el Museo de la Ciencia y el Cosmos lo ha hecho desde su comenzó allá en los años 90. Ahora dará el salto al mundo gracias a Internet. Le deseamos toda la suerte del mundo a su flamante director.



Provienes de la Física Solar, pero poco a poco te ha ido aproximando a la comunicación. ¿Cómo ha sido este viaje?

¿Cómo ha sido este viaje?

HÉCTOR SOCAS-NAVARRO

Se doctoró en la Universidad de La Laguna en 1999. Su trabajo recibió el premio de la Sociedad Española de Astronomía a la mejor tesis doctoral durante el bienio 1998/99. Entre 1999 y 2008 estuvo trabajando en Estados Unidos, en el National Center for Atmospheric Research, donde realizó tareas de investigación, con el desarrollo de instrumentación para telescopios terrestres y con su trabajo para las misiones espaciales Hinode (de la Agencia Espacial Japonesa JAXA) y SDO (de la NASA). Además, ha participado en el desarrollo del gran telescopio solar de Estados Unidos, actualmente en construcción en Hawaii, donde, entre otras cosas, ha sido el responsable científico del futuro Telescopio Solar Europeo (EST) durante diez años. Ha destacado, también, en el ámbito de la comunicación y difusión de la cultura científica; es autor de artículos en prensa regional y nacional. Creó en su momento el programa de tertulia radiofónica «Coffee Break: Señal y ruido» sobre la actualidad de la ciencia, que se emite semanalmente en varias emisoras de Canarias y del resto de España.

Como en casa en ningún sitio ...

AUTORES RODRIGO DELGADO SALVADOR Y LUCAS M. PEREIRA CASTRIOTA

*Aula Cultural Cassiopeia.
Universidad de La Laguna*

Desde sus orígenes, el ser humano ha sentido el irrefrenable deseo de viajar más allá de los límites de lo conocido, expandiéndolos cada vez más. Tal ha sido su ambición que incluso antes de explorar toda la Tierra ya tenía la vista fijada en el firmamento: el espacio, la última frontera.

Sin embargo, pronto descubrimos que “viajar por el hiperespacio no es dar un paseo por el campo”, como ya dijo Han Solo hace mucho tiempo en una galaxia muy, muy lejana (Star Wars: A New Hope - 1977).



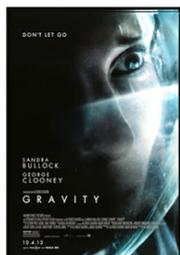
PULSA SOBRE LAS IMÁGENES



La tecnología necesaria para abandonar nuestra agradable atmósfera va mucho más allá de la de las antiguas carabelas con cohetes que veíamos en Treasure Planet (El planeta del tesoro – 2002). Muchos son los peligros a los que hemos de enfrentarnos cuando viajamos por el espacio. Como ya aprendimos con la película Gravity (2013), hasta un pequeño tornillo que orbite alrededor de nuestro planeta, digamos, a una altura de 400 kilómetros, podría suponer el fin de una misión espacial que llevara décadas preparándose.

Sin duda, por todos es conocido que el aire es lo primero que echaríamos en falta al viajar por el espacio; pero la vida en nuestro planeta existe también gracias a otros beneficios que la Tierra nos aporta y que a menudo olvidamos, como la protección frente a la intensa radiación solar gracias a su campo magnético. Sí, la Tierra tiene un escudo de rayos a su alrededor y el generador se halla bajo nuestros pies, a unos 3000 km por debajo, de hecho. Hablamos del núcleo de la Tierra, tal y como vimos en la película The Core (2003), compuesto aproximadamente de un 80% de hierro, un 10% de níquel y el restante 10% de elementos ligeros como el oxígeno o el azufre, acompañados de otros metales pesados como pueden ser el oro o el platino. La rotación de este núcleo crea un enorme campo magnético que envuelve a la Tierra y la protege del viento solar y demás radiación proveniente del espacio, enviando las partículas cargadas hacia los polos norte y sur, donde se transforman en preciosas auroras.

Además de permitirnos respirar y servirnos de pantalla para el espectáculo de luces de las auroras, la atmósfera cumple otra importante misión: regula la temperatura de la Tierra. Por un lado, los rayos solares quedan atrapados por los gases del efecto invernadero, como el vapor de agua o el dióxido de carbono, lo cual ayuda a mantener la temperatura del planeta minimizando la diferencia de temperaturas



PULSA SOBRE LAS IMÁGENES

entre el día y la noche. Por otro lado, nos protege de la radiación del Sol que no resultaría benigna para nuestros cuerpos. El episodio “El fin del mundo” (2005) de la serie británica Doctor Who pone en valor esta función al mostrarnos cómo la tripulación de la estación espacial Platform One es calcinada inmediatamente cuando los filtros de radiación solar de sus ventanas se desactivan. Podemos decir que la atmósfera es también el termostato de la Tierra, el cual hemos aprendido a manipular por las malas.

Otra gran olvidada es la gravedad, y en Wall-e (2008) nos explican muy bien por qué es tan importante. En esta película de futuro distópico, los seres humanos a bordo de la nave espacial Axiom muestran un serio problema de pérdida de masa ósea; es decir, sus huesos se han deteriorado por la falta de gravedad, lo que les impide algo tan simple como es ponerse en pie y les hace absolutamente dependientes de las sillas flotantes en las que se mueven de un lado a otro. Quizás lo realmente terrorífico aquí no sea el efecto de la microgravedad, sino lo aparentemente conformes que parecen todos con su nueva realidad hasta el momento en que reparan en ella. Es entonces cuando el capitán, caído de su silla, logra alzarse sobre sus piernas, no sin dificultad, mientras suenan los famosos cinco acordes con los que comienza 2001: A Space Odyssey (2001: una odisea en el espacio – 1968). Y es que hablando de esta película podemos responder a otra pregunta: ¿cómo simulamos la gravedad en el espacio?

La respuesta se halla en la olla loca, la atracción de feria de forma circular en la que nos pegamos a las paredes, resultando imposible volver al centro debido a la altísima velocidad con la que gira. Hablando en términos científicos, entramos en el campo de la mecánica newtoniana, pues esto es un efecto de lo que conocemos como aceleración centrífuga. Las naves espaciales Endurance, de Interstellar (2014), y Hermes, de The Martian (Marte – 2015), así como la Discovery I, pilotada por el superordenador HAL 9000 en 2001: A Space Odyssey fueron diseñadas utilizando el mismo principio físico que la olla loca: si nos situamos en el interior de un cuerpo rotante, la fuerza centrífuga nos empujará hacia el borde del disco y, si hay una pared allí y la velocidad de giro es la necesaria, nos convertiremos en peatones del muro de la muerte, acrobacia que realizan pilotos de bicicletas, motocicletas e incluso automóviles en la que la pared no se mueve, pero sí lo hacen ellos y a tan alta velocidad que se produce el mismo efecto, lo que les permite desplazarse por la pared circular del recinto sin caer.

Con el tiempo, la humanidad se lanzará a explorar el Universo. Primero llegamos a la Luna y pronto pondremos rumbo a Marte, pero, una vez allí, volveremos la vista atrás hacia esa diminuta canica azul en el firmamento y añoraremos el planeta que nos vio nacer como especie y que tan bien nos ha cuidado.



El estudio de la voz humana y criminalística forense

AUTORA **JOSEFA DORTA**
ILUSTRACIÓN **VERÓNICA MORALES**

Departamento de Filología Española
Laboratorio de Fonética.
Servicio General de Apoyo a la Investigación de la Universidad de La Laguna

La criminalística forense se centra en la investigación de hechos delictivos con el propósito de aportar datos científicos sobre los posibles delincuentes que han cometido dichos actos. En este ámbito, muchas veces las pruebas asociadas a un delito se relacionan con la voz humana, como sucede, por ejemplo, con una grabación en la que alguien profiere amenazas contra otra persona. En estos casos, la voz puede ser analizada de manera científica por una disciplina lingüística centrada en el estudio de sus características, esto es, la fonética, que en este ámbito judicial aplicado es reconocida como fonética forense (Forensic Phonetics).

El interés que ha suscitado desde hace algunos años la aplicación de la lingüística, en general, y de la fonética, en particular, en el terreno judicial se ha visto incrementado por el gran impacto en la población de series televisivas de investigación criminal protagonizadas por especialistas en sofisticadas técnicas de identificación. Las series CSI (Nueva York, Las Vegas, Miami) son las responsables del conocido como "efecto CSI", efecto que se manifiesta un despertar del interés de la población por la formación en ciencias forenses; la culpabilidad ligada a la existencia de pruebas forenses y la existencia de evidencias judiciales contundentes.

¿Por qué el estudio de la voz puede ser utilizado en un caso judicial? La respuesta es simple: las voces humanas contienen rasgos que permiten diferenciar a los individuos y su pertenencia a variedades lingüísticas o dialectos y lenguas. Y puesto que también poseen otras características que las personalizan, se deduce fácilmente que la voz se presta a la identificación o reconocimiento de presuntos delincuentes. Es cierto que el reconocimiento puede hacerse de manera directa y subjetiva por parte de la víctima o de testigos presenciales simplemente escuchando al que delinque. En este caso, la similitud fonética (el parecido de las voces según una apreciación subjetiva) es el criterio que se aplica como prueba. Ahora bien, la validez probatoria de este reconocimiento de voz es limitada puesto que, si bien es cierto que el oído es un órgano que puede contribuir de manera eficaz a la identificación de voces y que hay oídos con una agudeza auditiva extraordinaria, se ha demostrado que el reconocimiento puede verse afectado por varios factores. Pongamos como ejemplo el caso de alguien que ataca por la espalda a otra persona y le habla en tono de amenaza. Puede ocurrir que el tiempo entre el acto criminal



y la identificación del delincuente en un juicio por la víctima sea grande, lo que puede afectar gravemente al reconocimiento. Otros factores que influyen son el mayor o menor contacto entre víctima y delincuente o, si existe contacto, la frecuencia con la que se da. Por otra parte, hay que tener en cuenta que en un delito se dan una serie de circunstancias que pueden sembrar dudas sobre la validez de la identificación. En el ejemplo anterior, la víctima se encuentra en circunstancias que le afectan (nerviosismo, miedo, etc.), lo que no garantiza que la voz que oye en el momento del delito sea la que después identificará como la del autor de la agresión. Por eso cuando existen grabaciones de voz, se considera recomendable la intervención de un experto en fonética forense (sea de la policía científica o cualquier investigador especializado en esa disciplina) siempre que el juez admita la investigación de la prueba de voz y designe o admita al perito que debe realizarla.

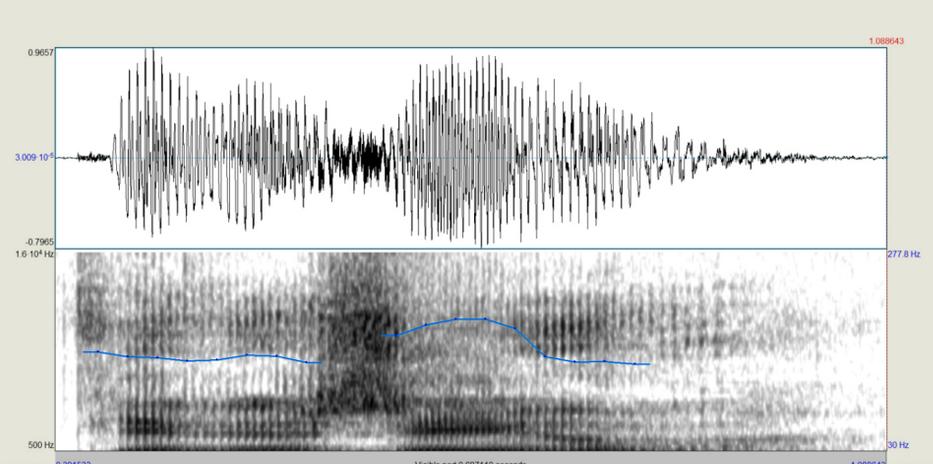
Los fonetistas forenses partimos de la prueba grabada presentada ante el juez como "prueba de delito" (voz dubitada debido a que, mientras no se demuestre, no se da por cierto que corresponda a la del delincuente real) y la comparamos con otra u otras obtenidas por orden judicial a uno o más hablantes conocidos implicados en la causa (voz indubitada puesto que se sabe a quién pertenece). El objetivo de la comparación es demostrar, de la manera más rigurosa y objetiva posible, si concurren suficientes indicios como para sostener que las dos voces analizadas y contrastadas corresponden a la misma persona o si, por el contrario, pertenecen a sujetos diferentes. Para ello, el experto forense debe elegir las técnicas y metodologías que mejor garanticen el análisis riguroso de las muestras de voz seleccionadas y, por tanto, que aseguren la fiabilidad de los resultados.

El análisis de habla se realiza teniendo en cuenta indicios fonéticos o marcas que son característicos y coincidentes en las voces comparadas. La probabilidad de coincidencia entre las muestras de habla aumenta si hay determinados trastornos (por ejemplo, tartamudismo, temblor de la voz, etc.), rasgos articulatorios específicos u otros fenómenos no habituales como, por ejemplo, los causados por cualquier disfunción de las cuerdas vocálicas. No obstante, el experto también tendrá en cuenta otro tipo de rasgos no estrictamente fonéticos, como son los de índole léxica o gramatical, la repetición reiterada de algún rasgo que evidencie algún signo de personalidad etc., que contribuyan a la redacción de su informe. La probabilidad de que las dos voces analizadas coincidan en una misma persona disminuye a medida que el grado de coincidencia entre los resultados del análisis comparativo disminuye. Sea cual sea el resultado,



el perito forense redactará un informe con las evidencias suficientes que permitan al juez valorar el alcance de la prueba para imputar o no a un sujeto en un delito determinado.

Tanto las autoridades judiciales como los expertos en criminalística coinciden en que el ADN, la dactiloscopia y otras técnicas antropométricas o de medición son muy resolutivas y concluyentes en la identificación humana. Pero también es cierto que cuando se trata del estudio de la voz disponemos de técnicas de acústica forense que permiten contribuir a la identificación de un delincuente por su voz con altos índices de probabilidad. En la Universidad de La Laguna disponemos de un Laboratorio de Fonética, Servicio General de Apoyo a la Investigación (S.E.G.A.I.), que se dedica desde hace unos años, entre otras actividades, a realizar pruebas forenses de voz. ■



Oscilograma (superior) y espectrograma (inferior) con curva tonal (en azul) correspondiente a la pregunta ¿Tienes hijos? pronunciada por un hombre.



Agua o fuego, la duda de Humboldt en el Teide

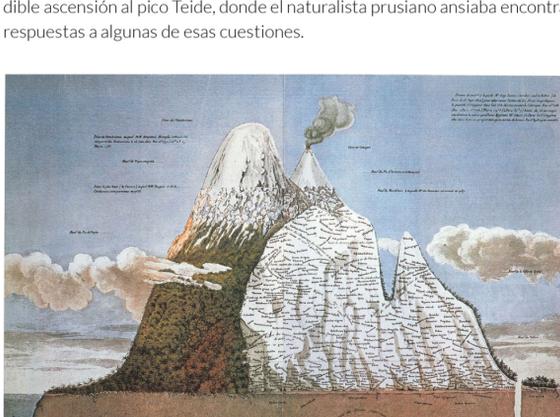
AUTOR JAVIER PELÁEZ



Estatua de Humboldt al pie del valle de la Orotava y frente al Teide

La ciencia es una actividad profundamente humana, precisa de una atenta observación a todo lo que nos rodea, necesita de una buena capacidad de asombro para detectar las sorpresas y claves ocultas en la naturaleza y, por supuesto, requiere de imaginación e ingenio para encontrar las posibles respuestas. Las actuales herramientas para llevar a buen puerto ese proceso de descubrimiento se han ido forjando, poco a poco, durante los últimos siglos, gracias a la insaciable curiosidad por el mundo de un puñado de inconformistas curiosos y su afán por lanzar ideas y comprobar si eran ciertas. Este año celebramos el 250 aniversario del nacimiento de uno de ellos, Alexander von Humboldt.

Determinar el origen y causas de los fenómenos físicos que dominan la naturaleza, siempre ha sido, y es, uno de los más importantes retos de la ciencia. En la época de Humboldt, las teorías sobre cómo surgió la vida, el hombre o nuestro propio planeta eran objeto de un debate en las academias, universidades y sociedades científicas. Propuestas había a docenas, surgían como setas en una fresca mañana de otoño, las más conservadoras se congratulaban de estar en sintonía con lo expuesto en la sagrada Biblia, las más desafiantes se acogían a los hechos y evidencias en contra. ¿Tiene la Tierra 6000 años o su edad se hunde en la profundidad de los tiempos?, ¿Se formó mediante gigantescos cataclismos o el paciente paso de los siglos moldeó su actual silueta?, ¿Nacieron los volcanes del agua del diluvio o de las llamas de una gran fragua interior?... La visita de Humboldt a Canarias incluía una ineludible ascensión al pico Teide, donde el naturalista prusiano ansiaba encontrar respuestas a algunas de esas cuestiones.



Estatua de Humboldt al pie del valle de la Orotava y frente al Teide

A finales del siglo XVIII, dos teorías se enfrentaban para solucionar el enigma de los volcanes. El maestro de Humboldt, Abraham Werner defendía que, tras el gran diluvio universal, el mundo quedó anegado por completo. El posterior descenso de las aguas, provocado por filtraciones hacia el interior o por evaporación hacia el cielo, dio paso a nuevos terrenos (a los que denominaron "de transición") donde terminarían asentándose los sedimentos que hoy conforman la Tierra. En esa nueva plataforma surgida de las aguas se depositaron los fósiles del diluvio, que asombraban a todo aquel que los estudiaba, se cimentaron los volcanes, y se mantuvieron las aguas de los mares. El papel decisivo del agua en la formación del planeta llevó a que esta teoría se conociese como "Neptunismo", en honor al dios griego de los océanos.

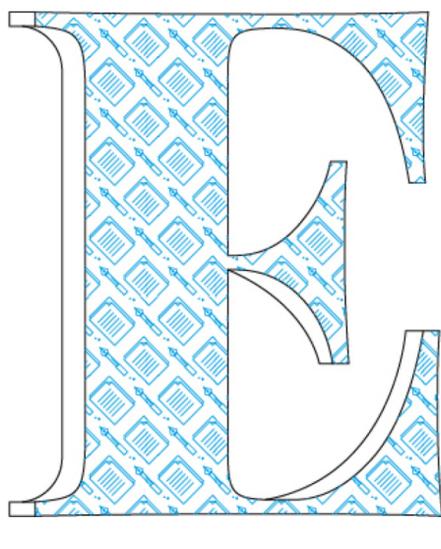
El bando contrario, liderado por el escocés James Hutton, hacía oídos sordos a los cantos de sirena de Werner y defendía que los mecanismos geológicos de formación estaban dominados por procesos a altas temperaturas. En el interior de la Tierra debía de existir una potente fuente de calor que daba origen a las rocas (el basalto se convirtió en el caballo de batalla de estas teorías) y, por supuesto, hacía surgir los volcanes. Por razones obvias, a esta segunda idea se la denominó "Plutonismo".

La importancia de los viajes científicos de exploración cobra aquí sentido e importancia. Werner jamás salió de su tierra natal y su mente, cerrada a cal y canto, defendió el Neptunismo a capa y espada. Uno de sus discípulos más fervientes, Alexander von Humboldt, terminaría siendo decisivo en esta disputa volcánica. Al contrario que su maestro, el joven siempre quiso viajar y analizar de primera mano la naturaleza en los más recónditos rincones. Gracias a su extensa fortuna y al permiso especial del rey español, Humboldt se embarcaría en un gran viaje de exploración a las tierras y mares del nuevo mundo, una travesía que lo convirtió en el mayor naturalista que ha tenido la Historia. Zarpó como neptunista pero, ante las evidencias que fue encontrando a su paso, pronto abandonaría esas ideas para abrazar el plutonismo, para disgusto de su maestro Werner.

El Teide fue el primer volcán activo que Humboldt visitó en su toda su vida. A bordo de la corbeta "Pizarro", el prusiano arribó a costas canarias a mediados de junio de 1799, incluyendo un pequeño malentendido al confundir la Isla de la Graciosa con Lanzarote. El joven, acompañado de su inseparable Bonpland, aceleró al máximo todos los preparativos para la ascensión, impacientemente por estudiar todos los fenómenos asociados al neptunismo, por indagar en los misterios del interior de la tierra y, de paso, disfrutar de las bellas vistas que la montaña ofrecía sobre el valle de La Orotava.

Poco o nada de lo que veía, y cuidadosamente anotaba y recolectaba, apoyaba las tesis acuáticas de su maestro Werner. La duda, razonable ante sus primeras evidencias sobre el terreno, se instaló en la mente del naturalista durante aquella subida al Teide en 1799. Más tarde llegarían Cotopaxi, Tungurahua, Popocatepetl, Chimborazo y muchos otros volcanes que empujaron a Humboldt a abandonar las tesis de Neptuno y rendirse ante Plutón.

La noticia de que un discípulo del mismísimo Werner había cambiado su postura se extendió rápidamente por los ámbitos académicos. Pocos años más tarde, el plutonismo contaba ya con una legión de adeptos, entre los que se incluían Lyell y más tarde, el propio Darwin. A mediados del siglo XIX ya nadie hablaba del neptunismo, el peso de las evidencias, descubiertas en incontables expediciones y excursiones científicas, conseguía imponer la verdad y dejar en el olvido una teoría errónea. ■



Editorial

La escena tuvo lugar en un año de la década de los 90 del siglo pasado, en el Salón de Grados de la Facultad de Ciencias de una importante universidad pública española. Los protagonistas son, por una parte, cinco Catedráticos de Universidad que forman parte de la Comisión de un concurso oposición para optar a una cátedra de universidad. Por la otra, una Profesora Titular de Universidad, madre de un hijo de 8 años, que se presenta como candidata a la plaza. La profesora acaba de exponer su currículum investigador en el que junto a la relación de las líneas de investigación que ha desarrollado, los múltiples proyectos que ha dirigido y la extensa serie de artículos publicados en revistas de su especialidad, refiere su participación como ponente en numerosos congresos y reuniones científicas celebradas en distintas partes del mundo a lo largo de los últimos diez años. Finalizada la exposición se inicia el turno de intervenciones a cargo de los miembros de la Comisión. Es entonces cuando uno de ellos se dirige a la candidata en estos términos: *“Durante todos estos años ha desplegado un intensa actividad que le ha obligado a viajar mucho y por tanto a ausentarse de su casa: ¿no cree que esto le ha hecho descuidar la atención que como madre debe a su hijo?”*

Esto le ocurrió a una colega, hoy Catedrática de Universidad e investigadora de enorme prestigio.

No se trata aquí de juzgar con los valores y la sensibilidad de hoy lo ocurrido hace más de 20 años. Pero sí nos puede servir para reflexionar sobre cómo ha evolucionado la percepción del rol de la mujer en el mundo de la investigación y la ciencia en nuestro país. Mucho camino se ha recorrido desde entonces, aunque también es cierto que mucho camino queda por recorrer, mucha igualdad por conseguir, muchos techos de cristal que romper como se ilustra en la portada de este número de HIPÓTESIS. Sirva como muestra un botón: las científicas son citadas en la prensa española un 20% aunque representan el 40% de la plantilla de los centros de investigación públicos y el 46% de las científicas consideran que han visto limitado su progreso profesional por cuestiones de género; las mismas que declaran sentirse penalizadas como investigadoras por ser madres.

HIPÓTESIS ha reunido en este número especial, monográfico dedicado a la Mujer y la Ciencia, el testimonio de un nutrido grupo de mujeres, científicas, investigadoras, profesoras universitarias. Testimonios en los que cuentan, en la mayor parte de los casos en primera persona, lo que en su momento les motivó a elegir la ciencia, su percepción sobre lo que ser mujer les ha supuesto en el desarrollo de su carrera como investigadoras y profesoras universitarias. Entre ellas las hay de trayectorias dilatadas junto a otras que tienen por delante mucho más camino que el ya recorrido. Hablan desde campos que van desde la genética a la fisiología o la ginecología, pasando por la lingüística, la astrofísica, la química, la ecología y la nutrición. Al lado de estas encontramos en este número a investigadoras en historia del arte, en arqueología y filosofía o gestoras de programas de innovación y desarrollo tecnológico y de la divulgación de la ciencia. De Canarias, pero también de otras regiones de España.

En este número HIPÓTESIS reivindica la obra de una canaria, María de Betancourt y Molina, que en un medio poco propicio para la innovación tecnológica (Tenerife, siglo XVIII, mujer y madre) hizo aportaciones importantes y reconocidas en su momento a la incipiente industria de la seda que se desarrollaba entonces en Canarias.

En la sección Expediciones se hace un recorrido por alguna de las “intrépidas viajeras” que hicieron de Canarias objeto de sus exploraciones y estudios y dejaron constancia a través de sus escritos y de obra gráfica de la naturaleza de nuestros ecosistemas insulares.

Y tampoco falta un recorrido cinematográfico, a cargo de nuestros colaboradores del Aula Cassiopea de Divulgación de la Ciencia, por 13 películas protagonizadas por otras tantas mujeres, doctoras, científicas, expertas en campos tan distintos como la gravitación cuántica o la psiquiatría.

En fin, no pueden estar todas las que son, pero sin duda son todas las que están. De hecho, podemos afirmar que no hay tema o área de investigación en la que no podamos encontrar a mujeres que son referentes de sus disciplinas, testigos de la evolución que ha experimentado nuestro medio en lo que a la integración y la normalización de la mujer en la Ciencia se refiere.

HIPÓTESIS ha querido, en este primer número de su segundo año, rendir tributo al trabajo tantas veces solitario y silencioso, de las mujeres que han hecho y hacen ciencia y contribuir así a que en los centros de investigación y universidades de nuestra región y de nuestro país la pregunta de aquel catedrático suene como algo trasnochado, inaceptable, superado; para que las mujeres no tengan que elegir entre ser científicas o ser madres. ■

REDACCIÓN **NÉSTOR TORRES DARIAS**
DIRECTOR DE HIPÓTESIS



EN EL CÓMIC ANTERIOR VIMOS A LOS LINFOCITOS DEL SISTEMA INMUNE EN ACCIÓN ELIMINANDO LAS CÉLULAS CANCERÍGENAS DEL MELANOMA. PERO ¿DÓNDE APRENDEN ESTOS LINFOCITOS A ELIMINAR AMENAZAS DE NUESTRO CUERPO? ¡PUES EN LA ACADEMIA DEL SISTEMA INMUNE!

