

# ANUARIO SINC LA CIENCIA ES NOTICIA

2019



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



**sinc**  
La ciencia es noticia

---

# Agencia SINC

# La ciencia es noticia

# 2019

[www.agenciasinc.es](http://www.agenciasinc.es)

---

---

# A la Luna, 50 años después

El 3 de enero, China puso una nave en la cara oculta de la Luna por primera vez en la historia. En la imagen, la sonda *Chang'e*, vista por el rover Yutu 2. Otras misiones han tenido peor suerte en la exploración lunar durante 2019, año del 50 aniversario del primer alunizaje. En septiembre, la india Chandrayaan 2 se estrelló contra el satélite, igual que le sucedió a la sonda israelí Beresheet en abril.

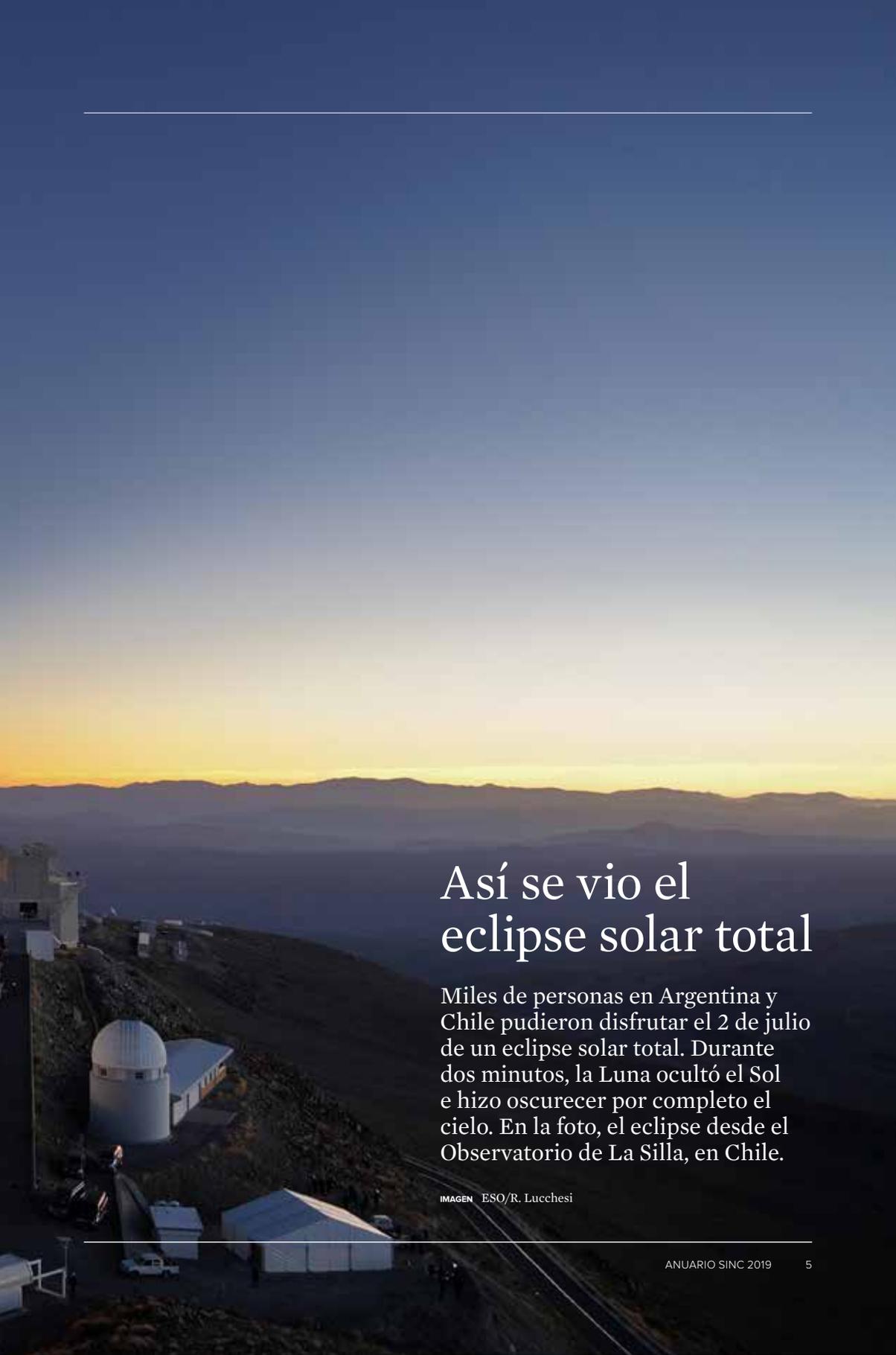
IMAGEN CNSA







---

A photograph of an astronomical observatory complex on a mountain ridge at sunset. The sky transitions from a deep blue at the top to a bright orange and yellow glow near the horizon. In the foreground, several white buildings are visible, including a prominent dome-shaped structure. The background shows a range of mountains under the twilight sky.

# Así se vio el eclipse solar total

Miles de personas en Argentina y Chile pudieron disfrutar el 2 de julio de un eclipse solar total. Durante dos minutos, la Luna ocultó el Sol e hizo oscurecer por completo el cielo. En la foto, el eclipse desde el Observatorio de La Silla, en Chile.

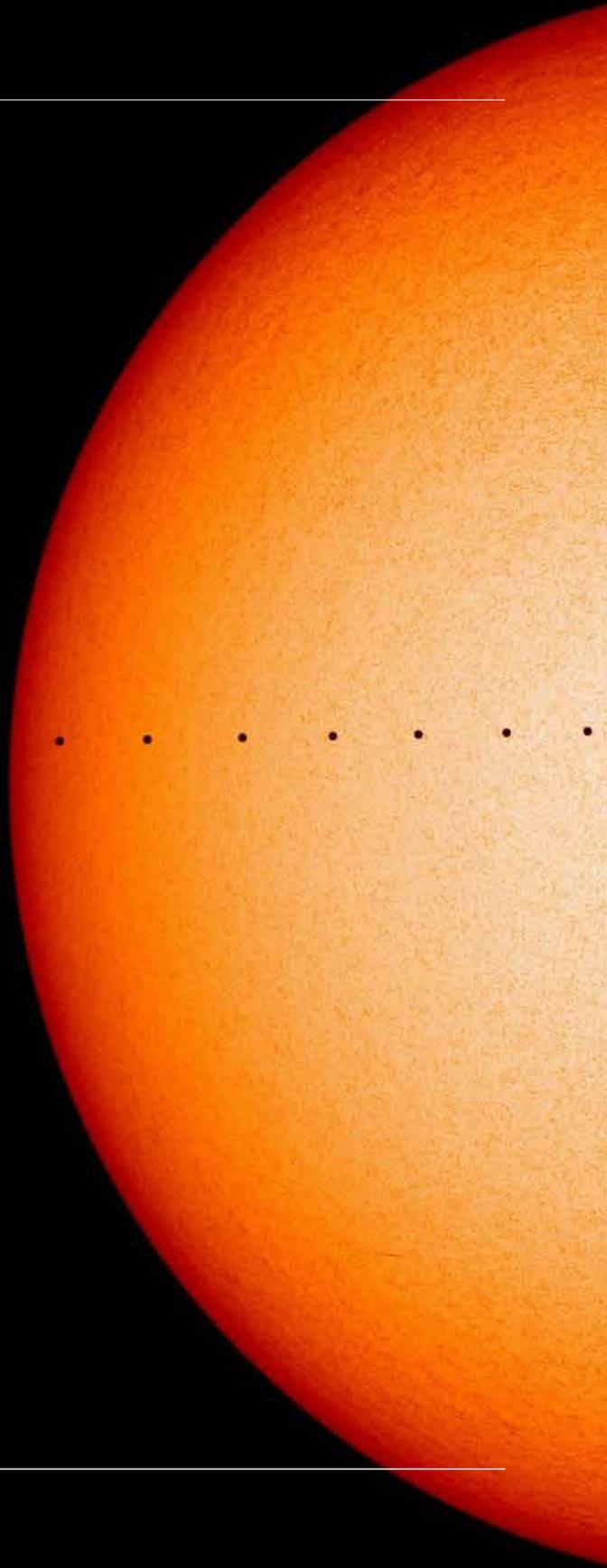
IMAGEN ESO/R. Lucchesi

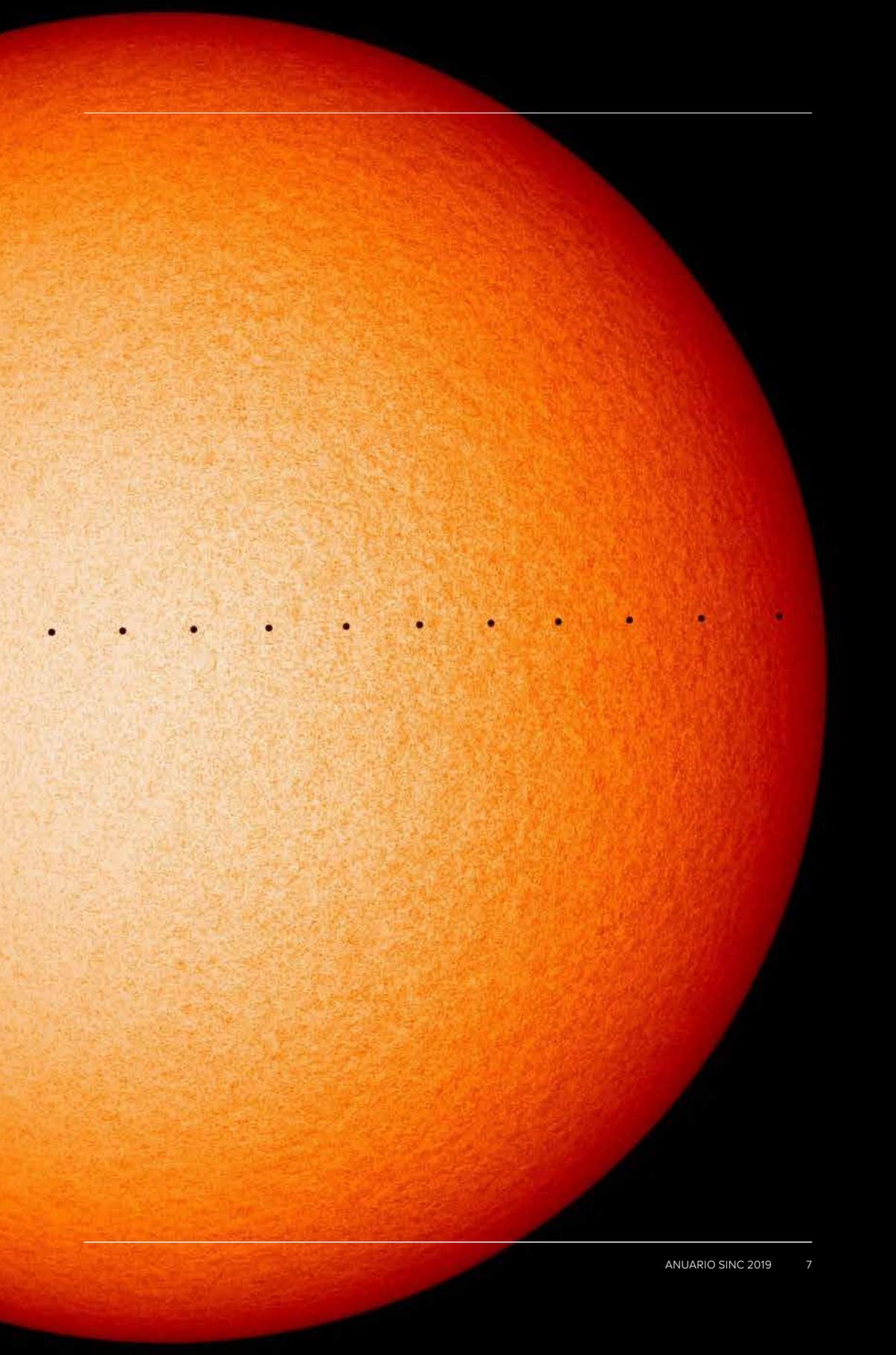
---

# El tránsito de Mercurio

Ocurre solo unas 13 veces cada siglo y el 11 de noviembre fue una de ellas: el planeta Mercurio pasó como un diminuto punto negro por delante del gigantesco Sol. No se pudo observar a simple vista porque dañaría los ojos, pero sí con los telescopios y métodos indirectos de observación que ofrecieron multitud de centros astronómicos.

IMAGEN NASA







# El pequeño plesiosaurio de Castellón

Los plesiosaurios, erróneamente considerados dinosaurios, habitaron todos los mares hace entre 200 y 65 millones de años. En la Península, solo se habían encontrado escasos restos de estos cuellilargos reptiles marinos. Ahora, un grupo de paleontólogos ha hallado la colección más abundante de fósiles en Morella, Castellón.

IMAGEN JA Peñas, SINC



A close-up photograph of an astronaut's face inside a white space helmet. The helmet's visor is clear, reflecting the interior of the helmet and the astronaut's face. The astronaut has a slight smile. In the background, a white space suit component is visible with a label that reads "FWD EDDA. EV-2. EMU2" and the number "3004".

# Primer paseo espacial de dos mujeres

Las astronautas de la NASA Christina Koch y Jessica Meir protagonizaron el 18 de octubre el primer paseo espacial realizado únicamente por mujeres. Meses antes, el 29 de marzo, la agencia espacial había cancelado otro paseo similar por faltar un torso de talla mediana en uno de sus trajes.

IMAGEN NASA





SKOLSTR  
FÖR  
KLIMAT

# Jóvenes contra la crisis climática

Millones de estudiantes se han movilizado cada mes en ciudades de todo el mundo para exigir medidas urgentes y definitivas a los líderes de los gobiernos. El 27 de septiembre se celebró el Día Mundial de Huelga por el Clima. En la foto, la activista sueca Greta Thunberg en una de las manifestaciones del movimiento de huelga estudiantil Fridays For Future en Berlín.

IMAGEN Leonhard Lenz

---

# Contenidos

---

016

introducción

018

noticias

027

reportajes y entrevistas

152

premios

156

datos SINC

158

equipo SINC

# Introducción

**PALOMA DOMINGO GARCÍA**  
DIRECTORA GENERAL DE FECYT

Un año más, este Anuario recoge un resumen de las noticias científicas más relevantes que han acontecido a lo largo del 2019 y que, probablemente, marquen nuestro futuro por el impacto directo o indirecto que tendrán en nuestras vidas de aquí a unos años.

La ciencia, la tecnología y la innovación forman parte de nuestras vidas y la labor de la agencia SINC para acercarlas a la sociedad es esencial. Gracias a la licencia *Creative Commons*, sus informaciones son recogidas por medios de comunicación nacionales e internacionales con más de cinco mil impactos anuales en estos doce meses, una cifra que se suma a las más de nueve millones de visitas que recibió la web.

Si hay algo que caracteriza a SINC y que la hace más atractiva entre los lectores es que no se limita a seguir la agenda de las grandes publicaciones científicas sino que cuenta a la sociedad la investigación y la innovación que se fragua en centros, hospitales y universidades de España y de todo el mundo con un lenguaje comprensible y a la vez riguroso.

Precisamente, quiero destacar de estas páginas la noticia que protagonizó el equipo de Mariano Barbacid, científico del Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO), cuando consiguió por primera vez eliminar un tipo de tumor de páncreas en

ratones. Aunque la transferencia de estos resultados a humanos no sea inmediata, es un gran logro que abre el camino para combatir esta enfermedad.

También a través de SINC conocimos que el superordenador europeo MareNostrum 5 del Barcelona Supercomputing Center incorporaría una plataforma experimental dedicada a desarrollar nuevas tecnologías para la futura generación de superordenadores con el objetivo de disminuir la dependencia que tiene respecto a las tecnologías de computación fabricadas en otros continentes.

La tecnología se integra en nuestras vidas sin apenas notarlo hasta el punto de no ser conscientes de quién se esconde detrás de ella. En esta publicación podrás leer que un ecosistema de fabricantes, operadores móviles, desarrolladores, proveedores de servicios, empresas de monitorización y agencias de publicidad acceden a los dispositivos Android y sus aplicaciones sin que los usuarios lo sepan.

A la hora de recordar el 2019 no puedo dejar de mencionar a dos grandes personas que nos dejaron: Eduard Punset, un gran divulgador que logró meter la ciencia en las salas de estar de toda España, y a Margarita Salas, pionera de la Biología Molecular en nuestro país y un referente femenino en la ciencia.

Salas fue y será una inspiración para muchas jóvenes científicas. Desde que ella inició su carrera, cuando eran muy pocas mujeres en las aulas de ciencia y tecnología, hemos hecho muchos progresos, pero aún queda camino por recorrer a juzgar por otra de las noticias que se incluye en este Anuario y que pone de manifiesto que la mitad de las investigadoras españolas cree que ser mujer dificulta su carrera.

Si hay una cita que marcó el 2019 fue, sin duda, la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP25) que se celebró a finales de año en Madrid. La agencia SINC estuvo allí y desgranó a modo de noticias, entrevistas y reportajes los compromisos y las decisiones que se tomaron en torno a la lucha climática.

Detrás de todas estas páginas, está el trabajo de los redactores, colaboradores e ilustradores que forman el equipo de SINC y también el de científicos e instituciones que les ayudan a la hora de ampliar, opinar o profundizar los temas que tratan.

SINC ha conseguido por derecho propio ser un referente del periodismo científico en español y la Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología (FECYT) seguirá apostando por ella como una parte fundamental de la divulgación científica.

# Un año de ciencia en noticias

Crónica de doce meses  
de actualidad marcada  
por los retos y avances en  
ciencia, tecnología, salud  
y medioambiente

## enero



IMAGEN NASA

### NEW HORIZONS LLEGA AL CONFÍN DEL SISTEMA SOLAR

La sonda espacial New Horizons de la NASA sobrevoló Ultima Thule, un objeto del cinturón de Kuiper situado a unos 6.400 millones de kilómetros de distancia, en el confín del sistema solar.



IMAGEN Christina Warinner

### LOS DIENTES AZULES DE LA PRIMERA ILUSTRADORA MEDIEVAL

El lapislázuli incrustado en la placa dental calcificada de una mujer religiosa que vivió en la Alemania rural hace más de 900 años sugiere que podría tratarse de la primera escribana y pintora conocida de manuscritos iluminados.

## febrero

### NUEVOS SISTEMAS PARA LA EDICIÓN DEL ADN

El equipo de la bioquímica Jennifer Doudna, de la Universidad de California Berkeley, presentó una nueva herramienta de edición genética llamada CasX, de tamaño menor que Cas9. El anuncio se produjo solo unas semanas después de que el grupo rival del biólogo molecular Feng Zhang, en el Broad Institute del MIT, anunciara una nueva plataforma CRISPR llamada Cas12b.

### TERAPIA GÉNICA CON CRISPR PARA EL ENVEJECIMIENTO ACELERADO

Dos estudios independientes, liderados por Carlos López-Otín y Juan Carlos Izpisua-Belmonte, proponen un tratamiento de la progeria que podría ser el primero con efectos permanentes. En el proyecto de López-Otín ha participado Sammy Basso, un graduado en Biología con esta enfermedad.



IMAGEN Zuofu Xiang

### LAS MONAS DORADAS AMAMANTAN A LAS CRÍAS DE OTRAS HEMBRAS

La lactancia alomaterna consiste en que una hembra amamante a crías que no son las suyas. Un estudio recoge por primera vez en primates del Viejo Mundo estas redes de apoyo femeninas que aumentan la supervivencia infantil.

## marzo

### SEGUNDO CASO DE REMISIÓN DEL VIH SIN ANTIRRETROVIRALES

La revista *Nature* publicó el caso de un paciente con VIH que se sometió a un trasplante de células madre debido a un linfoma y llevaba 18 meses en remisión a pesar de no tomar medicación. El único caso de curación del VIH es el del paciente de Berlín, en 2009.

### ¿ESPÍAN NUESTROS MÓVILES ANDROID?

Fabricantes, operadores móviles, desarrolladores, proveedores de servicios, empresas de monitorización y agencias de publicidad acceden a los dispositivos Android y sus aplicaciones sin que los usuarios lo sepan, según un estudio de investigadores españoles y estadounidenses.

### LOS VARONES IBÉRICOS FUERON REEMPLAZADOS POR INVASORES

Hace entre 4.000 y 4.500 años, una invasión de descendientes de pastores esteparios de Europa del Este reemplazó a cerca del 40 % de la población y a casi el 100 % de los hombres de la Península. Lo sabemos gracias a un estudio liderado por el CSIC y la Universidad de Harvard.

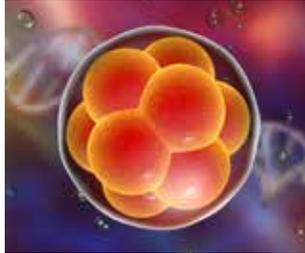


IMAGEN Adobe Stock

### MORATORIA PARA FRENAR LA CREACIÓN DE MÁS BEBÉS GENÉTICAMENTE MODIFICADOS

Pioneros de CRISPR y expertos en ética de siete países han pedido un aplazamiento global de cinco años para las aplicaciones clínicas de la edición genética en óvulos, espermatozoides y embriones humanos. Además, critican a los científicos que sabían de este tipo de experimentos y no trataron de pararlos.

### EL CAMBIO CLIMÁTICO AFECTA YA A 32 MILLONES DE ESPAÑOLES

El verano es cada vez más extenso y cálido en España, donde los climas semiáridos se han extendido en más de 30.000 km<sup>2</sup> en las últimas décadas, según la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

### NUEVAS NEURONAS HASTA LOS 90 AÑOS

Un nuevo estudio liderado por una española muestra el nacimiento de nuevas neuronas en la región del giro dentado humano durante toda la vida adulta. Los resultados contradicen investigaciones que niegan la neurogénesis adulta en el hipocampo.

## abril

### PRIMERA FOTOGRAFÍA DE UN AGUJERO NEGRO

Una red global de radiotelescopios, en la que participa el observatorio español IRAM desde Sierra Nevada, ha logrado fotografiar los límites de un agujero negro en el centro de Messier 87, una gigantesca galaxia masiva vecina.

### UNA NUEVA ESPECIE HUMANA COETÁNEA AL 'HOMO SAPIENS' VIVÍA EN FILIPINAS

En la cueva del Callao se ha descubierto una nueva especie humana: *Homo luzonensis*. El estudio de sus fósiles, de 50.000 a 67.000 años de antigüedad, revela una mezcla singular de características.



IMAGEN Pixabay

### ELIMINAN UN TIPO DE CÁNCER DE PÁNCREAS EN RATONES

El equipo de Mariano Barbacid ha conseguido por primera vez que desaparezcan totalmente cánceres ductales de páncreas en un modelo animal. La transferencia de estos resultados a humanos no va a ser inmediata.

### LA IRREVERSIBILIDAD DE LA MUERTE CEREBRAL, CUESTIONADA

Un experimento con cerebros de cerdos ha preservado funciones de sus neuronas horas después de su muerte. Los resultados podrían afectar a las consideraciones éticas de pacientes en estado crítico en espera de un trasplante, y a la inversa: cómo convenirse de que una muerte clínica es irreversible.

## mayo



IMAGEN iRedes

### MUERE EDUARD PUNSET

El 22 de mayo, en su Barcelona natal, falleció de cáncer a los 82 años el abogado y economista que logró meter la ciencia en los cuartos de estar de toda España. En 1996 empezó su aventura divulgativa con el programa *Redes*, en La 2 de TVE, que se mantuvo hasta 2014.



IMAGEN Albarracín-Jordán y Capriles

### LA AYAHUASCA YA SE CONSUMÍA HACE MIL AÑOS EN RITUALES PRECOLOMBINOS

El análisis de los restos orgánicos de un atadizo ritual ha revelado que en las ceremonias chamánicas de hace mil años ya se usaba este brebaje con efectos estupefacientes.

### LA CONTAMINACIÓN AFECTA A LA FORMACIÓN DE ÓRGANOS EN EL ÚTERO

Un equipo científico demostró en ratas los efectos de las partículas finas del aire en el metabolismo y el sistema inmunitario de los recién nacidos. En el trabajo participó Mario Molina, el Nobel que explicó por qué se forma el agujero de la capa de ozono.

## junio

### BARCELONA TENDRÁ UNA PLATAFORMA EXPERIMENTAL DE SUPERCOMPUTACIÓN

El Barcelona Supercomputing Center alojará uno de los nuevos superordenadores europeos, MareNostrum 5, e incorporará una plataforma experimental para crear tecnologías *made in Europe*.



IMAGEN Josh Maurer

### EL CAMBIO CLIMÁTICO SE COME LOS GLACIARES DEL HIMALAYA

Un estudio que ha combinado las imágenes desclasificadas de un satélite espía estadounidense durante la Guerra Fría con imágenes actuales de la NASA indica que los glaciares han perdido una cuarta parte de su masa en los últimos 40 años.

## julio

### LLEGA EL 5G

La nueva generación 5G es una evolución para los móviles pero, sobre todo, será una auténtica revolución para el sector productivo y nos llevará a la cuarta revolución industrial, según los expertos.

### UNA TERAPIA CON ANTIRRETROVIRALES Y CRISPR ELIMINA EL VIH EN RATONES

Un equipo de investigadores estadounidenses ha logrado por primera vez eliminar el virus del sida del genoma de animales vivos combinando antirretrovirales avanzados y edición genética. Los autores creen que pronto podrán iniciar los ensayos clínicos en humanos.

## agosto

### REDUCIR EL CONSUMO DE CARNE PARA FRENAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

El último informe del Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático de la ONU advierte que para frenar el calentamiento global es esencial la reducción del consumo de carne, además de medidas en contra de la deforestación y en favor del uso sostenible de la tierra.



IMAGEN John Gurche

### PONEN CARA AL ANTEPASADO DE 'LUCY'

Un cráneo de hace 3,8 millones de años revela cómo era el rostro de la especie de australopitecos más antigua conocida: *Australopithecus anamensis*. Los científicos hallaron el fósil en Woranso-Mille (Etiopía).



IMAGEN Universidad de Flinders

## UN LORO DE SIETE KILOS

Un equipo de paleontólogos australianos ha descubierto en Nueva Zelanda los restos fósiles del loro más grande del mundo hallado hasta ahora, de un metro de altura.

## EL COMPORTAMIENTO SEXUAL NO ESTÁ DICTADO POR LOS GENES

El mayor estudio realizado hasta la fecha para averiguar el peso de los genes en la conducta sexual confirma que no existe un gen de la homosexualidad.

## septiembre

### LAS DESIGUALDADES EN SALUD PERSISTEN EN TODA EUROPA

Un nuevo informe de la OMS identifica cinco factores de riesgo clave que impiden lograr una buena salud, como la seguridad de los ingresos económicos, las condiciones de vida y el capital social y humano. Estas desigualdades podrían reducirse en el transcurso de un solo gobierno.

### HABLAN LAS ROCAS PRESENTES EL PRIMER DÍA DE LA EXTINCIÓN DE LOS DINOSAURIOS

Hace 65 millones de años, el impacto de un asteroide en la Tierra desencadenó incendios forestales y un tsunami, y expulsó tanto azufre a la atmósfera que bloqueó la luz del Sol. El análisis de rocas del cráter de Chicxulub en México confirma estas teorías.

### AGUA EN LA ATMÓSFERA DE UN EXOPLANETA POTENCIALMENTE HABITABLE

Un equipo científico de Reino Unido ha detectado por primera vez vapor de agua en la atmósfera de una supertierra con temperaturas aptas para la vida. El planeta K2-18b tiene ocho veces más la masa de la Tierra y se encuentra a 110 años luz de distancia.

### LA MITAD DE LAS INVESTIGADORAS ESPAÑOLAS CREE QUE SER MUJER DIFICULTA SU CARRERA

Mientras que el 46 % de las investigadoras opina que ser mujer afecta negativamente a su profesión, tan solo el 10 % de sus compañeros cree que esto supone una desventaja, según un informe.



IMAGEN Maayan Harel

### EL ROSTRO DE LOS DENISOVANOS

Un equipo de científicos, con participación española, ha reconstruido el aspecto físico de estos homínidos gracias al análisis genómico de la falange de un meñique.



IMAGEN Helena Seidl da Fonseca

### UN BIBERÓN DE HACE 7.000 AÑOS

Los bebés del Neolítico fueron alimentados con leche de ovejas o cabras usando vasijas equivalentes a los biberones modernos. Un equipo de científicos ha encontrado evidencias de este destete prehistórico en recipientes hallados en tumbas infantiles en Alemania.

## octubre

### LA DESIGUALDAD ECONÓMICA DIBUJA EL MAPA DE LA MORTALIDAD INFANTIL

Una nueva investigación estima que en 2017 el 93 % de las muertes de niños menores de cinco años ocurrieron en países de ingresos bajos y medios. Incluso dentro de estos, se observan también grandes diferencias entre territorios más o menos vulnerables.

### EDITOR CRISPR CONTRA LAS ENFERMEDADES GENÉTICAS

Un equipo científico de EE UU ha presentado una nueva herramienta de edición de ADN de alta precisión que podría corregir el 89 % de las variantes genéticas humanas conocidas asociadas a enfermedades, sin los efectos secundarios de CRISPR Cas9.

### GOOGLE LOGRA LA SUPREMACÍA CUÁNTICA

Los científicos de Google afirmaron que su nuevo procesador cuántico es capaz de realizar en tres minutos y 20 segundos cálculos que al superordenador clásico más avanzado le llevarían 10.000 años. Competidores como IBM pusieron en entredicho este logro.

### POLÉMICA SOBRE LA CARNE ROJA

Cinco artículos científicos afirmaron que no hay razón para moderar el consumo de carne roja y procesada, como dictan las recomendaciones de salud. Especialistas de todo el mundo criticaron que sus conclusiones no eran correctas.

### UN EXOPLANETA GIGANTE DESAFÍA LOS MODELOS

Un equipo de astrónomos ha descubierto un enorme exoplaneta gaseoso orbitando en una estrella enana roja. Fue detectado por el instrumento Carnemes del Observatorio de Calar Alto, en Almería.

### EMBRIONES ARTIFICIALES CON UNA SOLA CÉLULA DE OREJA DE RATÓN

El equipo del español Juan Carlos Izpisúa, del Instituto Salk, en EE UU, logró crear estructuras similares a blastocitos que podrían ser utilizados para probar medicamentos y estudiar los inicios de la vida.



IMAGEN Chris Bennett

### TODOS LOS HUMANOS MODERNOS PROVIENEN DEL SUR DEL RÍO ZAMBEZE

La región de donde proceden todos los humanos actuales está al sur del río Zambeze, en el norte de Botsuana. Hasta ahora sabíamos que nuestro origen estaba en África hace unos 200.000 años, pero el lugar concreto era incierto.

## noviembre

### LA ONU ENCARGA A MADRID QUE ACOJA LA CUMBRE DEL CLIMA

El 1 de noviembre se anunció que Madrid sustituiría a Santiago de Chile en la celebración de la cumbre del clima de Naciones Unidas, COP25, del 2 al 13 de diciembre.



IMAGEN Christoph Jäckle

### EL PRIMER SIMIO ERGUIDO

El hallazgo en Alemania de los restos del primer simio bípedo, con 11,6 millones de años de antigüedad y una anatomía similar a grandes simios y humanos, muestra que los primates empezaron a caminar erguidos en los árboles, no en el suelo.

### PINTURAS RUPESTRES ADELANTAN EL ORIGEN DE LAS CREENCIAS EN SERES SOBRENATURALES

Arqueólogos de Australia hallaron en Indonesia dibujos rupestres de hace 44.000 años que representan figuras humanas con partes del cuerpo en forma de animal, lo que supondría la evidencia más antigua de la capacidad para imaginar entes mágicos.

### TRUMP RETIRA A EE UU DEL ACUERDO DE PARÍS

EE UU confirmó su salida del Acuerdo de París, firmado en 2015, a tan solo un mes de la celebración de la cumbre del clima de la ONU en Madrid.

### LA CRISIS CLIMÁTICA PERJUDICA DE POR VIDA LA SALUD DE LOS NIÑOS Y NIÑAS

Un nuevo estudio revela las consecuencias permanentes para la salud del aumento de las temperaturas para los nacidos en la actualidad en todo el mundo.

## diciembre

### DESPEGA CHEOPS, EL SATÉLITE QUE MEDIRÁ EXOPLANETAS

La primera misión de la Agencia Espacial Europea dedicada al estudio de planetas extrasolares, Cheops, se lanzó con éxito desde la Guayana Francesa. La compañía Airbus ha fabricado este satélite en España, y el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) controlará su puesta en órbita y operaciones.

### ADOLESCENTES CON RIESGO DE DEPRESIÓN

Un nuevo estudio en Reino Unido muestra cómo los jóvenes homosexuales o bisexuales tienen cinco veces más probabilidad de estar deprimidos que los heterosexuales, y dos o tres veces más de ser intimidados y victimizados.

### MUERE MARGARITA SALAS

La bioquímica española Margarita Salas falleció el 7 de noviembre a los 80 años, tras toda una vida dedicada a la biología molecular. La que fuera discípula de Severo Ochoa nunca dejó de investigar.



IMAGEN Miteco

### LA CUMBRE DEL CLIMA TERMINA EN DECEPCIÓN

Los países no lograron unir fuerzas para frenar de manera urgente la crisis climática. La COP25 terminó en Madrid el 14 de diciembre con una resolución poco ambiciosa y dejó para 2020 la parte más conflictiva de sus deberes: la regulación de los mercados de carbono.



---

# 365 días de historias contadas en profundidad

AÑO INTERNACIONAL DE LA TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS QUÍMICOS

# Un siglo y medio de la tabla que reunió a todos los elementos

ENRIQUE SACRISTÁN | 02 ENERO 2019

En 1869, el químico ruso Dimitri Mendeléiev presentó su sistema de ordenación de los elementos que, con el paso del tiempo, se ha convertido en un icono de la ciencia y la cultura. Para conmemorar su siglo y medio de vida, Naciones Unidas declaró 2019 como el Año Internacional de la Tabla Periódica.

Los elementos de la naturaleza se han agrupado de diversas formas a lo largo de la historia, pero fue hace 150 años cuando el ruso Dimitri Ivánovich Mendeléiev (Tobolsk, 1834 - San Petersburgo, 1907) presentó una tabla periódica para reunirlos a todos, incluso a los que estaban por descubrir. Con las aportaciones de otros científicos esta tabla se ha convertido en el colorido corazón de la química que conocemos hoy.

## ¿Qué es un elemento químico?

Es la parte de la materia constituida por átomos de la misma clase y

que no puede ser descompuesta en otras más simples mediante una reacción química. Cualquier ser, vivo o inerte, está constituido por elementos químicos. Por ejemplo, en un teléfono móvil se pueden encontrar alrededor de 30 distintos, y en el cuerpo humano casi el doble: 59 elementos.

Hasta ahora se han descubierto y confirmado **118 elementos químicos**. Los cuatro últimos son nihonio, moscovio, teneso y oganesón. Grandes laboratorios de Japón, Rusia, EE UU y Alemania compiten por ser los primeros en obtener los siguientes: el 119 y el 120.

Más allá de su papel crucial en química, la tabla periódica se ha convertido en un icono de la cultura universal



### ¿Qué es la tabla periódica?

Es una tabla donde todos los elementos se ordenan por su número atómico (número de protones), una disposición que muestra tendencias periódicas y reúne a aquellos con un comportamiento similar en una misma columna o grupo. Se trata de una herramienta única, que permite a los científicos predecir la apariencia y las propiedades de la materia en la Tierra y el resto del universo. Más allá de su papel crucial en química, la tabla periódica trasciende a otras disciplinas como la física y la biología y se ha convertido en un icono de la ciencia y de la cultura universal.

### ¿Cómo se hizo?

A mediados del siglo XIX ya se conocían 63 elementos, pero los

químicos no se ponían de acuerdo sobre la terminología y cómo ordenarlos. Para resolver estas cuestiones se organizó en 1860 el primer Congreso Internacional de Químicos en Karlsruhe (Alemania), una reunión que resultaría trascendental.

Allí el italiano **Stanislao Cannizzaro** estableció de forma clara el concepto de peso atómico (masa atómica relativa de un elemento) en el que se inspirarían tres jóvenes participantes en el congreso (William Odling, Julius Lothar Meyer y **Dimitri Ivánovich Mendeléiev**) para crear las primeras tablas.

La de Mendeléiev fue la más rompedora al hacer predicciones y dejar huecos de elementos que se descubrirían después, como el galio (1875), el escandio (1879),

La tabla periódica más grande del mundo está en la fachada de la Facultad de Química de la Universidad de Murcia. **IMAGEN UM**

«Llevo pensando en esto desde hace 20 años, aunque creas que estaba sentado y de repente... ya está», explicó Mendeléiev

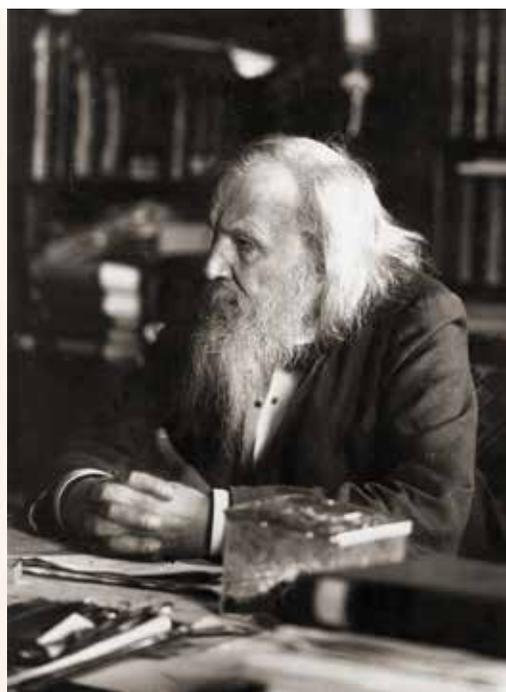


Tabla periódica original y su autor, Mendeléiev. IMAGEN Wiki

el germanio (1887) y el tecnecio (1937). Para algunos autores, la versión definitiva de la tabla se consiguió gracias a la ley periódica que presentó el británico **Henry Moseley** a comienzos del siglo XX.

**¿Cuándo completa Mendeléiev su tabla?**

La fecha oficial –tomada como referencia para el aniversario de 2019– es el 1 de marzo de 1869, según el calendario gregoriano, porque según el calendario juliano utilizado en Rusia en aquella época sería el 17 de febrero, como aparece en su documento titulado *La experiencia de un sistema de elementos basados en su peso atómico y similitud química*.

Cuenta la leyenda que la idea del sistema periódico de los ele-

mentos le vino aquel día a Mendeléiev durante un sueño, pero el químico ruso replicó una vez: «Llevo pensando en esto desde hace 20 años, aunque creas que estaba sentado y de repente... ya está».

**¿Quién promueve la celebración del Año Internacional de la Tabla Periódica?**

La Asamblea General de Naciones Unidas es la que proclamó 2019 como Año Internacional de la Tabla Periódica de los Elementos Químicos (IYPT2019), gestionado y promovido a través de la UNESCO.

Entre los ponentes de su ceremonia de apertura, el 29 de enero en París, están el químico británico **Sir Martyn Poliakoff**,

muy popular por sus vídeos en Youtube y el que propuso inicialmente organizar el IYPT2019 a la profesora rusa **Natalia Tarásova**, mientras fue presidenta de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) en 2016.

La IUPAC, que también celebra en 2019 su propio centenario, es otra de las organizaciones que apoya esta iniciativa. Es la autoridad mundial en nomenclatura química, la encargada de denominar los nuevos elementos de la tabla periódica de forma oficial.

Otras asociaciones que promueven el IYPT2019 son la Unión Internacional de Física Pura y Aplicada (IUPAP), la Sociedad Europea de Química (EuChemS), el Consejo Internacional para la Ciencia (ICSU), la Unión Astronómica Internacional (IAU) y la Unión Internacional de Historia y Filosofía de la Ciencia y la Tecnología (IUHPS).

#### ¿Cuántos elementos han descubierto los científicos españoles?

Tres, o dos y medio: el **platino** (Pt), el **wolframio** (W) y, a medias según algunos autores, el **vanadio** (V). El naturalista y militar **Antonio de Ulloa y de la Torre Giral** descubrió el platino en América, en la región de Esmeraldas (entre Colombia y Ecuador), un preciado elemento que describió en 1748.

Medio siglo después se dio a conocer el **wolframio**, el único elemento aislado en España, un logro alcanzado en 1783 por los hermanos **Juan José y Fausto Delhuyar** en el Real Seminario Patriótico Bascongado de Bergara (Guipúzcoa).

Finalmente, en 1801 el científico hispano-mexicano **Andrés Manuel del Río Fernández** en-

contró el elemento 23 (el que tiene ese número atómico en la tabla periódica) en una mina de plomo mexicana. Lo llamó eritronio (entre otros nombres) por tornarse rojizo al calentarse y entregó unas muestras a su amigo **Alexander von Humboldt** para que las analizara el químico francés **Hippolyte Victor Collet-Descotils**. Este, equivocadamente, le respondió que era un compuesto de cromo, así que pensó que su descubrimiento era erróneo.

Tres décadas más tarde, en 1830, el químico sueco **Nils Gabriel Sefström** redescubrió el colorido elemento y lo denominó **vanadio** en honor a la diosa de la belleza Vanadis de la mitología escandinava. Al año siguiente, su colega alemán **Friedrich Wöhler** confirmó que se trataba del mismo elemento que ya había encontrado Del Río.

#### ¿Alguna mujer ha descubierto un elemento químico?

Más de una. La más conocida es **Marie Curie**, científica polaca nacionalizada francesa que recibió un premio Nobel en 1903 (de Física) y otro en 1911 (de Química) por el descubrimiento del **polonio** (Po) y el **radio** (Ra), pero hay más.

Las físicas austriacas **Berta Karlik** y **Lise Meitner** descubrieron, respectivamente y en colaboración con otros investigadores, el astato (At) y un isótopo del **protactinio** (Pa).

Por su parte, la química y física alemana **Ida Noddack** identificó el **renio** (Re) y la química francesa **Marguerite Perey** descubrió el **francio** (Fr). Algunas de las actividades del Año Internacional de la Tabla Periódica recuerdan las aportaciones y el ejemplo que dieron estas científicas.

---

La de Mendeléiev fue la tabla más rompedora al hacer predicciones y dejar huecos de elementos que se descubrirían después

# Recién nacidos cada vez más sanos: ¿la medicina acabará con las anomalías congénitas?

---

PABLO FRANCESCUTTI | 12 ENERO 2019

En España, el porcentaje de malformaciones congénitas ha caído a menos de la mitad desde 1980, según los nuevos datos inéditos de un estudio pionero comenzado en 1976. El diagnóstico prenatal, los cuidados durante la gestación y la interrupción voluntaria del embarazo son algunas de las razones del descenso. Sin embargo, a pesar de los avances, los expertos descartan que se puedan eliminar por completo.



Bebé recién nacido. IMAGEN PDP

## La caída más pronunciada afecta a la espina bífida, que se redujo de 4,73 a 0,48 casos por cada diez mil nacimientos

El porcentaje de bebés nacidos en España con defectos congénitos ha descendido del 2,2 % contabilizado en el periodo 1980-1985 al 0,96 % registrado en el año 2015. Se trata del valor más bajo desde que el **Estudio Colaborativo Español de Malformaciones Congénitas (ECEMC)** comenzó a llevar la cuenta de tales nacimientos. En los 35 años transcurridos se viene observando una continua disminución de la frecuencia de distintas clases de anomalías presentes en los bebés nacidos vivos o muertos.

A escala mundial, entre el 3 y el 6 % de los recién nacidos padece algún defecto congénito. Algunas de las afecciones más frecuentes en España son las **cardiopatías** (1,42 por cada mil nacidos), el **síndrome de Down** (0,56), la **reducción de extremidades** (0,36), el **labio leporino** (0,33) y la **espina bífida** (0,05). Con menor

frecuencia se dan afecciones como atresias de esófago y de duodeno, entre otras, de acuerdo con los datos suministrados a SINC por **Eva Bermejo**, coordinadora del ECEMC.

En el periodo estudiado, **las caídas más pronunciadas se notan en espina bífida**, que bajó de 4,73 a 0,48 casos por cada diez mil nacimientos; en el síndrome de Down (de 14,78 casos a 5,15); en el labio leporino (de 6,49 a 2,57) y en la reducción de extremidades (de 7,11 a 3,86).

**UN REGISTRO PIONERO** El citado estudio epidemiológico se puso en marcha en 1976 al calor de dos hechos de gran trascendencia: los daños causados por la **talidomida** a miles de bebés en todo el mundo y la sustitución de las infecciones y la desnutrición como primera causa de mortalidad infantil en España por los defectos

Este estudio pionero se puso en marcha en 1976, después de los daños causados por la talidomida en bebés

El mayor descenso en la serie histórica se produjo después de la legalización del aborto en los tres supuestos de la ley de 1985

congénitos, en línea con los países desarrollados.

Liderado desde el Centro de Investigación sobre Anomalías Congénitas (CIAC), que se aloja en el Instituto de Salud Carlos III de Madrid, el ECEMC «ha monitorizado más de tres millones de nacimientos en unos 160 hospitales, con una cobertura media próxima al 20 % del total en España», indica su responsable. Solo incluye las malformaciones detectadas en los dos o tres primeros días de vida, pues el resto se conoce con el correr de meses o años y puede afectar al 3-6 % de la población.

**EL DIAGNÓSTICO PRENATAL, CLAVE** «Sin lugar a dudas, uno de los factores responsables de la caída en las anomalías congénitas es el **diagnóstico prenatal**», afirma la doctora Bermejo. La accesibilidad y fiabilidad de las ecografías y otras pruebas como el **triple screening**, el cariotipo del bebé obtenido a través de **amniocentesis y biopsia corial**, y los recientes test no invasivos de **ADN fetal en sangre materna**, suministran a los futuros padres y madres información clave de cara a la toma de decisiones.

«Otro factor muy importante es la interrupción voluntaria del embarazo», añade la investigadora. Señala que el mayor descenso en la serie histórica se produjo precisamente después de la **legalización del aborto** en España en los tres supuestos contemplados en la ley de 1985: alteraciones fetales graves, riesgo para la salud de la madre y que el embarazo sea resultado de una violación.

Entre las embarazadas que deciden continuar con la gestación de un feto con anomalías

congénitas, algunas recurren a las **intervenciones intrauterinas**, cada vez más precisas y eficaces (la cirugía fetal corrige determinadas situaciones de espina bífida o de hernia diafragmática). Otras dejan que las cosas sigan su curso y apuestan por asistir al neonato con recursos terapéuticos que mejoran la esperanza y calidad de vida de muchos afectados.

Otro asunto clave es «la concienciación sobre la importancia de los **cuidados prenatales**», comenta la experta del CIAC. La reducción en los casos de espina bífida, en concreto, se debe en buena medida a la alimentación rica en **ácido fólico** y la suplementación con esa vitamina durante el embarazo.

Ha ayudado que las gestantes adoptasen medidas elementales de precaución, como la **supresión del consumo de alcohol y tabaco** (favorecida por la introducción de una legislación más restrictiva), el **control de la diabetes crónica** y gestacional, evitar la **exposición ambiental** a sustancias peligrosas y prestar una mayor atención a la **cobertura vacunal** (la inmunización contra la rubéola, en particular).

**EL FUTURO** ¿Hasta dónde llegará la reducción de las anomalías congénitas? La pregunta ha quedado planteada en Islandia, donde prácticamente todas las mujeres interrumpen la gestación en caso de detectarse en sus fetos el síndrome de Down. Esta práctica llevó al genetista **Kari Stefansson** a declarar a la CNN: «Casi hemos erradicado el síndrome de Down y difícilmente podría nacer en Islandia un niño con él». En nuestro país, **Down España**, una asociación consagrada al bienestar de los afectados

La extensión del diagnóstico genético preimplantacional a todas las fecundaciones *in vitro* disminuiría aún más las cifras

Para la coordinadora del estudio es esencial la prevención primaria: cambiar de hábitos antes del embarazo para evitar que se produzcan malformaciones

por ese trastorno, alerta que, de mantenerse la tendencia actual, puede ocurrir lo mismo en un plazo de quince años.

Los expertos no lo ven así. **Lluís Montoliu**, investigador del Centro Nacional de Biotecnología (CNB), considera que en Islandia esa situación ha sido posible por el pequeño tamaño de la población. Y además advierte: «El síndrome de Down es más complejo de lo que se cree».

Por su parte, Bermejo pronostica que en los próximos años la prevalencia de las anomalías congénitas dependerá de la interacción de tendencias contrapuestas.

A favor de su disminución interviene el **diagnóstico genético preimplantacional** que se puede realizar en las terapias de fecundación *in vitro*. «Su extensión conllevaría la disminución del número de recién nacidos con malformaciones y enfermedades congénitas», prevé **Rubí Rodríguez Díaz**, profesora de ginecología de la Universidad de La Laguna. El test del ADN del embrión detecta la fibrosis quística u otras patologías provocadas por fallos de un gen particular.

Estas pruebas, valora Montoliu, resultan «muy adecuadas para parejas que han tenido un primer hijo con defectos genéticos y quieren atajarlos en el segundo». Tienen el inconveniente de que «no están al alcance de todo el mundo». Además, es difícil detectar las mutaciones *de novo*, que ocurren en el embrión sin que existan antecedentes en los padres.

**MÁS VIEJOS, MÁS RIESGOS** En contra de la tendencia descendente juegan diversos factores. Por un lado, «cabe esperar un aumento de las anomalías identificadas debido

al **refinamiento** del diagnóstico, que nos permitirá encontrar trastornos que hoy no vemos», señala Bermejo. A ello se añaden los flujos migratorios; los nuevos **medicamentos** (este año, el Ministerio de Sanidad restringió el uso de 19 fármacos en gestantes por su peligrosidad para el feto) y la **edad parental**.

Aunque es cierto que la madurez comporta un mayor cuidado del embarazo, «cuanto más viejos son los padres, más riesgos físicos se corren», indica. Y la profesora Rodríguez Díaz puntualiza que la mayor prevalencia de anomalías cromosómicas se da en las madres mayores de 39 años.

Los riesgos se incrementan cuando las parejas recurren a la **reproducción asistida**: «Sus usuarios pueden padecer problemas genéticos causantes de esterilidad, que se reflejarán en la salud del feto. Además, la manipulación del embrión en el laboratorio puede repercutir negativamente», añade Bermejo.

La coordinadora del EMC enfatiza la necesidad de «seguir investigando sobre sus causas para tratar de prevenirlas antes de que se produzcan, lo que llamamos **prevención primaria**». Una de las normas preventivas más eficaces es la **planificación del embarazo**, de manera que tanto el hombre como la mujer actúen con antelación evitando exposiciones nocivas y procurando adoptar hábitos saludables».

Por todo lo expuesto, Bermejo no avizora, hoy por hoy, una reducción a cero de las anomalías. Montoliu se expresa en la misma dirección: «Es iluso pensar que van a desaparecer, solo podremos disminuir su impacto. Vamos a convivir con ellas».

MANUEL FRANCO, INVESTIGADOR PRINCIPAL DEL PROYECTO HEART HEALTHY HOODS

# «Debemos organizarnos como sociedad para mejorar nuestra alimentación»

---

VERÓNICA FUENTES | 19 ENERO 2019

Está decidido a mejorar la salud urbana implicando a los ciudadanos. El epidemiólogo ha demostrado que la propia ciudadanía puede diseñar recomendaciones de políticas públicas junto con los investigadores y los ayuntamientos. El acceso a una dieta barata y sana, la cercanía de parques donde hacer ejercicio y un transporte activo nos puede cambiar la vida.



En la imagen, el investigador Manuel Franco. IMAGEN Olmo Calvo, SINC

El equipo de **Manuel Franco**, profesor de Epidemiología la Universidad de Alcalá en Madrid y la Escuela de Salud Pública Johns Hopkins (EE UU), analiza qué características de las ciudades son más o menos sanas y qué se podría hacer para **optimizar la salud en las urbes**.

Su proyecto Heart Healthy Hoods ha sido financiado por el Consejo Europeo de Investigación para estudiar cómo las características urbanas se relacionan con las enfermedades crónicas.

En estos trabajos, principalmente cuantitativos, han aplicado la metodología participativa de **ciencia ciudadana Photovoice**. El primer Photovoice del equipo de Franco se realizó en **Villaverde** –distrito del sur de Madrid, con niveles socioeconómicos bajos–.

Luego han continuado estudiando cómo la ciudad se relaciona con la actividad física en **Chamberí** –distrito del centro de Madrid, con un universo socioeconómico alto–.

¿Cuáles son las diferencias con respecto al entorno urbano y la actividad física entre ambos distritos? Es muy interesante que en ambos distritos se destacara la **falta de parques** para poder utilizarlos como lugar de actividad física. Mientras el problema en Chamberí es que hay muy poquitos, en Villaverde no es que haya pocos, sino que están en mal estado.

Otro de los factores que se analizaron fue la utilización de los recursos públicos de los centros deportivos. En Chamberí el problema es que el centro está abarrotado, hay una lista de es-

«La propia sociedad puede llevar a cabo regulaciones para hacer más asequibles y accesibles los alimentos sanos»

pera enorme y es relativamente caro; y en Villaverde los precios son muy altos y las familias no siempre pueden asumirlo.

Contar con la ciudadanía es muy interesante desde el punto de vista de la **salud urbana** porque te da información que sin su ayuda desconocerías.

#### ¿La traslación de los resultados a las políticas es más cercana?

Nosotros estudiamos cómo está construida y quién vive en la ciudad, qué recursos hay y cuáles son las normas y los comportamientos con respecto a la **salud cardiovascular**. Y son los propios vecinos los que nos cuentan.

Al ser un proceso participativo en el que los ciudadanos colaboran con nosotros, hay veces que nunca termina porque siempre aparecen ideas nuevas. Y se llega incluso a un procedimiento muy interesante en el que la ciudadanía diseña **recomendaciones de políticas públicas** junto con los investigadores y los políticos locales.

La colaboración entre sociedad, investigadores y técnicos y decisores políticos es clave para mejorar la salud de la población y **reducir las desigualdades**.

#### ¿Cómo las pequeñas acciones en la ciudad pueden cambiar la salud de las personas?

El tema de la salud urbana se está trabajando cada vez más en todo el mundo. Nosotros estamos sacando muchos datos sobre alimentación, actividad física, alcohol y tabaquismo.

Hay evidencia muy interesante de otros países que muestra cómo el modo en el que te transportas (el llamado **transporte activo**) se relaciona directamente con el

peso corporal y con el riesgo de enfermedades crónicas.

En el estudio Heart Healthy Hoods (HHH) en Madrid acabamos de publicar un artículo sobre cómo el dinamismo de los barrios en términos sociales y demográficos afecta al riesgo de diabetes. La **diabetes** hoy en día es una de las enfermedades metabólicas más importantes. Además, aumenta el riesgo de tener otras patologías asociadas.

#### ¿Y la importancia de regular los hábitos de alimentación?

En 2013 publiqué un artículo en el *British Medical Journal*, realizado en Cuba, sobre cómo reducir cinco kilos el peso en toda la población podría disminuir un tercio la mortalidad por enfermedad coronaria.

Este trabajo analizó la relación entre los cambios de peso y la enfermedad coronaria, el ictus y la diabetes en los ciudadanos cubanos durante los últimos 30 años y reveló que las intervenciones poblacionales pueden ser muy eficaces a la hora de prevenir las enfermedades cardiovasculares y la diabetes.

Esto nos enseña, por una parte, cómo la sociedad puede llevar a cabo regulaciones para hacer más asequibles y accesibles los **alimentos sanos** y menos los no sanos. Si alguien compra todos los días fruta y verdura, cocina en casa y sigue una dieta mediterránea, le resulta mucho más barato que si se dedica a comprar garreras fuera.

Pero no todas las personas tienen la capacidad de cocinar o saben lo que es una **dieta mediterránea**. Eso es todavía muy complejo, pero es donde tenemos que llegar; cada vez hay más agentes implicados y más interés científico en ello.

---

«Contar con la ciudadanía para mejorar la salud urbana te da información que sin su ayuda desconocerías»

Además, está el conseguir aumentar la **actividad física**. Y esto tiene que ver directamente con el transporte, los parques, las calles y con la disponibilidad de lugares para caminar, correr, montar en bici...

**¿La clave está entonces en cómo gastamos la energía?**

Estas cosas son esenciales para la salud de la población, sobre todo en centros urbanos. Y tiene que ver con lo que publicamos sobre Cuba. De 1991 a 1995, el país sufrió una terrible crisis económica. Así, los cubanos pasaron a depender de sí mismos para desplazarse por la práctica anulación de los medios de transporte públicos y privados.

El mismo tiempo y de manera paulatina y sostenida se redujo considerablemente la **ingesta calórica per cápita** (de 3.000 calorías diarias a 2.200). Como consecuencia, se produjo una pérdida de peso generalizada.

Lo excepcional del trabajo es la comparación con los años posteriores, cuando la crisis terminó y los cubanos volvieron a ganar peso. En esos años (entre 1995 y 2010), la población aumentó su peso en una media de nueve kilos y la prevalencia de diabetes se disparó desde 1997. Fue un efecto rebote. La ganancia de peso se relacionó con un incremento de la mortalidad por enfermedad coronaria.

**¿Cómo se encuentra España en la disponibilidad de los alimentos más saludables y en la promoción de la actividad física?**

Todavía no estamos muy avanzados y es un factor fundamental. Por ejemplo, sabemos que, igual que en el tabaco, la mejor manera

de regular el consumo de algo es su precio. Ya hay evidencia de cuál ha sido el efecto de la **subida de impuestos sobre las bebidas azucaradas** en un país tan importante y tan grande como México, que era un gran consumidor y tenía índices altos de diabetes y obesidad.

Allí se ha demostrado que subiendo los impuestos a las bebidas azucaradas disminuye su consumo, especialmente en las **poblaciones más vulnerables** (como la más joven, que suele tener más limitaciones económicas). Esto tiene un impacto muy grande en salud pública.

**¿Hay ya medidas en marcha para regular lo que se come?**

Londres está empezando a regular en las zonas próximas a colegios e institutos qué tipo de establecimientos se pueden abrir. Ahora no puede haber establecimientos de **comida basura** en aproximadamente media milla (unos 800 metros). Esto no lo hacemos en España y la situación en Madrid es muy clara. Alrededor de los colegios y los parques se congregan un montón de establecimientos donde este tipo de comida está disponible y es muy accesible.

Las ciudades también pueden regular lo que se consume no solo dentro de los colegios, sino también de los lugares de trabajo. En los grandes edificios mucha gente come lo que hay en las **máquinas de vending**. Pero ¿por qué siempre tienen que ser de metralla? Ahora mismo ya hay algunas saludables. Y se podría regular que hubiera un porcentaje de comida saludable obligatorio, o incluso el 100 %. No me cabe la menor duda de que este es el camino.

«Alrededor de colegios y parques, en Madrid se congregan un montón de establecimientos donde la comida basura es muy accesible»

# Científicos que publican un estudio cada cinco días: ¿son realmente sus autores?

MÓNICA G. SALOMONE | 02 FEBRERO 2019

Sorprendente pero cierto. Hay 265 investigadores, entre ellos dos españoles, que generan más de 73 *papers* al año, según un análisis en *Nature*. ¿Lo logran estirando el concepto de autoría? ¿Merece alguien firmar por haber puesto recursos o solo por supervisar? Para algunos, estos fenómenos alertan de injusticias en la atribución de méritos y de la perversión del sistema de evaluación.

«Esto hay que repetirlo», suele decir el químico **Damiá Barceló**, profesor de investigación del CSIC y director del Instituto Catalán de Investigación del Agua (ICRA), si ve algo «muy llamativo» en los trabajos de su grupo. Barceló explica a SINC que, cuando firma un trabajo, realmente lo supervisa y se hace responsable. Y señala que, como editor de la revista *Science of the Total Environment*, «estas cosas de la autoría las miramos con cuidado».

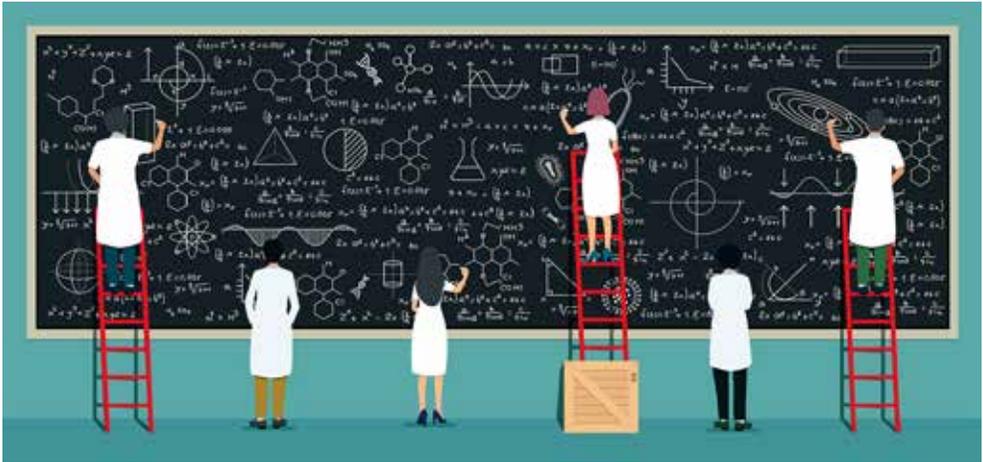
Barceló, experto en detección de contaminantes en agua, es el científico español más productivo

según un análisis de las publicaciones en Scopus publicado en *Nature*. Entre los años 2000 y 2016, ambos incluidos, publicó 797 *papers* –artículos en revistas y en conferencias, pero no cartas al editor–. En 2015 firmó 74 trabajos, así que cumple la condición establecida en el análisis en *Nature* para ser considerado **hiperprolífico**: quienes, durante al menos un año, publican más de una *paper* cada cinco días.

Hay otros 264 investigadores en ese grupo, entre ellos, otro español, **Luis Alberto Moreno**, catedrático de la Universidad

de Zaragoza, experto en nutrición y obesidad infantil. Moreno, investigador principal del grupo GENUD, es autor de 535 *papers* en los 17 años estudiados, una productividad que él atribuye, sobre todo, a su liderazgo en grandes proyectos internacionales.

Entre los hiperprolíficos hay una treintena de investigadores que firmaron **más de un millar** de publicaciones en ese periodo. El récord es del experto en materiales **Akihisa Inoue**, exrector de la Universidad Tohoku, en Japón, con 1.680 publicaciones –en 2007 publicó 223–. De siete tuvo



La presión de los científicos por publicar muchos estudios, debido a un sistema de evaluación de méritos que valora la carrera investigadora al peso, ha inflado las listas de autores de los artículos. **IMAGEN** Adobe Stock

Los responsables del análisis no quieren acusar a nadie, sino promover la reflexión «sobre qué significa la autoría científica»

La autoría es la moneda que da más posibilidades de acceder a puestos de trabajo y a fondos para investigar

que retractarse porque copiaban trabajos ya publicados.

Pero los autores del análisis, liderado por el médico del Meta-Research Innovation Center de la Universidad de Stanford (California, EE UU) **John P. A. Ioannidis**, niegan querer sacar los colores a nadie: «**No tenemos pruebas de que estén haciendo nada inapropiado**. Hay miembros de grandes consorcios que pueden cumplir los criterios de autoría en muchas publicaciones». Su objetivo es promover la reflexión «sobre qué significa la autoría científica». El propio Ioannidis firma unos 50 artículos al año.

Aclarar **qué es ser autor** no solo es importante para el ego. La autoría «es la moneda en el ámbito académico», dice Ioannidis. Ser rico en esta divisa da más posibilidades de acceder a puestos de trabajo y a fondos para investigar. Y, sin embargo, pese a su importancia, el concepto de autor parece ser fluido: «Algunas áreas funcionan con una definición propia», escriben Ioannidis

y sus coautores. «Una **definición laxa de la autoría**, unida a la desafortunada tendencia a **reducir las evaluaciones al conteo de papers**, genera confusión en la asignación del crédito».

Del análisis de los hiperprolíficos **se ha excluido a los físicos**, cuyas publicaciones tienen a menudo miles de coautores. También a autores de **China y Corea**, porque Scopus no los diferencia bien. Según los datos de *Nature*, de los que quedaron (265), entre la mitad y dos tercios son de **ciencias de la vida** y trabajan en 37 países.

En **Estados Unidos** es donde hay más hiperprolíficos, pero también donde más se publica. En cambio, **Alemania y Japón**, en segundo y tercer puesto, están sobrerrepresentados. También **Malasia y Arabia Saudí**, algo atribuible a que en estos países el hecho de publicar se incentiva económicamente.

**VEINTE VECES MÁS HIPERPROLÍFICOS AHORA** Es llamativo que el número de autores hiperproductivos se

---

No solo se detecta un gran aumento del número de autores hiperprolíficos, sino también de trabajos con muchos autores

---

La tendencia a saltarse las recomendaciones se relaciona con grandes colaboraciones y con la importancia de construir relaciones sociales

multiplicó por veinte entre 2001 y 2014 –el total solo aumentó 2,5 veces–, algo que casa bien con otra observación: el número de autores por trabajo también crece. Ambos fenómenos hacen levantar la ceja. ¿Por qué ocurren y con qué consecuencias? ¿Habrá que ponerles coto?

Lo primero es aclarar **qué se entiende por autor**. Hay varios criterios, emitidos por organismos como el Comité Internacional de Editores de Revistas Médicas (ICMJE) o los Institutos Nacionales de Salud estadounidenses (NIH).

Todos coinciden en que las contribuciones deben ser «significativas». **Aportar fondos o recursos, o ser mentor del primer firmante** no da derecho a firma. No hay acuerdo en que todos los autores deban poder defender la totalidad del trabajo.

Pero todos los criterios tienen algo en común: son teoría. Al final, la vida real impone sus propias normas. Todos los científicos consultados por SINC coinciden en que hoy ya es raro el ‘toro blanco’ (*white bull*), o en España ‘el mandarín’: ese catedrático que ejerce el **parasitismo científico** imponiendo el principio feudal de que **el ‘señor’ lo firma todo**. «Haberlos haylos, pero cada vez son menos y peor vistos», dice una investigadora que prefiere no aparecer nombrada en este reportaje.

Lo que sí abunda es la disparidad de criterios a la hora de conceder autoría y una cultura de ‘mejor pasarse de generoso’. Una encuesta sobre cuestiones de autoría realizada a 6.000 de los investigadores más citados en 25 áreas, y publicada el año pasado en *PLOS ONE*, revelaba que la tendencia a saltarse las recomendaciones «se relaciona

con **grandes colaboraciones** y con la importancia de construir **relaciones sociales**. Añadir personas que han hecho aportaciones imperceptibles se tolera más que excluir a quienes aportan contenido creativo».

Miles de encuestados admitieron seguir sus propios criterios. Los autores del análisis, liderado por el ingeniero químico **Gregory Patience**, del Polytechnique Montreal, en Canadá, concluyen: «Las listas de autores [por *paper*] crecen, así que las revistas exigen que todos aclaren su contribución; aun así los artículos siguen incluyendo a individuos con un aporte intelectual módico. En contra de las recomendaciones de los NIH, miles de investigadores optan por valorar también la supervisión y los comentarios al manuscrito. Pero las opiniones están polarizadas: quienes no reconocen casi nunca contribuciones como la supervisión son casi tantos como quienes las reconocen casi siempre».

**CRITERIOS DEMASIADO ESTRICTOS** Los investigadores consultados por SINC muestran, en efecto, diversidad de criterios. **Mercedes Robledo**, directora del grupo de Cáncer Endocrino Hereditario en el Centro Nacional de Investigaciones Oncológicas (CNIO), incluye como autores a los médicos que le envían muestras con datos clínicos. Su contribución puede no ser conceptual ni experimental, pero es indispensable. Al hacerles autores se les agradece con la moneda de la ciencia, algo que para Robledo es justo porque el sistema no prevé otra forma de recompensa: «Los criterios son tan estrictos que es difícil poder ajustarse a

ellos. Pero yo necesito motivar a los médicos».

Otros aluden a la dificultad de negar la autoría a quien la espera por haber cedido equipo o personal. «Solo un grupo grande puede permitirse entrar en guerras así», comenta un investigador.

Y en colaboraciones amplias, ¿se refleja bien la aportación de cada uno? La percepción de **Miren del Río**, experta en dinámica y producción de bosques mixtos en el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias (INIA), es que «cada vez firmamos más autores en los trabajos»; la decisión de a quién incluir no siempre es inmediata: «Si coordinas un proyecto, hay quien dice que solo por eso debes firmar siempre; otros son más estrictos».

**Manuel Collado**, director del laboratorio de Células Madre, Cáncer y Envejecimiento del Instituto de Investigación Sanitaria de Santiago (IDIS), ha presenciado más de una discusión no ya por firmar o no, sino hasta por el orden en que aparecen los autores. Opina que «el sistema no es perfecto en absoluto, pero es muy difícil cambiarlo». Por su parte, **Víctor de Lorenzo**, del Centro Nacional de Biotecnología (CNB), tiene claro que todos los autores «deben poder responder de la totalidad del trabajo». Ser autor supone compartir el mérito, pero también la responsabilidad si algo falla.

**¿A MÁS AUTORES, MENOS CRÉDITO?** Una pregunta relevante es: ¿hay que hacer algo para revertir la tendencia a la hiperproducción científica? Por lo pronto, varios han recordado que los responsables de grandes casos recientes de fraude –el físico **Jan Hendrik Schön** y el anesistiólogo **Yoshitaka Fujii**– tenían

una altísima productividad (falsa).

Y tanto Ioannidis como Patience señalan que las instituciones deberían tener en cuenta estas tendencias a la hora de asignar fondos o puestos. En su trabajo de los autores hiperprolíficos, Ioannidis concluye: «Hay pruebas de que el incremento en el número medio de autores por trabajo no refleja tanto la necesidad real de trabajar en equipo como la presión del ‘publicar o morir’. Las métricas de citas e índice de impacto deberían revisarse bajo esa óptica. Por ejemplo, si la regla fuera que a más autores, menos crédito, la multiautoría inmerecida se reduciría».

No es el único en apuntar a las **evaluaciones al peso** como causa de la **inflación de autores**. Entre los clásicos, una referencia es el biólogo Peter Lawrence, que en su artículo *La política de las publicaciones*, en *Nature* (2003) denuncia la «cultura anticientífica en que las habilidades políticas reciben demasiada recompensa, y demasiado poca los abordajes imaginativos y los resultados de calidad».

Respecto a cómo se consigue ser un autor hiperprófico, los autores del trabajo en *Nature* les preguntaron directamente y obtuvieron 27 respuestas. Muchos aluden a la participación en grandes colaboraciones; la eficacia –uno habla de «precrastinación»: hacer las cosas inmediatamente–; la falta de burocracia o la generosidad, tanto la propia, dando ideas a otros grupos –«ser un cuco que pone huevos fértiles en otros nidos rinde», afirma uno–, como la de otros.

No consta qué piensa la familia del científico que agradecía a su esposa el haberle «permitido» trabajar 80 horas semanales durante 35 años.

---

Algunos han presenciado más de una discusión no ya por firmar o no, sino hasta por el orden en que aparecen los autores

---

«Si la regla fuera que a más autores, menos crédito, la multiautoría inmerecida se reduciría», dice Ioannidis

# El bienestar en tu ciudad depende de cómo llegas a la oficina

LUCÍA TORRES | 19 FEBRERO 2019

En España, más del 60 % de los desplazamientos al trabajo se producen en vehículo privado motorizado. El tráfico generado dispara la contaminación en las ciudades. Alrededor de 44.000 muertes prematuras en nuestro país se asocian con la mala calidad del aire.

Solo el 14 % de los trabajadores utiliza el transporte público cada día para ir al trabajo

Nos encanta movernos en coche. Así lo refleja un sondeo de la Fundación PONS sobre los españoles ante la nueva movilidad de 2018, en la que el 71 % de los encuestados escogió el **automóvil** como su **principal modo de transporte** para acudir al trabajo y el 52 % lo nombró como alternativa favorita a su medio de movilidad habitual.

Aunque se empiezan a observar tendencias como compartir coche, el uso de la bicicleta o los vehículos de movilidad personal (**patinetes eléctricos**, monociclos, *hoverboards*, *segways*...), el automóvil privado motorizado continúa encabezando la lista de medios usados en España para trasladarse de la vivienda a la **oficina**.

Como indican los datos del Observatorio de Movilidad Metropolitana (OMM), más del 60 % de los trabajadores de 22 áreas españolas decide subirse al coche y moto cada mañana.

**UNA MALA COSTUMBRE** «Cada día se compran más coches y quien compra uno no asume los costes reales que tiene su uso, por lo que, ya que lo tiene, se va a trabajar en él», comenta a Sinc **Carlos Crisóstbal-Pinto**, experto de la Asociación Profesional de Técnicos en Movilidad Urbana Sostenible. Efectivamente, pese a haber estado inmersos en una profunda crisis económica, las matriculaciones no han parado de subir desde 2013, según la DGT.



A su vez, la venta de **alternativas eléctricas** también se ha disparado. El Observatorio Europeo de Energías Alternativas revela que la flota total de turismos de combustible eléctrico incrementó en un 30 % solo entre 2017 y 2018. Aun así, los datos no son comparables a los obtenidos anualmente por el combustible, pues el coche eléctrico supone todavía una opción insatisfactoria para muchos y resulta inalcanzable para una parte importante de la población. Menor autonomía, precios más altos y falta de puntos de carga son algunas desventajas, según las respuestas recogidas por la Fundación PONS.

Priorizar el transporte eléctrico en las ciudades sin duda conseguiría mejorar la calidad del aire, pero «no debemos ignorar que la

contaminación generada por las baterías, el ruido y el rozamiento de los neumáticos, al igual que las congestiones, la ocupación del espacio público y los accidentes seguirían existiendo», matiza Cristóbal-Pinto.

Del mismo modo, el protagonismo del **transporte público** aún está lejos de alcanzar los índices de popularidad del coche. Como indica el OMM, únicamente el 14 % de los trabajadores utiliza estos medios cada día para ir al trabajo. Según una encuesta del IDAE sobre hábitos y actitudes de los no usuarios habituales hacia el transporte público colectivo, tres millones de personas rechazan ir en metro o autobús por el bajo número de frecuencias, la lentitud del desplazamiento y el precio elevado del abono.

El uso de la bicicleta ha aumentado en los últimos años en las ciudades. Sin embargo, muchas personas consideran que este sigue siendo un medio de transporte peligroso para ir a trabajar. **IMAGEN SINC**

---

No hay síntomas de que la ciudadanía quiera superar la dependencia diaria del coche

La mayoría de las distancias recorridas son de menos de cinco kilómetros, por lo que muchos de estos trayectos podrían hacerse **a pie o en bicicleta**. Así lo demostraron expertos de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y de su centro de Investigación del Transporte (TRANSyT), quienes determinaron en 2018 que entre un 30 y un 40 % de los viajes en automóvil podrían hacerse en bicicleta. ¿Y por qué esto no sucede? Seguridad personal, falta de aparcamientos adaptados y de carriles bici, así como la propia condición física fueron las respuestas que recibieron en las encuestas.

A pesar de la lista de argumentos que empujan a los trabajadores hacia el coche, Cristóbal-Pinto muestra una opinión contraria: «Cada día hay un transporte público de mayor calidad, de uso más fácil y con vehículos más accesibles» señala el experto, y añade que, en cuanto al ciudadano, «falta concienciación de los efectos negativos del coche y de los beneficios en la salud de moverse a pie o en bicicleta».

**CIUDADES QUE ASFIXIAN** La evidencia ha demostrado que la contaminación atmosférica nos afecta incluso antes de nacer. «Se sabe que las embarazadas más expuestas tienen mayor probabilidad de un parto prematuro y de dar a luz a niños con bajo peso», explica a Sinc la investigadora **Bénédicte Jacquemin**, que estudia los efectos de la polución en la salud en el ISGlobal.

Acorde con Jacquemin, su compañera **Natalie Mueller** señala que «las personas más susceptibles de sufrir las consecuencias

del aire contaminado son las de mayor y menor edad».

Niños y ancianos padecen **más enfermedades** cardiovasculares y respiratorias, déficit en el desarrollo cognitivo y cánceres por culpa de los picos de contaminación y con mayor intensidad por culpa de una mala calidad del aire constante. El efecto es devastador y se refleja en la cifra de fallecimientos atribuidos, que ascendió a 38.600 muertes al año en España en 2015.

Algo parecido ocurre con el ruido del tráfico. «Los niveles constantes de **contaminación acústica** se asocian con estrés, molestias, trastornos del sueño, alteraciones cognitivas y enfermedades cardiovasculares», constata **María Foraster**, especialista en ruido y salud de ISGlobal. Según las estimaciones de su instituto, el ruido en las urbes es culpable de unas 72.000 hospitalizaciones y 16.600 muertes prematuras anuales en Europa.

Las tres investigadoras insisten en que gran parte de estos problemas se ven, además, agravados por la ausencia de espacios naturales y la falta de actividad física, ambos factores beneficiosos para la salud mental y física. «La cantidad de infraestructuras que precisa el tráfico –añade Mueller– no deja lugar a zonas verdes y azules (lagos, ríos y costas)».

Naciones Unidas, ante la situación de alarma, comunicó hace unos meses el estado de alerta por alta contaminación en diversos centros urbanos. Advirtió de que se prevé que las ciudades sigan creciendo y, con ellas, las consecuencias de un sistema urbano y de transporte deficitarios. En definitiva, según resume a Sinc **Isabel Marín**, pre-

---

La carga de enfermedad en las ciudades se debe a la relación que tenemos con el transporte y el trabajo

---

Cerca del 40 % de los centros profesionales se encuentran en un municipio distinto al de la vivienda de sus empleados

sidenta de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental, «si lo que queremos es un futuro con ciudades más saludables, ha llegado el momento de tomar medidas efectivas para la reducción del tráfico».

**SALVEMOS LAS DISTANCIAS** ¿Quién debe hacerse responsable de dirigir al trabajador hacia un medio de transporte más sostenible: administraciones, empresas o individuos? Marín cree que «la decisión última recae sobre el ciudadano». Sin embargo, por desgracia, la buena voluntad individual no siempre se ve apoyada por el entorno. Un gran defecto de las recientes políticas ha sido separar los lugares de residencia de los **parques empresariales**, creando áreas donde el espacio de tránsito del peatón se ha reducido al mínimo.

Cerca del 40 % de los centros profesionales se encuentran en un municipio distinto al de la vivienda de sus empleados, un porcentaje que es aún más alto para los habitantes de las áreas metropolitanas, según los datos de la última encuesta Movilia del Ministerio de Fomento.

Isabelle Anguelovski, investigadora en **justicia ambiental urbana** de la Universidad Autónoma de Barcelona, insiste en que se deberían tener más en cuenta fenómenos como la **gentrificación**. «Familias enteras –explica– no pueden acceder financieramente a la vivienda y se ven obligadas a vivir en el extrarradio, alejadas de los núcleos de trabajo». Anguelovski culpa de este problema a malas políticas y sugiere que estas áreas deberían estar apoyadas por un sistema de transporte público más denso.

La experta en urbanismo de la Escuela Superior de Arquitectura de la UPM Sonia De Gregorio coincide con Anguelovski en que se debería incentivar más el uso del transporte común y la bicicleta. Sin embargo, considera que «el camino hacia la sostenibilidad urbana es una ciudad de proximidad que localice a distancias razonables la residencia de los servicios».

«El protagonismo que ha tenido el coche en las últimas décadas –añade– tanto en la planificación de la movilidad como su presencia en el espacio público, está siendo revisado en la mayor parte de las ciudades».

El responsable de transportes del Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE), **Ángel Cediél**, considera que esta falta de implicación se debe a que «no existe obligatoriedad ni alicientes para hacerlo en las empresas». Sencillamente, se recomienda a las compañías tener un plan de movilidad al trabajo y un coordinador que gestione este eje a partir de los 400 empleados. Cediél insiste en que parte de la responsabilidad recae sobre estas entidades, quienes no están dando el suficiente apoyo a los empleados para escoger el medio de transporte más sostenible a la hora de acudir a la oficina.

Aunque se empiezan a tener en cuenta propuestas como el teletrabajo, el incentivo al uso de la bicicleta y el coche compartido, esta realidad se reduce a una minoría. «Es un problema de desconocimiento», señala Cristóbal-Pinto. «Ahora, son las administraciones las que tienen que liderar y, con el paso del tiempo, las empresas deberán integrar este aspecto en su responsabilidad social».

---

Con el paso del tiempo, las empresas deberán integrar este aspecto en su responsabilidad social

# Los pueblos de Venezuela y España hermanados por la corea de Huntington

---

SERGIO FERRER | 02 MARZO 2019

A lo largo de la historia, los enfermos de húngington han sido tratados como poseídos, brujas o alcohólicos. El estigma social es la otra cara de este trastorno genético y, en pleno siglo XXI, aún pervive. Una región extremeña y otra venezolana son los lugares con una mayor prevalencia de España y el mundo, respectivamente. Hablamos con investigadores y médicos que han visitado estos lugares.

Uno de cada 10.000 caucásicos convive con la **enfermedad de Huntington**, un trastorno hereditario, degenerativo y mortal con síntomas motores, cognitivos y psiquiátricos. Pero esta cifra varía mucho según el estudio, población o continente que miremos. A veinte minutos en coche desde Cáceres encontramos el lugar con mayor prevalencia de España, con más de 30 casos entre sus 2.000 habitantes.

«Nos llamó una persona que decía que en su pueblo había mucha gente enferma», recuerda

el neurólogo del Hospital de la Santa Creu i Sant Pau (Barcelona) **Saúl Martínez Horta**. Debido a la insistencia decidió visitar el pueblo junto con varios colegas, donde vieron que la proporción de afectados era, en efecto, «tremenda».

Esta mayor incidencia no es rara en una enfermedad autosómica dominante. Todo paciente de Huntington es hijo de otro paciente, por lo que en poblaciones pequeñas y con poca variabilidad genética es normal que esto suceda. «La causa es la alta

---

Los habitantes del pueblo extremeño no quieren que se sepa su nombre, viven la enfermedad como un estigma



A la derecha, en la foto, el investigador Ignacio Muñoz Sanjuán, que con su ONG, Factor H, trabaja con las comunidades afectadas por el húnctington en Venezuela, Colombia, Perú y Brasil. A la izquierda, un paciente. **IMAGEN** Factor H

«Si ves a alguien por la calle con húnctington, piensas que está borracho, drogado o mal de la cabeza», explica la psicóloga Asunción Martínez

**endogamia**, hay apellidos que se repiten constantemente», comenta Martínez Horta. «Al parecer, todo viene de dos familias».

**Montserrat Gómez**, neuróloga del Hospital San Pedro de Alcántara (Cáceres), conoce bien el pueblo. «Hay unas 10 familias afectadas, 30 casos y 90 personas en riesgo. Es una barbaridad para la prevalencia normal del húnctington». Nos pide que no revelemos el nombre de la población debido a la mala fama que tiene la enfermedad: «No quieren sentirse como bichos raros, muchas familias lo han escondido».

Martínez Horta confirma que el pueblo vive la enfermedad «como una maldición», en pleno siglo XXI, y recuerda el caso de una joven atada a un sofá. «Nos pedían que no dijéramos

que íbamos a ir, porque entrar en una casa significaba que ahí había un paciente».

También asegura que existe mucha frustración porque «han visto morir a muchas generaciones de sus familias». Eso no significa que el pueblo reaccione con apatía ante el húnctington, pues se han unido para ser incluidos en el ensayo que iniciará la farmacéutica Roche.

Gómez asegura que el **número de casos en Extremadura** supera la media nacional. «En cualquier hospital español es fácil encontrar familias con húnctington de origen extremeño», explica Martínez Horta. «A los pocos meses de que el Hospital de Badajoz registrara pacientes, ya llevaban 200, cuando lo normal es que un centro de España vea 30 casos en toda su historia».



**LA OTRA CARA DEL HÚNTINGTON** A lo largo de la historia, los síntomas de la enfermedad de Huntington han sido confundidos con **posesiones demoníacas y alcoholismo**. Este recelo sobrevive en la actualidad. «Es una patología difícil de entender y eso hace que la comunidad se sienta avergonzada y se recluya», asegura **Asunción Martínez**, psicóloga de la Fundación Jiménez Díaz de Madrid e hija de una paciente.

«Nos gustaría que normalizaran sus vidas al máximo y fueran socialmente activos, pero la enfermedad conlleva mucha **discriminación**», lamenta. «Si ves a alguien por la calle con húnctington piensas que está borracho, drogado o mal de la cabeza. Sobre todo si, por su comportamiento desinhibido, te grita algo como ‘¿y tú qué miras!’». Martínez enumera las situaciones que han vivido los

pacientes: palizas, cárcel, ingresos en psiquiátricos... Su propio bisabuelo falleció en uno de estos centros.

La psicóloga explica que la **irritabilidad** y la **conducta obsesiva** y persistente son síntomas que, a diferencia de la depresión o la apatía, llaman la atención. Eso sí, deja claro que las agresiones no son comunes. «Un enfermo de húnctington te puede dar un cabezazo cuando te quiere dar un beso y, si no lo entiendes, crees que te ha pegado».

Martínez tiene un largo repertorio de anécdotas sufridas por los enfermos. Por ejemplo, relata el caso de un hombre que la llamó por un ataque de agresividad de su mujer. «El marido se había liado con otra y ella se puso hecha un basilisco, pero como era enferma de húnctington la consideraron agresiva e irritable y terminó en un centro».

Jhon Jairo Zuleta, paciente de húnctington, acompañado por su familia en su casa en Medellín (Colombia) en 2017. **IMAGEN** Luis Eduardo Noriega, EFE

«Hay enfermos atados en habitaciones para que la gente no los vea. Muchos acaban en la calle, donde mueren», dice Muñoz

«Algunos pacientes terminan en psiquiátricos, cuando es una enfermedad neurológica», dice Montserrat Gómez

A todo esto hay que sumar la **dependencia** que genera una enfermedad que aparece cuando el paciente todavía no ha cotizado lo suficiente. «Conozco un caso que cobra 200 y pico euros [de ayuda]». En ocasiones, los pacientes terminan en residencias para personas con discapacidad física y, en el peor de los casos, en psiquiátricos. Unos pocos lugares, como Mallorca y Barcelona, cuentan con residencias específicas.

«La enfermedad no se detiene nunca y es muy dura porque los pacientes pasan por locos y algunos acaban en psiquiátricos, cuando es una enfermedad neurológica», explica Gómez. «Falta especialización. Yo he detectado casos en la sala de espera que el neurólogo luego no ha visto», dice Martínez. Por eso, uno de los objetivos del **Grupo Europeo de Huntington** que dirige es mejorar la formación de los profesionales.

**POBREZA Y ENFERMEDAD, UN CÍRCULO VICIOSO** Para encontrar la mayor prevalencia de húnctington del mundo debemos viajar hasta la región de **Maracaibo** (Venezuela), donde incluso existen pacientes homocigotos —con las dos copias mal del gen lo que, extrañamente, no agrava la enfermedad—. El estudio durante veinte años de dos de sus poblaciones, **San Francisco** y **Barranquitas**, permitió a la investigadora **Nancy Wexler** identificar el gen culpable. Con entre un 30 y un 40 % de la población afectada, la pobreza extrema es la otra cara de este mal.

El vicepresidente de la sección de biología de la CHDI Foundation, Ignacio Muñoz Sanjuán, comprendió que las necesidades de los clústeres de Venezuela,

así como de los núcleos menos conocidos de **Colombia** (Juan de Acosta), **Perú** y **Brasil**, eran diferentes a las de los pacientes de países desarrollados. Así nació en 2012 el proyecto Factor H, hoy una ONG, al que dedica sus ratos libres y fines de semana.

«Teníamos que visibilizar la situación de estas comunidades», explica por teléfono un sábado a primerísima hora, mientras desayuna al otro lado del Atlántico. «Queremos usar el húnctington como razón para trabajar ahí, pero nuestros esfuerzos están dedicados a la mejora de todos, no solo de los enfermos». En sitios como San Francisco y Barranquitas, la enfermedad es también un problema social que afecta a todos sus habitantes.

Estas poblaciones no tienen apoyo institucional, recogida de basuras, sistema de alcantarillado, acceso a medicamentos, apoyo psicológico ni infraestructura alguna. Debido al factor incapacitante de la enfermedad, no hay una estructura familiar que ayude ni trabajo para los afectados: «El padre deja de trabajar a los 35 años, la mujer tiene que dejar su empleo para cuidarlo y los abuelos ya murieron por la enfermedad».

A esto hay que añadir un factor psicológico: «Sufren **aislamiento social y psicológico**. Los más jóvenes piensan que para qué van a estudiar, si se van a morir». El gen mutado está tan extendido que un 10 % de los casos son juveniles, la tasa más alta del mundo. «He visto familias donde ambos padres tienen la enfermedad. También niños que con diez años ya tienen síntomas».

«Son extremadamente pobres, la mayoría de pacientes come una vez al día y algunos nunca han

visto un médico», asegura Muñoz. «Soy consciente del precio que va a tener la **terapia génica** y de que la gente más pobre nunca va a acceder a ella. Me di cuenta de que era poco ético decir que trabajo en beneficio de los pacientes cuando estas iniciativas son, de momento, para países desarrollados».

**CUIDADO MÉDICO Y NUTRICIÓN** Ante esta perspectiva, Muñoz colabora con facultades de psicología que apoyen a pacientes y familiares, con ONG locales para establecer **microcréditos** que permitan a estas personas montar sus negocios, con programas de educación, becas para gente joven... «La única manera de mejorar sus condiciones es lograr que salgan de la pobreza».

En este sentido, el investigador destaca dos prioridades: cuidado médico para toda la comunidad y nutrición adecuada. «Hay que establecer un plan de desarrollo comunitario para que se cuiden a sí mismos», comenta. Su sueño es comprar un terreno en Colombia para crear un modelo de comunidad, «con farmacia, centro hospitalario, un centro educacional y terrenos para fomentar una industria local que genere productos para la exportación. Esa es la forma: crear un sistema autosostenible».

¿Llegarán a ver el ansiado fármaco cuyo ensayo clínico está a punto de empezar? «Si no les dan pañales, un medicamento que costará 400.000 euros al año...». No deja de ser irónico que las poblaciones venezolanas ayudaran con sus muestras a la identificación del gen del húnctington en 1993. «Serán los últimos que se beneficiarán», teme Muñoz.

# El robot social de Elche que se cruzó en Kansas con un niño autista

---

ANA HERNANDO | 02 ABRIL 2019

La *start-up* Aisoy Robotics desarrolla robots capaces de reconocer a la persona con la que interactúan y simular emociones. Su potencial en terapias para autismo fue constatado hace tres años por una enfermera de EE UU, madre de Juan. Ahora, preparan un estudio clínico en España para probar su eficacia en 50 hogares.



Juan y el robot de Aisoy Robotics en una imagen actual. **IMAGEN** Cortesía de Lisa Armstrong

Hace ya casi una década, el ingeniero informático José Manuel del Río fundó una *start-up* llamada Aisoy Robotics, ubicada en el Parque Científico de la Universidad Miguel Hernández (Elche, Alicante). «La idea era desarrollar **robots sociales** con **inteligencia artificial** a un precio asequible para ámbitos como la educación y acompañamiento de personas mayores», comenta a Sinc.

En colaboración con **David Ríos**, catedrático del Instituto de Ciencias Matemáticas (**ICMAT**) y director científico de esta empresa, crearon el primer modelo: Aisoy 1, que la firma denominó «el primer **robot emocional de consumo**».

Estos pequeños autómatas, de unos 22 centímetros de altura, ya van por su sexta generación. Sus últimas versiones son Aisoy KIK y Aisoy EMO. «Están basados

en **Raspberry Pi 3**, son fácilmente programables con Scratch y cuentan con sensores y actuadores por todo su cuerpo que les permiten recopilar información del entorno que les rodea y actuar sobre él», indica Ríos a Sinc.

Según explica Ríos, «han sido diseñados para desplegar **emociones** que se manifiestan en gestos y diferentes tonos de voz, y son capaces de mostrar alegría, tristeza e incluso humor. Además, hablan y entienden inglés, francés y catalán, y pueden almacenar experiencias en su memoria para responder de manera similar a como lo haría una persona».

Los robots de Aisoy Robotics, cuyos precios oscilan **entre los 300 y los 400 euros**, ya se están usando como herramienta de apoyo en más de cien centros educativos públicos y privados de España y otros países. Se han vendido unas 2.000 unidades en

En Aisoy Robotics no se habían planteado el uso de sus robots en terapias para niños con autismo hasta el éxito que tuvieron con Juan



Lisa Armstrong y su hijo Juan.  
**IMAGEN** Cortesía de Lisa Armstrong

Lisa Armstrong leyó un artículo que mencionaba el potencial de Aisoy 1 para ayudar a niños con TEA y compró uno de esos robots

el mundo a lo largo de estos años, según la firma.

José Manuel del Río señala que, en un principio, no se habían planteado que sus robots sociales pudieran ser usados en **terapias de niños con autismo** «por puro desconocimiento». Sin embargo, en 2015 «ocurrieron varias cosas que nos llevaron a plantearnos su posible utilidad en este ámbito», destaca.

Ese año se publicó un estudio que trataba sobre el uso de varios modelos de robots, entre los que se encontraba Aisoy 1 versión 4, como herramienta para ayudar a desarrollar **habilidades sociales** en niños con trastorno del espectro autista (**TEA**). El primer firmante del trabajo era el español **Jordi Albó-Canals**, experto en inteligencia artificial y robótica social, que actualmente trabaja entre Boston y España y es

investigador asociado en el **MIT** y la Universidad de Tufts.

**LISA Y JUAN** Entre las personas que leyeron ese artículo estaba **Lisa Armstrong**, una enfermera que vive en Humboldt (una pequeña localidad de **Kansas**), madre de un niño autista, que buscaba desesperadamente herramientas que pudieran ayudarla a comunicarse con su hijo.

«Por aquel entonces –cuenta Armstrong a Sinc por email– **Juan** tenía 11 años y yo estaba al borde de la desesperación. La terapia particular y los escasos medios de apoyo con los que contaba la escuela pública a la que asistía no le servían de mucha ayuda. Su comportamiento empeoraba cada día hasta tornarse agresivo».

Armstrong había leído otros estudios que hablaban de los

beneficios del uso de la robótica social en terapias para niños con TEA. «Pero muchos de los robots que se mencionaban no estaban disponibles para familias y los pocos que sí lo estaban tenían un precio muy fuera de mi alcance», explica.

En aquel momento, el único robot disponible en el mercado para personas no involucradas en investigaciones científicas era el NAO de la compañía japonesa SoftBank Robotics, que costaba más de 10.000 dólares (unos 9.000 euros).

Sin embargo, Aisoy 1, de la firma alicantina, tenía un precio que sí podía asumir. Lo compró por internet en una oferta por unos 300 dólares (**265 euros**) y lo programó ella misma.

«Fue toda una aventura aprender a programar el robot porque no tenía experiencia ni en programación ni en robótica. Pero, gracias a José Manuel del Río y su equipo, encontré la información y las herramientas necesarias para comenzar a escribir **programas sencillos**, usando Scratch con **bloques de código** preprogramados que te permiten arrastrar y soltar los bloques que controlan el robot en el orden que quieras».

Así fue como escribió su primera rutina, a la que llamó **Good talking Juan**. Armstrong recuerda emocionada la alegría que sintió cuando escuchó a su hijo repetir la palabra «hola» por primera vez. A través de los distintos programas individualizados que ha ido desarrollando con la ayuda del equipo de Aisoy Robotics, en especial del director de tecnología, **Pablo García**, ha logrado que el niño adquiriera **vocabulario** y sepa usar las palabras en ciertas situaciones.

«Juan es principalmente no verbal, pero con el uso del robot ha aprendido a repetir ciertas palabras clave y muestra que entiende su significado. Además, el robot ha ayudado a mi hijo a moderar su reacción ante sobreestímulos y emociones que lo superan. Sus rabietas antes podían durar horas y ahora, con el apoyo de un programa ‘calmante’ del robot, consigue tranquilizarse en cinco minutos», señala.

Sirviéndose del androide, también ha conseguido enseñar a Juan nociones básicas de matemáticas y **normas sociales**. Pero lo más importante, remarca, es haber logrado comunicarse con él. «No es mi voz a la que presta atención, sino a la del robot, pero el contenido es mío y considero a Aisoy 1 como un intérprete para poder conversar con mi hijo», dice Armstrong.

Ahora Juan tiene 14 años y su madre es quien se encarga de su educación en casa siguiendo un programa individualizado creado específicamente para él por los terapeutas. «Tengo la suerte de que la gerencia del hospital en el que trabajo me permite acogerme a turnos que son compatibles con mi vida familiar», subraya.

La relación que se estableció entre Lisa Armstrong y el equipo de Aisoy Robotics se hizo tan estrecha que la enfermera se ha convertido en la **distribuidora** de los robots de la empresa española en Estados Unidos, cuenta José Manuel del Río.

#### **HERRAMIENTAS DE APOYO EN LAS TERAPIAS**

«La experiencia de Lisa con nuestros robots y algunos otros casos puntuales nos han animado a entrar en el ámbito de las terapias de niños con autismo, en

---

Ella misma aprendió a programarlo con una serie de rutinas que ayudaron a Juan a comunicarse y decir sus primeras palabras

colaboración con expertos del Hospital Universitario Miguel Hernández», comenta Del Río.

Pero estos casos aislados no son estadísticamente significativos. Por ello –dice– «hemos encargado el diseño de un **estudio clínico** para probar la eficacia de Aisoy EMO y KIK como herramientas útiles en estas terapias».

Albó-Canals ha sido elegido por Aisoy Robotics para diseñar este estudio, en colaboración con investigadores de la Universidad de Tufts y la Universidad Técnica Federico Santa María (Chile).

Según explica el experto del MIT a Sinc, este estudio piloto explorará la viabilidad de utilizar los robots Aisoy «como una plataforma atractiva para impactar positivamente en el **desarrollo social y emocional** de los niños con TEA».

Si se consigue financiación, el ensayo se llevará a cabo en España en los hogares de **50 niños** con autismo. «El objetivo es usar el robot como un facilitador que cree interés y curiosidad en el participante para que se comunique con sus **familiares y amigos**».

Las ventajas de esta tecnología, según Albó-Canals, «radican en que ya hay experiencias positivas en algunos casos de niños con autismo y que es una plataforma con un precio asequible. Además, se pueden programar de manera sencilla con Scratch».

Por otro lado, añade, «se habla mucho del uso de robots que imiten la apariencia humana para estos tipos de terapias pero, en mi opinión, el tamaño de los autómatas Aisoy es muy interesante como **robots de sobremesa** que se pueden integrar en espacios diseñados para personas. Y su

apariencia, que es una mezcla entre máquina, animal y carácter animado, lo coloca en una muy buena posición de aceptación».

**LA COMPLEJIDAD DE LA COMUNICACIÓN HUMANA** Las terapias para niños y niñas autistas con robots «se iniciaron hace ya dos décadas», comenta a Sinc **Luis M. Martínez**, investigador del Instituto de Neurociencias de Alicante. «Los niños con este trastorno ven, oyen y sienten el mundo de manera diferente, lo que afecta a la forma en que interactúan con los demás. La comunicación humana tiene una gran complejidad, que implica la **mirada**, los **gestos**, los **tonos de voz**, que pueden transmitir alegría, tristeza, sarcasmo... lo cual es un gran reto para niños con TEA».

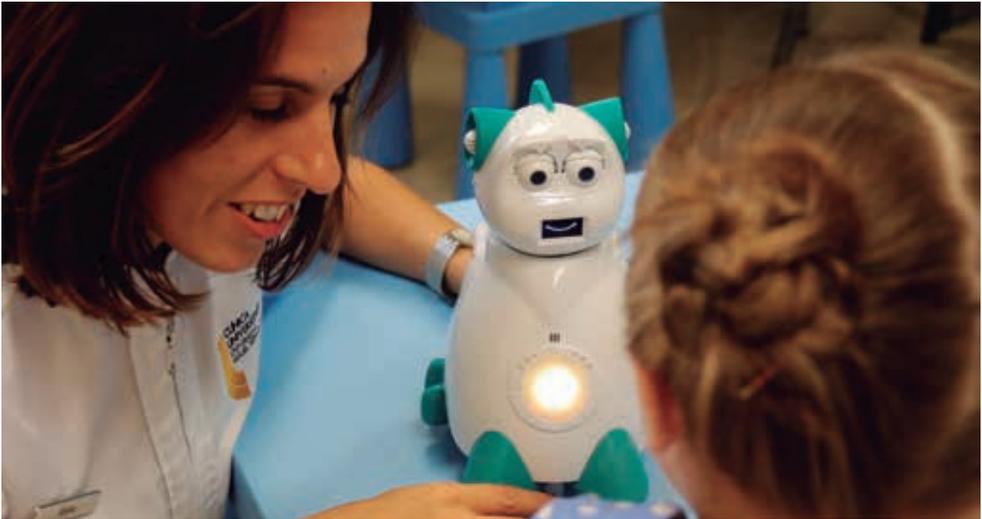
Los robots sociales –dice Martínez– «consiguen interactuar con estos niños de una manera más sencilla. Simplifican todo el proceso y se logra el objetivo porque no se sienten sobrepasados con una **avalancha de información** y, por tanto, están más cómodos».

Lo importante en este tipo de terapias, agrega, «es que en ellas se involucren tanto los **familiares** como los **terapeutas**, y que la comunicación no sea solo con el robot, porque de esa forma no se produce la transferencia y el aislamiento persiste».

Uno de los problemas hasta ahora era el acceso a estos robots por parte de las familias. Por ello, para Martínez «la tecnología asequible y sencilla de los robots Aisoy resulta muy interesante, al igual que el planeamiento del estudio, ya que se va a hacer en el **ámbito familiar** y no en una consulta o un laboratorio».

---

La empresa ha encargado el diseño de un estudio clínico para probar la eficacia de sus robots en 50 niños y niñas



**HABILIDADES SOCIALES** Hasta el momento, uno de los pocos estudios científicos con robots sociales en las casas de niños con TEA lo ha realizado un grupo de investigadores de la Universidad de Yale, liderados por **Brian Scassellati**, un profesor de Ciencias de la Computación y Ciencias Cognitivas en esta institución estadounidense.

El equipo de Scassellati probó robots autónomos en terapias con doce niños, en las que también participaron cuidadores y familias, media hora al día durante un mes. Los resultados se publicaron en la revista *Science Robotics* en agosto de 2018.

«Los robots se diseñaron para guiar a los niños a través de una serie de **juegos de habilidades sociales** con una programación que se adapta a las fortalezas y debilidades de cada uno de ellos, alterando la dificultad de las tareas para mejorar el aprendizaje», explica Scassellati.

Según el líder del estudio, «los niños mejoraron su atención incluso un mes después de que acabaran las sesiones. Además, adoptaron un comportamiento más social no solo con sus familias, sino también con otras personas».

José Manuel del Río comenta que el estudio que están preparando en España es «más ambicioso y con una mayor muestra de niños que el de la Universidad de Yale». Pero para llevarlo a cabo –añade– «necesitamos financiación que asuma parte de los gastos. Somos una compañía pequeña y solos no podemos».

Del Río y sus socios continúan en busca de ese patrocinio que les permita probar su androide de sobremesa en 50 hogares mediante un estudio clínico bien diseñado. Solo así sabrán si el tenaz trabajo de Lisa Armstrong y su hijo Juan con el pequeño robot Aisoy, que a ellos les ha cambiado la vida, podría servir de ayuda a más niños y niñas autistas.

Niña y terapeuta en una sesión con un robot Aisoy. **IMAGEN** Aisoy Robotics

«Para poder llevar a cabo nuestro estudio necesitamos financiación. Somos una compañía pequeña y solos no podemos», dice el fundador de Aisoy Robotics

# Los vecinos del pueblo alunizante

---

ENRIQUE SACRISTÁN | 24 DE ABRIL DE 2019

Fresnedillas de la Oliva desempeñó un papel fundamental en la llegada del primer ser humano a la Luna. Cerca de este pequeño pueblo madrileño, la NASA construyó una estación de seguimiento de vuelos espaciales donde llegó la señal del aterrizaje del módulo lunar y en la que trabajaron algunos de sus habitantes con el fin de poner su granito de arena en aquel gran paso para la humanidad.



La imagen, tomada en los años 60, muestra al fondo la antena de 26 metros, ya instalada. En primer plano, un jarando con el traje típico. **IMAGEN** Foto cortesía de Larry Haug/Honeysuckle Creek Tracking Station

La NASA llegó en los años 60 a este pequeño pueblo agrícola y ganadero para instalar una de las gigantescas antenas del programa Apolo

Cuentan que durante una de sus visitas a las instalaciones centrales de la NASA, el presidente John Fitzgerald Kennedy vio a un conserje barriendo y le preguntó por qué estaba allí. El empleado respondió sin dudar: «Señor, estoy ayudando a poner a un hombre en la Luna».

Igual que aquel conserje, miles de trabajadores y trabajadoras colaboraron desde abajo para que Neil Armstrong pudiera pisar la superficie lunar aquel legendario 20 de julio de 1969. Entre esas personas figuran varios jarandos, los vecinos del municipio madrileño de Fresnedillas de la Oliva.

Por entonces era un pequeño pueblo agrícola y ganadero, de unos 400 habitantes, al que había llegado la NASA cuatro años

antes para instalar una de las tres estaciones de seguimiento de los vuelos tripulados del programa Apolo. Las otras dos se localizaban en California (EE UU) y Camberra (Australia) para no perder la señal desde la Tierra en ningún momento.

Entre los huertos y las fincas donde se criaban vacas y cabras se construyó una gran antena de 26 metros de diámetro, además de los edificios donde más de un centenar de técnicos e ingenieros gestionaban las comunicaciones entre las naves espaciales y Houston. En aquellas modernas instalaciones también trabajaron algunos jarandos, la mayoría en labores de mantenimiento y servicios.

«Cafés, cafés y cafés, los americanos tomaban mucho café,



Consuelo Alonso trabajó en la cafetería de la estación entre los años 1967 y 1970. **IMAGEN** Foto cortesía de la antigua trabajadora

especialmente aquella noche», recuerda **Consuelo Alonso**, una de las vecinas del pueblo que estuvo de camarera en la estación entre los años 1967 y 1970. Durante aquella jornada histórica trabajó, como la mayor parte del personal, 22 horas seguidas.

«Los americanos eran buena gente, muy lista, con carrera y muy educados», dice Consuelo. «Comían pronto, entre las 11.30 h. y la 1 de la tarde, y bastante bien: hasta siete huevos con jamón y queso se tomaba uno. En el comedor cabían unas 50 personas. Había un mostrador con botones para mantener la comida caliente, una

máquina para pelar patatas y una gran pila para fregar los cacharros. Todo estaba muy bien organizado».

De modo confidencial comenta que oyó que los terrenos donde construyeron la estación «los pagaron bien pagados». En realidad, estaban situados en el término municipal de Navalagamella, pero los propietarios de las fincas eran de Fresnedillas. Esto generó más de un conflicto entre los dos ayuntamientos a la hora de reclamar la fama por su participación en la hazaña lunar. Al final, para no discutir, la NASA decidió que se llamara estación de Madrid.

«A mi abuelo le expropiaron parte de su huerto, que era su medio de vida; y mi padre, que por entonces era el alcalde, tuvo que luchar mucho para defender a Fresnedillas y facilitar todo lo que hiciera falta para que sus habitantes tuvieran un hueco en la base», comenta su hija, **María Nieves de la Peña**, que también entró con 17 años a trabajar en la cafetería de la estación.

«Me recogían en un *car pool*, vehículos compartidos en los que íbamos varios empleados –recuerda–. Luego servía café toda la mañana en el *coffee shop*, donde venían los técnicos antes de empezar a trabajar. Ellos tenían sus casas en Madrid. Nos entendíamos un poco en inglés y también en español, porque algunos eran hispanos. Como anécdota te puedo contar que en sus ratos libres jugaban al voleibol debajo de la antena. Yo los veía por detrás de las cristaleras».

En el momento que Armstrong pisó la Luna, María Nieves estaba en el centro de comunicaciones de la estación: «No lo entendía, pero al ver saltar a todos de alegría, supuse que todo había funcionado bien. Luego vimos las imágenes en la televisión que mis padres colocaron en la ventana. Cuando se acabó la conexión, la gente fue a celebrarlo por el pueblo, como hacemos los españoles. Los americanos solían organizar fiestas más formales (y aburridas) en el Escorial».

«La experiencia con la gente de la base fue muy buena –continúa–, personas estupendas conmigo. Sentí mucho no poder seguir, pero me casé con un técnico, el jefe de servicios generales de la planta de fuerza. Me convencieron de que, si iba a tener hijos, mejor

dejara de trabajar y me quedara en casa. Las cosas antes eran así. El broche de oro que me regalaron cuando salí de la estación sirvió para hacer los anillos de boda».

No es el único ejemplo de parejas que se conocieron en la base. **Manuel Basallote**, un carpintero gaditano, también se casó con una vecina de Fresnedillas y se quedó a vivir aquí: «Yo pasé de construir barcos de madera en Barbate a bancos de trabajo, consolas y mesas para los ordenadores en la estación espacial. Estuve en ella 18 años, y cuando la cerraron en 1985 me fui, como gran parte del personal, a la de Robledo de Chavela».

«Al principio estuve en la construcción de los edificios y la base de la gran antena», dice Basallote. «Me tuve que acostumbrar a herramientas americanas que no había visto nunca, como un cajón con una sierra circular. Luego me dediqué más bien a labores de mantenimiento, con mucha modificación de tabiques y cambios de *pladur*».

«Me ocurrieron varios accidentes –se lamenta–. Uno fue bajando con la moto por la carretera que une el pueblo con la estación. El casco se rompió y me destroce la cara. Luego, haciendo un embalaje para el cono de una antena que iban a mandar a Australia, estaba con una broca del 12, se me fue y me partió el cúbito. Me tiré 11 meses de baja, pero nunca me faltó el sueldo, el 100 %».

Otro vecino de Fresnedillas que comenzó de carpintero y trabajó en el mantenimiento de las instalaciones fue **Rogelio González**, quien comenta que, aunque el sueldo era un poco mejor que fuera de la base, aun así tenía que compaginarlo con otras tareas: «Todos los días iba a aviar las vacas,

«El broche de oro que me regalaron cuando salí de la estación sirvió para hacer los anillos de boda», recuerda una antigua empleada

y además repartía pienso en esta zona por las tardes y noches».

También tenía vacas, en su caso lecheras, **Bernardino Herro**, que, aunque pasó por varios puestos, llegó a ser el encargado de jardinería de la estación: «Logramos tener un jardín muy guapo, de unos 4.000 m<sup>2</sup>. Plantábamos diversos tipos de plantas, hacíamos jardinerías, paseos, montones de estanterías... Las máquinas y las condiciones que teníamos aquí eran mucho mejores que las del campo».

«El pueblo estaba totalmente perdido cuando llegaron los americanos, pero con ellos subió para arriba. Más de 20 familias dependían de la base. España no ha vuelto a tener una empresa como aquella de NASA-INTA. Luego ya se quedaron solo los españoles y fue distinto: yo nunca me callé sobre las injusticias o los fraudes que veía». Bernardino lo tiene claro: «El dinero no hace la riqueza, sino la reputación».

La lista de vecinos de Fresnedillas que trabajaron en la base y todavía viven se va reduciendo cada año, pero entre ellos figuran su antiguo guarda, **Sebastián Gómez**, el albañil **José Rodríguez Botello**, el cocinero **Vicente Hernández de Castillo** –famoso por preparar paellas multitudinarias–, y el locuaz **Pedro Zurita**, que ocupó distintos puestos y le gustaba hablar con todo el mundo: «En la estación llegué a charlar con el equipo de la película *El astronauta*, protagonizada por Tony Leblanc en 1970, porque algunas escenas se rodaron aquí».

**TÉCNICOS JARANDOS** Pero además de los empleados en mantenimiento y hostelería, algunos jarandos lograron acceder al puesto

de técnico. Uno de ellos fue **Luis Rodríguez**, que entró con 17 años como ayudante de electricidad, pero se formó –en inglés– en la base americana de Torrejón y obtuvo su título de mecánico de antenas para ejercerlo en la estación de su pueblo.

«Es un trabajo duro –cuenta–, porque las antenas son grandes y peligrosas. Tienes que trabajar a 40 o 50 metros de altura, aunque nunca llegamos a conseguir que nos pagaran un plus de peligrosidad. Yo me dedicaba al mantenimiento de motores, a las averías... Más de una vez me tocó quedarme *overnight* (toda la noche) o salir disparado de casa para hacer seguimiento de satélites o naves, como el de la estación Skylab».

«En cualquier caso, guardo buen recuerdo de mi paso por la estación –añade Luis–. La noche que llegó el hombre a la Luna fue temerosa. La gente gritaba y lloraba. Yo estuve entrando y saliendo para escuchar en la radio de un coche la retransmisión que hizo Jesús Hermida desde Estados Unidos».

De la corriente que llegaba a las antenas se encargaba **José López**. Este jefe electromecánico tuvo que superar también las pruebas en inglés y adaptarse a los equipos electrógenos americanos, que operan a 60 hercios y 110 voltios en lugar de a 50 Hz y 220 V como en España.

«He trabajado en esto 40 años y te podría comentar muchas anécdotas y conflictos –dice José–, como la del grupo electrógeno que llegó a Cádiz mojado en la bodega de un barco, con siete motores de 4.000 caballos. Tuve que desmontarlo entero para eliminar el agua salada. Me ha tocado

---

En la estación de Fresnedillas se rodaron escenas de la película *El astronauta*, protagonizada por Tony Leblanc

mucho. Estoy sin uñas de tanto apretar tornillos, y con una salud precaria. Antes no había guantes para trabajar con las baterías».

«Luego, a nivel familiar, también ha sido sacrificado», añade. «Uno de mis hijos nació en Murcia mientras yo estaba aquí pendiente de un vuelo tripulado. Me he perdido muchas fiestas familiares o temporadas sin poder salir con mi mujer. No ha sido un camino de rosas».

Pero el esfuerzo de José y el resto de los empleados de la base de Fresnedillas, desde las que servían el café hasta los que cuidaban de sus instalaciones y operaban los equipos, ayudó a cumplir un sueño de la humanidad.

Tres meses después de pisar el suelo lunar, Armstrong vino con sus compañeros a España y durante la recepción que ofreció la embajada estadounidense subrayó: «Sin las vitales comunicaciones mantenidas entre el Apolo XI y la estación de Madrid podemos afirmar que nuestro aterrizaje en la Luna no hubiera sido posible».

¿Y qué le dio el programa Apolo a Fresnedillas? Sin duda, supuso una revolución en un entorno rural sostenido por la actividad agrícola y ganadera. Pero no solo eso. **Olivia Ventura**, ingeniera agrícola y concejala del Ayuntamiento, habla del patrimonio inmaterial que aquella estación de la NASA dejó en el pueblo. «Nuestros abuelos no podían valorar en aquel momento el alcance de lo que estaba pasando porque estaban concentrados en hacer su trabajo, pero las siguientes generaciones hemos crecido oyendo las historias sobre la antena y la Luna. No es casual que unos cuantos nietos hayamos salido ingenieros».

En 2019, el pequeño museo lunar del pueblo y el Ayuntamiento de Fresnedillas de la Oliva organizaron multitud de eventos para conmemorar el medio siglo de la llegada de la humanidad a la Luna, con observaciones astronómicas, exposiciones fotográficas, charlas y actividades gastronómicas.

En la organización también participan dos jarandos que siguen la tradición espacial: el ingeniero **Tomás Alonso**, que trabaja en la estación de Robledo gestionando las señales que envían las misiones de espacio profundo de la NASA, y el físico **Juan Cabrero**, que desde el Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA) colabora en la fabricación de uno de los instrumentos que llevará la misión ExoMars de la Agencia Espacial Europea para buscar vida en Marte.

Eso sí, de momento, Cabrero tiene que seguir explicando en sus charlas que sí llegamos a la Luna. Sus vecinos, que lo vivieron, saben que es verdad.

---

«Sin las vitales comunicaciones mantenidas entre el Apolo 11 y la estación de Madrid nuestro aterrizaje en la Luna no hubiera sido posible», dijo Armstrong

# El Valle de los Caídos, un lugar de referencia para estudiar la gravedad

---

ELENA TURRIÓN | 11 MAYO 2019

En el valle de Cuelgamuros, a 45 kilómetros del centro de Madrid, se encuentran las instalaciones del Laboratorio de Gravimetría y Mareas Terrestres. Allí se estudian desde la década de 1970 la gravedad y sus efectos sobre la corteza de la Tierra. De la mano del investigador Emilio Vélez, conocemos los orígenes y la historia de este centro de investigación.



A veces la ciencia se hace en lugares insólitos. Laboratorios situados en la espesura de la selva, bases de investigación en la superficie helada de la Antártida o centros ocultos en enclaves históricos. Este último es el caso del **Laboratorio de Gravimetría y Mareas Terrestres**, dependiente del Instituto de Geociencias (IGEO, un centro mixto del CSIC y la Universidad Complutense de Madrid).

En unas instalaciones ubicadas en el **Valle de los Caídos**, un equipo de científicos estudia desde hace décadas la gravedad terrestre y sus efectos. Para llegar a ellas hay que viajar hasta el corazón del valle de Cuelgamuros, en la parte de la sierra de Guadarrama situada al norte de Madrid.

«Este laboratorio está compuesto por dos instalaciones separadas. La primera, dedicada al estudio de mareas terrestres, está dentro de la propia **Basilica de la Santa Cruz**. La segunda, que contiene los instrumentos para el estudio de

gravedad absoluta, se encuentra en un chalet que se construyó hace muchos años en el poblado del valle», declara a Sinc Emilio Vélez, responsable de la Unidad Técnica de Geodesia y Geofísica del IGEO.

«La localización es algo circunstancial y el laboratorio no tiene ninguna vinculación con lo que le rodea», aclara el director del IGEO, Valentín García Baonza. «De hecho, Patrimonio Nacional cedió el emplazamiento para su uso científico **antes de que falleciera Franco**. Sencillamente, se necesitaba un lugar para iniciar las investigaciones sobre mareas terrestres y el valle de Cuelgamuros presentaba gran estabilidad desde el punto de vista geológico y geofísico, una condición indispensable», añade Baonza.

Los investigadores cuentan que a principios de la década de los 70, el científico Ricardo Vieira del Instituto de Astronomía y Geodesia inició sus estudios sobre **mareas**

Investigadores del IGEO. El científico Emilio Vélez, segundo por la izquierda. El director del IGEO, Valentín García Baonza, segundo por la derecha. **IMAGEN IGEO**

**El laboratorio está compuesto por dos instalaciones separadas en la Basílica de la Santa Cruz y en el chalet del ingeniero**

## A finales de los 80, surgió la posibilidad de realizar la primera determinación en España de gravedad absoluta con un gravímetro de caída libre en las instalaciones del valle

**terrestres** –las deformaciones que se producen en la corteza de la Tierra a consecuencia de la acción gravitacional de la Luna y el Sol–. Como este fenómeno no había sido estudiado antes en España, era necesario encontrar un lugar adecuado para situar todos los instrumentos de investigación.

Si bien se tuvieron en cuenta otras zonas como la mina de uranio Los Ratones (Cáceres), en el **año 1971** se cedieron dos espacios situados en los sótanos de la Basílica para establecer la estación permanente.

Tras un costoso trabajo de adecuación de las salas para la instalación de la instrumentación –que implicó la construcción de los pilares de observación, realización de la instalación eléctrica y aislamiento de las salas–, las observaciones se iniciaron a mediados de esa década.

«Los trabajos que se han hecho desde entonces han permitido saber más sobre las acciones de las mareas terrestres. El conocimiento de los valores de este fenómeno nos permite tener en cuenta su efecto en determinadas observaciones gravimétricas», afirma Vélez.

**UNA LÍNEA DE CALIBRACIÓN QUE ATRAVIESA MADRID** Para ampliar las líneas de estudio sobre la gravedad, en 1975 se estableció en el Valle de los Caídos el último punto de una línea de calibración de gravímetros relativos de alta precisión que empieza en la Facultad de Matemáticas de la Universidad Complutense de Madrid.

El objetivo de esta línea, compuesta por **14 estaciones repartidas por Madrid**, era poder determinar las constantes instrumentales de los gravímetros

–aparatos para medir la gravedad– y garantizar la precisión de las observaciones realizadas con estos equipos.

«El laboratorio es un lugar de referencia en el estudio de la gravedad. Durante todos los años de funcionamiento han acudido científicos de todas partes del país para calibrar sus equipos en la línea. También han acudido desde fuera de España», sostiene Vélez.

Este tipo de mediciones y su precisión son fundamentales para controlar, por ejemplo, parámetros relativos al funcionamiento de satélites, balística, construcciones de grandes presas y plantas nucleares.

Solo unos años más tarde, a finales de los 80, surgió la posibilidad de realizar la primera determinación en España de **gravedad absoluta** con un gravímetro de caída libre. Y, de nuevo, el Valle de los Caídos cumplía con las condiciones perfectas para hacer las mediciones.

«El valor promedio de la aceleración de la gravedad terrestre es  $9,8 \text{ m/s}^2$ , pero esta medida sufre pequeñas variaciones en función del lugar donde se realicen las observaciones. Hay zonas donde esas variaciones son mínimas y una de ellas es esta», cuenta Vélez.

El equipo, debido a su volumen, no se pudo instalar en la cripta de la Basílica. Por eso, se buscaron otras alternativas. En Cuelgamuros hay una pequeña colonia de viviendas a la que llaman ‘poblado’, en la que vive el personal de mantenimiento del mausoleo. En 1988 se cedió una de esas casas, conocida como el ‘chalet del ingeniero’, para instalar la **Estación Fundamental de Gravedad Absoluta**.

---

## En la actualidad, solo siguen en activo la Estación Absoluta y la línea de calibración de gravímetros

«Llama la atención porque se trata de un chalet como otro cualquiera. En la planta baja tiene un salón, dos habitaciones y un cuarto de baño. Por eso, se tuvo que adecuar una de las salas para montar todo el equipo. Se levantó todo el suelo y se sacó todo el material de relleno hasta llegar a una roca suficientemente enraizada como para poder anclar el pilar de observación», describe Vélez.

«El aparato que se instaló allí se compone de un sistema de caída libre. En él, se deja caer un prisma dentro de una cámara de vacío y con un láser se mide la distancia al objeto que está cayendo, al mismo tiempo que se controla con un reloj atómico el tiempo. Con esos datos puedes obtener el valor de la aceleración de la gravedad terrestre», sostiene.

**MEJORA DE LAS INSTALACIONES PARA HACER FRENTE AL FUTURO** El paso del tiempo ha hecho mella en las instalaciones y en la actualidad solo siguen en activo la **Estación Absoluta** y la línea de calibración de gravímetros.

«A partir del año 2005 las condiciones ambientales de uno de los sótanos de la Basílica comenzó a deteriorarse al aparecer humedad consecuencia del agua que se filtra por las paredes del monumento, lo que hizo inviable continuar las observaciones de mareas terrestres», señala Vélez.

El futuro de las instalaciones del valle que aún se utilizan se enfrenta a un problema fundamental. Los equipos actuales superan en calidad y precisión a los que se utilizan allí desde los años 70, por lo que se necesita una mejora total del laboratorio para continuar con las líneas de investigación.

El morbo que rodea al centro tampoco ayuda. Según los investigadores, desde que se construyó, se han publicado diversos artículos y reportajes sobre su cercanía con la tumba franquista. Pero la ciencia siempre ha quedado en un segundo plano, a la sombra del mausoleo.

«Nosotros solo acudimos al laboratorio una vez al mes para labores de mantenimiento. Antes íbamos más a menudo, pero nos dimos cuenta de que nuestra presencia perturbaba las mediciones. Por eso, solo queremos que esto **no se convierta en un sitio de visita** o en un reclamo para turistas. Pase lo que pase con el valle, la ciencia tiene que seguir su curso», concluye Vélez.

LISA RANDALL, CATEDRÁTICA DE FÍSICA TEÓRICA DE LA UNIVERSIDAD DE HARVARD

# «Vivimos en la época más inteligente y en la más estúpida»

---

NÚRIA JAR | 18 MAYO 2019

Esta científica y escritora neoyorquina, además de experta en física de partículas y cosmología, es una celebridad. También, una pionera. Fue la primera mujer en ocupar la cátedra de Física Teórica de las universidades de Harvard y Princeton y la primera profesora titular en esta materia en el MIT. Ahora, vive con emoción grandes descubrimientos como la detección de las ondas gravitacionales. «Estamos justo al principio, es apasionante», dice.



La física teórica y divulgadora  
Lisa Randall. IMAGEN Guillermo  
Castellví, SINC

«Pasarán muchos años hasta que se construya un colisionador de partículas de altas energías, si es que llega a existir»

**Lisa Randall** (Nueva York, 1962) fue investida el 25 de marzo doctora *honoris causa* por la Universidad Autónoma de Barcelona. Nos encontramos en la entrada del hotel donde se hospeda. Baja de su habitación en ascensor mascando chicle. Nos sentamos en la terraza interior del hotel y charlamos sobre física, la relación entre **ciencia y arte**, el futuro en la Tierra y el papel de las **mujeres**.

**La física pasa por un buen momento. En los últimos años ha habido grandes descubrimientos, como el bosón de Higgs y las ondas gravitacionales. ¿Se siente afortunada de vivir en esta época?**

Resulta gracioso, porque a pesar de todos estos descubrimientos siempre estamos interesados en lo que vendrá, en lo siguiente. El bosón de Higgs fue predicho hace 50 años. Nos interesa conocer qué hay más allá del modelo estándar

de partículas. Esto no significa que los experimentos actuales no sean buenos, pero parece que necesitaremos energías mucho más altas para conocer aún más. Por otro lado, las ondas gravitacionales pasan por un momento emocionante. Estamos justo al principio, es apasionante.

**¿Qué significaría un colisionador de altas energías como el que quiere construir China?**

Tendremos mucha suerte si se llega a construir. Hay propuestas de China y del CERN, que ha planteado la construcción de un futuro acelerador circular (FCC). El próximo paso no serán las altas energías, sino la etapa de alta luminosidad del Gran Colisionador de Hadrones (LHC). Esto permitirá hacer muy buena física, pero no creo que haya nada que reemplace a las altas energías.

**A pesar del conocimiento actual del universo, siguen existiendo**

**terraplanistas. ¿Cómo se lo explica?** Sí, resulta gracioso. Además, estamos lidiando con la actual situación política en Estados Unidos... De algún modo, vivimos en la época más inteligente y en la más estúpida. No sé a qué se debe, si están asustados o no confían en la ciencia. Una de las cuestiones que me planteo al escribir libros de divulgación es por qué hay gente tan reticente a ciertas ideas. Claro que la mayoría de los que leen mis libros no son terraplanistas, pero mi intención es hacer que mis ideas se comprendan bien. Si no te dedicas a la ciencia, no tienes por qué tener ciertos conocimientos. Debe haber algo más que explique por qué la gente desconfía de la ciencia, no sé qué es. Es algo que debemos abordar.

**Otra de las cuestiones que la humanidad debería abordar es el cambio climático. ¿Le preocupa el futuro de la Tierra?**

No me preocupa la Tierra, me preocupa la vida en la Tierra [ríe]. Nuestro planeta sobrevivirá. Creo que estamos provocando cambios muy rápidos, más de lo que podemos controlar. Es muy difícil mantener el estilo de vida actual, aunque encontremos otras fuentes de energía. No pensamos en las consecuencias masivas de todo esto. Hay especies que quizás ya no tengan donde ir. Si destruimos sus hábitats no van a sobrevivir.

**Usted es física teórica, no experimental. Sus herramientas de trabajo son la pizarra y la tiza. ¿Cómo es su rutina?**

Desearía tener una rutina. Trabajamos sobre ideas. Paso una gran parte de mi tiempo con gente y hablando con mis estudiantes de posdoctorado. Leo artículos cien-

tíficos, pienso si lo que dicen tiene sentido, si son interesantes, si se me ha escapado algo... Cuando tenemos una idea, hay que trabajar sobre ella. Aquí mis alumnos son muy útiles resolviendo los detalles o haciendo números. A veces, trabajo en cuestiones más de cosmología y otras más en física de partículas.

**El trabajo de un físico teórico consiste en pensar mucho. Pero ¿también procrastina?**

Sí, claro. Procrastino. El otro día bromeaba sobre ello en Twitter: «Particularmente, procrastino cuando estoy preparando charlas». Cuando preparo conferencias, procrastino mucho. Es fácil, sobre todo cuando te quedas encallada.

**¿Hay algo que le ayude a pensar y contribuya a su creatividad?**

Me gusta escaparme y hacer escalada, por ejemplo. A veces, me ayuda a aclarar la mente. Si estoy preocupada por algo o distraída, escalar me ayuda a no pensar en ello. De hecho, el sábado pasado fui a escalar a Montserrat. Tuve mucha suerte, porque no entraba en mis planes. Pero alguien me contactó, al ver que estaba por aquí, y me lo propuso. Fue maravilloso. No es que hiciéramos nada excepcional, pero fue un día realmente agradable. Montserrat tiene distintos niveles, puedes escoger cuál de ellos escalar. Pero la mayor ventaja es que está cerca [de Barcelona].

**En el festival de literatura Kosmopolis habló sobre las colaboraciones entre arte y ciencia. ¿Es esta mezcla una buena idea?**

No siempre. Se han hecho mal muchas cosas. En ocasiones, los científicos piensan que todas las

---

«Me preocupa la vida en la Tierra. Creo que estamos provocando cambios muy rápidos, más de lo que podemos controlar»

---

«Me gusta escaparme y hacer escalada. A veces, me ayuda a aclarar la mente»

fotos bonitas que sacan son arte y normalmente no lo son. Por su parte, los artistas piensan que están haciendo algo científico, cuando realmente no lo es. Se cometen muchos errores. Lo que hace el arte es traducir cosas sobre las que podemos pensar y aborda cuestiones y preocupaciones de cómo el ser humano se sitúa en estos avances. En otros momentos, simplemente te hace ser consciente de todo ello. La ciencia protagoniza gran parte de los cambios del mundo actual y los esfuerzos artísticos por contarlos funcionan bastante bien.

**Una vez hizo un cameo en la serie *The Big Bang Theory*. Le dijeron que pasara desapercibida, sentada en una mesa, detrás de Sheldon. Realmente muy pocos la vieron.**

Lo gracioso fue que a pesar de que estaba sentada en segundo plano y se me veía bastante, muy poca gente se dio cuenta. Muchos de los que veían la serie y me conocían no me vieron. Eso es porque no esperaban que estuviese allí. Pensamos que somos muy observadores y que tenemos muchas herramientas, pero hay tanta información en todas partes que realmente ayuda saber qué estás buscando, como en la física de partículas.

**¿Se siente cómoda con la imagen que da la serie de los físicos?**

Es una mezcla. ¿Queremos que los físicos sean normales o que no lo sean? La razón por la que la serie es popular no es solo porque los físicos sean raros, creo que trata algunos temas que son universales y nos afectan a todos, pero se cachondea de los físicos. ¿Cómo actúas en un mundo donde siempre te sientes algo distinto?

Creo que fue genial que incluyeran también a una mujer física, que fuese tan rara como el chico. ¿Es esta la única imagen que queremos que la gente tenga de nosotros? No necesariamente, pero es muy loco que una serie sobre físicos haya sido la más popular de la televisión. ¡Es estupendo!

**Sé que es reacia a hablar sobre cuestiones de género, pero tengo que sacarle el tema.**

Soy reacia cuando en una entrevista de cinco minutos la mitad de la conversación es solo sobre esta cuestión.

**Por poner un ejemplo, solo hay tres mujeres que han ganado un premio Nobel de Física.**

Sí, hay un problema.

**¿Cuál es su opinión? Usted es un referente para mucha gente.**

Muchas gracias, me gusta pensar eso. La verdad es que para mí también es difícil. La gente no se lo cree porque tengo éxito, pero a veces es duro. Solo tienes que preocuparte realmente por lo que haces y enfocarte en ello. No creo que exista una única respuesta al problema ni considero que se limite únicamente a la presencia de las mujeres en ciencia. Se trata de una cuestión mucho más amplia. Fíjate en la situación política o acuérdate de las últimas elecciones estadounidenses. Si Hillary [Clinton] hubiese dicho la mitad de las cosas, o cualquiera de las cosas, que dijo Trump, se habrían reído de ella a carcajadas. A una mujer nunca se le permitiría. Hemos sido educadas así. Luego se preguntan por qué somos tan prudentes. No se nos permite descuidarnos [ríe]. Resulta muy frustrante, la verdad.

«Si Hillary Clinton hubiese dicho la mitad de las cosas que dijo Trump, se habrían reído de ella. A una mujer nunca se le permitiría»

JUAN LUIS ARSUAGA

«La vida no puede ser trabajar toda la semana e ir el sábado al supermercado, esa vida no es humana»

---

ADELINE MARCOS | 22 MAYO 2019

Ha sido testigo y artífice de muchos de los hallazgos de fósiles humanos que se han producido en Atapuerca y otros yacimientos en las últimas décadas. A punto de publicar su nuevo libro, el paleoantropólogo Juan Luis Arsuaga confiesa que su cargo más importante es el de profesor en la universidad.



Las excavaciones en el yacimiento de Atapuerca, en Burgos, comenzaron a finales de los años 70. En 1982 se incorporó el paleoantropólogo Juan Luis Arsuaga (Madrid, 1954), que codirige la Fundación Atapuerca junto a Eudald Carbonell y José María Bermúdez de Castro, además de ser director científico del Museo de la Evolución Humana en Burgos. Poco después comenzarían a descubrirse restos fósiles humanos que arrojarían luz a la historia de la humanidad.

En la actualidad, cientos de miles de personas visitan cada año el yacimiento y el museo, que según Arsuaga, proporciona modernidad e identidad «de la buena». «El centro es un buen ejemplo de cómo hacer las cosas», declara.

Además del descubrimiento de fósiles, el científico se siente especialmente orgulloso de su

participación en la creación del Parque Nacional de Guadarrama en Madrid en 2013. «Es lo más importante que he hecho en toda mi vida, incluso más que descubrir fósiles», revela.

Junto a la próxima publicación de su último libro *Vida, la gran historia*, el investigador ha sido nombrado recientemente presidente de la Fundación Gadea Ciencia con un objetivo: «Que la fundación se convierta en algo útil para la sociedad». Pero para el paleoantropólogo, su cargo más importante es el de docente en la Universidad Complutense de Madrid.

**¿Se imaginó en algún momento qué hallazgos podrían producirse en Atapuerca?**

No se podía imaginar y, de hecho, cada año sorprende. Lo mejor que puede ocurrir en un proyecto

Juan Luis Arsuaga en la sede de la Fundación Gadea Ciencia en Madrid. **IMAGEN** Álvaro Muñoz Guzmán, SINC

---

**«Mi participación en la creación del Parque Nacional de Guadarrama es lo más importante que he hecho en toda mi vida, incluso más que descubrir fósiles»**



Juan Luis Arsuaga, durante la entrevista con la periodista de Sinc. **IMAGEN** Álvaro Muñoz Guzmán, SINC

científico es que te sorprenda. Si no lo hace es que ya ha agotado sus potenciales.

**¿Y qué es lo que más le ha sorprendido a lo largo de estos años?**

El hallazgo de tantos fósiles humanos es obviamente lo más importante en mi trabajo, pero en estos años han ocurrido cosas en Atapuerca y en la ciencia, como los análisis genéticos, con los que nadie contaba y ni siquiera imaginaba. Ahora tenemos estudios de ADN de hace 400.000 años. Ha sido una sorpresa para todo el mundo. En Atapuerca lo más importante ha sido el gran número de hallazgos de restos humanos, que aparecen más que en ningún otro sitio, aún más que en el resto de sitios juntos.

**¿Por qué se eligió el yacimiento de Atapuerca?**

Es una historia que se parece a

cualquier otra en el mundo de la ciencia. Uno tantea diferentes posibilidades, explora líneas, vías, algunas parecen más interesantes y ahí se pone más esfuerzo, se progresa y se obtienen resultados. Entonces se invierte más. La historia de Atapuerca no es el resultado de una intuición genial. En realidad, Atapuerca no empezó a dar resultados hasta el año 92, cuando se hizo el primer gran hallazgo. Pero los comienzos fueron muy duros, como lo son para un astrónomo, un biólogo molecular o un botánico. Al principio es una rueda que gira muy despacio. La ciencia tiene un método común. No hay tanta diferencia entre estudiar terremotos y buscar fósiles. Consiste en explorar lo desconocido y nadie sabe cómo hacerlo.

**A pesar de trabajar con lo desconocido, ¿pensáis en lo que sí podríais descubrir?**

No, pero excavamos donde ya sabemos lo que hay. Estos yacimientos son para obtener más de lo mismo. Y luego está lo desconocido. Hay mundos nuevos que son los fascinantes, y los ya conocidos que todavía se pueden conocer mejor. En Atapuerca tenemos eso, los mundos ya conocidos y otros que no conocemos bien.

**Pero luego hay hallazgos, como el de una mandíbula en Israel que reescriben lo que ya sabíamos...** Bueno, no hay que hacerles tanto caso a los autores... Hay que matizar. A veces me preocupa cuando se dice que un hallazgo obliga a reescribir la evolución humana. Sería un desastre. Es como si antes no hubiéramos sabido nada. Si descubriéramos una nueva ciudad romana, ¿cambiaría todo lo que sabíamos sobre los romanos? Hombre, no, estaría bueno. Se iluminan ciertas épocas o momentos de la evolución humana, pero sin pasarse.

**Aunque habrá veces que sí sea el caso...** Sí, es verdad que a veces se producen descubrimientos que no cambian lo que ya se sabía, pero que amplían el conocimiento. Por ejemplo, en el año 94 se pensaba que Europa había sido poblada hace medio millón de años, pero ese mismo año encontramos fósiles humanos en gran abundancia de hace 900.000 años. Es decir, 400.000 años más antiguos. Eso es como llegar a un continente desconocido, pero el descubrimiento de América no cambió Asia o Europa, simplemente añadió algo. La ciencia crece.

**En cuanto a la pieza de maxilar hallada en Israel, su descubrimiento**

**fue suficiente para determinar que el *Homo sapiens* salió antes de África. ¿Cómo es posible?**

Es como encontrarse un reloj en un templo azteca. ¿Qué dirías? Esto es muy fuerte. Solo un reloj lo cambia todo. ¿Cómo pueden saber que hacían tecnología avanzada? Hombre, si hacían relojes... Hay casos que son obvios. Hay noticias que obligan a revisar muchas cosas. En realidad no aparecen relojes, sino perfeccionamientos o ampliaciones de lo que sabemos. En contra de lo que se piensa, la ciencia es sumamente cautelosa y conservadora. Las publicaciones científicas son muy sobrias.

**¿Por qué nos atrae tanto la antropología?**

Porque nos interesan nuestros orígenes. Solo hay dos explicaciones: la religión y la ciencia. La gente quiere saber de dónde viene y por qué estamos aquí. Se suele decir que las tres preguntas de la filosofía vasca reflejan al ser humano: ¿quiénes somos?, ¿de dónde venimos? y ¿adónde vamos a ir a comer? Pero, además, tenemos preocupaciones intelectuales: ¿qué hacemos aquí?, ¿qué nos ha creado? Hay quien busca una explicación religiosa, mística o extraterrestre, pero todo el mundo necesita saber por qué está aquí. Esa pregunta, inherente al humano, es la más importante que uno se puede hacer. Una vez que solucionas el tema de la comida, lo siguiente es eso [risas]. Los niños que nazcan en los próximos milenios van a hacerse la misma pregunta.

**Y en realidad nunca se contestará del todo... ¿o sí?**

La religión da una explicación falsa y los científicos lo explica-

«Hay quien busca una explicación religiosa, mística o extraterrestre, pero todo el mundo necesita saber por qué está aquí»

mos. La felicidad personal de cada uno se la busca cada cual. Pero si quieres saber de dónde venimos, yo te lo explico. Si quieres saber por qué estamos aquí, yo te lo explico...

**No sé si preguntárselo [risas]... ¿Por qué estamos aquí?**

Mi nuevo libro va justamente sobre eso. La evolución, desde el origen del cosmos hasta el origen de la vida, pasa por diferentes umbrales: la aparición de la Tierra, la vida en ella, las células complejas, la conciencia, la mente simbólica, el pensamiento abstracto, etc. Cada uno de esos pasos pudo o no haberse realizado. A lo mejor no era necesario que ocurrieran o quizá eran inevitables. La pregunta es si la historia de la vida y la historia humana tienen una dirección, una flecha. El propio lector, con la información que le doy, decide si cada paso es algo que tenía que suceder o pudo no haber ocurrido nunca.

**¿Así que el lector se responde a sí mismo?**

Sí, le dejo que decida por sí mismo. El lector es tan inteligente que puede llegar a sus propias conclusiones. Así yo no me hago responsable de la filosofía de los demás. Yo apporto todas las informaciones sobre lo que han pensado los diferentes genios. Yo cuento lo que hay, doy mi opinión, y lo que han dicho los más listos sobre los diferentes pasos que nos han hecho llegar hasta aquí.

**¿Ahora mismo podría decirme a mí por qué estamos aquí?**

Tú estás aquí porque tu padre y tu madre se acostaron una noche. Pero hay que buscar la explicación. Y eso está en el libro.

**Pero cuanto más información tenemos, más complejo nos parece el mundo...**

Es que es muy complejo y contradictorio... Los que intentan simplificar lo complejo son muy peligrosos. Si cogemos, por ejemplo, el código genético que tenemos, el ADN, ¿es el único posible? ¿Podrían existir otros códigos genéticos? ¿Por qué tenemos este y no otro que podría ser mejor? ¿Por qué no?

**Hablando de ADN, me viene a la cabeza el hallazgo de Denny, la hija de una neandertal y un denisovano. Con estos descubrimientos siempre sale a debate una pregunta recurrente: ¿Podrían ser *Homo sapiens*, neandertales y denisovanos la misma especie?**

No, no lo somos. Ahora mismo, ¿tú estás hablando en español o en árabe?

**Español, que yo sepa.**

¿Sabes por ejemplo que la palabra alcalde viene de 'al-qadi', de origen árabe?

Sí...

Pero no por eso es árabe lo que hablamos. Que tengamos palabras de origen árabe no convierte el español en árabe. Que tengas un 2 % de genes neandertales no te convierte en una neandertal. En biología, como en las lenguas, todas las poblaciones tienen algunos genes de otras especies. Como no nos creó un dios, es esperable que las especies absorban genes unas de otras. Solo un creacionista podría pensar que las especies son puras, separadas y que no tienen contacto con otras.

**Esas tres especies vivieron a la vez, pero solo compartimos un**

«Como no nos creó un dios, es esperable que las especies absorban genes unas de otras»

**pequeño porcentaje de genes. ¿Es eso lo que nos distingue?**

Tenemos genes de todas partes. Mira los españoles. Tenemos un montón de genes africanos y de las estepas. Mira los osos de Cantabria. Tienen un 2 % de genes de osos de las cavernas. Es como si dijeras que el español fue creado por Dios como una lengua distinta del francés. En ese caso sí sería sorprendente que tuviéramos una palabra en común. Dios no se repite. Pero los idiomas son un producto de la evolución lingüística y, teniendo en cuenta que somos vecinos, no me sorprende que digamos cruasán aunque no seamos franceses, sino españoles. Ese mismo razonamiento aplícalo a la biología.

**¿Qué hay de los análisis genéticos que se venden ahora para conocer nuestro origen? Yo, por ejemplo, que soy francesa, no tengo nada francés. Esto le habrá pasado a mucha gente. ¿Cómo se lo explicaría a esas personas?**

Es que lo francés no existe, es un concepto político. Realmente no existe el gen francés ni el vasco. Son en realidad diferentes proporciones o mezclas.

**Si la gente lo supiera, ¿cree que afectaría a los nacionalismos?**

En principio no tendría por qué. Que tengamos genes distintos no debería cambiar nada. El nacionalismo actual es más cultural. ¿Sabías que el apellido más común de Cataluña es Fernández, por ejemplo? El nacionalismo renunció hace tiempo al componente biológico y ahora se basa en la cultura. Utilizan otros elementos para definir la identidad. Ya puestos, yo no soy nacionalista y mi familia es vasca y vascoparlante.

**Centrándonos en España, ¿con qué obstáculos se enfrentan la antropología, la arqueología y la paleontología?**

Como decía Groucho Marx, ¿comparado con qué? Si lo comparamos con Argelia, pues vamos bastante bien. Si lo comparamos con Francia o Italia, ya vamos bajando. Pero se ha progresado. Tenemos un patrimonio inmenso y lo tenemos que saber contar. Hay que invertir. Las instituciones deben saber que esto es una industria o un recurso económico, en todo caso. Esa es la lucha que tenemos. Hay trabajo que hacer.

**En parte, conocer nuestro pasado nos hace entender y valorar más nuestro presente, ¿no cree?**

Sí, y nos hace más felices, espero. Aprendemos, disfrutamos, vivimos otras vidas. Yo siempre digo que la vida no puede ser trabajar toda la semana e ir el sábado al supermercado. Eso no puede ser. Esa vida no es humana. Tiene que haber algo más pero aquí, en esta vida. Y esa otra cosa se llama cultura. Es la música, la poesía, la naturaleza, la belleza... Es lo que hay que apreciar y disfrutar porque, si no, esto es una mierda.

**Nuestros antepasados seguramente sabían apreciar mejor la vida...**

Hombre, claro. No trabajaban toda la semana ni iban el sábado al supermercado.

**¿Qué hemos hecho mal entonces?**

Alguna cosa hemos hecho mal, pero aún estamos a tiempo. Tenemos a Mozart. No está mal. Apreciar la belleza es una cuestión de educación y sensibilidad. Busque lo que es bello en la vida. Hay mucha belleza.

«El nacionalismo renunció hace tiempo al componente biológico y ahora se basa en la cultura para definir la identidad»

# Tú también contribuyes a la segregación de la ciudad cuando eliges dónde tomar un café

---

ANA HERNANDO | 11 JUNIO 2019

El Atlas de la Desigualdad es un mapa interactivo hecho a partir de datos de geolocalización de móviles para saber dónde se encuentran personas de diferentes ingresos en su tiempo de ocio, trabajo y consumo. La iniciativa, liderada por el español Esteban Moro, ya ha analizado el mapa de Boston y se va a extender a otras once ciudades, entre ellas, Madrid y Nueva York.



Esteban Moro, en la Universidad Carlos III de Madrid. IMAGEN Álvaro Muñoz Guzmán, SINC

Caminas por tu ciudad, tienes un rato libre y decides tomar un café. A un lado de la acera ves una gran cafetería de una famosa cadena comercial donde hacen cola clientes de varias nacionalidades, edades y capacidades adquisitivas. Al otro lado, un bar de toda la vida con parroquianos fieles, de pocos recursos, y el cartel de «aquí no

se fia». ¿En cuál entrarás? De esas elecciones depende la organización de la vida en las ciudades.

Hasta ahora, la herramienta utilizada para conocer en qué zonas viven los ricos, los pobres o las clases medias ha sido el **censo**. «Pero es un sistema limitado porque pasamos la mayor parte del día fuera de nuestro barrio»,

El español Esteban Moro lidera el proyecto Atlas de la Desigualdad, un mapa interactivo que permite comprobar los diferentes niveles de segregación en las ciudades

El arranque del atlas ha sido el área metropolitana de Boston, que tiene 4,5 millones de habitantes y una gran desigualdad

comenta a Sinc **Esteban Moro**, investigador del MIT Media Lab y profesor en el departamento de Matemáticas de la Universidad Carlos III de Madrid (UC3M).

Moro lidera en la actualidad un proyecto denominado **Atlas de la Desigualdad** que quiere ir un paso más allá y ver cómo la segregación se extiende a los lugares que visitamos cada día en nuestra ciudad. El mapa se traza a partir de datos de geolocalización de móviles de personas con diferentes ingresos.

El proyecto, explica el investigador, «es parte de una iniciativa más amplia para entender el **comportamiento humano** en las ciudades y cómo problemas a gran escala como el transporte, la vivienda, la **segregación** o la desigualdad dependen, en parte, de los patrones que emergen de nuestras decisiones u oportunidades».

«Es una línea de investigación –dice– que llevamos desarrollando en el grupo de Human Dynamics del MIT Media Lab y de mi departamento de la UC3M desde hace tiempo». El punto de arranque del atlas ha sido el área metropolitana de Boston que, según el último censo, tiene unos 4,5 millones de habitantes.

**PUNTOS DE COLORES QUE ALERTAN DE LA DESIGUALDAD** En el **mapa interactivo** se observan puntos de colores que indican los niveles de desigualdad, que van desde el **rojo** para los lugares más segregados al **azul** para los más diversos. Según Moro, «proporciona una instantánea de la **homogeneidad** o **diversidad** de ingresos entre las personas que visitan diariamente miles de destinos locales».

La desigualdad de ingresos y la segregación «se han analizado tradicionalmente en términos de los vecindarios en los que vive la gente. Aquí, el enfoque se ha centrado en identificar dónde coinciden, dónde se encuentran o no las personas de diferentes ingresos mientras se desplazan por la ciudad», insiste el experto.

Según los datos que manejan los autores, el 75 % de las personas que se encuentran viven muy lejos unas de otras. «Si nos segregamos es porque queremos, no por donde vivimos», puntualiza.

Para elaborar el Atlas de la Desigualdad, los investigadores analizaron los **patrones de movilidad** de unos 150.000 usuarios anónimos (alrededor del 3 % de la población del área metropolitana de Boston) entre octubre de 2016 y marzo de 2017.

La información fue obtenida a través de una colaboración con la iniciativa Data for Good de Cuebiq, que recolecta datos de **geolocalización de móviles** y tabletas a partir de aplicaciones. El tramo de ingresos de los usuarios fue determinado por el lugar de residencia, que se deduce por el sitio donde pasan con más frecuencia la noche. Además, de la API de Foursquare, los investigadores extrajeron los **35.000 lugares** locales visitados por la gente.

Toda esta información, agregada y anonimizada, fue tratada después con técnicas de **análisis masivo de datos**, **machine learning** y **algoritmos** para poder extraer cuánta gente de diferentes grupos económicos va a los lugares analizados.

**SEGREGACIÓN DE UNA ACERA A OTRA** «Hemos usado datos masivos de

cómo se mueve la gente por la ciudad. Lo que hemos demostrado, además, es que la desigualdad o segregación sucede no solo entre barrios, sino **incluso en la misma calle**. Elegir un local u otro para tomar un café es también una manera de segregarnos», subraya Esteban Moro.

En el estudio se han encontrado lugares muy diversos al lado de otros con fuerte segregación. Pone el ejemplo de dos cafeterías que se pueden encontrar en el mapa interactivo y que están casi una enfrente de la otra. A una de ellas (un sitio local) solo va gente con pocos recursos y a la otra (propiedad de una famosa cadena), personas con todo tipo de rentas. «Que esos lugares estén tan cerca el uno del otro significa que lo que decidimos hacer influye en que encontremos gente de un grupo o de otro».

Algunas otras cosas curiosas que han descubierto es que los restaurantes asiáticos tienen menos segregación que los de comida latinoamericana en Boston. «A los restaurantes latinos –salvo en los mexicanos– suele ir gente de un determinado grupo económico. En cambio, en un japonés vas a encontrar personas de distintos niveles adquisitivos».

Según señala el periódico local gratuito *Next City*, en el Atlas de la Desigualdad de Boston, ciertos patrones saltan rápidamente a la vista. Las áreas densas del centro de la ciudad están llenas de puntos azules, lo que indica que las zonas de comercio y de gobierno son visitadas por gente de todos los niveles de ingresos.

En gran parte del este de la ciudad, un montón de puntos rojos y anaranjados muestran que la mayoría de los negocios todavía

se inclinan hacia los grupos de bajos ingresos, aun cuando la afluencia de torres residenciales de lujo está cambiando un área que tiene una gran cantidad de inmigrantes.

**AEROPUERTOS, HOSPITALES Y MUSEOS, LOS MÁS DIVERSOS** «Entre los lugares con mayor diversidad están los **aeropuertos**, ahí te encuentras a gente de todo tipo, y los **museos**, en particular los de ciencia, que están entre los sitios menos segregados de EE UU», dice Moro.

Lo que el equipo ha constatado es que, al igual que en la mayoría de las grandes ciudades estadounidenses, hay una **alta segregación en Boston**. Un informe reciente elaborado por The Brookings Institution indica que es la séptima ciudad más desigual en cuanto a ingresos del país. Otro apunta a que la ciudad ha añadido decenas de miles de hogares de bajos y altos ingresos a lo largo de 25 años, mientras que pierde residentes de rentas medias.

¿Qué **consecuencias** tiene la creciente separación de los distintos grupos económicos en las ciudades? Esteban Moro resalta que «el hecho de que no estemos expuestos a personas de diferentes condiciones socioeconómicas provoca que nos segreguemos y eso tiene consecuencias, sobre todo en el ámbito de la **salud**».

«Por ejemplo –añade–, la gente que reside en zonas segregadas y pobres vive menos. También hay **consecuencias económicas** e incluso en la **innovación**, ya que esta se nutre de la diversidad. Así que las ciudades con más desigualdad serán menos innovadoras en el futuro», remarca.

El equipo ha usado datos de geolocalización con el fin de ver dónde se juntan –o no– las personas de diferentes ingresos para ir a trabajar o realizar actividades de ocio o consumo



Además, «tiene efectos en nuestra **democracia**. El hecho de que vivamos segregados puede impactar en la implementación de políticas de redistribución de riqueza, de impuestos, de gasto social, etc.».

**TAMBIÉN SOMOS RESPONSABLES** «De esta desigualdad –insiste Moro– somos también responsables. Decidimos dónde ir y nos encontramos más a gusto en sitios con gente más parecida a nosotros. El premio nobel de Economía Thomas C. Schelling investigó este fenómeno».

En las siguientes fases del atlas, el objetivo será crear un **mapa dinámico** de los lugares para ver cómo las políticas de las ciudades, cambios en el **transporte público** o nuevos **desarrollos**

**urbanísticos** pueden dar lugar a más o menos desigualdad en los sitios donde se producen los encuentros», señala.

Lo que el Atlas de la Desigualdad aporta es, «en primer lugar, una resolución que antes no existía», afirma Moro. «Que podamos investigar una manzana concreta hará que las **intervenciones** a nivel local por parte de los organismos competentes sean más eficaces. En segundo lugar, el efecto de esas posibles actuaciones de mejora para reducir la segregación y **aumentar la diversidad** podrá verse en tiempo real».

Este atlas está teniendo una excelente acogida. «Lo bueno de hacer una plataforma como esta es que la gente enseguida ha ido a comprobar los lugares donde vive y nos cuenta historias de por

El Atlas de la Desigualdad pone de relieve que la segregación se extiende a los lugares que visitamos cada día en nuestra ciudad. El equipo acaba de subir a la plataforma el Atlas de la Desigualdad de la ciudad de Nueva York. La gran cantidad de puntos azules en la isla de Manhattan revela que es la zona con mayor diversidad de la ciudad. **IMAGEN** MIT Media Lab

«Solo con cambiar el 1 % de nuestro comportamiento, añadimos un 5 % de diversidad a nuestra vida, y eso es enriquecedor»

---

«La gente que reside en zonas segregadas y pobres vive menos. Hay consecuencias económicas e incluso en la innovación, ya que esta se nutre de la diversidad»

---

«Hemos demostrado que la segregación se produce no solo entre barrios, sino también a unos metros en la misma calle», dice Moro

qué cree que un sitio es de una manera u otra, y esa información es muy valiosa para nosotros».

También ha tenido muy buena respuesta institucional. «Por ejemplo, de **ayuntamientos**, instituciones y propietarios que están interesados en que les hagamos un estudio particular o quieren saber cómo ha cambiado una zona tras una intervención».

**NUEVA YORK Y MANHATTAN** Los investigadores acaban de subir a la plataforma el Atlas de la Desigualdad de la ciudad de **Nueva York**. «De entrada –dice Moro–, lo que más llama la atención es la cantidad de puntos azules que se pueden ver en la isla de **Manhattan**, debido a que en esa zona se concentran los sitios con mayor diversidad. Al contrario que los barrios de alrededor, como Queens, Brooklyn o Nueva Jersey, donde hay más segregación».

Después del Atlas de Nueva York, el equipo proseguirá con **Seattle, San Francisco, Los Ángeles, Miami, Washington, Filadelfia, Detroit** y **Chicago**. Fuera de EE UU, se ha previsto incluir a **Ciudad de México**.

Esteban Moro dice que en **España** y Europa no se habían planteado, hasta ahora, hacer nada parecido, ya que la **Ley de Protección de Datos** «todavía no indica claramente lo que se puede y no se puede hacer. En EE UU todo esto está más establecido», señala.

**CRUCEMOS LA ACERA** El investigador tiene un consejo que darnos sobre cómo lograr con pequeños pasos una mayor diversidad en nuestro día a día: «Solo con cambiar el 1 % de nuestro comportamiento, añadimos un 5 % de

diversidad a nuestra vida, y eso es enriquecedor».

Volviendo al ejemplo de las cafeterías, nos anima a cruzar la acera y posibilitar el encuentro con aquellos que tal vez no consideremos similares a nosotros, pero que nos pueden aportar otros puntos de vista.

VISITAMOS EL MAYOR LABORATORIO DE 'SINGLE CELL' EN ESPAÑA

# Preparados para ver cómo cambia la vida célula a célula

JESÚS MÉNDEZ | 22 JUNIO 2019

El análisis de célula única permitirá entender el asombroso poder de regeneración de las salamandras, cartografiar todas nuestras células en un 'Google Maps' biológico y combatir el cáncer o las patologías autoinmunes. Por algo fue el Método del Año para la revista *Nature* en 2013 y el gran avance científico de 2018 en *Science*.

El análisis célula a célula es la gran esperanza científica para destapar claves de enfermedades tan esquivas como el cáncer

La sala es emocionante, pero más por lo que esconde que por lo que muestra. Realmente es tan solo un espacio muy blanco de paredes curvadas plagado de mesas móviles. Y, en cada una de ellas, unos bloques negros y blancos que recuerdan por su tamaño a ordenadores antiguos. Falsas apariencias.

Los bloques son, en realidad, unos de los más modernos secuenciadores genéticos del momento: el motor del Centro Nacional de Análisis Genómico (CNAG), en Barcelona. Nos los muestra **Holger Heyn**, un alemán que lleva ya cerca de diez

años investigando en España y que ahora es el responsable del equipo de Genómica de Célula Única en el propio CNAG.

Ese **análisis célula a célula** es la gran esperanza científica para desentrañar el desarrollo de los organismos —humanos incluidos—, para establecer las bases de la regeneración de órganos, para crear **un mapa de todas nuestras células** o para destapar claves de algunas enfermedades tan esquivas como el cáncer. De ahí que haya sido escogido como avance científico del año 2018 por la revista *Science*, y de ahí esta visita.



El alemán Holger Heyn es el responsable del equipo de Genómica de Célula Única en el CNAG. **IMAGEN** CNAG

Gracias a estas técnicas se ha podido ver cómo actúan las células de los axolotl para regenerar sus miembros

**DE BATIDOS Y ÁRBOLES** «La genómica unicelular ha alcanzado la madurez de manera increíble», decía hace un tiempo en una conferencia **Eric Lander**, el más que influyente director del Instituto Broad del MIT y Harvard. «Y, una vez que te das cuenta de que podemos hacer los análisis en células individuales, ¿cómo vas a aceptar un batido? Es una locura estar haciendo genómica en batidos».

Los ‘batidos’ de Lander son los análisis tradicionales donde se recogen un montón de células cuyo ADN (o ARN, el mensaje del ADN) se mezcla antes de pasar por los secuenciadores. La información que resulta es un promedio del conjunto. Habrá

árboles particulares que queden ocultos por el bosque y, sobre todo, no permite saber qué información concreta contiene cada célula en particular. El individuo se disuelve en la masa.

Estos análisis ya habían sido escogidos como el Método del Año en 2013 por la revista *Nature*. «Pero, por entonces, apenas podían estudiarse diez o veinte células, eran tremendamente caros y muy poco resolutivos», comenta Heyn. Ahora, en cambio, «podemos analizar 10.000 células en un solo experimento y hay proyectos para hacerlo con hasta un millón».

La tecnología clave que ha posibilitado este salto es la basada en **microfluidos**, una herramienta

## Según los expertos, el Atlas Celular Humano cambiará las reglas del juego, como en su día lo hizo el Proyecto Genoma

que permite separar y canalizar cada célula en gotas diminutas a la vez que se introduce en su ADN un **marcador** o código de barras. Ese marcador permite identificar cada una de ellas una vez que han sido analizadas.

De esa manera puede estudiarse su ADN, su ARN e incluso su información epigenética, que pone los puntos y comas a la lectura del genoma. «La resolución no es perfecta todavía en ningún caso —reconoce Heyn—, pero lo más potente ahora mismo es el estudio del ARN». En algunos de esos estudios se basó el reconocimiento al avance del año.

### UN GUSANO QUE CRECE CÉLULA A CÉLULA

La planaria *Schmidtea mediterranea* es un animal insólito. Este gusano de apenas un centímetro es potencialmente inmortal: sus células madre renuevan sus órganos de manera continua y, si se parte en varios trozos, de cada uno emerge un nuevo gusano. La cabeza es capaz de regenerar una cola y la cola una cabeza, que incluso parece conservar algunos de sus recuerdos. Fue descubierto por el biólogo Jaume Baguña en un pantano de Montjuic en 1968. Que se sepa, hoy apenas vive en Barcelona, en ciertas zonas de Menorca... y en una veintena de laboratorios de todo el mundo.

Uno de ellos está en el Centro de Medicina Molecular Max Delbrück, en Alemania. Allí, en 2018, usaron las técnicas de análisis célula a célula no solo para establecer un **atlas celular del animal**, sino también para estudiar los **programas genéticos** que conducían a su formación y regeneración. Entre otras sorpresas, encontraron que la cantidad de algunas células disminuía muy

rápido. Eso indicaba que podían ser la reserva que alimentara el proceso de regeneración.

¿Podrían aplicarse esos descubrimientos a humanos para impulsar la medicina regenerativa? «Aún nos falta mucho por saber», contestan en un correo consensuado **Mireya Plass** y **Jordi Solana**, los dos primeros firmantes del trabajo. «Las planarias adultas tienen más de un 30 % de células madre, cosa que dista mucho de nosotros. Aun así, esperamos que algunos de los mecanismos sí que sean los mismos».

Lo que tienen claro es que antes no eran capaces de distinguir los distintos tipos de células en el desarrollo embrionario, y ahora van a recoger información «que será crucial para generar en el laboratorio células, tejidos y órganos que sirvan para tratar distintas patologías».

### EXPERIMENTOS CON EL ANFIBIO DE CORTÁZAR

Hubo un tiempo en que el escritor Julio Cortázar «pensaba mucho en los **axolotl**». Tanto como para dedicarles un cuento asombroso a estos anfibios hipnóticos que se confunden con salamandras y que, como ellas, son capaces de regenerar sus miembros, esqueleto incluido. Cortázar estaba obsesionado con su mirada, ¿pero cómo consiguen ese inmenso poder de renovación?

Usando el nuevo arsenal de técnicas, investigadores alemanes han comprobado cómo un tipo particular de células se desprograma para volver a un estado similar al embrionario y, a partir de ahí, dirigir la regeneración en los axolotl. Nuestra limitadísima habilidad para conseguir algo parecido quizá se deba a la incapacidad para reprogramar

este tipo de células hasta esos estados. Nuestro hígado o nuestra piel pueden regenerarse parcialmente, pero son excepciones. No podemos hacer lo mismo con una pierna, un riñón o un corazón.

Aquí el análisis crucial es el del ARN. El ADN no aporta información valiosa: esencialmente es el mismo en cada célula, lo importante es cómo se lee el código en forma de ARN en cada momento y lugar. Eso es lo que permite estudiar cómo, a partir de una única célula, se forma un animal con todos sus órganos y tejidos, tan diferentes entre sí pero tan iguales en su genética inicial. Cómo somos lo que somos.

Así lo han hecho otros grupos de investigación en 2018 con peces y ranas, viendo cómo se encienden y apagan los genes en cada célula durante su desarrollo. Y así han conseguido seguir el desarrollo del cerebro y la médula espinal de un ratón hasta el día once tras su nacimiento, identificando en el camino más de cien tipos de células diferentes.

«Son estudios muy bonitos», reconoce Heyn. «Permiten ver cosas que antes no podíamos ver y seguir el crecimiento sin hipótesis previas: cómo una célula se divide y empieza a hacer cosas diferentes en cada división». Sin embargo, «esa es solo una pequeña parte de las posibilidades que ofrece». Heyn se refiere a la posibilidad de trazar todo un atlas humano y a sus posibles aplicaciones en la medicina.

**UN ATLAS CELULAR QUE ES UNA TABLA PERIÓDICA** Eric Lander lo explica así: «Si tuviéramos una tabla periódica de las células seríamos capaces de averiguar la composición de cualquier muestra». Esa

teórica tabla periódica que en su día revolucionó la química ha adoptado otra imagen, la de un atlas celular, y ha dado lugar a un proyecto que recoge la idea: el «Human Cell Atlas» (el **Atlas Celular Humano**).

Su objetivo es identificar cada célula del cuerpo, dónde se localiza y cómo actúa junto con el resto para formar los órganos y tejidos. Algo así como un **'Google maps' celular** que sirva de referencia «para que luego podamos colocar las casas y los edificios encima», visualiza Heyn, quien no duda de que será algo que «cambiará las reglas del juego, como en su día lo hizo el Proyecto Genoma». La próxima reunión de la iniciativa tendrá lugar en octubre, en Barcelona.

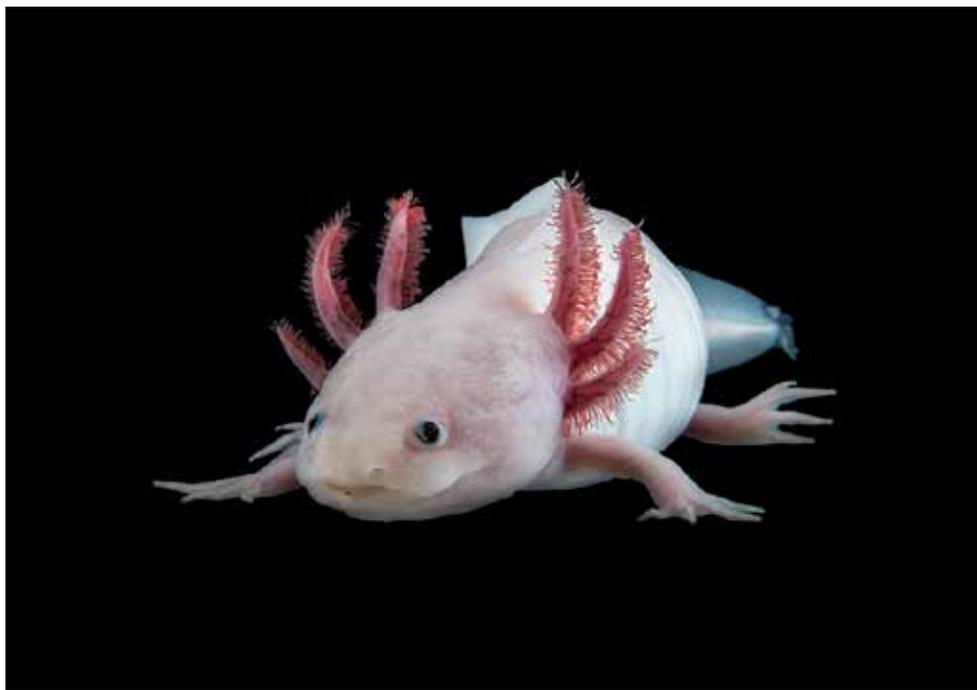
Aunque es un consorcio voluntario y sin una financiación específica, ha contado con mecenas tan populares como **Mark Zuckerberg**, el fundador de Facebook, que «impulsó su inicio y colabora cofinanciando estudios concretos».

El grupo de Heyn participa de dos maneras: es el responsable del control de calidad del proyecto y está encargado de estudiar todos los tipos de linfocitos B —las células que fabrican los anticuerpos— que existen en el cuerpo humano. «Queremos ver cómo se desarrollan y activan en cada lugar, cómo funcionan y cómo cambian mientras viajan por el cuerpo».

Antes se pensaba que había 500 tipos de células diferentes, ahora se dice que hay al menos diez veces más. «Pero los números bailan mucho y seguramente sean aún mayores», reconoce Heyn. «La clave está en pensar que las células son increíblemente plásticas, que hay muchísima más variedad de

---

El análisis ya ha dado lugar a un posible tratamiento para prevenir el retinoblastoma, un cáncer hereditario



Axolotl, el anfibio que intrigaba a Cortázar y que es capaz de autorregenerarse. **IMAGEN** Research Institute of Molecular Pathology

la que hasta hace nada podíamos estudiar».

En apenas dos años de vida, el proyecto ya ha producido avances: ha servido para identificar un nuevo tipo de neuronas a las que han llamado ‘rosa mosqueta’ y que por el momento parecen exclusivas de los humanos; ha permitido establecer un mapa de las células de la barrera placentaria y descubrir aquellas que modulan la respuesta de las defensas e impiden su rechazo; han hallado, incluso, un nuevo tipo de célula pulmonar que parece involucrada en la fibrosis quística, una enfermedad hereditaria potencialmente mortal.

Una vez delimitada la función de una célula, cuando esa función falle en el organismo sabremos

quién es la responsable, qué célula hay que estudiar. El proyecto Life Time propone enfocar este tipo de técnicas al estudio de la enfermedad. La iniciativa aspira a conseguir —y ha llegado a la fase final de evaluación— una financiación de 1.000 millones de euros de la Comisión Europea como proyecto Flagship (igual que lo fueron el Proyecto Grafeno o el del Cerebro Humano).

Una de las enfermedades donde más darán que hablar las nuevas herramientas es el cáncer.

**EN LA SALUD Y EN LA ENFERMEDAD** Un tumor es, en esencia, una máquina evolutiva. Acumula cambios y mutaciones de forma desenfundada. Pero los cambios pueden ser diferentes en unas células u

«Podemos ver aquello que ni siquiera sabíamos que existía», afirma Heyn

otras. Algunas pueden dar lugar a **metástasis**, otras son capaces de resistir a los tratamientos y regenerar el tumor y las de más allá se limitan a crecer sin aparente control. Si las células sanas comparten en esencia un mismo ADN, las de un tumor pueden ser primas muy lejanas.

La heterogeneidad y la capacidad evolutiva del cáncer son dos de los grandes retos de la medicina y, seguramente, el gran obstáculo de la nueva medicina de precisión. El que algunas células adquieran nuevas mutaciones clave —o que unas pocas sean capaces de resistir el tratamiento escogido— hace que la eficacia de las terapias sea, generalmente, solo temporal. Las técnicas de análisis célula a célula pueden servir para conocer mejor la biología del cáncer y, con ello, superar parte de estos obstáculos.

«Antes teníamos que deducir esa evolución, ahora puedes ver directamente el árbol que construye», explica Heyn. Las aplicaciones —aunque incipientes y no exentas de dificultades— son notables. Por ejemplo: los grandes proyectos de **medicina de precisión** se están basando en dar tratamientos si encuentran una determinada mutación en el tumor, pero no tienen en cuenta la cantidad de células que la contienen y, sobre todo, no pueden saber qué tipo de células son y cuál es su función. Así no solo es más difícil predecir su eficacia, también lo es evitar las recaídas de la enfermedad.

Otro ejemplo: no se conoce el tipo de células que dan origen a muchos tumores. En el caso del **retinoblastoma**, un cáncer hereditario, este análisis ha permitido identificar la pequeña población de células de la retina que lo inicia.

Al aislarlas y estudiar su metabolismo, los investigadores han propuesto un tratamiento para prevenirlo. «Como los efectos se producen solo en estas células, no podíamos verlos cuando analizábamos el tejido completo del ojo», explican.

**POR QUÉ SOMOS COMO SOMOS** Los potentes programas informáticos de estos análisis contribuirán también al desarrollo de la **biopsia líquida**, la posibilidad de detectar o seguir la evolución de un tumor a través de su rastro en la sangre. Y la tecnología ya se está empleando para estudiar con detalle la respuesta de nuestras defensas y qué tipo concreto de células actúan en la tan prometedora inmunoterapia contra el cáncer. Conocerlas es un paso clave para conseguir mejorarla.

«Otras enfermedades que pueden beneficiarse de estas técnicas son las **autoinmunes** —afirma Heyn— porque todavía no sabemos qué tipo de células son las que producen los ataques». Entre ellas están enfermedades inflamatorias como la de **Crohn**, el lupus o la **esclerosis múltiple**. «Y también servirá para saber en el **alzhéimer** qué tipo de células mueren en cada etapa».

La visita termina con una declaración entusiasta en la que, sin embargo, es difícil encontrar impostación: «Estas técnicas nos permiten ver aquello que ni siquiera sabíamos que existía», afirma Heyn. «Nos van a ayudar a estudiar la complejidad de la vida, a saber cómo estamos contruidos. Y, una vez tengamos un atlas, podremos compararlo con aquello que falla, en nosotros y entre nosotros».

¿Eran o no eran emocionantes los bloques de la sala inicial?

MARINA LOGARES, MATEMÁTICA Y ACTIVISTA LGTBI

# «La ciencia inclusiva no se hace sola, hay que trabajársela»

ROCÍO PÉREZ BENAVENTE | 29 JUNIO 2019

Es profesora de la Universidad de Plymouth y ha publicado trabajos en álgebra, matemática física y geometría, pero sus logros van más allá de las pizarras: es cinturón negro en taekwondo, árbitro nacional y batería. Además, dedica mucha energía a pelear contra la discriminación de las minorías en la ciencia.

**Marina Logares (Madrid, 1976)**, matemática, es una mujer pequeña y eléctrica, de pelo corto canoso, expresión divertida incluso cuando se concentra para buscar la palabra precisa (a menudo le salen en inglés, por costumbre) y unas manos que no paran quietas mientras habla, cosa que hace sin apenas parar para tomar aire. Decir algo inapropiado le preocupa lo suficiente como para mencionar esa inquietud en voz alta, pero no tanto como para que eso le haga titubear.

Después de doctorarse en la Universidad Autónoma de Madrid fue investigadora en el ICMAT, el

Max Planck Institut für Mathematik de Bonn, el Mathematical Institute de la Universidad de Oxford y el Centro de Matemática do Porto. Actualmente es profesora en la Universidad de Plymouth (Reino Unido).

Logares es matemática, pero también muchas otras cosas: es cinturón negro segundo DAN de taekwondo, árbitro en competiciones de combate, batería en varias bandas y **activista** por la inclusividad de la **comunidad LGTB en la ciencia**. Conoce y celebra la legislación inglesa que se orienta a erradicar cualquier tipo de discriminación y tiene

«Me dedico a aprender sobre un objeto que es uno de los espacios geométricos más ricos que he podido encontrar»



claro que todos esos esfuerzos son indispensables: «Ser inclusivo no es algo que ocurra sin más, no sale gratis».

**Ayúdame a explicar cuál es tu área de investigación.**

Yo me dedico a aprender sobre un objeto que es uno de los espacios geométricos más ricos que he podido encontrar. No conozco otra cosa que tenga más interrelaciones con otras áreas de las matemáticas, así que es fantástico. Es el espacio de moduli de fibrados de Higgs.

**Esto, esto es lo que me tienes que explicar...**

Básicamente es un espacio de

soluciones de ecuaciones que vienen de la física y que a la vez describen cosas muy matemáticas, por ejemplo, cómo representar la topología de una variedad. La topología es la rama de las matemáticas que habla de la forma de las cosas y de los aspectos que no varían en ellas cuando se deforman. Por ejemplo, un blandiból es moldeable y cambiante, ¿no? Para la topología hay distintos tipos de blandiból, y si tú le haces un agujero ya es distinto de uno sin agujero, y con dos agujeros, más distinto aún, y así sucesivamente. Eso, el número de agujeros de nuestro blandiból, es lo que se llama un invariante topológico,

Marina Logares, en el congreso BYMAT, celebrado en el Instituto de Ciencias Matemáticas. **IMAGEN** Álvaro Muñoz Guzmán

«Yo también me pregunto para qué sirve lo que hago, al fin y al cabo me están pagando por investigar»

---

«Cualquier matemático es consciente de que lo que hace hoy en algún momento va a ser útil»

---

«Hay que plantearse cómo llevar a cabo políticas para que la ciencia sea inclusiva, diversa e igualitaria»

porque tú puedes deformar esos objetos pero el número de agujeros siempre se mantiene.

**Hasta aquí, entendido. Lo del blandilú ayuda...**

Esas representaciones geométricas están íntimamente unidas con ecuaciones muy importantes que describen fenómenos relacionados con el electromagnetismo. Resumiendo, yo me dedico a estudiar este espacio con técnicas de las matemáticas ... ¡y al final me encuentro con que está todo relacionado con la física!

**Una vez explicado esto, ¿cuántas veces te han preguntado para qué sirve lo que haces?**

El caso es que yo también me lo pregunto. Si no, moralmente me siento mal. Al fin y al cabo, me están pagando por investigar. O sirve para algo o qué estamos haciendo aquí.

**Te lo pregunto por el eterno debate en torno a la ciencia básica y su valor en sí misma: estamos aprendiendo cosas aunque no sepamos para qué son.**

En matemáticas nos lo preguntamos muchísimo, yo creo que todos tenemos días en los que nos importa más y otros menos. E incluso hay días en los que por la mañana estás a tope y piensas que sí, que hay que hacer algo que ayude al mundo, y luego por la tarde estás enfrascada en el problema, tienes que resolverlo y tú misma piensas que no sabes si algún día servirá de algo...

Yo creo que cualquier matemático es consciente de que lo que hace hoy en algún momento va a ser útil. A veces tienes la aplicación muy clara, en la punta de la lengua, y rápidamente la

puedes explicar, y otras veces eres consciente de que no la tienes pero que dentro de unos años será útil, seguro.

Y la calidad de las matemáticas está relacionada con eso: cuando un teorema es bueno, cuando está explicando cosas profundas, probablemente en un futuro llevará a una nueva aplicación o abrirá puertas y caminos en un área que aún no conocemos. Lo bonito de la buena investigación matemática es que abre puertas a nuevas formas de pensar.

**Y hablando de nuevas formas de pensar... Existe cierto debate sobre la necesidad (o no) de fomentar la inclusividad en la ciencia, por el impacto que tiene en los resultados contar todos los puntos de vista posibles, especialmente los de las minorías.**

Yo creo que esto es muy sencillo: la inclusividad no ocurre sin más, no la consigues sin hacer nada, no te despiertas un día y tu universidad o tu centro de investigación son inclusivos. Eso hay que trabajarlo. ¿Cómo? Pues no es fácil, hay que encontrar la mejor forma.

El problema es que si la ciencia no se hace de manera inclusiva, eso afecta a los resultados científicos. Te pongo un ejemplo muy divertido: hay un documental sobre animales con comportamientos gays. Es antiguo, lo presenta un cómico en inglés. En un momento habla con un biólogo que es un señor muy religioso. Él tiene localizados varios ejemplos de comportamiento animal gay, los tiene estudiados como tal, pero ;se niega a llamarlo gay!

Todos sus colegas sí lo llaman así pero a él le cuesta, se nota en la entrevista que el hombre habla de ello con dificultad... Y es com-

---

«Hay estudiantes que eligen universidad dependiendo de si hay políticas inclusivas o no»

plificado, porque uno puede tener unas creencias que chocan con la ciencia. Es un problema que se soluciona incluyendo otros puntos de vista en la ciencia.

**El problema, como tú dices, es cómo conseguir esa inclusividad.** Claro, aquí hay que plantearse cómo llevar a cabo políticas para que la ciencia sea inclusiva, diversa e igualitaria. En Inglaterra tienes comités de *Equality, Diversity and Inclusion* por todas partes, son muy importantes. También se ha implantado una directiva para no dar becas a equipos en los que no haya mujeres. Han decidido forzar las cosas en esa dirección. ¿Estamos seguros de que es lo que mejor funciona? Aún no lo sabemos, pero no por ello vamos a dejar de hacer.

**Dirías entonces que en Reino Unido se toman en serio la inclusividad...** ¡Por lo menos lo están intentando! Después, que este tipo de políticas sean bienvenidas ya depende de cada universidad. Hay sitios en los que se han creado comités donde realmente se persigue conseguir cambios. Yo estoy en el comité LGTB del *staff* de la Universidad de Plymouth, formado por profesores y personal de servicios, y ponemos en marcha iniciativas.

**Cuéntame alguna de esas iniciativas.**

Por ejemplo, hemos habilitado cuartos de baño de género neutro, porque tenemos una gran cantidad de alumnado y *staff* que es transexual y no es deseable que a nadie le apunten con el dedo cuando va al lavabo. Hemos hecho un mapa de esos baños *gender neutral*. Es súper sencillo, es gratis y ayuda un montón.

Como respuesta, vemos que hay estudiantes que eligen la universidad, que es algo que a nosotros nos importa mucho porque de eso depende el dinero que va a llegar, en función de si hay políticas inclusivas o no. Hasta ese punto llega la importancia de estas medidas, porque si el estudiante es LGTB, desde luego que lo va a valorar. Pero también lo va a tener en cuenta si pertenece a otra minoría, por ejemplo, racial.

**De forma que no son solo las instituciones, también la sociedad y los alumnos están muy concienciados con la inclusividad... Eso no evita las tensiones internas.**

Pues no, y menos en momentos de crisis. Esto es muy humano, y no solo humano, ojo: haces experimentos con monos y en un momento determinado hay menos bananas, la cosa se convierte en «a ver ahora cómo nos las repartimos» y el grupo en minoría es el que se queda fuera.

**Nada que no hayamos visto aquí o en otros sitios últimamente.**

Eso va a pasar siempre. Lo que hay que hacer es conseguir más bananas. Esa es la clave, no dejar a nadie sin bananas.

**¿Tienen los científicos un papel especial en ese «conseguir más bananas» que sería intervenir en los debates públicos y políticos?**

Mi opinión es la de una ciudadana que ve cosas, como los demás. Pero sí creo que para tratar ciertos temas los políticos tienen que informarse por expertos. Por su parte, los científicos tienen la responsabilidad de dar la información lo mejor y lo más claramente posible: «Esto es lo que sabemos y esto es lo que no sabemos».

PEDRO DUQUE, MINISTRO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES

# «Más de la mitad de los españoles cree que he estado en la Luna»

---

ADELINE MARCOS | 08 JULIO 2019

En el verano de 1969, Pedro Duque tenía seis años. Aunque sus recuerdos son un poco vagos, el primer y único astronauta español sabía en ese momento que la llegada del ser humano a la Luna marcaría la historia. Cincuenta años después, Duque, que en total ha pasado 19 días en el espacio en dos viajes, admite que ningún otro acontecimiento espacial ha superado la expectación vivida aquel 20 de julio de 1969.



Pedro Duque, único astronauta español y ministro de Ciencia, Innovación y Universidades, en la sede del Ministerio en Madrid. **IMAGEN** Álvaro Muñoz Guzmán, SINC

«La llegada a la Luna ha cambiado muchísimo la visión que tenemos de la Tierra»

Desde finales de los años 50 hasta mediados de los 70, EE UU y la Unión Soviética protagonizaron una acelerada lucha por ser los primeros en enviar satélites y humanos al espacio y llegar a la Luna. Uno de los grandes hitos de esa carrera espacial ocurrió en abril de 1961, con el lanzamiento de la nave Vostok 1, que llevaba a bordo al cosmonauta soviético Yuri Gagarin. Fue el primer ser humano en viajar al espacio exterior.

Pero aún quedaba la misión más importante: alcanzar la Luna. Los estadounidenses iniciaron el Programa Apolo en 1960 para

realizar sobrevuelos tripulados a nuestro satélite y buscar una zona para alunizar. El objetivo no se cumplió hasta el mes de julio de 1969, con la misión Apolo 11 y los astronautas Neil Armstrong, Edwin Aldrin y Michael Collins.

La noche del 20 de julio de 1969, millones de personas en todo el mundo fueron testigos de la llegada de los hombres a la Luna a través de sus televisores. Entre ellos se encontraba Pedro Duque, el primer y único astronauta español de la historia y ahora ministro de Ciencia, Innovación y Universidades.

«Hay países que invierten menos que la media en programas espaciales, como España, que dedica de 4 o 5 euros al año por persona»

**Cuando la misión Apolo 11 alcanzó la Luna usted tenía seis años. ¿Qué recuerda de esos días?**

Tengo recuerdos, no estoy muy seguro de si son reales o no, pero son plausibles. Recuerdo una televisión en blanco y negro al lado del techo en el salón de la pensión donde íbamos en Guipúzcoa, en Cestona. Todos estábamos expectantes. Todo el mundo sabía qué iba a ocurrir. No sé si lo vi en directo o en una segunda retransmisión, pero sí recuerdo que fue un evento de los que marcaban a la humanidad entera.

**¿Este acontecimiento influyó de alguna manera en su decisión de estudiar ingeniería aeroespacial?**

Podría ser, pero pasó mucho tiempo desde los seis años hasta el momento en que elegí. Yo tenía, además, otros condicionantes, porque mi padre era controlador aéreo y tenía relación con la aeronáutica. Quizá eso influyó un poco más. Lo que sí es cierto es que cuando estaba en el colegio estudiando el bachillerato no parecía nada plausible que ningún español se pudiera dedicar a cuestiones del espacio. Por eso yo tiré por la aeronáutica.

**Ahora los niños y niñas de esa edad pueden ver la imagen real de un agujero negro y saben que se descubren nuevos planetas que podrían albergar vida. Es como si el espacio estuviera más a su alcance. ¿Siguen queriendo ser astronautas?**

Sí. No te digo que todos, pero muchos de los que se me acercan, sí. No me ven solo como una curiosidad, sino como una opción para ellos. Eso es positivo. Primero tiene que existir la posibilidad de que un niño o una niña de un colegio

cualquiera de España pueda llegar a lo que quiera ser si se esfuerza y tiene talento. Yo creo que las condiciones sí están. Además, España sigue participando en los programas espaciales dentro de la Agencia Espacial Europea (ESA). Lo importante es tirar de esa ilusión de niñas y niños y, una vez que se han entusiasmado por cosas de ciencia, ingenierías o medicina, a casi todos se les olvidará que querían ser astronautas porque encontrarán algo que les guste más.

**¿La llegada del ser humano a la Luna ha cambiado nuestra visión del espacio?**

Bueno, lo que ha cambiado muchísimo es la visión que tenemos de la Tierra gracias a la primera foto del Apolo 8 y la de la Luna completa del Apolo 10. El hecho de que esas fotos se propagaran por todo el mundo nos hizo comprender que en realidad estamos todos en una bola que es bastante grande, pero tampoco es infinita, y que necesitamos una visión global del cuidado del medio ambiente.

**¿Pensó a lo largo de su carrera como astronauta que viajaría algún día a la Luna?**

¡Bastante tuve con que me dejaran presentarme para ser astronauta! [Ríe] Hicieron falta años de esfuerzo inversor en las industrias espaciales españolas, una Ley de la Ciencia y muchos cambios en España para que eso ocurriera. A los 500 o 600 españoles que nos presentamos ya nos parecía mucho que nos dejaran. Que yo saliera elegido ya fue un privilegio absoluto, y que pudiera volar al espacio con los americanos y los rusos... Pero ya ir a la Luna hubiera sido el copón [risas]. La verdad es que nunca piqué tan alto.

**Cuando vemos las imágenes de hace 50 años parece todo muy arriesgado. ¿Cómo nos atrevimos a ir tan lejos?**

Fue un atrevimiento, sin ninguna duda. Se necesitó un impulso absolutamente único y quizá irrepetible desde los poderes públicos con el presidente Kennedy y su entorno. En el mes de marzo de 1961 estaban pensando en reducir sustancialmente los presupuestos del espacio, pero el 12 de abril de ese año voló el ruso Yuri Gagarin, así que en mayo los estadounidenses multiplicaron por cinco su presupuesto. La idea se impuso desde arriba, eso fue imprescindible. Había, por supuesto, mucho afán en la carrera espacial por llegar antes.

**¿Hubo un antes y un después tecnológico con la llegada a la Luna?**

Hay tecnologías que se desarrollaron muchísimo en ese tiempo, cuando la NASA tenía más de cinco veces el presupuesto actual en EE UU. Se impulsaron algunas tecnologías, como las de Saturno V y sus motores cohete, que siguen estando muy cerca de lo puntero, aunque su sistema de fabricación es un poco caro. Durante ese tiempo se desarrollaron cosas maravillosas porque había muchísimas personas trabajando. Luego han surgido tecnologías de la información, han mejorado los sensores y los medios de cálculo, y con eso pensamos que lo que había en los años 60 está obsoleto. Aun así, ahora sería también arriesgado, pero no tanto porque tenemos muchos más medios.

**Pero menos dinero... ¿Por qué los países invierten menos?**

Bueno, al fin y al cabo solo lo hicieron EE UU y Rusia. Europa no ha

tenido nunca el nivel de inversión que hizo EE UU, e incluso ahora invertimos diez veces menos que EE UU en programas tripulados. Son decisiones políticas. En los años 60, un líder específico hizo que la misión y el desarrollo tecnológico tuvieran lugar, y en Europa no hemos tenido tal impulso.

**¿Qué se está haciendo desde la ESA?**

Nuestra agencia tiene alrededor de una tercera parte del dinero de la NASA. Los niveles que ha alcanzado la ESA son muy buenos, pero no se dedica a todas las áreas porque no tiene suficiente cantidad de recursos. Una de las cosas que Europa ha decidido es no hacer grandes esfuerzos en los programas tripulados. Nuestras participaciones ahí son mínimas respecto a los recursos que se utilizan en EE UU o en Rusia.

En otras áreas tenemos niveles tecnológicos homologables a los de EE UU. Si colaboramos en una misión con un satélite o un detector que vaya a los asteroides, a Marte o que observe la Tierra con precisión absoluta, no tenemos nada que envidiar. Vamos como socios de EE UU de igual a igual en todos los aspectos, pero en Europa nunca hemos invertido para llevar a personas al espacio.

**¿Y nunca se invertirá más?**

Pues no lo sé. Yo siempre he abogado por que Europa incremente sus inversiones a unos niveles comparables a los de EE UU. Allí pueden estar por el centenar de dólares por año y habitante en programas tripulados, y en Europa por 10 euros al año y persona. Hay países que invierten menos que la media, como España, que dedica de 4 o 5 euros al año por persona.

«El incremento de la I+D es lo que necesita España para crecer, para que nuestros hijos tengan trabajo y las pensiones se puedan pagar»



Pedro Duque sostiene un modelo lunar del Museo Nacional de Ciencia y Tecnología (MUNCYT). IMAGEN Álvaro Muñoz Guzmán, SINC

Está demostrado que la inversión en I+D es rentable. No se está gastando, se está invirtiendo para tener más. Esa idea debería plasmarse en más dinero para la investigación, la universidad, el desarrollo de los productos y la creación de nuevas metas que empujen a las industrias a desarrollar tecnologías que después pasarán al mercado.

**¿Qué nos queda por saber de nuestro satélite?**

Casi todo, porque al final hemos ido seis veces con doce personas que han traído muestras de

unas zonas muy determinadas, pero no han ido a los polos, no han estado en la cara oculta... La exploración de la Luna era en realidad una carrera, explorar era secundario. Por lo tanto, no se hizo un plan absoluto. Pero cuanto más precisión tengamos sobre la Luna, más sabremos de la geología planetaria.

**¿Y qué hay de lo tecnológico?**

Ya que tenemos un lado oculto que no recibe interferencias de la Tierra, podríamos poner detectores y hacer una explosión del conocimiento radiotelescópico del

---

«Yo creo que una base en la Luna sería factible y permitiría utilizar recursos *in situ* útiles en la exploración futura de planetas y cuerpos del sistema solar»

universo, por ejemplo. También habría que explotar los recursos *in situ*, construir refugios contra la radiación y aprender para después ir a otros sitios, como Marte.

**¿Una base lunar sería realmente factible?**

Claro, todo es factible. Es una cuestión de invertir en desarrollo y poner el dinero que requerirá su mantenimiento. Si tienes una base en un sitio es cuando puedes hacer ciencia, si no, es como hacer geología sin tener ni tiendas de campaña.

**A pesar de todo el esfuerzo y el trabajo, sigue habiendo gente que no cree que las misiones espaciales nos aporten algo. ¿Qué les diría como astronauta y como ministro? Por supuesto que aportan. Ahora mismo la única forma de medir el clima global es utilizando sensores y detectores que están por fuera con el programa europeo Copérnico. Tampoco se puede vivir sin los satélites de telecomunicaciones. Ahora viene una nueva ola de baja cota que nos hará descubrir cosas sin las cuales ya tampoco podremos vivir. La Tierra es tan pequeña que, a poco que quieras hacer algo muy avanzado, tienes que salir al espacio.**

**¿Y qué les dice a los que siguen creyendo que nunca llegamos a la Luna?**

Les digo que deberían tener cuidado. Pensar que todo el mundo está conchabado puede perjudicar a tu salud. Puedes empezar a creer cosas que resultan realmente peligrosas y escuchar a un señor que te propone no ir al médico para curarte un cáncer, sino abandonar a tu familia y darle tu dinero. Me preocupa que todavía haya

gente que se crea que no fuimos a la Luna, que la Tierra es plana o hueca; pero más me preocupa que niegue los mejores cuidados médicos a sus hijos.

**¿Hay algún otro acontecimiento que haya pasado en estos 50 años que se pueda asemejar a lo que se vivió en 1969, o tendremos que esperar a poner los pies en Marte para vivir lo mismo?**

En la conquista del espacio, poco o nada puede compararse a aquello, sobre todo en el imaginario de las personas. Más de la mitad de los españoles se cree que yo he estado en la Luna [risas]. ¿Por qué? Pues porque fue lo que llenó las mentes de ilusión. Las personas entienden que los exploradores llegan a sitios, no dan vueltas alrededor del planeta.

LUIS RUIZ DE GOPEGUI, ANTIGUO DIRECTOR DE LA ESTACIÓN DE LA NASA EN MADRID

# «El mismo día del alunizaje tuvimos que buscar dinero para reponer una pieza de la antena»

---

ENRIQUE SACRISTÁN | 20 JULIO 2019

En los años 60 entró a trabajar como ‘Luisito’ en las instalaciones de la NASA en España para seguir los vuelos tripulados del programa Apolo, y en los 90 se jubiló siendo Don Luis Ruiz de Gopegui, máximo responsable de las actividades de la agencia espacial en nuestro país. En el 50 aniversario de la llegada del primer ser humano a la Luna, Gopegui rememora cómo vivió aquella jornada histórica en la estación de Fresnedillas.



Durante casi 30 años, **Luis Ruiz de Gopegui (Madrid, 1929)** trabajó en las estaciones madrileñas de Robledo de Chavela y Fresnedillas de la Oliva, de la que fue director y donde siguió de cerca las misiones de la agencia espacial estadounidense, incluida la mítica Apolo 11 que llevó al hombre a la Luna.

A sus 90 años y con una salud delicada, nos recibe en su casa. Antes de que este periodista pueda hacer la primera pregunta, **Gopegui comenta una de sus anécdotas:** «Voy a empezar contando el conflicto que tuvimos con el nombre de la estación de Fresnedillas. Un día vinieron los alcaldes de Fresnedillas y Navalagamella para hablar conmigo,

porque si no, pegaban fuego a la base o algo parecido. Traían un mapa para que viera que la estación estaba en el término de los dos municipios, y el alcalde de Navalagamella quería que el nombre de su pueblo también figurara. Les dije que sacaríamos una nota de prensa indicando que la estación llevaría los dos nombres, y solucionado. Les pareció bien, nos dimos la mano y se fueron. Mientras salían, me reí para adentro pensando que los astronautas americanos no sabían decir 'Fresnedillas' (se referían a ella como estación de Madrid), así que mal iban a pronunciar 'Fresnedillas-Navalagamella'...» [risas].

Luis Ruiz de Gopegui todavía conserva el casco de la NASA que tantos años llevó sobre su cabeza.  
**IMAGEN** Álvaro Muñoz, SINC

«Estábamos pendientes de nuestro trabajo y de no quedar mal, de que los españoles no metiéramos la pata»

### ¿Cuándo comenzó a trabajar para la NASA?

A mediados de los años 60, a través del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial (INTA). Empecé como ‘soldado’, desde abajo, trabajando como técnico y jefe de los equipos de radiofrecuencia. En la estación de Robledo estuve un año o algo más, hasta que el director americano metió la pata. Resulta que el director español de los asuntos de NASA en España [Manuel Bautista Aranda, del INTA] publicó un memorando en el tablón de anuncios, y su colega americano lo arrancó y lo tiró a la papelera. Esto causó un conflicto diplomático que acabó con la expulsión del director americano, porque su embajada no quería problemas.

Entonces alguien dijo: «¿A quién ponemos provisionalmente en Fresnedillas? Pues que vaya Luisito, que acaba de llegar». Me incorporé como encargado cuando estaba a punto de empezar el programa Apolo. Luego vino un nuevo director americano, nos hicimos buenos amigos, y al cabo de mucho tiempo me hicieron director de la estación de Fresnedillas.

### Lo habrá contado muchas veces, ¿pero cómo vivió desde ahí la llegada del hombre a la Luna?

Efectivamente, me lo han preguntado muchas veces y la gente no lo entiende. En aquel momento, ninguno pensábamos que los viajes a la Luna iban a ser algo excepcional. Lo imaginábamos como una especie de puente aéreo que acabaría siendo habitual, al menos una vez al año. Nunca hubiéramos apostado que pasaría medio siglo sin que se repitieran esos viajes. No le dábamos la importancia que hoy tiene. Entonces estábamos

pendientes de nuestro trabajo y de no quedar mal, de que los españoles no metiéramos la pata.

### Pero exactamente, en su caso, ¿qué hacía aquel día?

En aquel momento yo estaba... [pausa larga] resolviendo un pequeño problema que teníamos en la antena. Se había estropeado no sé qué pieza y..., esto da hasta vergüenza decirlo, pero lo que había que hacer era buscar dinero para que alguien trajera el repuesto desde El Escorial o no sé qué puñetas.

### ¿Este incidente ocurrió en las horas previas del alunizaje? ¿Se solucionó y ya está?

Sucedió durante las horas previas. Era una responsabilidad: si uno sabe lo que está haciendo, esto es muy importante. Afortunadamente sí, claro que se resolvió, aunque no fue tan sencillo como usted dice: hubo que subir a la antena (de 26 metros de diámetro), ver cómo se colocaba la pieza, discutir, porque unos decían que sí así o asá... Esto no se ha contado mucho.

### ¿Alguna otra anécdota de aquella jornada histórica?

La del por entonces embajador americano en España [Robert C. Hill] que, por cierto, se parecía al actual presidente Trump. Aquel día dijo que le gustaría hablar personalmente con los astronautas y un ‘desgraciadete’ de su oficina se ofreció para llevarlo, pero se equivocó: en lugar de a Fresnedillas o a Robledo le condujeron a la estación de Cebreros (en Ávila, desde donde se seguían misiones no tripuladas).

Allí se quedaron asustados al ver llegar al embajador, pero le dijeron que pasara. Se sentó, observó

---

«Hace 50 años pensábamos que viajar a la Luna acabaría siendo habitual, lo imaginábamos como una especie de puente aéreo»

---

«Los astronautas se sublevaron contra Houston porque les ordenaron dormir un poco antes de salir, pero ellos querían pisar ya la Luna»

---

«Los años más gratificantes de mi vida profesional son los que trabajé para la NASA al pie del cañón, entre Fresnedillas, Robledo y donde hiciera falta»

cómo transmitían las órdenes a una nave y al cabo de un rato dijo: «No oigo a los astronautas». Los operarios le respondieron: «¿Qué astronautas? Si esto es una sonda a Júpiter». Imaginaos la cara del embajador y su chófer [risas]. Se tuvieron que dar la vuelta.

¿Y consiguieron llegar a Fresnedillas?

Sí, pero tardaron mucho. Armstrong y Aldrin ya habían alunizado, y resulta que justo en ese momento estaban durmiendo, o al menos intentándolo. En realidad, hubo una sublevación de los astronautas contra el horario que les imponían los de Houston, que les ordenaron dormir un poco antes de salir. Intervino hasta el presidente de EE UU para convencerlos, porque ellos querían pisar ya el suelo de la Luna.

Al final se llegó a un acuerdo, pero en ese intermedio es cuando llegó el embajador a la estación, se sentó al lado de la consola y comentó lo mismo: «No oigo a los astronautas». «Es que justo ahora están durmiendo», le respondieron. «¿Cómo...? ¿Tienen que dormir ahora? ¿No son seres sobrenaturales?», replicó. Y le dijeron: «No, son humanos y duermen, ha pasado esto». La conversación siguió alternándose así:

—¡Vengo del otro lado y ahora me ocurre esto!

—¿Quiere usted dormir también un poco aquí en una sala?

—¡Nooooooo...!

—¿Quizá tomar algo en la cafetería?

—¿Tienen whisky?

—Pues no...

—¡Aaahhhhh!

Seguimos hablando y Gopegui reconoce que lo que vivió a lo

largo de sus 30 años trabajando para la NASA daría para escribir un libro: **sus viajes por el mundo** en busca de empleados españoles angloparlantes para la estación, la gran preocupación por los tripulantes del Apolo 13, las visitas a España de los astronautas a los que llevaba al Corral de la Morería –aunque cuando vinieron **Armstrong, Aldrin y Collins** apenas los pudo saludar–, el acoplamiento de las **naves Apolo y Soyuz** justo en la vertical de Madrid, las actividades de los **trasbordadores espaciales**, su toma de posesión como director de la estación de Fresnedillas en **1972** y los momentos difíciles del cierre en **1985**, los recortes presupuestarios, su última etapa como director de programas de la agencia espacial estadounidense en España...

La lista de experiencias y anécdotas es interminable, comenta Gopegui, «pero por hoy es suficiente, ya no me acuerdo de más».

LINDSEY FITZHARRIS, HISTORIADORA DE LA MEDICINA

# «Joseph Lister ha salvado más vidas que ninguna otra persona en el mundo»

---

FEDERICO KUKSO | 19 AGOSTO 2019

En su libro *De matasanos a cirujanos* (Debate), esta escritora estadounidense rescata del olvido a un gran héroe moderno: el cirujano británico Joseph Lister (1827-1912) quien, en una época en la que los médicos no se lavaban las manos y las cirugías tenían tasas de mortalidad extremadamente altas, cambió la medicina para siempre al introducir las técnicas antisépticas.

---

Era más seguro operarse en casa que en un hospital. Los cirujanos llevaban el delantal manchado de sangre y olían a carne podrida

A mediados del siglo XIX, el cirujano británico **Joseph Lister** tuvo una idea brillante, tal vez el descubrimiento más importante en la historia de la medicina. Pero lo único que recibió de sus colegas fue una ola de críticas y risas.

Muchos miembros de la comunidad médica se burlaban de este cuáquero espigado de modales amables, nariz recta, labios firmes y cabello castaño ondulado. Lo tildaban de charlatán pretencioso cuyas ideas eran, en el mejor de los casos, absurdas, y en el peor, peligrosas.

Hoy pensamos en los hospitales y clínicas como instituciones

para la curación y recuperación de la salud. Sin embargo, durante gran parte de la historia, los hospitales fueron **casas de la muerte**, campos de cultivo de infecciones con salas abarrotadas y poco ventiladas donde los pacientes iban a morir.

En una época en la que nada se sabía de los gérmenes, los quirófanos estaban tan sucios como los cirujanos que trabajaban en ellos amputando miembros. Durante las primeras décadas del siglo XIX, era más seguro hacerse una cirugía en casa que en un hospital, donde las tasas de mortalidad eran



Lindsey Fitzharris, autora del libro *De matasanos a cirujanos* (Ed. Debate). **IMAGEN** Foto cortesía de la escritora

Frustrado por las muertes, Lister analizó muestras de tejidos y desarrolló un antiséptico contra los microbios, que consideraba causa de las infecciones

de tres a cinco veces más altas que en los entornos domésticos.

En anfiteatros colmados de **estudiantes y curiosos** que asistían a cada intervención como quien hoy va a la cancha de fútbol, los cirujanos operaban con un dental manchado de sangre. No usaban guantes ni se lavaban las manos o los instrumentos. Portaban consigo **la suciedad y la**

**mugre de la vida cotidiana**, así como un **olor a carne podrida**, la huella olfativa del hospital.

Sin anestesia ni asepsia, el mundo de la medicina victoriana era una carnicería. «La cirugía era una lotería en la década de 1850», cuenta la historiadora estadounidense **Lindsey Fitzharris**. «Sobrevivir al bisturí era la mitad de la batalla. Los pacientes morían

de **gangrena y septicemia**. La mayoría de las muertes estaban causadas por **infecciones posoperatorias**. Los cirujanos creían que el pus era un aparte natural del proceso de curación».

Hasta que, frustrado por lo que la mayoría aceptaba como algo inevitable, Lister (1827-1912) comenzó a tomar **muestras de tejidos** de sus pacientes para exa-

«Resultó difícil para los cirujanos creer que pequeñas criaturas invisibles estaban matando a sus pacientes y que ellos jugaban un papel en esas muertes al no lavarse las manos»

«Me gusta imaginar qué se sentía al estar atado a una mesa de operaciones en un anfiteatro lleno de espectadores»

minarlas bajo el microscopio y entender qué sucedía. Así, con la ayuda de las pioneras revelaciones del químico y bacteriólogo francés **Louis Pasteur**, transformó la práctica médica. En los primeros meses de 1865, desarrolló un sistema **antiséptico** basado en el **ácido carbólico** (también conocido como fenol) para eliminar los microbios, que entendía que eran la causa de las infecciones hospitalarias.

Con resistencia, tanto la **teoría de los gérmenes** como las técnicas de Lister fueron adoptadas en todo el mundo, salvándose millones de vidas en el proceso. Aun así, para muchos el recuerdo de este pionero quedó sepultado en el olvido. Y los que lo recuerdan lo suelen hacer por un producto de higiene bucal (Listerine) que ni siquiera fue inventado por él.

En su libro *De matasanos a cirujanos* (Debate) esta historiadora de la medicina reivindica a un gigante olvidado y explora la intimidad de un cambio de paradigma, un momento en el que se transformó la forma en que entendemos el mundo.

**¿Por qué cree que la historia de Lister es importante incluso hoy, en el siglo XXI?**

Nuestra comprensión del presente se filtra a través de nuestro conocimiento del pasado. Mi libro es una historia de amor entre la ciencia y la medicina. Narro la primera vez que se aplicó un principio científico –la teoría de los gérmenes– a la práctica médica. Además de cambiar para siempre el sangriento mundo de la medicina victoriana, lo que hizo Lister allanó el camino para el surgimiento de la medicina científica.

**¿A qué ideas instaladas tuvo que enfrentarse?**

Durante miles de años la amenaza de la infección había restringido la actividad del cirujano. Hasta mediados del siglo XIX, muchos creían que la enfermedad surgía de manera espontánea de la suciedad y se transmitía por el aire a través de vapores venenosos o miasmas. De ahí que el nombre de la malaria, que deriva de «mala» y «aria» (mal aire, en italiano). Al resolver el mortal enigma de la causa de las infecciones, Lister cambió el curso de la historia de la medicina. Sus descubrimientos y técnicas siguen salvando vidas hoy. Es más, se podría decir que gracias a sus investigaciones y técnicas antisépticas este hombre ha salvado más vidas que ninguna otra persona que haya vivido en el mundo.

**¿Por qué no se produjeron estos avances antes?**

Los cirujanos veían el microscopio como algo superfluo para el estudio y la práctica de la medicina. A principios del siglo XIX, la mayoría de los microscopios se vendían como juguetes para caballeros. Muy pocos los adquirirían con fines médicos y la mayoría desconfiaba de sus revelaciones. Para Lister, en cambio, fue una de sus principales armas. Por eso se enfrentó a una gran reacción en contra cuando comenzó a defender la teoría de los gérmenes en la comunidad médica.

**¿Por qué?**

Resultaba difícil para los cirujanos creer que las «pequeñas criaturas invisibles» estaban matando a sus pacientes y que ellos habían jugado un papel involuntario en esas muertes al no lavarse las ma-

nos o al no lavar apropiadamente sus instrumentos o sus salas de operaciones. El peligro estaba presente en el ambiente alrededor del paciente. Los científicos pueden tener una mentalidad cerrada, se necesita mucho para romper un paradigma. ¿Qué dirá la gente de nosotros dentro de 50 o 100 años? ¿Qué procedimientos médicos actuales se considerarán extremadamente peligrosos en el próximo siglo?

#### ¿Cómo fue el proceso de investigación para el libro?

Me gusta decir que escribo palabra por palabra. Suena tonto pero es cierto. Cada oración es otra pieza del rompecabezas que me ayuda a contar una historia. Aunque tengo un doctorado en Historia de la Ciencia y la Medicina de la Universidad de Oxford, me considero más una narradora de historias que una académica. Mi trabajo consiste en lograr que el lector se conecte emocionalmente con un tema o personaje histórico.

#### ¿Como qué?

Por ejemplo, ¿qué se sentía al estar atado a una mesa de operaciones en un anfiteatro lleno de espectadores? ¿A qué olían las salas de hospital antes del gran movimiento de higiene del siglo XIX? Mi pretensión es que mis lectores se vayan con una comprensión completa de cómo era vivir (y morir) en este momento de la historia.

#### ¿Qué otros aspectos de la vida de Lister le sorprendieron más?

¡Ciertamente hubo sorpresas en el camino! Lister diseñó y patentó varios instrumentos quirúrgicos, como una aguja para coser heridas, un pequeño gancho para extraer

objetos del oído, un torniquete para comprimir la aorta abdominal y pinzas sinusales. Me sorprendí también cuando descubrí que Lister realizó una mastectomía, es decir la extirpación de la glándula mamaria, en su propia hermana, que tenía cáncer de mama. Y lo hizo en la mesa de su comedor. Me sorprende pensar cómo debió haber sido eso para él.

Con los años, Lister se volvió famoso hasta el punto de que en 1871 fue convocado para eliminar un enorme absceso en la axila de la reina Victoria. Lister debió sentir una tremenda inquietud al examinar a la monarca. Desinfectó sus instrumentos, sus manos y la zona afectada bajo el brazo de la reina con ácido carbólico y realizó una incisión profunda. «¡Caballeros, soy el único hombre que le ha clavado un cuchillo a la reina!», bromeó luego con sus alumnos. El éxito de Lister con la reina Victoria reforzó la confianza en sus métodos antisépticos.

#### ¿Por qué cree que atraen tanto estas historias antiguas de la medicina?

En mi caso, me inclino por historias que involucran momentos de transformación en la medicina. Mi próximo libro se centrará en Harold Gillies, el cirujano pionero y excéntrico que primero unió el arte y la medicina para abordar las horribles heridas faciales que resultaron de la Primera Guerra Mundial. Fue un otorrinolaringólogo británico a quien se le considera el padre de la cirugía plástica. También realizó algunas de las primeras operaciones de reasignación de género en la década de 1950. ¡Espero que mis lectores disfruten este libro tanto como el primero!

---

«Lister se volvió tan famoso que en 1871 fue convocado para eliminar un enorme absceso en la axila de la reina Victoria»

ANA MARÍA CUERVO, INVESTIGADORA DEL ENVEJECIMIENTO

«Todos los ensayos clínicos han fallado porque siempre se ha mirado el alzhéimer con la misma lupa»

---

MARÍA MARÍN | 21 DE SEPTIEMBRE

Es líder mundial en el estudio de la autofagia, un mecanismo mediante el cual las células se limpian a sí mismas. Desde que el gobierno de Barack Obama lanzó un estado de emergencia para la investigación en alzhéimer, Cuervo estudia el papel de esta autolimpieza en el desarrollo de la enfermedad.



Ana María Cuervo es líder mundial en el estudio del envejecimiento y la autofagia. **IMAGEN** César Esteban Rubio, SINC

«No queremos eliminar el envejecimiento, sino alargar el periodo de vida en el que una persona está sana»

Ana María Cuervo (Barcelona, 1966) se licenció en Medicina en la Universidad de Valencia y presentó su tesis sobre biología celular en el Instituto de Investigaciones Citológicas de Valencia. Ahora, 25 años después, es codirectora del Instituto Albert Einstein para la Investigación del Envejecimiento de Nueva York (EE UU).

Desde que comenzó sus estudios, sintió frustración ante la imposibilidad de luchar contra el envejecimiento, por eso decidió centrar sus investigaciones en este campo. Hoy afirma tener esperanza en la búsqueda de una cura para el alzhéimer.

El pasado mes de septiembre viajó a Madrid para asistir al con-

greso internacional de Gerociencia, organizado por la Fundación Gadea por la Ciencia, con el objetivo, explica, de poner en común todas las ideas relacionadas con el estudio del envejecimiento.

Aprovechando su visita, hablamos con ella para entender cómo sus investigaciones están ofreciendo nuevas perspectivas en el campo del alzhéimer.

**¿Por qué es importante estudiar el envejecimiento?**

Porque todos envejecemos [risas]. Es muy importante porque se puede hacer algo. No queremos eliminar el envejecimiento, sino alargar el periodo de vida en el que una persona está sana. Lo que

«El gobierno de Obama dedicó una parte del presupuesto para la investigación en alzhéimer porque se está convirtiendo en epidémico»

«La autofagia nos protege del alzhéimer porque es un sistema de autolimpieza celular que se encarga de eliminar las proteínas tóxicas»

a todos nos asusta es la pérdida de función, la pérdida de independencia... La gente considera que eso ya no es vida y no quiere alargarlo.

**¿Cuál es el perfil más propenso a tener alzhéimer?**

Hay distintos tipos. En el alzhéimer familiar tienes una mutación particular en una proteína que tiende a acumularse en tu cerebro y acaba matando sus células. Pero este representa un 5 % como máximo. La mayoría de los otros tipos de alzhéimer se llaman idiopáticos. Es la forma elegante que utilizamos los médicos para decir que no tenemos ni idea de la causa.

**¿Cuánto se ha avanzado hasta ahora en el estudio del alzhéimer?**

El tratamiento en este momento es sintomático. Hay algunos compuestos que parecen tener un efecto beneficioso en la proteína que se acumula en las neuronas dañadas, pero hasta ahora todos los ensayos clínicos han fracasado.

**¿Por qué han fracasado?**

Yo creo que parte del problema del fracaso es que la enfermedad siempre se ha mirado bajo la misma lupa. Los tratamientos han ido destinados a un componente particular de la enfermedad: las proteínas tau o las placas de  $\beta$ -amiloide. La idea era eliminarlas. Y sí, contribuyen, pero seguramente no son la única causa.

Algo que yo creo que va a ayudar es la declaración de emergencia por parte de Obama, en Estados Unidos, para investigaciones en alzhéimer. Dedicó una parte del presupuesto, que todavía está protegida, porque se está convirtiendo en epidémico. El

tratamiento para el sida se descubrió de la misma forma porque se puso a investigar gente de todas las disciplinas.

**¿Las investigaciones actuales se centran en prevenir el alzhéimer o en curarlo?**

Lo ideal sería curarlo, pero lo que nosotros estamos intentando es retrasarlo lo máximo posible. Por eso estudiamos un proceso llamado autofagia, que nos protege del alzhéimer porque es un sistema de autolimpieza celular que se encarga de eliminar continuamente las proteínas tóxicas que se acumulan en el cerebro. Pero a medida que te vas haciendo mayor el sistema se estropea, esas proteínas empiezan a acumularse y acaban matando a las neuronas.

Por ejemplo, vimos que una persona que había nacido con una mutación en la proteína tau –que predispone a padecer alzhéimer– no mostraba síntomas cuando era joven porque tenía sistemas de autofagia que se encargaban de eliminar la proteína. Al envejecer, aunque tuviera la misma cantidad de proteína mutada, acumulaba el doble porque ya no la podía reciclar. Nuestra idea es reparar la autofagia en lugar de actuar en la mutación. Así conseguiremos que los sistemas de limpieza celular de una persona de 80 años sean los mismos que cuando tenía 20 y, por tanto, dejará de tener síntomas de nuevo.

**¿Cómo conseguiréis llevar a cabo esta limpieza celular de manera artificial?**

Hemos investigado mucho para descubrir por qué disminuye el efecto de la autofagia con el paso de los años y hemos creado un ratón al que ayudamos a man-

«Para ayudar a la autofagia debemos hacer comidas moderadas y, sobre todo, espaciadas»

tener su sistema de recogida de basura celular cuando le empieza a fallar. Pero todavía no se ha podido hacer nada en personas porque tenemos que asegurarnos de que los compuestos químicos que activan la autofagia no van a tener efectos adversos.

Los ratones con los que hemos probado este proceso viven mucho más y están mucho más sanos. Ahora queremos convencer a las empresas farmacológicas, que al final son las que van a desarrollar las terapias.

En segundo lugar, hemos buscado en el laboratorio compuestos químicos que pueden activar la autofagia. Todavía no son medicamentos porque no están listos para humanos.

#### ¿Y algo más?

Sí, hay una tercera estrategia, y aquí es donde me sale la vena médica: los hábitos de conducta. Este proceso se activa en tu cuerpo, sobre todo, cuando no comes o cuando estás descansando. El problema es que cada vez dormimos menos y comemos más y más a menudo. Cuando comes, tus células no activan la autofagia, porque esta solo se pone a reciclar cuando las células necesitan energía. Por eso también es importante el ejercicio moderado.

#### ¿Qué y cómo debemos comer para ayudar a la autofagia?

Los azúcares refinados y algunos tipos de grasa son horribles para la autofagia porque la bloquean. Es importante hacer comidas moderadas y, sobre todo, espaciarlas, que haya un periodo de doce horas sin comida. Esto tendría un efecto beneficioso parecido al de hacer una restricción calórica.

**Mejorar la calidad de vida de las personas con demencia y de sus cuidadores supondría un ahorro para el Estado. Entonces, ¿por qué no hay más interés en invertir en ello, teniendo en cuenta que nos dirigimos hacia una sociedad cada vez más envejecida?**

Es una cuestión del Estado pero también de las compañías farmacéuticas. Para ellas es más fácil tratar una enfermedad que el envejecimiento en sí. Imagínate el tiempo y el dinero que costaría un estudio de envejecimiento, en el que hasta dentro de quince años no sabrás si los sujetos estudiados están viviendo mejor. Los gobiernos están empezando a concienciarse porque hay reuniones de gerociencia en cada uno de los continentes. Ahora, nuestro mayor miedo es que Trump tenga distintas prioridades y nos quite la financiación.

#### **Con la ayuda de la financiación del gobierno de Estados Unidos, ¿esperáis que haya un avance significativo?**

De hecho, ya lo ha habido. Lo que pasa es que la población quiere una cura. Pero como ha habido tantos errores, estamos muy concienciados de que hay que ir despacio. El avance clínico tardará en llegar porque necesitaremos a las farmacéuticas, que son las que hacen el medicamento. El camino está ahí y yo espero que lo puedan seguir.

# Este pediatra quiere que los hospitales públicos lideren la investigación contra el cáncer infantil

---

VERÓNICA FUENTES | 24 SEPTIEMBRE 2019

Antonio Pérez Martínez, jefe del Servicio de Hematooncología Pediátrica del Hospital Universitario La Paz, es uno de los investigadores españoles que más sabe sobre CAR-T, la técnica que rediseña células de un paciente con cáncer para combatir el tumor. Quiere que esta terapia se desarrolle en el ámbito académico para abaratar costes «porque los hospitales deben ser generadores de conocimiento, no solo de servicios».



Dicen que el **cáncer infantil** es como un tsunami. Una gran ola en la que el niño está en el centro, pero que golpea también a padres, hermanos, abuelos, amigos... Aunque se trata de una enfermedad rara con una prevalencia muy baja (unos **1.500 nuevos casos al año en España**; el 0,5 % de los cánceres en adulto), remueve por completo el entorno social –y a veces económico– de la familia.

Además, desde el punto de vista médico resulta igualmente agresivo. En los niños **las células tumorales proliferan mucho** y los casos resultan agudos de forma rápida. No sucede así en los adultos, en los que el crecimiento es más lento y provocan tumores silentes.

Antonio Pérez Martínez, jefe de Servicio Hematooncología Pediátrica del Hospital Universitario La Paz, lleva muchos años defendiendo la **especialización de los pediatras** para curar algún día esta patología.

En España, el cáncer infantil aparece como **primera causa de muerte en niños**. Igual que hace un siglo se morían de diarrea o en el parto y eso se ha conseguido resolver, el experto sugiere aunar esfuerzos hoy para mañana llegar a curar el cáncer.

Cerca estamos en el tipo de cáncer más común entre los niños, la **leucemia linfoblástica aguda (LLA)**, que afecta a 4 de cada 100.000 en nuestro país. Una de las estrategias más prometido-

Antonio Pérez Martínez se ha propuesto curar el cáncer infantil gracias a la técnica CAR-T. **IMAGEN** Álvaro Muñoz Guzmán, SINC

«Esta técnica tiene un porcentaje de éxito del 55 %, pero hay que esperar al menos diez años para hablar de curación»

ras es la **técnica CAR-T** –que en España lleva funcionando desde 2015–, un **tratamiento personalizado basado en el uso de los linfocitos T del paciente para destruir las células leucémicas**.

Estos linfocitos (que son células del sistema inmunitario) son modificados posteriormente para que ataquen el tumor, y se vuelven a transferir al cuerpo del paciente para que, tras ser reprogramados, puedan reconocer y destruir las células cancerosas.

Actualmente esta técnica está indicada para pacientes pediátricos –y adultos jóvenes de hasta 25 años– con LLA de células B refractaria que tienen mal pronóstico. Se trata normalmente de pacientes que han sufrido al menos una recaída tras un trasplante de médula ósea o varias con otras terapias y que no tienen opciones curativas con los tratamientos convencionales (quimioterapia y trasplante).

El pasado mes de mayo, el Pleno del Consejo Interterritorial designó los **centros de referencia para terapias CAR-T**. Entre ellos hay tres centros para pacientes pediátricos con leucemia linfoblástica aguda de células B refractaria: en Madrid, el Hospital del Niño Jesús, y en Barcelona, el Hospital Sant Joan de Deu y el Vall d'Hebron. La Paz será centro adicional en caso de saturación de los centros elegidos.

**GENERAR CONOCIMIENTO EN LOS HOSPITALES** Hasta 2018 el CAR-T solo ha estado disponible para enfermos de Europa en ensayos clínicos. El CAR-T19 (de uso comercial, patentado por Novartis) es el único autorizado por la Agencia Europea del Medicamento (EMA) y la Agencia Americana

del Medicamento (FDA) y aprobado para uso asistencial.

«Dadas las limitaciones empresariales del desarrollo de fármacos en España, normalmente se ha utilizado a las farmacéuticas para que con su maquinaria los desarrollen», añade el pediatra. «Pero **la innovación no está ahí, sino en los hospitales y en los centros de investigación**».

El **Hospital de La Paz**, donde trabaja Pérez Martínez, está dando los primeros pasos hacia la fabricación propia de estas terapias avanzadas (lo que se conoce como CAR-T académico), fruto de la interacción entre la investigación de nuevos tratamientos contra el cáncer infantil y su aplicabilidad clínica, con un coste muy inferior.

Porque **el problema será su financiación**: «En EE UU lo llaman el tratamiento del millón de euros. Aquí tendremos que hacer alianza los investigadores, las administraciones y la empresa farmacéutica», añade. El experto se queja de que, de momento, se ha preferido impulsar el CAR-T comercial a tratar de generar un medicamento propio más barato.

«Se ha hecho así porque se necesita tiempo, trabajo e inversión. Pero con el dinero que cuesta tratar a una persona con CAR-T se podría haber desarrollado un fármaco propio», apunta Pérez Martínez.

**EN LA SANIDAD PÚBLICA ESTE AÑO** Para desarrollar esas terapias CAR-T **el sistema sanitario tiene que cambiar**. «Los hospitales tienen que transformarse en centros de investigación. No solo somos generadores de servicios, sino que también tenemos la capacidad de generar conocimiento».

Pérez Martínez se queja de que, de momento, se ha preferido impulsar el CAR-T comercial a tratar de generar un medicamento propio más barato

El Hospital de La Paz, donde él trabaja, está dando los primeros pasos hacia la fabricación propia de estas terapias avanzadas

Durante un tiempo van a convivir estos dos procedimientos, la terapia comercial (CD19 de Novartis) y los CAR-T académicos: uno en el uso rutinario y otros, de momento, en el contexto de investigación o ensayos clínicos.

¿Y qué es lo que realmente encarece el CAR-T? «El vector que se utiliza para vehicular este material genético, unos virus de tercera generación que actúan como un caballo de Troya. Para su uso en pacientes es necesario que reúna todos los criterios de calidad y eso encarece la manufacturación. Ahora estamos trabajando en buscar alternativas con otros vectores no virales», expone.

**LIMITACIONES DE LA TÉCNICA** Por el momento, el CAR-T no es perfecto, tiene efectos secundarios. En primer lugar, deja sin linfocitos B de por vida a los pacientes. «Conviertes a un paciente en inmunodeficiente común variable», sostiene Pérez Martínez. «A pesar de esto, los beneficios superan estos inconvenientes y constituyen una plataforma para la innovación espectacular. Y con el tiempo y la investigación todos esos problemas se mejorarán».

Otro de los obstáculos es producirlo. Hay que tener en cuenta que estos pacientes están muy tratados, por lo que puede ser que teniendo linfocitos, estos sean de mala calidad y falle el procesamiento. Por otro lado, a las 48-72 horas de la infusión del tratamiento puede aparecer un cuadro inflamatorio, que es bueno para la leucemia, pero malo para el paciente. Los efectos pueden ser cada vez más graves y dar como resultado la muerte, aun habiendo curado la leucemia.

Además, al año puede haber **recaídas**. Bien porque el CAR-T desaparece, se hace senescente y se muere; o porque, aun persistiendo el CAR-T, la leucemia deja de expresar su antígeno de reconocimiento y la enfermedad vuelve. «A pesar de todo esto, es una maravilla que tengamos un tratamiento que consiga que pacientes con un pronóstico muy malo sigan con vida muchos años. En EE UU hay una niña, Emily Whitehead, que lleva ya siete años sin la enfermedad».

**NO SE PUEDE HABLAR DE CURACIÓN COMPLETA** Sin embargo, el experto es **cauto al hablar de curación**. Con respecto al primer niño tratado en España bajo cobertura pública en el hospital Sant Joan de Deu, matiza que es un gran avance, pero que todavía es precipitado hablar de curaciones completas.

«Ahora mismo **el porcentaje de éxito está alrededor del 55 % al año y medio de la infusión**, pero hay que dar un tiempo prudencial de **al menos 10 años para hablar de curación completa** porque hay recaídas tardías. Hay que ser prudentes, esto es el principio del camino, no es el final de nada», declara.

Para Pérez Martínez, esta terapia tiene que optimizarse, mejorar el manejo de las complicaciones, identificar por qué hay recaídas y tratar de curar a todos los enfermos. Para ello hay que buscar nuevas dianas, que tenga menos efectos adversos y que se abaraten los costes.

«Estoy seguro de que **en mi vida profesional se curará algún tipo de cáncer infantil**. Gracias a la investigación y a la terapia personalizada ya se ha conseguido que hoy haya niños haciendo vida normal que hace unos años hubieran muerto seguro», concluye.

Por el momento, el CAR-T tiene efectos secundarios, pero «con el tiempo y la investigación todos esos problemas se mejorarán»

«Gracias a estas nuevas terapias hoy hay niños haciendo vida normal que hace años se hubieran muerto»

BIRUTÉ GALDIKAS, PIONERA DE LA PRIMATOLOGÍA

# «El aceite de palma se sustenta sobre los huesos de los orangutanes»

---

EVA RODRÍGUEZ NIETO | 14 DE OCTUBRE

Cuando Biruté Galdikas llegó para instalarse en las selvas de Indonesia, hace casi 50 años, apenas había información sobre Borneo y menos aún sobre sus habitantes más solitarios: los orangutanes. Hoy es la mayor experta mundial en su comportamiento y continúa, a sus 73 años, estudiando y defendiendo sobre el terreno la conservación de esta especie en peligro de extinción.



Biruté Galdikas durante su visita a Burgos.  
 IMAGEN Anaís Pérez Martínez, SINC

«Hace 50 años, para los aborígenes de Borneo no era tabú matar a los orangutanes y comerlos»

Dice **Biruté Galdikas** (Wiesbaden, Alemania, 1946) que los orangutanes son solitarios, no necesitan al ser humano y no están interesados en nosotros. Sin embargo, si consigues que uno te mire a los ojos, «recordarás esa mirada el resto de tu vida».

La primatóloga, que visitó España para abrir el VII Congreso de Comunicación Social de la Ciencia en Burgos, es junto a sus «hermanas» –como se refiere a las primatólogas **Jane Goodall** y **Dian Fossey**– una de las discípulas del paleoantropólogo **Louis Leakey**, de ahí que se las conozca como «los ángeles de Leakey».

Antes de que Galdikas se instalara en Borneo para estudiar a los orangutanes (al igual que hiciera Goodall con los chimpancés y Fossey con los gorilas), el ser humano especulaba sobre el comportamiento de estos solitarios primates desde la más absoluta ignorancia.

¿Cómo es su día a día en Indonesia?

Mí trabajo es muy diferente de un día a otro. Al principio, y tal vez durante los primeros veinte años, casi todos los días iba al bosque y buscaba orangutanes salvajes. Cuando los encontraba, los seguía. Al ver que cada vez más oranguta-

«Aunque los humanos no cortaran un árbol más, un tercio de las poblaciones de orangutanes desaparecería solo por el cambio climático»

«El aceite de palma y los estados madereros son responsables de que los orangutanes estén al borde de la extinción en estado salvaje»

nes quedaban huérfanos creamos un programa de conservación. Luego comenzamos a construir campamentos. Al comienzo, hace casi 50 años, solo teníamos dos, muy simples.

**¿Cuánta gente trabajaba en estos campos?**

Teníamos tres asistentes: el cocinero y dos más que se fueron para ganar más dinero. Solo se quedó un matrimonio con sus ocho hijos, pero los hijos no contaban [risas]. Después, a lo largo de los años, el número de asistentes creció porque necesitábamos que la gente se subiera a los árboles para recolectar muestras botánicas. De esta forma comenzamos a contratar a dayaks, que son los aborígenes de Borneo.

**¿Cómo se comportaba la gente local con los orangutanes?**

Realmente no existía mucha relación con la gente de nuestra área. Puede que con otros dayaks sí, pero en nuestra región a veces los cazaban y los comían. No era tabú matar orangutanes, sí macacos de cola larga. Pero no iban al bosque a buscar orangutanes, sino cerdos salvajes. Cazaban durante todo el día y si veían un orangután en un árbol podían matarlo. Incluso mi esposo, que es un dayak, cuando era niño y adolescente comió su carne, aunque nunca mató a uno.

**Cuándo comenzó a ser un destino turístico, ¿qué consecuencias trajo consigo?**

Cuando llegué por primera vez no había turistas. La primera que nos visitó fue una niña de 14 años de Yakarta, que tenía espíritu de aventura. La segunda visita no fue realmente una turista, era Bárbara Harrison, la esposa del

conservador del Museo del Estado de Sarawak. En 1960 Harrison escribió un libro sobre el comportamiento de los orangutanes, uno de los pocos escritos disponibles en ese momento sobre la especie. Había rehabilitado a algunos orangutanes y los había investigado en la naturaleza. Tenía algo de experiencia, se podría decir que científica, con los orangutanes.

**¿Cómo fue ese encuentro con Bárbara Harris?**

La había conocido antes de ir a Borneo. Estaba enseñando en la Universidad de Cornell, en Ithaca. Fui a verla y me quedé con ella casi una semana. Me dio muchos consejos prácticos sobre cómo era vivir en Borneo y qué observar. Me fue muy útil porque cuando viajé a Borneo en 1971, prácticamente no existía nada escrito desde 1860 o 1870. Era como si fueras a visitar Arizona y lo único que encontraras fuera información sobre las guerras apaches.

**Llegó hace casi medio siglo a Indonesia. ¿Qué se encontró al llegar a Borneo?**

Todo lo que había leído era sobre cazadores de cabezas y no estaba tan lejos de aquello cuando llegué. Fui a pueblos donde tenían tótems que fueron erigidos para celebrar esta caza tribal de cabezas. Recuerdo haberle preguntado al jefe de una aldea cuándo había surgido uno de esos tótems y me dijo que seguía allí desde 1939.

**Su equipo ha instalado quince campamentos, de los cuales tres pueden ser visitados. ¿Qué perfil tienen los turistas que acuden a ellos?** Es interesante que haya hecho esa pregunta porque la mayoría de los que vienen a nuestros cam-

pamentos en el parque nacional son españoles. Dicen que es una experiencia increíble que no pueden tener en ningún otro lugar en el mundo.

**Lleva toda una vida dedicada al estudio de los orangutanes, ¿nos queda mucho por conocer sobre su biología y su comportamiento?** Siempre nos seguirán sorprendiendo. Ocurre lo mismo que con la investigación de los humanos. Incluso nosotros, que hemos sido tan intensamente estudiados, todavía descubrimos cosas nuevas sobre nuestra psique o nuestra biología. Los orangutanes no se han estudiado tanto y seguirán sorprendiéndonos.

Además, viven en un universo diferente al nuestro, en las copas de los árboles. Su vida depende de su capacidad para descubrir y comprender dónde está la fruta. Por eso para los humanos es muy difícil evaluar ese tipo de habilidades. Lo mismo ocurre con los delfines, que no son particularmente visuales. Sus cerebros están dedicados a la audición y navegan por el mundo usando la ecolocación. Es muy difícil medir su inteligencia.

**En el caso de los orangutanes, se suma que son bastante esquivos...** Son animales solitarios en la naturaleza cuando son adultos. Es una criatura que depende completamente de sí misma, por eso desarrolla un tipo diferente de inteligencia a la nuestra, que somos intensamente sociales.

**¿Qué futuro les espera con la crisis climática que estamos viviendo?** Aunque los humanos no cortaran un árbol más, un tercio de las poblaciones de orangutanes desapare-

cería solo por el cambio climático. La fenología de la selva tropical está cambiando, los patrones de fructificación se están alterando y el cambio climático los perturbará tanto como a los humanos.

**¿Qué ocurre con las plantaciones del aceite de palma?**

Están aniquilando los bosques. ¿Y quiénes manejan estas plantaciones? Son conglomerados internacionales. También hay multimillonarios indonesios involucrados. He tenido contacto con una de estas compañías, las personas que las dirigen son como tú y yo, pero su único propósito es que sus empresas sean rentables.

**¿Hay defensores del aceite de palma?**

Yo respondo a las personas que dicen que podría ser sostenible: ¿cómo puede ser sostenible algo que se sustenta sobre los huesos de los orangutanes y las cenizas de los bosques?

**¿Qué podemos hacer para pararlo?**

No podemos cambiar los sistemas políticos, ese es el problema.

**¿Se podría lograr mediante el activismo?**

Activismo y votar, votar y votar. En EE UU Donald Trump fue elegido presidente, pero hubo una reacción y el partido democrático entró y se hizo cargo del Congreso. Hasta 2019, ningún presidente o candidato hablaba sobre cambio climático. ¿Y qué pasó? Incendios en el Amazonas, en Indonesia, en Alaska y grandes riadas en el río Mississippi. Entonces, de repente, los candidatos presidenciales de los partidos demócratas dijeron que era debido al calentamiento global.

«No podemos cambiar los sistemas políticos, pero podemos hacer activismo y votar, votar y votar»

# Nueve innovaciones del metro de Madrid que han hecho historia

MARÍA MARÍN Y MARÍA G. DIONIS | 31 OCTUBRE 2019

Desde motores de transatlánticos para obtener electricidad al uso de la inteligencia artificial en la climatización, el metro madrileño no ha dejado de innovar durante sus cien años. Repasamos sus avances e inventos más revolucionarios.

El 31 de octubre de 1919 tuvo lugar el primer trayecto con viajeros del metro de Madrid. Durante estos cien años, ha evolucionado hasta convertirse en la columna vertebral del transporte de la ciudad.

Son muchas las historias que ligan a los ciudadanos de esta ciudad con su metro. Detrás de ellas se esconden grandes innovaciones tecnológicas y sociales que no solo han impactado en la vida de la capital, sino que han trascendido a todo el mundo.

Un viernes por la mañana visitamos la exposición del centenario del metro de Madrid, en Chamartín. Nos acompaña Javier Otamendi, ya jubilado de su puesto como subdirector de Relaciones Institucionales de la empresa, y nieto de uno de sus fundadores.

Entre vagones antiguos, nos cuenta cómo en 1917 su abue-

lo Miguel Otamendi, junto con Carlos Mendoza y Antonio González Echarte, diseñaron este importante proyecto. «Les costó muchísimo sacarlo adelante, la gente pensaba que eran unos locos por querer hacer un transporte que fuese por debajo de la tierra», relata.

Para hacer posible la puesta en marcha de la primera línea, el rey Alfonso XIII puso de su bolsillo el último millón de pesetas que faltaba. Así se dio inicio a esta red sin la que hoy no se puede concebir la ciudad.

Con la ayuda de Otamendi y también de expertos en tecnología, de historiadoras y de los propios trabajadores de la compañía, hemos seleccionado un puñado de innovaciones del metro de Madrid que han hecho historia a lo largo de sus cien años.

**1. «ANTES DE ENTRAR, DEJEN SALIR» Y OTROS TRUCOS DE CIRCULACIÓN** Hace un siglo, la red madrileña de Metro cerró su primer año con más de 14 millones de usuarios y en 2018 la cifra ascendió a 657,2 millones de personas. Esta densidad de viajeros colapsa las líneas, sobre todo en horas punta. Por eso, desde sus inicios ya establecía códigos de conducta que permitan una circulación fluida, como los carteles que advertían, por ejemplo, «dejar salir antes de entrar» y que hoy ya hemos interiorizado.

Antonio Palacios, el arquitecto que diseñó las primeras estaciones de Metro, estudió diferentes estrategias para mejorar la circulación de viajeros, ya que los vestíbulos eran pequeños y contaban con varios pasos de validación y revisión del billete que generaban colas.



«Se decidió que la publicidad estuviese solo en los andenes para que la gente no se entretuviese en el vestíbulo mirándolos», explica a Sinc Elena Castellanos, guía del museo de la estación fantasma de Chamberí.

## 2. CONTRA LA CLAUSTROFOBIA, AZULEJOS

El arquitecto Palacios, uno de los más representativos en la transformación de la ciudad de Madrid en metrópoli moderna, utilizó azulejos blancos en el diseño, ya que es un material ignífugo e impermeable, a la vez que barato y fácil de mantener y limpiar. Así, en una época en la que las bombillas eléctricas no daban mucha luz, evitaba la claustrofobia que podía provocar a los pasajeros que entraban por primera vez en un transporte subterráneo, algo muy poco habitual en la época.

«Parecía mucho más grande y luminoso de lo que era en realidad», explica Castellanos durante el recorrido.

## 3. UNA PUERTA ABIERTA AL TRABAJO DE LAS MUJERES

Junto a las telefonistas de la empresa Telefónica, Metro de Madrid fue de las primeras empresas que idearon una categoría de trabajo especialmente para las mujeres. Ellas eran las taquilleras y revisoras. Sin embargo, una de las condiciones que tenían que cumplir era estar solteras o viudas. Siguió siendo así hasta los años 80, cuando ya mujeres casadas pudieron trabajar como taquilleras.

Al cabo de los años se les abrió el paso a otros trabajos, como en el ámbito administrativo, pero no fue hasta 1983 cuando Estrella

Estación de Paco de Lucía.

IMAGEN Archivo de Metro Madrid

«La gente pensaba que los diseñadores eran unos locos por querer hacer un transporte que fuese por debajo de la tierra», relata Otamendi, nieto de uno de los fundadores



Estrella Aranda fue la primera mujer maquinista del metro de Madrid. **IMAGEN** Archivo Metro Madrid

Aunque está entre los metros más accesibles del mundo, la tasa de adaptación de la línea 5 solo es del 53,1 %

Aranda se convirtió en la primera mujer maquinista.

«Realmente no había una condición expresa que prohibiera que las mujeres trabajaran como conductoras, sino que era un poco ‘trampa’ porque para acceder al puesto necesitabas haber cumplido el servicio militar, lo cual era imposible para las mujeres», cuenta a Sinc Aranda, quien se jubiló parcialmente hace dos años tras 35 de servicio.

Tras una reclamación por parte del comité de empresa, volvieron a admitirlas y Aranda pasó el examen final.

En la actualidad, la situación ha mejorado, pero está lejos de alcanzarse la paridad: según datos de 2017, solo un 25,63 % de la plantilla son mujeres. Además, su presencia es muy escasa en puestos de maquinista, mantenimiento y seguridad.

**4. ACCESIBILIDAD MEJORABLE** A día de hoy, se han reformado muchas de sus estaciones para que todos los ciudadanos puedan utilizarlo y se posiciona entre los más accesibles del mundo tras el de Shanghái y Londres, con 1.705 escaleras mecánicas y 529 ascensores.

Sin embargo, la accesibilidad total es una de las tareas pendientes del metro de Madrid. Por ejemplo, la línea 5 solo cuenta con un 53,1 % en tasa de adaptación. Para solucionarlo, en el año 2007 se aprobó un Real Decreto donde se establecía que todas las estaciones debían ser accesibles para el año 2017.

Según declara Carlos Zorita, responsable de obras del Metro de Madrid, estas previsiones fueron muy ambiciosas y por eso han fallado. «Las obras de transformación del metro son técnicamente

## La catenaria fija es una patente de Metro de Madrid y ha sido exportada a multitud de países

muy complicadas y requieren una inversión muy grande. Tenemos muchas estaciones preparadas para reformar, como la de Begoña, por su cercanía al Hospital La Paz».

### 5. MÁS COCHES Y EL CIERRE DE CHAMBERÍ

Cuando el metro comenzó a funcionar, los trenes tenían solo cuatro coches y las medidas de los andenes estaban adaptadas a este número. Luego, cuando la ciudad de Madrid empezó a crecer, se fabricaron trenes más veloces y con más coches, por lo que algunas estaciones también se tuvieron que reformar, explica Castellanos.

Sin embargo, estas obras no fueron posibles en todas las estaciones: la de Chamberí se encontraba a poco más de 400 metros de las colindantes (Iglesia y Bilbao) y los andenes quedarían demasiado cerca unos de otros.

Dado que también se tenía que ampliar la curva del andén, lo más fácil era pasar de largo. «Por eso en 1966 se decidió cerrar la estación, aunque se sigue circulando por sus raíles», indica Castellanos. La estación de Chamberí quedó abandonada durante mucho tiempo hasta que se restauró y se convirtió en museo en 2008.

### 6. LA CATENARIA RÍGIDA, UNA JOYA PATENTADA

En sus comienzos, el metro de Madrid obtenía la electricidad a través de las vías, gracias a un sistema que se denominaba 'tercera vía o rail', pero esta estructura tenía grandes inconvenientes. «El sistema amenazaba la seguridad de los viajeros, ya que si un pasajero caía a la vía, se electrocutaba al instante», sostiene Castellanos.

Por eso, se decidió trasladar al metro el sistema que utilizaban

Vestíbulo de la estación clausurada de Chamberí. IMAGEN Archivo Metro Madrid





los tranvías: la catenaria, un cable que va por encima de los trenes y les proporciona electricidad a través de un pantógrafo.

A partir de esta técnica, Metro de Madrid creó y patentó una mejora, la catenaria fija, que ha sido exportada a multitud de países. Con ella, la corriente eléctrica se transmite a través de un carril rígido y no a través de un cable.

Según Castellanos, este sistema patentado por Metro de Madrid «está muy reconocido a escala internacional» y lo califica como «la joya de la corona del metro». Esta es una de las patentes de la compañía, entre las que se incluye un sistema de aprovechamiento de la energía de frenado y un procedimiento de protección contra incendios.

**7. AHORRO DE ENERGÍA CON INTELIGENCIA ARTIFICIAL** El transporte en metro se considera una herramienta fundamental para la reducción de emisiones. Entre las tecnologías diseñadas para hacerlo incluso más sostenible, destaca el sistema de climatización que utiliza el metro basado en inteligencia artificial, creado por el equipo de Isabel Fernández, responsable de Inteligencia Aplicada en Accenture España, Portugal e Israel.

Esta tecnología cuenta con una ventilación 'autodidacta' gracias al aprendizaje automático que controla las temperaturas en las estaciones, túneles y coches de Metro de Madrid. Fernández indica que es «uno de los más complejos que se han construido en el mundo para controlar la climatización del metro».

Museo Nave de Motores, que conserva su estado original. **IMAGEN** Archivo Metro Madrid

«El algoritmo es capaz de mover grandes cantidades de datos para buscar la mejor combinación en cuanto a temperatura del aire, frecuencia de trenes, etc.», explicó a Sinc la ingeniera en una entrevista. Según Fernández, gracias a este sistema se ha reducido su consumo de energía por ventilación un 25 % y en 1.800 toneladas anuales sus emisiones de CO<sub>2</sub>.

**8. LOS TRANSATLÁNTICOS QUE SALVARON EL METRO** Durante sus primeros años de vida, el metro de la capital no tenía asegurado un suministro continuo de electricidad. Esto se debía a que las compañías generaban electricidad mediante saltos de agua, por lo que en épocas de sequía no podían garantizarla, explica Luis María González, responsable de los museos Andén 0 de Metro.

Por eso, según González, la empresa creó una central con motores que se habían utilizado hasta entonces en transatlánticos para emplearlos sobre todo durante el periodo estival. Este recinto se llamó Nave de Motores.

Estos motores fueron tan potentes que llegaron a proporcionar electricidad a la ciudad durante la Guerra Civil.

Con el paso del tiempo, la nave quedó obsoleta y dejó de generar energía en la década de los 50. Fue definitivamente clausurada en 1972 y en 2008 se abrió como museo, conservando su aspecto original.

**9. AUTOMATIZACIÓN PARA IR MÁS RÁPIDO** Durante la visita por la exposición de Chamartín, Javier Otamendi nos recuerda que en los primeros años el funcionamiento del metro apenas estaba automatizado. «Antes no existían señales acústicas que advirtieran de las estaciones

en curva, como ahora», explica.

La automatización ha permitido reducir los intervalos de paso entre trenes. Tal y como cuenta Santiago Rincón, responsable del servicio de ingeniería de señalización y energía del Metro de Madrid, esto ha sido posible gracias a un sistema de conducción automática llamado ATO (siglas de *Automatic Train Operation*) en el que el maquinista no controla la velocidad, sino que lo hace el propio tren; y a los sistemas de señalización, que determinan a la velocidad a la que deben ir los metros.

El que está en la mayoría de las líneas, se llama 'distancia objetivo'. Aquí los equipos le dan toda la información al tren sobre las vías y este decide la velocidad de circulación.

El último que se ha instalado es el sistema CBTC (siglas de *Communications-Based Train Control*), que ya está disponible en las líneas 1, 6 y 7b. «Su implantación fue una gran innovación y muchos metros del mundo nos visitaron para ver cómo lo habíamos hecho», cuenta Rincón. Aquí el tren también da información sobre su posición, velocidad y aceleración.

Hasta aquí nuestra breve selección de innovaciones. ¿Y en qué puede mejorar el Metro de Madrid? Según las fuentes consultadas, todavía tiene pendientes grandes retos, como rediseñar el sistema de tarificaciones y el acceso integrado a través de la criticada tarjeta Multi, mejorar la frecuencia de sus trenes en horas punta, implantar políticas de género más justas y garantizar la accesibilidad total para todos los pasajeros. Pero ese es otro reportaje.

El sistema de climatización de metro ha reducido en 1.800 toneladas anuales sus emisiones de CO<sub>2</sub>

# Por qué debería preocuparte la ética de la inteligencia artificial

ANA HERNANDO | 12 NOVIEMBRE 2019

Los sesgos discriminatorios de los algoritmos, la invasión de la privacidad, los riesgos del reconocimiento facial y la regulación de las relaciones entre humanos y máquinas son retos que es necesario afrontar. Sin embargo, los intereses de gobiernos y grandes empresas priman muchas veces sobre las buenas prácticas.

«Muchas empresas están ahora creando comités éticos, pero lo han hecho más de una forma reactiva que proactiva, tras las críticas recibidas», dice Carles Sierra

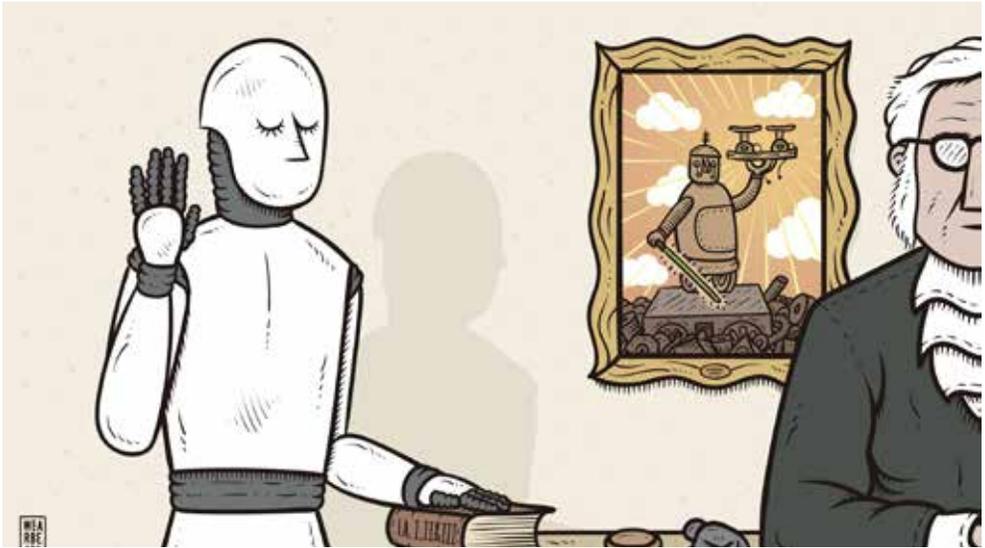
La **inteligencia artificial** (IA) está en todas partes. Tu banco la usa para saber si te va a dar un crédito o no y los anuncios que ves en tus redes sociales salen de una clasificación llevada a cabo por un **algoritmo** que te ha microsegmentado y 'decidido' si te muestra ofertas de cremas antiarrugas o de coches de alta gama. Los **sistemas de reconocimiento facial**, que utilizan aeropuertos y fuerzas de seguridad, también se basan en esta tecnología.

«Las máquinas no tienen una inteligencia generalista, tampoco hemos logrado que tengan sentido común, pero sí disponen de inteligencias específicas para tareas muy

concretas, que superan la eficiencia de la humana», explica a Sinc **Carles Sierra**, director del Instituto de Investigación de Inteligencia Artificial (IIIA) del CSIC.

«Por ello –agrega–, la IA tiene un enorme potencial en la mejora de procesos industriales, el diseño de nuevos medicamentos o para lograr mayor precisión del diagnóstico médico».

**LOS DATOS SON EL NUEVO PETRÓLEO** La IA es ahora un enorme negocio, que se estima en unos 170.000 millones de euros para 2025, incluyendo *hardware*, *software* y servicios. Los datos son el nuevo petróleo.



La inteligencia artificial se enfrenta a desafíos éticos que muchas veces chocan con los intereses de gobiernos y grandes firmas. IMAGEN Wearbeard, SINC

«Cuando un sistema no se supervisa, no hay filtro. Esto ocurrió con el *chatbot* Tay que, a las pocas horas de lanzarse, empezó a publicar tuits racistas y misóginos», señala Carme Artigas

Este negocio tan apetitoso se lo disputan gigantes como **Amazon**, **Google**, **Facebook**, **Microsoft** e **IBM**, «cuyos intereses comerciales priman muchas veces sobre las consideraciones éticas», dice Sierra.

«Muchas de estas firmas –señala– están creando **comités éticos** en el ámbito de la IA, pero lo han hecho más de una forma reactiva que proactiva», tras las críticas recibidas por el uso inapropiado de la IA.

Según comenta a Sinc **Carme Artigas**, experta en *big data* y embajadora en España del programa Women in Data Science de la Universidad de Stanford, un ejemplo de estos usos controvertidos fue el llevado a cabo por Microsoft cuando decidió lanzar su *bot* Tay. Este *chatbot* basado en IA «estuvo navegando por sí solo en Twitter y al cabo de unas horas empezó a publicar tuits racistas y misóginos porque había

cogido lo mejor de cada casa en esta red social». A las 16 horas del lanzamiento, la firma tuvo que desactivarlo.

«Lo que ocurre –dice Artigas– es que cuando un sistema de IA no está supervisado se corre el riesgo de que no haya filtro, y eso es lo que ocurrió con este *bot*.

La ética de la IA es una cuestión que está ahora en una fase incipiente de desarrollo y tendrá que afrontar importantes retos. Uno de ellos, en opinión de esta experta, es lo que denomina la «**dictadura de los algoritmos**».

«Por ejemplo –señala– los algoritmos de clasificación lo que hacen es microsegmentar a las personas, es decir, clasificarlas por su comportamiento, lo cual puede conducir, si no se regula o si el proceso no es transparente, a que se le limiten a la gente sus opciones para **elegir libremente**».

«Imagina –añade Artigas– que un algoritmo microsegmenta a

«Como los algoritmos de *machine learning* se alimentan con datos históricos, corremos el riesgo de perpetuar en el futuro los prejuicios del pasado», advierte Artigas

Según Patrick Riley, «muchos de estos algoritmos son tan complicados que es imposible inspeccionar todos los parámetros o razonar sobre cómo se han manipulado las entradas»

alguien como una persona de renta media baja, deduce que nunca se va a poder comprar un Ferrari o un Porche y, por tanto, en los anuncios nunca le va a mostrar un coche de gama alta porque sabe que no se lo puede permitir. Deberíamos preguntarnos si es ético no presentar algo a la gente ni siquiera para que sueñe porque ya ha sido preclasificada».

**PERPETUAR LOS PREJUICIOS** Otra cuestión relevante y que ocasiona graves problemas de sesgo «es que, como los algoritmos de *machine learning* se alimentan con **datos históricos**, corremos el riesgo de perpetuar en el futuro los prejuicios del pasado». Artigas habla de los «típicos estudios de criminalidad en EE UU, que apuntan a que las personas afroamericanas tienen más probabilidades de cometer delitos».

«El algoritmo –prosigue– ha estado entrenado con millones de datos de hace 30 años en los que se mostraba que si eras afroamericano tenías más probabilidades de ir a la cárcel. También nos pasa con los **sesgos de género**. Si partimos de datos históricos, el algoritmo seguirá reproduciendo los problemas de discriminación», subraya.

Según Carme Artigas, hay otro gran desafío que se debe pedir a cualquier empresa u organización que trabaje con IA y que se sitúa alrededor de la **transparencia** y lo que se denomina *explainability*. «Esto significa que si el banco te deniega un crédito porque, según el algoritmo, no eres apto, tienes el derecho a que la entidad te explique por qué y cuáles son los criterios para desecharte».

¿Qué ocurre? Que en los procesos que siguen los algoritmos,

sobre todo en los de **aprendizaje profundo** (*deep learning*), no se sabe muy bien qué hay entre los *inputs* y los *outputs*, advierte Artigas.

**LAS CAJAS NEGRAS DE LOS ALGORITMOS** «Esta opacidad es lo que se denomina **cajas negras** de los algoritmos», comenta a Sinc **Aurélié Pols**, responsable de protección de datos de la firma mParticle y consultora de privacidad.

«En estas cajas negras la entrada y el procesamiento no siempre son claros o explicables. Estos resultados opacos pueden tener consecuencias en la vida de las personas y posiblemente no estarán alineados con sus valores ni con sus opciones», subraya Pols.

**Patrick Riley**, científico de Google, abundaba también en esta idea en un artículo de *Nature*. «Muchos de estos algoritmos son tan complicados que es imposible inspeccionar todos los **parámetros** o razonar sobre cómo se han manipulado las entradas. A medida que comienzan a aplicarse cada vez más, los riesgos de interpretaciones y conclusiones erróneas, y esfuerzos científicos desperdiciados se multiplicarán», advertía Riley.

A todas estas reflexiones se suman los problemas relacionados con la **protección de los datos personales**. En IA «es importante que los modelos de datos que se usen para alimentar estos sistemas y su tratamiento respeten la privacidad de los usuarios», destaca Carme Artigas.

«En Europa –dice– tenemos el Reglamento General de Protección de Datos, pero hay países como China donde no existe la misma sensibilidad respecto a

la privacidad. Allí, por ejemplo, en vigilancia y reconocimiento de imagen no existen cortapisas. Y esto puede marcar distintas velocidades de desarrollo de la tecnología, pero los datos personales son algo que debe protegerse», recalca.

Artigas se refiere, además, a otro de los viejos retos éticos vinculados a la IA, que es el de cómo regular las nuevas **relaciones entre humanos y máquinas**. «Si utilizas un paralelismo como ha hecho la UE de la leyes de la robótica de **Asimov** y las traduces a normativa, esta te dice, por ejemplo, que no se deben establecer relaciones emocionales con un robot. Y esto entra en contradicción con algunas aplicaciones de los **robots sociales**, que se usan, precisamente, para provocar emociones en personas con autismo o con enfermedades neurodegenerativas».

«Lo que debemos lograr –añade– es que haya **transparencia** y que las firmas y gobiernos nos informen sobre qué hacen con nuestros datos y para qué».

**PRINCIPIO DE PRUDENCIA** Por su parte, **Ramón López de Mántaras**, profesor de investigación del CSIC en el IIIA, hablaba en una conferencia de la importancia de la aplicación en IA del **principio de prudencia**. «No hay que lanzarse a desplegar aplicaciones sin que antes hayan sido bien verificadas, evaluadas y certificadas», subrayaba.

«Un ejemplo de la aplicación de este principio –señalaba– lo ha protagonizado San Francisco, cuyas autoridades han decidido prohibir los sistemas de **reconocimiento facial**. Algo de lo que me congratulo porque es una

tecnología con muchos fallos, que puede tener repercusiones en la vida de la gente cuando es utilizada por gobiernos o fuerzas de seguridad».

Microsoft también se ha planteado el uso de esta tecnología. Según cuenta a Sinc **Tim O'Brien**, responsable de ética en IA de la firma, «hay usos beneficiosos, pero también riesgos en las aplicaciones de estos sistemas y necesitamos abordarlos para asegurar que las personas sean tratadas de manera justa, que las organizaciones sean transparentes en la forma en que la utilizan y rindan cuentas de sus resultados. También es preciso asegurar que todos los escenarios de uso sean legales y no impidan el ejercicio de los **derechos humanos básicos**», destaca.

**ARMAS AUTÓNOMAS Y DECISIÓN DE MATAR** Otro de los aspectos éticos problemáticos puestos de relieve por López de Mántaras está relacionado con el uso de **armas autónomas** basadas en IA. «Hay principios básicos como los de **discernimiento** y **proporcionalidad** en el uso de la fuerza que ya resultan difíciles de evaluar para los seres humanos», señalaba.

El científico es un firme partidario de imbuir los principios éticos en propio diseño de la tecnología. «Los ingenieros de IA deberían firmar una especie de **juramento hipocrático** de buenas prácticas».

Según López de Mántaras, «afortunadamente se está produciendo una creciente toma de conciencia de los aspectos éticos de la IA por parte de los estados y las empresas. Esperemos que no sea todo maquillaje», concluía.

---

«No hay que lanzarse a desplegar aplicaciones sin que antes hayan sido bien verificadas, evaluadas y certificadas», subraya **Ramón López de Mántaras**

---

«Los ingenieros de IA deberían firmar una especie de juramento hipocrático de buenas prácticas», opina **López de Mántaras**

SE PRONOSTICAN FENÓMENOS CADA VEZ MÁS CATASTRÓFICOS

# Huracanes de nueva generación: ¿hay que ampliar la escala?

---

LAURA CHAPARRO | 23 NOVIEMBRE 2019

La virulencia del huracán Dorian, con vientos que llegaron a los 295 kilómetros por hora, ha avivado el debate sobre si hay que actualizar la clasificación con nuevos niveles por encima del 5. Aunque los modelos predicen que, con la crisis climática, los eventos extremos serán más intensos, los meteorólogos muestran cautela.



Los huracanes devastadores en el Atlántico, de momento, son una *rara avis*. Solo el 7 % de los 243 colosos de este tipo observados desde que comenzaron las mediciones por satélite en 1983 han alcanzado la categoría 5, la más catastrófica de la escala de Saffir-Simpson. Lo recuerda el meteorólogo Jeff Masters en un artículo publicado en *Scientific American*.

El huracán **Dorian** es uno de ellos. Con vientos que alcanzaron los 295 kilómetros por hora, causó gran devastación en las Bahamas, en concreto en las islas Ábaco y Gran Bahama el pasado mes de septiembre. Aunque sus valores encajan dentro de la categoría 5 –que abarca huracanes con vientos, como mínimo, de 252 km/h–,

su virulencia ha provocado que expertos como Masters y otros meteorólogos pidan que se revise la clasificación y se amplíe.

La decisión correspondería al Centro Nacional de Huracanes, con sede en Miami (EE UU), cuyos expertos, *a priori*, no consideran que sea necesario añadir un nuevo nivel. «La categoría 5 en la escala de Saffir-Simpson ya incluye ‘daño catastrófico’ del viento, por lo que no está claro que sea necesaria otra categoría, incluso aunque las tormentas se hicieran más fuertes», explica a Sinc **Dennis Feltgen**, meteorólogo y responsable de Comunicación del organismo.

Lo primero que hay que tener en cuenta cuando hablamos de un huracán es que nos estamos

El huracán Dorian, visto desde la Estación Espacial Internacional el 2 de septiembre de 2019. IMAGEN NASA

## Aunque Dorian encaja en la categoría 5, su virulencia ha provocado que se pida una revisión de la clasificación

refiriendo a un ciclón tropical cuyos vientos superan los 117 km/h y que se genera y desarrolla en el océano Atlántico o en el Pacífico oriental. En el **Pacífico occidental** los huracanes se llaman **tifones**. Por debajo de esas velocidades están las tormentas y depresiones tropicales.

Para clasificar los huracanes según la velocidad del viento contamos con la **escala de Saffir-Simpson**, diseñada por el ingeniero Herbert Saffir y por el director del Centro Nacional de Huracanes, Robert Simpson, en 1969. Pero esta escala se limita a medir el **daño potencial del viento**. Para cuantificar otros impactos asociados a estos eventos extremos, como marejadas ciclónicas, lluvias o tornados, se emplean otras herramientas.

«La mayoría de las muertes en los ciclones tropicales no son fruto del viento, sino del agua —por marejadas ciclónicas, lluvias, inundaciones y olas peligrosas—, que causa el 90 % de las muertes por estos ciclones en Estados Unidos», afirma Feltgen. «Por lo tanto, no queremos enfatizar mucho el peligro del viento poniendo demasiado peso en la categoría», añade.

**UN TOQUE DE ATENCIÓN HACIA LA EMERGENCIA CLIMÁTICA** Más allá del viento, lo cierto es que cincuenta años después de que se diseñara la escala de las condiciones climatológicas, hoy son diferentes a las registradas a finales de la década de los 60. La crisis climática como consecuencia del aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero ha traído aparejada un aumento de la temperatura de la superficie global de casi 1 °C respecto al promedio del

período de referencia que utiliza la NASA (de 1951 a 1980).

Y los pronósticos no son nada halagüeños. Los diferentes modelos que manejan los expertos reflejan eventos extremos cada vez más intensos fruto de este incremento de las temperaturas y eso incluye a los ciclones tropicales, como muestra una investigación publicada en *Science*.

Desde AEMET creen que tendría sentido incluir nuevas categorías para concienciar sobre estos nuevos huracanes ultraintensos, cada vez más probables.

Teniendo en cuenta estas circunstancias, desde la **Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)** entienden que haya voces que quieran ampliar la escala. «Desafortunadamente, el calentamiento global está haciendo que los huracanes tan intensos como el Dorian sean más probables», señala a Sinc un portavoz de la AEMET.

Desde el punto de vista de la comunicación del cambio climático, la AEMET consideran que tendría sentido ampliar la clasificación e incluir una categoría 6 e incluso una categoría 7 «para llamar la atención sobre este nuevo tipo de huracanes catastróficos ultraintensos, que probablemente se volverán cada vez más comunes en las próximas décadas».

Sin embargo, admiten que la actual categoría 5 ya contempla la máxima alerta en cuanto a la seguridad pública debido a su poder catastrófico, por lo que técnicamente no sería esencial modificarla.

**FALTA QUE SE CONFIRME LA TENDENCIA** Otros expertos abogan por revisar la escala cuando realmente se observe una tendencia de

En Estados Unidos, la población está muy familiarizada con las actuales categorías y modificarlas podría hacer que esta bajara la guardia

huracanes cuyos vientos se salgan de los valores que comprende. «Si las futuras intensidades de los huracanes se alejan significativamente de las anteriores, es posible que debamos considerar la posibilidad de revisarla», apunta a Sinc Karthik Balaguru, investigador del Laboratorio Nacional del Noroeste del Pacífico (EEUU).

Una opinión que comparte **José Miguel Viñas**, meteorólogo de Meteored y responsable de Divulgameteo. «Es cierto que parece detectarse ya una tendencia a tener un mayor número de ciclones tropicales de categorías 3, 4 y 5, pero todavía no hay suficientes evidencias de que los de categoría 5 vayan a ser mucho más frecuentes a partir de ahora», puntualiza a Sinc.

Solo en el caso de que se detectara esa tendencia y fueran más frecuentes huracanes con vientos sostenidos alrededor de su ojo de unos 280 km/h, según Viñas tendría sentido plantearse incluir en la clasificación a los fenómenos de categoría 6.

Si aumentaran las intensidades de estos colosos, además de ampliar la escala, Balaguru apuesta por modificarla para que tenga en cuenta factores que actualmente no mide, como marejadas ciclónicas y precipitaciones que tienen mayor potencial destructivo que el viento.

**EL OBJETIVO: EVITAR CONFUSIÓN EN LA POBLACIÓN** Los meteorólogos también analizan cómo afectarían al público estos hipotéticos cambios en la clasificación. Aunque, como hemos visto, una ampliación de las categorías podría ser una forma de **concienciar a la ciudadanía** de los efectos del cambio

climático, también podría conseguir el efecto contrario.

«Si agregar una nueva categoría le da a la gente la impresión errónea, por ejemplo, de que una categoría inferior es menos dañina, sería un posible efecto no deseado», advierte a Sinc **Taoyong Peng**, responsable del programa de Ciclón Tropical de la Organización Meteorológica Mundial.

En países como Estados Unidos, la población está muy familiarizada con las actuales categorías y modificarlas podría provocar que esta bajara la guardia, infravalorando los riesgos si se añaden más números. «Lo último que queremos es crear confusión, por lo que planeamos recabar datos de las **ciencias sociales** y del comportamiento antes de realizar cambios en la escala», recalca el meteorólogo del Centro Nacional de Huracanes.

Además de los huracanes, ¿habría que revisar las clasificaciones de otros eventos extremos que también podrían ser más virulentos en los próximos años, como los **tornados**? De nuevo, los expertos piden esperar a tener suficientes evidencias de este aumento en la intensidad para revisar la clasificación que, en el caso de los tornados, se recoge en la escala Fujita Mejorada.

Esta herramienta –que empezó a utilizarse en 2007– es una actualización de la anterior. «En la escala actual están mejor ajustados algunos rangos de velocidad del viento con el nivel de destrozos que provoca el fenómeno», detalla Viñas.

Ya sean tornados o huracanes, de momento habrá que esperar para comprobar si el potencial destructivo de estos colosos se sale de las escalas o si, al menos por ahora, se pueden contener.

# ¿Por qué molesta tanto Greta Thunberg?

---

SERGIO FERRER | 03 DICIEMBRE

La joven activista sueca, que participó en la COP25 en Madrid, despierta rechazo en algunas personas, no siempre negacionistas del cambio climático. Su edad, su género y su síndrome de Asperger se suman a un incómodo mensaje: que tanto nuestro modo de vida como el sistema deben cambiar si queremos frenar las emisiones que amenazan el medioambiente.



Greta Thunberg, a las puertas del Parlamento Sueco. **IMAGEN** Wikimedia Commons

«Mentalmente inestable», «niña petulante» y «mesías profundamente perturbada» son algunos de los insultos que ha recibido

En el estrado, una niña. Frente a ella, representantes de todos los países del mundo, periodistas, políticos y empresarios. Comienza a hablar: «[Vengo] a decirles que los adultos debéis cambiar vuestros modos. No tengo una agenda oculta. Estoy luchando por mi futuro. [...] Todo esto está pasando delante de vuestros ojos y aun así actuamos como si tuviéramos todo el tiempo que quisiéramos. [...] Los adultos decís que nos queréis, pero os reto, por favor, a que vuestras acciones reflejen vuestras palabras. Gracias».

Si ha imaginado a Greta Thunberg diciendo estas palabras en algún congreso sobre el clima, se equivoca. Este duro discurso fue pronunciado por la activista Severn Cullis-Suzuki, de entonces doce años, durante la **Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro** (Bra-

sil) de 1992. La joven canadiense, sin embargo, no sufrió las críticas que hoy recibe su homóloga sueca. Si no ha oído hablar de su intervención es porque, como mucho, fue ignorada.

Cierto es que Cullis-Suzuki, al contrario que Greta, vivía en un mundo sin internet. Aun así, cabe preguntarse por qué la sueca cosecha, a sus 16 años, ataques feroces que superan a los recibidos por Al Gore hace más de un decenio. En el caso de Thunberg, muchas de las críticas van más allá de su discurso, llegan al terreno personal e incluso hacen diana en su condición de asperger. «La mascota internacional del alarmismo climático», «mentalmente inestable», «niña petulante» y «mesías profundamente perturbada» son solo algunos ejemplos.

Los principales sospechosos de tanta tirria son los negacionistas, que rechazan que el cambio climático tenga lugar o que sea debido a la acción del ser humano. Se trata de una postura con poco apoyo entre los españoles —que están entre los ciudadanos más preocupados por este tema—, pero con bastantes adeptos en países como EE UU, Reino Unido y Noruega.

**EL PERFIL DEL NEGACIONISTA: HOMBRE Y CONSERVADOR** «Desquicia a los negacionistas, sobre todo hombres de EE UU, porque sus tácticas no funcionan con ella, que pasa de lo que dicen los demás», explica a SINC el divulgador ambiental **Andreu Escrivà**.

No son pocos los estudios y encuestas que han intentado trazar un «perfil del negacionista climático», que tiende a ser hombre y conservador. Esto ha llevado a algunos investigadores a analizar la posible relación entre negacionismo y misoginia. El sociólogo de la Universidad Chalmers (Suecia) **Martin Hultman** es uno de ellos.

«Hay tres grupos de negacionistas climáticos: CEO de **industrias** extractivas, **políticos** financiados por ellas y hombres **conservadores**», resume Hultman. «Cuando una mujer presenta resultados que implican que estos individuos, negocios, ideologías y estructuras necesitan cambiar, no es de extrañar que intenten matar al mensajero».

Hultman se refiere a un tipo de mentalidad que «no ve la naturaleza como algo vulnerable que puede ser destruido», sino como algo a explotar porque «el crecimiento económico es más importante que la supervivencia de la humanidad».

Las encuestas muestran, explica Hultman, que esta forma de pensar es más frecuente en hombres conservadores, que aceptan los argumentos negacionistas con mayor frecuencia. De hecho, un estudio de 2016 señaló que un motivo por el que ellos son menos respetuosos con el medioambiente es porque perciben su defensa como una actitud femenina.

«Muchos ven a Greta como una **evangelizadora** que te dice cómo tienes que vivir tú, un señor de 40 años de un país desarrollado, y no habla de China o India, que tienen un crecimiento brutal en emisiones de CO<sub>2</sub>», comenta Escrivà, que reflexiona: «¿De verdad pensamos que una adolescente tiene que dar todos los discursos para todas las cuestiones? Ya hace bastante con dar un toque de atención a los que vivimos en una sociedad occidental».

**ADULTOS VS. NIÑOS** Negacionistas y misóginos aparte, Escrivà considera que los 16 años de Greta suponen un **choque generacional** que puede ser contraproducente para transmitir su mensaje. «Me parece positivo reivindicar el futuro, pero se les dice a los mayores que son culpables, cuando hay mucha gente que no lo es, y eso te galvaniza contra el mensaje. Una cosa es que dé lecciones a un rapero que va en avión privado y otra, que le diga qué hacer a gente cuya vida ya es difícil».

La psicoterapeuta de la Universidad de Bath (Reino Unido) **Caroline Hickman** ha analizado por qué algunos adultos denostan a la juventud activista. «Muchos proyectan sus propios miedos y ansiedades en ella, y la rechazan de manera inconsciente como una forma de librarse de ellos», dice.

---

«A mucha gente no le gusta porque nadie quiere cambiar sus hábitos», explica Antonio Ruiz de Elvira

---

«Desquicia a los negacionistas porque sus tácticas no funcionan con ella, que pasa de lo que dicen los demás», explica el divulgador Andreu Escrivà

Considera que es un ejemplo de niños que se comportan como adultos y adultos que lo hacen como niños: «Estos ataques son **rabietas infantiles de adultos** que no tienen la madurez psicológica necesaria para contener sus respuestas emocionales». En cuanto a los que insultan a Greta, cree que «hacen **bullying** para intentar recuperar un poder que sienten que han perdido».

**EN DEFENSA DE LA NEURODIVERSIDAD**  
«Parece una niña muy feliz», se burló el presidente de los EE UU, **Donald Trump**, a través de Twitter tras el discurso de Greta en la ONU. El político hacía caso omiso al hecho de que la joven activista se expresa de forma normal para una persona con **síndrome de Asperger**, quien respondió añadiendo dicha descripción a su perfil.

El neurobiólogo de la Universidad de Salamanca especializado en autismo **José Ramón Alonso** considera que uno de los motivos del rechazo a Greta puede ser nuestra falta de costumbre a ver pacientes con trastorno del espectro autista (TEA) en la esfera pública.

«Son personas que tienen problemas para transmitir emociones con el lenguaje corporal y el tono de voz, y les cuesta mucho adaptarse a situaciones distintas», explica Alonso. «No estamos acostumbrados a que alguien tenga expresiones poco ajustadas a una situación, y es injusto que se lo pidamos a ella».

El investigador considera que su popularidad puede ser positiva para visibilizar no solo la crisis climática, sino también «la aportación que pueden hacer a nuestro mundo las **personas con TEA**». Esto, siempre y cuando

vaya acompañada de una «educación». «Si no, volveremos a la **discriminación** y los **prejuicios**, y a decirle a las familias que sus hijos están mal educados».

¿Puede ser el síndrome de Asperger, tal y como Greta afirma, un «superpoder» en la lucha contra el cambio climático? «Es verdad que [las personas asperger] se centran en un tema que para ellos es de importancia suma y a veces no saben transmitirlo o sacarle partido. Su atención a los detalles es clave, aunque luego tengan mayores dificultades en la interacción social».

A esto añade el hecho de que los demás adolescentes suelen estar «muy pendientes de las **jerarquías**». «[Los asperger] eso lo entienden menos y dicen las cosas con una crudeza y sinceridad que en muchos casos es un valor positivo».

En este sentido, parte de las críticas a Greta recaen en **sus padres** por permitir que una adolescente con síndrome de Asperger se convierta en activista. «Conozco a una madre que decía que su hijo iba a ser un ‘autista moderno’», dice Alonso, «en vez de recortar sus posibilidades».

Por todo esto defiende que debemos ser mejores con ellos y darles su espacio. «Hay personas diferentes y la solución no puede ser la talla única. Es responsabilidad nuestra hacerles un sitio, valorarlos y entenderlos».

**UNA VERDAD INCÓMODA** Por muchos factores que puedan contribuir al rechazo de Greta, solo sirven de excusa para repudiar su mensaje. Este aboga por cambios en nuestro modo de vida y en el propio sistema y, encima, con emergencia. «Dice que hay que ponerse

La joven sueca lleva a cabo acciones difícilmente imitables por los demás, que no tenemos acceso al barco de los Grimaldi

## Su popularidad visibiliza la aportación que hacen a nuestro mundo las personas asperger, afirma el neurobiólogo José Ramón Alonso

las pilas y que cada uno debe hacer lo que pueda para frenar esto. Pero a mucha gente no le gusta eso porque nadie quiere cambiar sus hábitos», explica el catedrático de Física Aplicada en la Universidad de Alcalá **Antonio Ruiz de Elvira Serra**.

«Cuando confrontas a la gente con decisiones reales que tiene al alcance de su mano para luchar contra el cambio climático, la incomodas muchísimo», dice Escrivà. «Me impactó cuando Greta fue a *The Daily Show*, dijo una parrafada muy bien dicha y el público empezó a aplaudir», recuerda. «Pensé que si fueran capaces de traducir sus palabras a un nivel de recorte de emisiones en su vida diaria no iban a aplaudir, y menos en EE UU, que es el país con una mayor huella ecológica por persona».

Un estudio de 2017 exploró cómo las recomendaciones para reducir las emisiones suelen obviar las acciones más efectivas. «Reciclar, mantener la temperatura justa e instalar LED es lo que menos cuenta. Lo que más es la energía renovable, disminuir el consumo de carne y dejar el coche y el avión», explica el divulgador. «Son cosas que pican mucho más y la gente, cuando entiende eso, alucina».

«Aislar la casa y dejar el coche es complicado y no todos pueden, pero podemos demostrar a políticos y empresas que se han apuntado a patrocinar la COP25 que no les compramos sus productos si no cambian», dice Ruiz de Elvira. «Esto es un mensaje que les llega... ¡no veas cómo!», añade sobre los motivos por los que el mensaje de Greta molesta a tantos.

**CUIDADO CON LAS SOLUCIONES MÁGICAS** Escrivà tiene clara su

principal crítica a Greta: «Perpetúa una cosmovisión en la que hay una solución mágica que los políticos no están aplicando, pero que podrían hacerlo si escucharan a los científicos».

El divulgador considera que presuponer que la actuación contra el cambio climático no despega por culpa de la falta de información es «muy simplista» y defiende que los políticos «llevan mucho tiempo escuchando a los científicos». Asegura que la **inacción política** «responde a intereses, cortoplacismo, inercias, miedo a asumir el coste político, dificultades para cambiar nuestro modo de vida y a que la ciudadanía no quiere».

«Estamos con Greta, pero externalizamos nuestro activismo ambiental a base de *likes* a ella y pensamos que con eso ya somos verdes». Esto «nos desapega de los cambios reales que debemos incorporar y promover, porque la acción debe ser colectiva, no solo de los políticos».

Escrivà lamenta que la joven activista no ejemplifique ese cambio de valores, ya que lleva a cabo acciones difícilmente imitables por el resto de la población, que no puede depender de que los Grimaldi le dejen un barco para ir desde Reino Unido a Nueva York, ni de que unos navegantes la lleven en catamarán desde Salt Ponds hasta Lisboa.

«El cambio real no es venir de cualquier forma a España. Es preguntarse: ¿necesito ir a Madrid? ¿No doy mejor ejemplo a mucha gente si voy a una reunión tan importante como la COP25 por videoconferencia?».

Por eso, teme que esa **hiperperfección** lleve a mucha gente, incapaz de prescindir de los plás-

---

«Las empresas que producen gases de efecto invernadero fabrican el cemento y acero de tu casa y el petróleo de tu coche», recuerda Escrivà

ticos o el coche de la noche a la mañana, a **tirar la toalla**. «Me importa más que el 80 % de la población occidental reduzca un 50 % el uso de plásticos o los vuelos que una pequeña élite del 5 % lo haga todo bien, porque eso desmoraliza».

También teme que gritar «¡Que viene el lobo!» cause rechazo contra la causa cuando, en diez años, «no se haya acabado» el mundo. «Habrá más sequías, huracanes y alguna especie invasora más, pero no será *Mad Max*. En cuarenta años ya veremos».

**EL NUEVO NEGACIONISMO ES NO HACER NADA** «Chirría que una adolescente con una calidad de vida extraordinaria diga que le han robado el futuro. No nos han robado el futuro: nos han dejado un mundo destrozado, hay que reconstruirlo y exigir responsabilidades, pero a millones de niños les están robando el presente», asegura Escrivà.

«No todo es cambio climático, el mundo es complejo y me parece peligroso cualquier mensaje que tienda a simplificarlo», añade en referencia a las empresas que se «suben al carro» de la sostenibilidad, pero «no al de los derechos de los trabajadores».

La consecuencia de dichas soluciones mágicas y de, en palabras de Escrivà, pensar que las empresas son malas *per se*, es caer en el nuevo negacionismo: el negacionismo de soluciones. En otras palabras, no hacer nada hasta que lo hagan los gobiernos y las corporaciones.

«Las cien empresas que producen el 70 % de los gases de efecto invernadero del mundo no lo hacen porque tengan un botón que emite CO<sub>2</sub>, sino porque fabrican

el cemento y acero de tu casa y el petróleo de tu coche».

El problema, según el divulgador, es que «si todo el mundo espera a que alguien haga algo, entonces nadie hace nada». Considera que «siempre vamos a encontrar vías para autojustificarnos y no bajar nuestro consumo», y por eso «debemos darnos el menor número de excusas» para mantener la inacción. «Si en tu esquema mental tú eres el bueno y los otros los malos, para qué vas a hacer algo».

Por todo ello, Escrivà ve a Greta como un «ariete» que abre las puertas, pero que debe ir acompañado del resto del ejército para que sirva de algo. «Es un activador de la conversación, pero creo que ya ha jugado su papel».

«Su mejor legado –afirma– sería que dejáramos de hablar de lo que hace y hubiera una conversación más allá, de cómo nos afecta el cambio de paisaje, de si estamos dispuestos a dejar el avión y el coche». Todo eso, mientras apoyamos a las Gretas de nuestro alrededor.

# La vida en Doñana el próximo medio siglo

EVA RODRÍGUEZ NIETO | 17 DICIEMBRE 2019

Tras 50 años de existencia como parque nacional, las marismas de Doñana se enfrentan a nuevas y viejas amenazas. El acuífero, lugar de cría y de paso para miles de aves europeas, es especialmente sensible a la crisis climática, a la subida del nivel del mar y a la descompensación por los cambios en los periodos de lluvia y sequía.

El **parque nacional de Doñana** ha cumplido 50 años de existencia y 24 desde su declaración como **Patrimonio de la Humanidad** por la UNESCO. El antiguo coto de Doña Ana, que en el siglo XIX fuera arrasado por el hombre, hoy sigue estando en el punto de mira de científicos y ecologistas por la transformación de las marismas y la sobreexplotación del acuífero.

Puente entre el Atlántico y el Mediterráneo, con una playa virgen en la Costa de la Luz, Doñana es **parque natural y nacional**. Su situación en la desembocadura del Guadalquivir hace que este emblemático territorio protegido del sur de España sea muy vulnerable. Cualquier alteración en la calidad y cantidad de las aguas superficiales, incluso si se encuentran fuera del parque, lo puede dañar.

Desde su declaración en 1969 como parque nacional hasta la fecha, Doñana ha sufrido varias transformaciones, la más importante, la que se realizó en 1978, en la que se incluyó la totalidad de la línea de costa que existe en la actualidad (en un principio solo estaba incluido un tramo de 3,6 km). Además, la creación de varias zonas de preparque y de protección lo convertiría años más tarde en parque natural.

«Otra ampliación se realizó en el año 2005 cuando se incluyeron terrenos recuperados para la restauración de la funcionalidad original de arroyos y caños que inundaban la marisma, gracias a las obras ejecutadas con el Proyecto Doñana 2005», declara a SINC **Francisco Quirós**, que ha dedicado 17 años a su cuidado,

«Un problema directo del calentamiento global que afecta a especies de flora y de fauna es la descompensación en los periodos de lluvia y de sequía», dice Quirós



cuatro como director conservador del parque natural y diez como conservador del parque nacional y del parque natural.

Desde el año 2007 hasta la actualidad, la gestión se realiza en coordinación con el parque natural con el mismo equipo de gestión para ambos, bajo la figura administrativa de **Espacio Natural de Doñana**, ya que comparten especies, hábitats y el recurso más importante de Doñana: **el agua**.

La característica principal del humedal es su riqueza en cuanto a la procedencia de las aguas que lo alimentan: superficiales y subterráneas. Además, el nivel del acuífero interviene directamente en la inundación de numerosas lagunas, que se sustentan a través del agua del subsuelo.

**EL CAMBIO CLIMÁTICO YA AFECTA AL ECOSISTEMA** El de Doñana es un espacio muy variado, cambiante, pero también vigilado. Conservadores, técnicos, ecologistas y científicos se afanan en la búsqueda de soluciones a temas tan diversos como la localización de **camadas de lince**, el seguimiento de **atropellos de fauna**, la coordinación de los **tránsitos rociros**, el establecimiento de zonas de protección para los **nidos de águila imperial**, la recuperación de especies en peligro de extinción, la gestión del ganado o la presencia de especies exóticas invasoras.

Además, la gran biodiversidad del parque hace que sea un lugar con un papel principal en el conocimiento de los efectos del cambio climático en fauna, flora, hábitats y servicios ecosistémicos.

Desde su declaración en 1969 como parque nacional hasta la fecha, Doñana ha sufrido varias transformaciones. **IMAGEN** Héctor Garrido, EBD-CSIC

La característica principal del humedal es su riqueza en cuanto a la procedencia de las aguas que lo alimentan: superficiales y subterráneas

Es uno de los dos puntos más problemáticos en toda España en relación con el riesgo de subida del nivel del mar, junto al Delta del Ebro

Fotografía aérea de las marismas de Doñana. IMAGEN Héctor Garrido, EBD-CSIC

Para ello, cuenta con un amplio programa de seguimiento de los procesos naturales que se desarrollan en este espacio desde hace varias décadas. Este se lleva a cabo junto con la Estación Biológica de Doñana (EBD) del CSIC, con el que recopila un gran volumen de información que está disponible tanto para investigadores como para gestores.

Este programa dispone de series de datos de periodos largos que ayudan a detectar dónde se está produciendo un determinado efecto y, por tanto, a poder tomar decisiones para la mitigación de la crisis climática que ya se observa a la zona.

«En concreto, un problema directo del calentamiento global, que afecta a numerosas especies tanto de flora como de fauna, es la descompensación en los periodos de lluvia y de sequía. El

hidroperiodo de inundación de la marisma, caños, lucios, lagunas y charcas es importantísimo para el desarrollo de los ciclos vitales de numerosas especies», apunta Quirós.

Una alteración en el periodo de inundación hace que estos ciclos de las especies no se completen, lo que repercute de forma directa e indirecta en el desarrollo de otros seres vivos.

Según el experto, el panorama que se presenta de **lluvias torrenciales** y grandes periodos de **sequía** «es nefasto para el desarrollo de la vida en Doñana. Además, en periodos de lluvias torrenciales hay que contar con el aporte de sólidos que van poco a poco colmatando la marisma».

Los científicos del Laboratorio de Sistemas de Información Geográfica y Teledetección de la EBD han creado una herramienta en



«Lo primero es acabar con las ilegalidades que rodean al acuífero y luego ver en qué lugares es conveniente que se sigan haciendo explotaciones», dice Carmona

la que se puede observar de manera objetiva y por las imágenes de satélite el funcionamiento de la marisma desde 1983 hasta la actualidad.

Sus observaciones indican que los hidroperiodos a lo largo de los últimos 40 años en el noroeste de la marisma tienden a incrementarse, mientras que la parte sureste muestra un desecamiento progresivo.

Otro estudio reciente, publicado en la revista *Nature Communications*, mostraba otra aplicación, en este caso sobre la proyección de subida del nivel del mar en todo el mundo para 2100. Según sus estimaciones, el área de Doñana y toda la **desembocadura del Guadalquivir** podrían inundarse por completo debido a la crisis climática.

«Es uno de los dos puntos más problemáticos en toda España en relación con el riesgo de subida del nivel del mar, junto al Delta del Ebro. Ya existía un estudio de vulnerabilidad de la costa española al cambio climático de 2014 que así lo apuntaba», agrega **Juan José Carmona**, coordinador del proyecto Doñana de la organización conservacionista WWF, institución que estuvo en el origen de la creación del parque.

**SIEMPRE CON UN OJO A VARIOS KILÓMETROS** La extracción de agua en esta zona se hace para varios usos, principalmente agrícolas y turísticos. Aunque este estrés hídrico se dé a varios kilómetros de distancia, debe estar controlado para que no afecte a las lagunas de Doñana.

«Algunas lagunas temporales han desaparecido debido a la sobreexplotación que estamos haciendo del acuífero», argumenta Carmona.

Un estudio del Observatorio de Biodiversidad y Cambio Climático de Doñana monitoreó los cambios en el nivel del acuífero durante 25 años en lugares con fuerte presión turística. Sus resultados indicaron que, a largo plazo, «una pequeña tasa de extracción de agua subterránea ha ejercido una alta presión hidrológica sobre la laguna más cercana al área de bombeo».

«Aquí en Andalucía las sequías son recurrentes, no es algo extraordinario para nosotros. En la mitad de los años 90 hubo una fortísima con la que el acuífero llegó a alcanzar niveles muy bajos. Después volvió a llover y se recuperaron los niveles. Pero desde entonces hasta hoy, hay zonas del acuífero que están incluso peor que con la gran sequía», añade Carmona.

Por otro lado, el parque tiene un frente litoral virgen de unos 30 km (que con el parque natural son 50 km) y debido a la cercanía de una refinería, en el municipio de los **Santos de Maimona (Badajoz)**, en varias ocasiones se han producido **vertidos de hidrocarburos** por accidentes en los buques o en la boya de descarga.

Asimismo, dentro de cada parque se establece una zonificación que regula los usos y actividades que se pueden realizar. La diferencia más importante se encuentra en las actividades de aprovechamiento que se permiten en el parque natural y que no son posibles con la figura de protección del nacional.

«Gestionar Doñana es estar pendiente de su ámbito, pero con un ojo puesto fuera, incluso a muchos kilómetros de distancia. Por lo demás, presenta las amenazas que pueda tener un espacio en el

«Los tránsitos rocieros están muy regulados, tanto por el número de hermandades como de vehículos», asegura Quirós

ambiente mediterráneo que tenebrano y con un relieve totalmente llano», subraya Quirós.

Para el responsable de WWF, lo primero que habría que hacer para recuperar el acuífero «es acabar con todas las ilegalidades que lo rodean y luego ver en qué lugares es conveniente o no que se sigan haciendo explotaciones».

**TRÁNSITO HUMANO Y CIENTÍFICO CONSTANTE** Doñana es un parque muy vivo en cuanto a presencia humana. Por él pasa el Rocío, así como numerosos visitantes y turistas anualmente. A esto hay que sumarle el impacto de las **playas** próximas, la **ganadería** o los **incendios**. El seguimiento de su estado de salud a lo largo de todo el año, debido a las diferentes situaciones y ambientes, cambia radicalmente con los meses.

En el pueblo costero de **Matalascañas**, por ejemplo, la población en verano se dispara. «Esa multiplicación de habitantes hace que el consumo de agua del acuífero sea muy elevado durante una época muy concentrada», indica Carmona.

Por otro lado, el parque también acoge viajeros todo el año. «El efecto de los visitantes y turistas a la zona es de menor relevancia debido a que los centros de visitantes se localizan en la periferia del parque y las visitas al interior están reguladas», señala Quirós.

A principios de año, se realizan los censos de **aves invernantes** —que tienen una relación directa con el estado de inundación de la marisma—, después le sigue el periodo de reproducción de las águilas imperiales, a las que se les protege el territorio de nidificación, y se continúa con el

seguimiento de la reproducción del resto de fauna (colonias de acuáticas, otras aves, rapaces o el lince).

Este trabajo, que se compagina con los censos mensuales terrestres y aéreos, debe coordinarse con el tránsito de las **hermandades de El Rocío**, que varían de fecha cada año. Tienen que estar previstos tanto los caminos como los lugares de parada por las tres vías principales del parque: el camino de Sanlúcar desde Cádiz, el camino de Huelva por la Rocina y el camino de Sevilla por la Raya Real.

«Hay que decir que actualmente los tránsitos rocieros están muy regulados, tanto por el número de hermandades, como por el volumen de vehículos de tracción animal y motor que puede llevar cada una de ellas», dice el exdirector conservador.

La **Saca de las Yeguas**, en Almonte, es otra de las tradiciones que se mantiene en la marisma en la que los yegüerizos van a distintas zonas de Doñana a recoger los caballos marismeños.

Después, la marisma comienza a secarse y se hace el seguimiento del estado de la calidad del agua para evitar que se produzcan proliferaciones de cianobacterias durante los primeros meses de verano. Es la época de los primeros vuelos y la dispersión de los pollos de águila imperial nacidos ese año y de los de las demás especies. También el de la prevención de incendios forestales. Posteriormente, se espera a que comience el ciclo de lluvias en otoño y todo vuelve a empezar.

**UNA LOCALIZACIÓN Y GEOLOGÍA ÚNICAS**  
El lugar que ocupa en la Península es muy singular. Se localiza en un



punto clave en la ruta migratoria norte sur del paleártico occidental y en la confluencia de dos grandes masas de agua, con características muy distintas, como son el Atlántico y el Mediterráneo.

Por su latitud, las temperaturas son suaves tanto en verano como en invierno. Su carácter litoral y las tres mil horas de sol anuales, así como la dirección de los vientos que van conformando el avance de las **dunas** o la gran variedad de confluencia de **agua, arena y arcillas** –que permiten que existan terrenos inundados, filtrados o encharcados–, hacen que Doñana sea único.

El microrrelieve de la zona es otra característica muy im-

portante. Marca la presencia de unas especies u otras, según la disponibilidad o cercanía al agua en cuestión de centímetros. Esto hace que la **variedad de seres vivos** que se pueden localizar sea muy amplia. Varía según la estación y los periodos de inundación, de si hay más presencia de arcilla que de arena o si el agua es dulce o salada.

«Por todos estos motivos (y porque en su origen se encuentra la Estación Biológica de Doñana, y también WWF y SEOBirdLife) es un parque que concentra un volumen de **proyectos de investigación** muy elevado. La media es de unos **100 a lo largo del año**», concluye Quirós.

Un yegüerizo, por la marisma de Doñana. **IMAGEN** Simonsimage

JAVIER PADILLA, AUTOR DE '¿A QUIÉN ESTAMOS DEJANDO MORIR?'

# «Los sistemas sanitarios son sostenibles porque son inclusivos, no a pesar de ello»

---

MARÍA G. DIONIS | 26 DICIEMBRE 2019

En los últimos años, los mensajes sobre salud han apelado a decisiones individuales, como hacer ejercicio o dejar de fumar. Pero el autor de este libro, médico de familia y comunidad, afirma que el contexto socioeconómico desempeña un papel mucho más importante de lo que nos imaginamos.



Javier Padilla, en la cafetería donde escribió el libro. **IMAGEN** Álvaro Muñoz Guzmán, SINC

«La salud surge de unas condiciones dignas de trabajo, de un nivel educativo adecuado y del acceso a zonas verdes»

¿A quién estamos dejando morir? Eso es lo que se ha preguntado **Javier Padilla** (Madrid, 1983), médico de familia y comunidad, en su libro (*Capitán Swing*, 2019).

Según él, la respuesta está en las **desigualdades** que atraviesan la sociedad y que son las que realmente determinarán la salud de una persona. Por ejemplo, la **esperanza de vida** en los barrios más ricos de Madrid es de siete años más que en los pobres. En Barcelona, la diferencia asciende a once años. Y esto ocurre en un sistema sanitario que, a diferencia de otros como el estadounidense, es bastante **universal**.

Padilla, que denuncia de forma activa las situaciones de desigualdad a través de su cuenta de

Twitter y en el Colectivo Silesia, cree que el sistema sanitario debe tenerlas en cuenta a la hora de recomendar los hábitos de vida y colaborar con el resto de instituciones para abordarlas.

Quedamos con él en la cafetería madrileña donde escribió una gran parte del libro. «Aquí se grabó aquel mítico *Salvados* de Pedro Sánchez», dice al entrar.

**En relación al título de tu libro, ¿a quién estamos dejando morir?**

Desde 2012 hemos dejado morir a 70 inmigrantes indocumentados cada año. También estamos dejando morir a personas en situación de dependencia que no están recibiendo ayuda para los cuidados que precisan. Y es-



tamos dejando morir a aquellas personas que por sus condiciones sociales y económicas no pueden optar a la misma salud que las que están en una situación más cómoda.

**Afirmas que la salud no se genera en los sistemas sanitarios. ¿Dónde surge, entonces?**

La salud se genera allí donde se genera la vida. En el sistema sanitario pasamos poco tiempo y suele ser con vistas a la recuperación, cuando la enfermedad ya ha aparecido. Realmente la salud surge de unas condiciones dignas de trabajo, de tener una sociedad en la que la gente pueda acceder a un nivel educativo adecuado, de los barrios en los cuales no

hace falta coger el coche para ir al puesto de trabajo y en tener zonas verdes.

**Sin embargo, en los últimos años se ha puesto el foco en decisiones individuales, como no fumar o hacer ejercicio.**

Nos hemos tragado por completo el discurso de la libertad de elección. Si esa libertad fuera tal, tendríamos que saber explicar por qué las personas sin trabajo y las de menor nivel educativo fuman más y consumen más comida rápida y menos frutas y verduras. Sabemos que la distribución de esas conductas teóricamente libres se concentra de forma menos saludable en las personas de menor nivel de renta.

Según Padilla, las desigualdades que atraviesan la sociedad son las que realmente determinarán la salud de una persona. **IMAGEN** Álvaro Muñoz Guzmán, SINC

«Si la libertad de elección es real, ¿cómo se explica que las personas sin trabajo y las de menor nivel educativo fumen más y consuman más comida rápida?»

Por ejemplo, alrededor de los colegios de los barrios de nivel socioeconómico más bajo hay una mayor concentración de lugares de comida basura que en los de barrios de renta más alta. Eso significa que hay algo más que esa libre elección. Los denominados determinantes sociales de salud ofrecen a cada individuo ciertas opciones para elegir, que no son las mismas para las personas de nivel económico más alto o bajo.

**Precisamente, en el libro comparas esta elección con el meme de Paris Hilton vestida con una camiseta que dice «Stop being poor» (Dejad de ser pobres). ¿Qué consecuencias tiene este tipo de abordaje de la salud?**

El primer problema es que es ineffectivo. Le estás pidiendo a la gente que haga algo que no entra dentro de su catálogo de elecciones posibles. El segundo problema es que es profundamente estigmatizador.

Nos encontramos con gente que acude al médico y este simplemente le dice que tiene que adelgazar. Esa persona a lo mejor trabaja diez o doce horas al día. Cuando llega a casa se tiene que encargar de dos familiares dependientes, no tiene dinero para pagarse un lugar donde hacer ejercicio y vive en un barrio en el que a partir de las 8 de la noche no puede ir a correr por la calle. El sistema sanitario le está recomendando algo que no puede asumir.

**¿Cómo deberían divulgarse los hábitos saludables?**

Yo creo que, en primer lugar, no puede haber una separación entre la divulgación de hábitos de

vida saludable y la generación de estructuras que los favorezcan. No podemos estar diciéndole a la gente que debe tener un ocio saludable, salir a la calle y hacer ejercicio, y dejar que cada cinco metros se encuentre con una casa de juegos de azar. Las políticas se tienen que adecuar al discurso que damos en salud. Y, en general, solemos adecuarlo a las patologías de las personas y no a todo su contexto.

**En este sentido, ¿crees que se podrían facilitar medidas en favor del bien común, como limitar las bebidas azucaradas o el acceso de los vehículos al centro de las ciudades?**

La salud pública tiene que intentar deshacer el choque entre lo individual y lo colectivo en favor de lo colectivo, cuando ambos sean incompatibles. A día de hoy ya tenemos medidas al respecto, como los impuestos al tabaco o al alcohol. Pero hay otros aspectos en los cuales hay que ir haciendo ganancias diarias, por ejemplo, en el ámbito medioambiental. El conflicto individual-colectivo nunca se ha visto de forma tan flagrante como con las políticas medioambientales. No puede ser que se contraponga el poder ir en coche, que no es un derecho, con el derecho a poder respirar aire limpio.

En otras ocasiones, como con las bebidas azucaradas, la ausencia de políticas específicas que dificulten o faciliten el acceso a distintos productos ya de por sí es tomar partido. Las bebidas azucaradas son más consumidas por las personas de baja renta y nivel educativo. La mano invisible del mercado no va a hacer que una persona, de forma libre, decida tomar un vaso de agua en lugar

---

«No podemos estar diciéndole a la gente que debe tener un ocio saludable y dejar que cada cinco metros se encuentre con una casa de juegos de azar»

---

«El desarrollo no es conseguir que todo el mundo pueda ir en coche, sino que hasta las personas de las rentas altas utilicen el transporte público»

«La pérdida de control en la capacidad de presupuestar y gestionar el dinero es uno de los grandes problemas de la sanidad pública a la hora de relacionarse con la privada»

de una bebida azucarada. Para eso están las políticas públicas.

**El epidemiólogo Manuel Franco con su proyecto Heart Healthy Hoods apuesta por que sea la ciudadanía la que diseñe recomendaciones de políticas públicas junto con los investigadores y los ayuntamientos. ¿Esta aproximación puede ser efectiva?**

Por lo general, acercarse a la población el diseño de las medidas es algo sabio. La perspectiva del equipo de Franco se basa en salir del sistema sanitario e ir a la estructura política para actuar en los verdaderos determinantes de la salud. La comida y el ejercicio, que son los principales aspectos en los que se basa su investigación, tienen una clara estratificación social. Las medidas no pueden ser las mismas para actuar sobre el barrio de La Moraleja que sobre el de Villaverde.

**Como decías antes, una de las críticas al sistema sanitario fue la expulsión a las personas migrantes indocumentadas pero, además, tú defiendes que es peligroso haber expulsado a las personas con rentas superiores a cien mil euros anuales que no provengan del trabajo. ¿Por qué?**

Los sistemas sanitarios tienen que ser inclusivos hacia arriba y hacia abajo. Si solo lo son hacia abajo, corren el peligro de convertirse en sistemas de beneficencia. Es necesario que las personas con rentas altas tengan la sensación de que las políticas públicas también revierten hacia ellas. Los sistemas sanitarios son sostenibles porque son inclusivos, no a pesar de ello. Es decir, la universalidad es un elemento de sostenibilidad del sistema, no es una carga.

En el otro extremo, no hay más que mirar a Estados Unidos, el sistema menos inclusivo que podemos imaginarnos, y terriblemente ineficiente. En este sentido, recuerdo que un dirigente de los países nórdicos dijo que el desarrollo no es conseguir que todo el mundo pueda ir en coche a cualquier lado, sino que hasta las personas de las rentas altas utilicen el transporte público.

**En el libro hablas de la parasitación del sistema privado al público como un problema importante de la sanidad. ¿En qué consiste?** Habitualmente se tiende a hablar de la colaboración público-privada, pero no tenemos un modelo en el que las dos entidades salgan beneficiadas de un trabajo común. Estamos ante un sistema parasitario en el que la sanidad pública asegura a la privada unos ingresos a largo plazo, la certeza de que no van incurrir en riesgos financieros y un beneficio en la estabilización de su negocio. Incluso en momentos de crisis económica ese dinero va a seguir entrando.

Cuando en 2010 los servicios tuvieron que recortar su financiación por la reducción del gasto público, en lugares como Madrid se encontraron con que los hospitales de gestión privada tenían firmados unos contratos blindados en los que año tras año la financiación debía aumentar. Entonces, a la privada se le siguió aumentando y hubo que reducirla más en los centros de gestión pública.

Esa pérdida de control en la capacidad de presupuestar y gestionar el dinero es uno de los grandes problemas de la sanidad pública a la hora de relacionarse con la privada en la prestación de servicios sanitarios.

---

«Tener una empresa pública de medicamentos situaría mejor a las instituciones públicas en las relaciones de poder con la industria»

**¿Cómo debería ser el sistema sanitario para abordar todos sus problemas?**

Por un lado, deberíamos tener un sistema sanitario que tuviera más capacidad de relacionarse con los aspectos comunitarios, con los servicios sociales y con las políticas medioambientales.

Otro aspecto fundamental es pasar de una visión preventiva, con el lema 'prevenir vale más que curar', hacia una visión promotora. Por ejemplo, para disminuir la bronquitis crónica podemos hacer espirometrías como política de prevención, o podemos prohibir la entrada de los coches al centro de las ciudades. Esto disminuirá la tasa de EPOC, la de niños con complicaciones del asma y la de problemas cardiovasculares.

Las políticas de promoción actúan en cascada hacia arriba, donde se empiezan a generar las enfermedades y las desigualdades, en lugar de poner un parche en el punto final, cuando ya están desarrolladas.

**Otra medida que propones es la creación de una industria pública de fabricación de medicamentos.**

**¿En qué consistiría?**

En los últimos años hemos visto una escalada de los precios de los medicamentos bastante salvaje. Según un informe que publicó la ONU en 2018 –sobre el que hice un hilo de Twitter–, los precios no se relacionan con el coste del desarrollo de medicamentos ni con el riesgo en el que incurre la empresa privada en su fabricación. Ahora mismo estamos sobrepagando los medicamentos.

Por otro lado, se genera mucho conocimiento por la investigación pública que luego se convierte en producto a través de empresas

privadas, y que pagamos sin tener en cuenta su base pública.

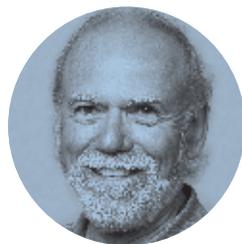
Todo esto, sumado a que las farmacéuticas no están interesadas en desarrollar medicamentos que son muy útiles pero de bajo coste, hace necesaria una empresa pública de medicamentos.

Ya hay una estructura del Ministerio de Defensa, pero creo que lo idóneo sería desmilitarizar este ámbito. Tener una empresa de medicamentos que favorezca la investigación básica, su transformación en investigación aplicada y luego su fabricación y distribución situaría mejor a las instituciones públicas en las relaciones de poder con la industria. Y creo que esto debería hacerse a una escala lo más europea posible.

# Los premios de la ciencia en 2019

## Nobel de Física

Barry C. Barish **IMAGEN** Wikipedia



La Real Academia Sueca de las Ciencias otorgó el Premio Nobel de Física a los estadounidenses **Rainer Weiss, Barry C. Barish y Kip S. Thorne** «por sus contribuciones decisivas al detector LIGO y la observación de las ondas gravitacionales».

Estas ondulaciones en el tejido del espacio-tiempo las había predicho Albert Einstein hace cien años en su teoría de la relatividad, pero se observaron por primera vez en 2015. La señal procedía de una colisión de dos agujeros negros y tardó en llegar 1.300 millones de años al observatorio LIGO.

Weiss y Thorne, junto al investigador Ronald Drever (fallecido en 2017), fueron quienes en los años 80, propusieron su construcción para la detección de ondas gravitacionales.

Este observatorio estuvo dirigido entre 1997 y 2006 por el tercer galardonado, Barry C. Barish, que impulsó la fundación en 1997 de la colaboración científica internacional LIGO, en la que participan más de mil investigadores de universidades e instituciones de todo el mundo.

## Nobel de Química

Akira Yoshino IMAGEN Wikipedia



Los investigadores **John B. Goodenough**, **M. Stanley Whittingham** y **Akira Yoshino** han sido los galardonados este año con el Premio Nobel de Química por el desarrollo de baterías de iones de litio. Estas baterías ligeras, recargables y potentes se usan en la actualidad en todo, desde los teléfonos móviles hasta los ordenadores portátiles y los coches eléctricos.

El Comité de los Premios Nobel decidió galardonar a los científicos que «sentaron las bases de una sociedad inalámbrica y libre de combustibles fósiles gracias a estas baterías recargable que han revolucionado nuestras vidas».

En la actualidad, estas baterías se utilizan para alimentar los dispositivos electrónicos portátiles que utilizamos para comunicarnos, trabajar, estudiar, escuchar música y buscar información. También han permitido el desarrollo de automóviles eléctricos de largo alcance y el almacenamiento de energía de fuentes renovables, como la energía solar y la eólica.

## Nobel de Medicina

Sir Peter J. Ratcliffe IMAGEN Wikipedia



Este año, el Premio Nobel de Medicina se lo han llevado **William G. Kaelin Jr**, **Sir Peter J. Ratcliffe** y **Gregg L. Semenza** por sus hallazgos sobre los mecanismos por los que las células perciben y se adaptan a la disponibilidad de oxígeno.

Los tres expertos identificaron la maquinaria molecular que regula la actividad de los genes en respuesta a los diferentes niveles de oxígeno. Su descubrimiento reveló el mecanismo de uno de los procesos de adaptación más esenciales de la vida. Así, establecieron la base para la comprensión de cómo los niveles de oxígeno afectan al metabolismo celular y la función fisiológica.

La detección de oxígeno es fundamental para un gran número de enfermedades, como el cáncer. En los tumores, la maquinaria regulada por el oxígeno se utiliza para estimular la formación de vasos sanguíneos y remodelar el metabolismo para la proliferación de células cancerosas.

Por ello, los trabajos de los galardonados han allanado el camino para nuevas y prometedoras estrategias contra la anemia, el cáncer y muchas otras enfermedades.

## Nobel de Economía

Esther Duflo IMAGEN Wikipedia



El Banco Nacional de Suecia ha concedido el Premio Nobel de Economía a **Abhijit Banerjee**, **Esther Duflo** y **Michael Kremer** «por su aproximación experimental al alivio de la pobreza global». Duflo es la segunda mujer en recibir el Nobel de Economía.

Durante los últimos 20 años, sus hallazgos han mejorado la capacidad práctica para combatir la pobreza. En unos experimentos en Kenia, Kremer comprobó que los libros de texto y las comidas gratis no ayudaban a mejorar los resultados escolares. Años más tarde, Banerjee y Duflo concluyeron que lo más efectivo eran los programas de apoyo a estudiantes, ayudantes para los profesores y centrarse en los niños con más necesidades.

Gracias a su trabajo, las tutorías de refuerzo se han extendido a 100.000 escuelas en la India. Este tipo de investigaciones se han prologado en áreas como la sanidad, el acceso al crédito o la adopción de nuevas técnicas agrícolas.

Además, sus estudios certifican que ampliar el acceso al agua potable es una de las inversiones más rentables para los países en desarrollo.

## Premio Abel

Karen Keskulla Uhlenbeck  
IMAGEN Andrea Kane, IAS



La Academia Noruega de Ciencias y Letras ha otorgado el premio Abel 2019, considerado el 'Nobel' de las matemáticas, a la estadounidense **Karen Keskulla Uhlenbeck** «por el impacto de su trabajo en análisis, geometría y física matemática». Esta profesora de la Universidad de Texas también es una firme defensora de la igualdad de género en la ciencia.

La academia reconoce «sus logros pioneros en ecuaciones diferenciales parciales geométricas, teoría de gauge y sistemas integrables, y por el impacto fundamental de su trabajo en el análisis, la geometría y la física matemática».

El interés de la galardonada por la teoría de gauge se inspiró en los trabajos de un compañero también laureado con el premio Abel, el difunto Sir Michael Atiyah. Esta teoría es un lenguaje matemático de la física teórica, y las aportaciones de Uhlenbeck en esta área han sido esenciales para la comprensión matemática moderna de modelos en física de partículas, teoría de cuerdas y relatividad general.

## Princesa de Asturias

Siri Hustvedt IMAGEN Wikipedia



Las biólogas **Joanne Chory** y **Sandra Myrna Díaz** fueron galardonadas con el Premio Princesa de Asturias de **Investigación Científica y Técnica** de 2019, cuyo trabajo tiene futuras implicaciones en la lucha contra el cambio climático.

El de **Ciencias Sociales** se lo llevó uno de los sociólogos de mayor prestigio internacional, **Alejandro Portes**, por su investigación de las migraciones internacionales, la sociología económica, el desarrollo comparativo y la marginalidad social.

**Siri Hustvedt**, estudiosa, intelectual y militante feminista, ha contribuido con su obra al diálogo entre las ciencias y las humanidades. Por ello, ha recibido el premio Princesa de Asturias de las **Letras** 2019. El de **Comunicación y Humanidades** ha sido otorgado al **Museo Nacional del Prado**.

**Salman Khan** y **la Khan Academy**, que trabajan para dar atención quirúrgica a las poblaciones más remotas del este de África, fueron galardonados con el Premio Princesa de Asturias de **Cooperación Internacional** 2019.

## Rey Jaime I

Carlota Pi IMAGEN Vimeo



En la 30ª edición de los Premios Rey Jaime I se ha galardonado a **Xavier Tolsa Domènech** en la categoría de Investigación Básica; a **Carlota Pi Amorós** en la de Emprendedor; a **Aníbal Ollero Baturone** en Nuevas Tecnologías; a **José Antonio Sobrino Rodríguez** en el apartado de Protección del Medio Ambiente; a **Pura Muñoz-Canoves** en Investigación Médica; y a **José García Montalvo** en Economía.

El Rey Felipe VI defendió en la entrega de los premios Rei Jaime I en Valencia que «el apoyo a la ciencia, la investigación y el emprendimiento es un acertado lugar común cuando hoy se habla de garantizar e impulsar el progreso de una sociedad».

Con el objetivo de promocionar la investigación y el desarrollo científico en nuestro país, los Premios Rey Jaime I reconocen la labor de aquellas personas que hayan desarrollado parte de su trabajo científico en territorio nacional. A cada galardonado se le otorga una cuantía de 100.000 euros, convirtiéndose estas condecoraciones en las mejor remuneradas del país.

## Nacionales de Investigación

Susana Marcos IMAGEN CSIC



Este año, el Premio Nacional 'Gregorio Marañón' de Medicina a parar a manos del cardiólogo **Valentín Fuster**. El Premio Nacional 'Santiago Ramón y Cajal' de Biología se lo llevó **Ángela Nieto**, bióloga molecular.

La física **Susana Marcos** fue galardonada con el Premio Nacional 'Leonardo Torres Quevedo', en el área de Ingenierías y **Manuel Carreiras Valiña** recibió el Premio Nacional 'Pascual Madoz' de Derecho y Ciencias Económicas y Sociales.

Por último, **Mercedes García-Arenal Rodríguez** ganó el Premio Nacional 'Ramón Menéndez Pidal' de Humanidades.

Creados en 1982 y concedidos por el Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades, estos premios son de los más importantes en la investigación científica y reconocen la labor de los científicos españoles en su campo. Llevaban cuatro años sin convocarse.

## Premios IgNobel

Scott Carver  
IMAGEN Renay San Miguel, CA



El Ig Nobel de la Paz 2019 recayó en un estudio que explica que el placer de rascarse depende de la zona corporal donde se haga. En Educación Médica, ganaron dos científicas por trasladar un método de adiestramiento canino al entrenamiento de estudiantes de cirugía y en Medicina, un científico italiano que concluía que la pizza podría tener efectos positivos para la salud.

El estudio ganador del Ig Nobel de Física explicó por qué el wombat es capaz de hacer caca en forma de cubo. El de Anatomía se otorgó por medir la temperatura del escroto a un grupo de carteros.

Varios investigadores holandeses y turcos recibieron el de Economía por concluir que el billete leu ruma no es el que más bacterias transmite.

El Ig Nobel de Psicología fue para un psicólogo que observó que sujetar un boli con la boca nos hace reír y, por tanto, más felices, mientras que el de Ingeniería fue para una máquina que cambia pañales. Los Ig Nobel premian los estudios que hacen que las personas rían y luego piensen.

## Premio Inventor europeo del año

Margarita Salas IMAGEN EPO



**Margarita Salas** (Canero, Asturias, 1938), bioquímica asturiana, recibió un doble reconocimiento en Viena por su carrera, ya que ganó la categoría a logro de una vida y también la del voto popular. Es un 'doblete' nunca antes visto en la historia del galardón que entrega cada año la Oficina de Patentes Europea. Su logro: tener la patente más rentable de la historia del CSIC.

Margarita Salas, ahora fallecida, quiso registrar su polimerasa en 1989; en España se encogieron de hombros. «Me fui al CSIC a ver cómo se patentaba porque no tenía ni idea, y ellos tampoco estaban muy puestos», recordó.

Treinta años más tarde, aquella patente es la más rentable de la historia del CSIC: entre 2003 y 2009, más de la mitad de los *royalties* obtenidos por la institución fueron gracias a la bioquímica asturiana y su descubrimiento, que permite amplificar el ADN y por ello tiene enormes aplicaciones en biotecnología.

# Un año de SINC en datos

Del 1 de enero al 31 de diciembre de 2019.

## SESIONES

8.033.142

## USUARIOS

6.373.260

## VISITAS A PÁGINAS

9.866.330

## ORIGEN GEOGRÁFICO DE LAS SESIONES



## USUARIOS REGISTRADOS EN SINC A 31 de diciembre de 2019

 **575**  
Instituciones

 **1.365**  
Periodistas

## COBERTURAS

En 2019, además de realizar una cobertura especial del 50 aniversario de la llegada del ser humano a la Luna, SINC informó desde congresos y reuniones nacionales e internacionales, como la cumbre del clima COP 25 en Madrid, la entrega de Premios Jaime I en Valencia, el congreso IVIRMA en Mallorca, el Festival Passion For Knowledge en San Sebastián, el Longevity World Forum en Valencia y participó en la 5ª Conferencia Mundial de Periodistas Científicos en Lausana (Suiza).

SINC ha actuado como *media partner* del proyecto europeo SCOPE –coordinado por FECYT y financiado por la Unión Europea a través de Horizon 2020– para comunicar los resultados visionarios de la investigación de proyectos asociados al Graphene Flagship y el Human Brain Project.

## COLABORACIONES

SINC ha colaborado con la revista *Muy Interesante*, el suplemento *Tercer Milenio* de *El Heraldo de Aragón*; *A hombros de gigantes*, de Radio Nacional de España; *La tarde contigo*, de Canal Extremadura, y *Efervesciencia* de Radio Galega.

## FORMACIÓN Y EVENTOS

Los redactores de SINC han impartido formación especializada en periodismo científico, sanitario y medioambiental y han participado en más de veinte jornadas, mesas redondas y coloquios. Además, SINC ha sido jurado en los Premios Nacionales de Edición Universitaria y en Famelab y ha formado parte de la iniciativa ‘La Ciencia con Ciencia Entra’, de FECYT y Fundación Lilly.

Además, SINC ha colaborado con el proyecto europeo CONCISE, liderado por la Universitat de València para analizar el papel de la comunicación sobre la percepción y las creencias de la ciudadanía de la Unión Europea respecto a la ciencia.

## BECAS

SINC se consolida como escuela de jóvenes periodistas científicos por octavo año consecutivo. Hasta diciembre de 2019, ya eran 38 los estudiantes que se habían formado en la redacción de SINC, donde aprendieron las claves de un periodismo especializado en ciencia, de calidad, riguroso y orientado al gran público.

## PREMIOS Y RECONOCIMIENTOS DE SINC EN 2019

**Sergio Ferrer** obtuvo el **Prisma de Bronce** al mejor artículo periodístico, por su reportaje *No, el ser humano no se está volviendo cada vez más tonto*.

**Verónica Fuentes** logró una mención de honor en la primera edición del **Premio GSK al Periodismo Respiratorio** ‘Innovación que se respira’ por el reportaje *Vivir con asma: cuando respirar te ahoga*.

**Jesús Méndez** consiguió un accésit del **Premio de Periodismo de la Fundación Instituto Roche** por *El editor genético CRISPR explicado para principiantes*.

## LO MÁS LEÍDO

- ① Juan Luis Arsuaga: «La vida no puede ser trabajar toda la semana e ir el sábado al supermercado, esa vida no es humana»
- ② Guía sencilla para entender la foto del agujero negro
- ③ John Martinis: «Estamos muy emocionados por haber construido un ordenador cuántico que funciona bien»
- ④ El oído de surfista era común entre los neandertales
- ⑤ Un nuevo probiótico con una elevada capacidad de reducción del colesterol
- ⑥ Carlos González: «Si hoy nos propusieran ir a la Luna con la tecnología de hace 50 años, más de uno diríamos que no»
- ⑦ Las canas son el nuevo rubio y la ciencia aún no sabe por qué nos salen
- ⑧ Barry Barish: «A mi edad podría descansar, pero las ondas gravitacionales son el principio de una gran historia»
- ⑨ Un nuevo experimento para entender el origen evolutivo del orgasmo femenino
- ⑩ Cómo eligen morir los médicos y qué podemos aprender sobre ello

# El equipo SINC

 [facebook.com/agenciasinc](https://facebook.com/agenciasinc)  
 [twitter.com/agencia\\_sinc](https://twitter.com/agencia_sinc)

---

@pampanilla



## Pampa García Molina

Coordinadora

Pampa es licenciada en Física y máster en Periodismo y Comunicación de la Ciencia, la Tecnología y el Medioambiente. Desde 2011 es la coordinadora y redactora jefa de SINC.

Ha trabajado como periodista científica y editora especializada para *Muy Interesante*, *Divulga*, *SM*, *El Mundo*, *La Razón* y *Quo*, entre otros. Es vocal de la Asociación Española de Comunicación Científica (AECC).

---

@enriquesinc



## Enrique Sacristán

Redactor de matemáticas, física, química y tecnología

Enrique es licenciado en Ciencias Biológicas y máster en Periodismo y Comunicación de la Ciencia, la Tecnología y el Medioambiente. Ha sido realizador *freelance* de documentales y ha trabajado en la sección de Ciencia de la Agencia Efe. En 2008 entró a formar parte del equipo de SINC como responsable del área de matemáticas, física y química.

---

@evaou22

---



## Eva Rodríguez

Redactora de ciencias naturales  
y de ciencias sociales

Eva es licenciada en Periodismo, en Comunicación Audiovisual y máster en Dirección de Comunicación, Relaciones Públicas y Protocolo. Ha ejercido el periodismo en Telemadrid y en el área de realización del Canal de Televisión del Senado. Desde 2009 es responsable del área de ciencias sociales de SINC. Desde 2012, además, lleva la sección de ciencias naturales y medioambiente.

---

@\_Veronique\_F

---



## Verónica Fuentes

Redactora de biomedicina y salud

Verónica es licenciada en Ciencias Ambientales y máster en Periodismo y Comunicación de la Ciencia, la Tecnología y el Medioambiente. Después de dedicarse a la educación y gestión ambiental, comenzó en el periodismo dentro de la Agencia Efe. Trabaja en SINC desde sus inicios, en 2008, como responsable del área de biomedicina y salud.

---

@AdelineMarcos

---



## Adeline Marcos

Redactora de ciencias naturales

Adeline es licenciada en Periodismo y máster en Periodismo y Comunicación de la Ciencia, la Tecnología y el Medioambiente. Trabajó en el periódico francés *La Nouvelle République du Centre-Ouest*, y en el periódico canadiense *The Source*. Tras su paso por la sección de Ciencia de la Agencia Efe, trabajó en SINC desde sus inicios como responsable de ciencias naturales. De 2012 a 2014 colaboró con la agencia desde las Palmas de Gran Canaria.

---

@AnaHernandoDyO

---



## Ana Hernando

Redactora de innovación y tecnología

Ana es licenciada en Periodismo. Posee una sólida experiencia como periodista con gran énfasis en economía, empresas, relaciones internacionales, ciencia y tecnología.

Ha trabajado en *Cinco Días* durante 14 años, cinco de ellos como corresponsal en Londres. En los últimos años ha desarrollado su actividad en el ámbito de la comunicación institucional. Desde 2011 es la responsable de la sección de innovación de SINC.

**EDITA** Fundación Española para la  
Ciencia y la Tecnología, FECYT, 2019

**E-NIPO** 831200021  
**DEPÓSITO LEGAL** M-39864-2019

**IMAGEN DE PORTADA** La primera imagen real  
de un agujero negro que se ha captado en  
la historia fue presentada el 10 de abril  
de 2019 por el consorcio internacional  
Telescopio del Horizonte de Sucesos.

[www.agenciasinc.es](http://www.agenciasinc.es)

**AGRADECIMIENTOS** La Fundación Española  
para la Ciencia y la Tecnología quiere  
agradecer su colaboración a todas las  
universidades, centros de investigación,  
fundaciones, empresas, hospitales,  
parques tecnológicos y, por supuesto,  
investigadores y periodistas que participan  
en la difusión de la I+D+i.

**DISEÑO**

Underbau

**MAQUETACIÓN**

Advantia, Comunicación Gráfica, S.A.

**IMPRESIÓN**

Iarte

**NIPO** 831200016



ANUARIO SINC  
LA CIENCIA ES NOTICIA

2019



GOBIERNO  
DE ESPAÑA

MINISTERIO  
DE CIENCIA  
E INNOVACIÓN



FUNDACIÓN ESPAÑOLA  
PARA LA CIENCIA  
Y LA TECNOLOGÍA

**sinc**  
La ciencia es noticia