

**EL GEN**  
**UNA HISTORIA PERSONAL**

Siddhartha Mukherjee  
Debate, 2017

## Biografía conceptual del gen

*Historia de la unidad que ha revolucionado la biología*

Tres ideas revolucionaron la ciencia del siglo xx: átomo, bit y gen. Cada uno de esos conceptos inició su andadura como una noción abstracta, pero se desarrollaron, se adueñaron del pensamiento humano y transformaron la cultura, la sociedad, la política, la filosofía y el lenguaje. En cada caso se representaba la unidad irreducible —el bloque de construcción, la entidad básica de organización— de un todo mayor: el átomo, de la materia; el bit, de la información digitalizada; y el gen, de la herencia y la información biológica. En cuanto unidad fundamental, no podemos comprender la biología celular ni el organismo (en su estado normal o patológico, en su conducta e identidad) sin afianzarnos primero en el conocimiento del gen. Hay solo una molécula portadora de la información hereditaria y un código.

Nuestro conocimiento de los genes ha alcanzado tal nivel de refinamiento y profundidad que hemos pasado de estudiarlos en el tubo de ensayo a hacerlo en su contexto celular propio. Residen en los cromosomas, estructuras largas y filamentosas confinadas en el interior de la célula que contienen decenas de miles de genes concatenados unos con otros. Los humanos poseemos 46 cromosomas, 23 procedentes de un progenitor y 23 del otro. El conjunto entero de instrucciones genéticas portadas por un organismo se denomina genoma. El genoma viene a ser la enciclopedia de todos los genes, con notas a pie de página, anotaciones, instrucciones y referencias. El genoma humano contiene entre 21.000 y 23.000 genes, los cuales aportan las instrucciones para construir, reparar y mantener nuestro organismo.

Mukherjee dispone el libro cronológica y temáticamente. Al final recapitula su exposición en un manifiesto de 13 puntos, los cuales reconocen al gen como unidad básica de información hereditaria; la universalidad del código genético; la interacción entre genes, medio y azar; la variabilidad como premisa evolutiva; la importancia del contexto en la apreciación de la relación entre naturaleza y cultura; la inevitabilidad de las mutaciones; el origen génico de muchas patologías o la exposición de genes y genomas a manipulaciones químicas y biológicas.

La genética ha dejado su sello en numerosos campos de la biología. Abarca también el dominio de la ciencia de la información y la psiquiatría. Ha intervenido en las corrientes más oscuras del siglo xx. Solemos mencionar la eugenesia nazi en busca del superhombre con la eliminación de los enfermos mentales y los individuos y pueblos que ellos consideraban degenerados. Pero el movimiento eugenésico comenzó mucho antes en Inglaterra y en Estados Unidos. Francis Galton, primo de Darwin, defendió la mejora de la sociedad a través de una reproducción selectiva. No sabía en qué podría consistir un gen, pero sostuvo que el inteligente, el fuerte y el hermoso deberían reproducirse más que los peor dotados. En los años treinta, los programas estadounidenses y británicos de esterilización inspiraron la *Rassenhygiene* nazi. En esa pendiente peligrosa vuelven a caer quienes culpan de la criminalidad a malos genes o declaran la superioridad intelectual de blancos y asiáticos.

Una cadena de descubrimientos subsiguientes a la Segunda Guerra Mundial transformó de raíz los pilares de la biología. Se identificó el ADN como fuente de

información genética y se desentrañó el mecanismo de acción génica en la síntesis de proteínas, responsable de la forma y la función. James Watson, Francis Crick, Maurice Wilkins y Rosalind Franklin resolvieron la estructura tridimensional del ADN. Se descifró el código genético de tres letras. En 1972, Paul Berg informó de la posibilidad de combinar dos moléculas de ADN para crear ADN recombinante. Se planteó entonces la posibilidad de que un gen erróneo se introdujera en un organismo equivocado: el experimento podría desencadenar una catástrofe biológica o ecológica. Pero no solo preocupaban los patógenos. Se puso sobre la mesa la perspectiva de una ingeniería genética humana: nuevos genes introducidos de forma permanente en el genoma de nuestra especie [*véase* «Modificar nuestra herencia», por Stephen S. Hall; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, noviembre de 2016].

En 1974 se recurrió al virus SV40 genéticamente modificado para infectar embriones de ratón. Las células infectadas se mezclaron con células normales para crear una quimera embrionológica. Los embriones quiméricos fueron implantados en ratones. Todos los órganos y células emanaron de esos embriones: sangre, cerebro, aparato digestivo, corazón, músculos y, sobre todo, espermatozoides y óvulos. Si las células embrionarias infectadas por virus formaran algunos espermatozoides y óvulos de los ratones recién nacidos, entonces los genes víricos se transmitirían de un ratón a otro a través de generaciones, igual que cualquier otro gen. A la manera de caballos de Troya, los virus podrían transmitir permanentemente genes en el genoma del animal y producir los primeros organismos genéticamente modificados. (Hoy sabemos que las células poseen detectores, adquiridos hace tiempo en la evolución, que reconocen los genes víricos y los marcan con un sello químico, a modo de signos de cancelación, para evitar su activación.) La secuenciación y clonación génicas significaban la lectura y escritura de los genes. Y se abrió una puerta de esperanza para la terapia génica, que, no obstante, sufrió un estancamiento en los decenios siguientes, hasta que vuelve a renacer de la mano de las células madre [*véase* «Terapia génica, segunda parte», por Ricki Lewis; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, mayo de 2014].

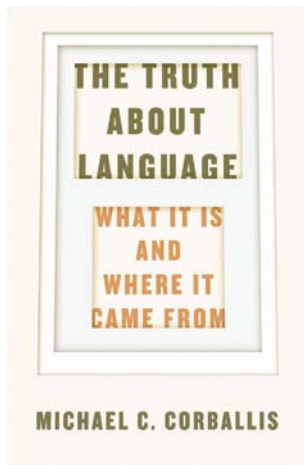
Merced a los avances técnicos, podemos ya descifrar el modo en que los genes operan en el tiempo y en el espacio para ejecutar funciones complejas. Podemos

alterarlos deliberadamente para cambiar su función. Esa transición —de la explicación a la manipulación— es lo que hace que el campo de la genética resuene más allá del confin de la ciencia. Al doblar el nuevo siglo, Philippe Horvath y Rodolphe Barrangou descubrieron que algunas bacterias habían desarrollado un arpón que se hincaba en los genomas de los virus invasores y los paralizaba. El sistema —un conmutador— reconocía los virus lesivos por su secuencia de ADN. Esos cortes no se producían al azar, sino en determina-

dos sitios específicos del ADN. No tardó en descubrirse que el sistema bacteriano de defensa entrañaba dos componentes críticos. El primero era el rastreador, un ARN codificado en un genoma bacteriano que encajaba con el ADN del virus y lo reconocía. El segundo era el ejecutor. Una vez el ADN vírico había sido reconocido como extraño, entraba en acción una proteína bacteriana, la Cas9, para asestar un corte letal al gen vírico. Había comenzado la era de la edición génica, que hoy lo invade todo.

Como no hay libro que no presente algo aprovechable, tampoco lo hay que no pueda mejorarse en algo. Esta biografía conceptual del gen ha olvidado el papel determinante desempeñado en la edición génica por el español Francisco Juan Martínez Mojica [véase «El descubrimiento del sistema CRISPR-Cas», por Francisco J. M. Mojica y Cristóbal Almendros; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, octubre de 2017].

—Luis Alonso



### THE TRUTH ABOUT LANGUAGE WHAT IT IS AND WHERE IT CAME FROM

Michael C. Corballis  
University of Chicago Press, 2017

## Señala, gruñe y habla

*La gestualidad como origen del lenguaje humano*

«**T**odo el mundo es capaz de hablar y gruñir.» La afirmación de Fred Weasley en *Harry Potter y el cáliz de fuego*, de J. K. Rowling, podría servir para describir los orígenes del lenguaje humano si el psicólogo Michael Corballis está en lo cierto en su obra *The truth about language* («La verdad sobre el lenguaje»). Durante años, Corballis ha sido uno de los principales defensores de la idea de que el lenguaje tiene su origen en los gestos. Su último libro desarrolla este argumento desde los primates gesticuladores hasta la neurociencia moderna.

Por lo general, el lenguaje se considera la joya de la corona de la superioridad humana sobre los demás animales. Parece surgir casi de la nada en nuestro pasado evolutivo y carece de parangón con cualquier otro modo de comunicación animal. Algunos animales manifiestan sus estados de ánimo por medio de chasquidos, zumbidos, ladridos, gorjeos o balidos. También pueden expresar ira, impaciencia, autoidentificación, sumisión, deseo o apego a través de gestos, pero nada de eso les sirve para

transmitir una frase tan sencilla como «di una patada al balón».

Por su carácter único y su potencial, el lenguaje humano supone una llamada de atención para los darwinistas, provocándonos para que averigüemos cómo y de dónde surgió [véase «Lenguaje, redes y evolución», por Ricard Solé, Bernat Corominas Murtra y Jordi Fortuny; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, mayo de 2013]. Corballis otorga un papel fundamental a las neuronas espejo, las cuales parecen evocar las acciones que observamos (en un mono, por ejemplo, las neuronas espejo se disparan cuando el animal agarra un objeto y también cuando ve a un congénere llevar a cabo la misma acción). Corballis señala que se produce un solapamiento entre partes del sistema de neuronas espejo y dos regiones de la corteza cerebral izquierda que, en los seres humanos, se hallan asociadas a la producción y comprensión del lenguaje: la zona de Broca y la de Wernicke.

Las neuronas espejo cuentan con sus detractores [véase «Debate en torno a las neuronas espejo», por Christian Wolf; MENTE Y CEREBRO n.º 65, 2014], pero para

Corballis plantean la posibilidad de que el lenguaje «evolucionara dentro de un sistema que, en los tiempos en los que éramos monos, estaba especializado en agarrar cosas». En los seres humanos, las neuronas espejo parecen tomar parte también en otras acciones. Una de ellas es señalar. Por fortuna para Corballis, señalar es uno de los primeros hitos de la comunicación en los niños («mira esto», «dame eso, por favor»), el cual surge alrededor del primer año de vida y significa el comienzo de la atención compartida. También se altera en algunos trastornos sociales, como el autismo. Asimismo, el control preciso de los músculos faciales a la hora de hablar parece compartir circuitos corticales con las regiones que controlan los gestos.

Con todo, ¿qué tiene de errónea la idea de que el lenguaje surgió de la capacidad de nuestros antepasados homínidos para vocalizar? Fue la explicación favorita de Charles Darwin, desarrollada en *El origen del hombre* (1871). Pensaba que la capacidad para el aprendizaje vocal complejo se remontaba muy atrás en la evolución, por lo menos hasta nuestro antepasado común con los pájaros. Corballis responde que, a diferencia de los gestos, las vocalizaciones de los primates no parecen controlarse de forma voluntaria; aparecen como los tics nerviosos, más estrechamente vinculados con la expresión de emociones que con el intercambio deliberado de información. Los cercopitecos verdes (*Chlorocebus pygerythrus*) son conocidos por tener tres llamadas de socorro diferenciadas: para águilas depredadoras, leopardos y serpientes. Pero una llamada de socorro no implica intercambio lingüístico, gestual ni de ningún otro tipo.

Cabe sospechar que muchos —como el primatólogo y etólogo Frans de Waal,

autor de *La política de los chimpancés* (Alianza editorial, 1993)— considerarán rudimentaria la tesis de Corballis sobre las vocalizaciones de los primates. Sin embargo, primatólogos como Jane Goodall y David Premack comparten sus puntos de vista. Se equivoque o no, lo cierto es que Corballis se expresa con una atención al detalle propia de un académico y con una prosa ingeniosa y exenta de autobombo. La combinación de estilo y argumento convierte *The truth about language* en la mejor obra hasta la fecha sobre la teoría gestual del lenguaje.

Pero ¿qué significa que el lenguaje, el intercambio de información entre emisores y receptores, surgiera de los gestos? Gesticular puede indicar una teoría de la mente (la capacidad de entender lo que otros pueden saber o estar pensando) y, sin duda, constituye un requisito para el lenguaje. Los seres humanos dan por sentado este entendimiento mutuo, pero su existencia no se ha conseguido demostrar de manera concluyente en otros animales.

Algunos perros responden cuando se les señala algo, pero han sido entrenados para ello, y tampoco señalan cosas a otros canes. Los chimpancés pueden señalar, pero rara vez lo hacen; al menos, no tanto como se esperaría en la comunicación social rutinaria. Estos y otros primates son capaces de seguir la mirada de los demás, pero mirar no es un acto de comunicación deliberado. De hecho, seguir la mirada de otro es, en potencia, un tipo de hurto.

Se acepta que el origen de nuestra capacidad gestual se pierde en la larga línea de los homínidos fósiles durante la trayectoria evolutiva de entre seis y siete millones de años que nos separa de nuestro antepasado común con los chimpancés. No obstante, en ese período sucedió todo. Los seres humanos empleamos el lenguaje para fomentar el aprendizaje, la cooperación y el intercambio de bienes y servicios; un gran salto comparado con el acto ocasional de señalar. La sociabilidad es característica de nuestra especie tanto como lo es el lenguaje, y resulta difícil

imaginar que nuestros sistemas sociales funcionarían sin él.

Del mismo modo, podría argumentarse que el lenguaje humano surgió para explotar las capacidades psicológicas que posibilitan nuestra avanzada sociabilidad. En este caso, con toda seguridad Corballis defendería que la gesticulación representa la trayectoria evolutiva más probable hacia esas facultades. Pero sobre esta cuestión el autor se pronuncia relativamente poco. Lo que sí sabemos es que, sin esas habilidades, quizá seguiríamos señalando y gruñendo como los trolés.

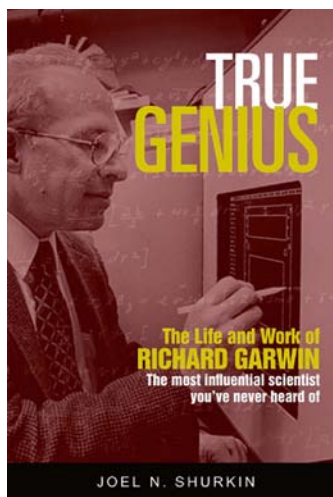
—Mark Pagel

Escuela de Ciencias Biológicas  
Universidad de Reading

Artículo original publicado en *Nature*, vol. 543, págs. 620-621, 30 de marzo de 2017.

Traducido con el permiso de Macmillan Publishers Ltd. © 2017

Con la colaboración de **nature**



**TRUE GENIUS**  
THE LIFE AND WORK OF RICHARD GARWIN, THE MOST INFLUENTIAL SCIENTIST YOU'VE NEVER HEARD OF

Joel N. Shurkin  
Prometheus Books, 2017

## Richard Garwin

*Genio de la física nuclear y de la política global*

A mediados de noviembre de 2016, Richard Garwin, de 88 años, recibió la Medalla Presidencial de la Libertad, el máximo reconocimiento civil que se concede en Estados Unidos. El galardón premia a los ciudadanos que hayan realizado una contribución sumamente meritoria para la seguridad y los intereses nacionales, la paz mundial, la cultura o cualquier otro empeño público o privado. Proyectista clave de la bomba de hidrógeno, dueño de patentes decisivas en el desarrollo de la técnica de nuestro tiempo, Garwin fue un experto indiscutido en defensa y en

desarme. Sin embargo, su figura es muy poco conocida.

Joel Shurkin ha escrito una biografía ágil y que refleja no solo los episodios relevantes de la vida de Garwin, sino también el estado de la física en unos años especialmente dorados. De origen judío, su abuelo paterno procedía de Riga y emigró a Chicago, donde en 1808 nació Robert, el padre de Richard. El abuelo abrió una tienda de zapatos. Cuando Robert tenía siete años, su padre fue asesinado por el socio y su madre marchó con los hijos a Cleveland, donde había una comunidad

hebrea pujante con un orfanato propio. En 1921 Robert se graduó en ingeniería. Se dedicó a la enseñanza de electricidad en la Escuela Técnica Superior y a la proyección de cine durante la noche.

Richard nació el 19 de abril de 1928. Desde niño, su padre le introdujo en el mundo de la técnica, enseñándole a desarmar y volver a armar mecanismos e ingenios. Muy habilidoso, ayudaba a su padre a reparar el proyector y a construir amplificadores de audio para las películas. En sus años universitarios, Richard trabajaría también de proyectista. Precoz en ciencias, a los doce años pidió un libro de cálculo. En el garaje doméstico crearon un taller y laboratorio donde ejercitarse en pruebas de química, soplado de vidrio y circuitos eléctricos.

Decidido a estudiar física, no dudó en doctorarse en Chicago, centro de la física puntera con la figura de Enrico Fermi como foco de atracción. Logró el título de doctor en 1949, con 21 años. Su mentor fue el propio Fermi, quien se trasladó de Italia en 1938 tras ganar el Nobel de física y trabajó en Nuevo México ayudando a construir la primera bomba atómica. Fermi afirmó que Garwin fue el único genio genuino con el que se había encontrado en su vida, de ahí el título del libro. A Fermi se le llamaba «el Papa», por su origen italiano y por suponerlo infalible en física.

Un portento de la naturaleza, según unos, nunca leía enteros los artículos; le bastaba con mirar los resúmenes. Fermi había sido el descubridor de la fuerza débil, una de las cuatro interacciones fundamentales de la naturaleza. Adoptando las teorías de Wolfgang Pauli, Fermi, trabajando en Roma con neutrones de 1934 a 1938, demostró que podían crearse artificialmente isótopos radiactivos mediante el bombardeo de un elemento con número suficiente de neutrones. Observó también que, cuanto más lentos avanzaban los neutrones hacia el núcleo, más eficaces resultaban, y que la velocidad de absorción era diferente para cada elemento. Iba a resultar de particular importancia lo que aconteciera cuando lo aplicaran al uranio.

Al solicitarle que fuera su director de tesis, Garwin le explicó a Fermi que contaba con una dilatada experiencia en tubos de vacío y que tenía habilidad para el dibujo y la ingeniería de máquinas. Fermi aceptó. Para su propia tesis doctoral ideó varios contadores. Investigó las propiedades de núcleos radiactivos de sodio y creó un mecanismo para medir el ángulo de emisión de rayos gamma siguiendo la desintegración de una sustancia radiactiva. Terminada la tesis, en solo dos años, y pese a la política de la universidad de

no contratar a sus propios graduados, se le ofreció allí un puesto. Fermi le pidió que le ayudara en un nuevo modelo del núcleo atómico.

La Universidad de Chicago mantenía estrechas relaciones con el Laboratorio Nacional de Los Álamos, en Nuevo México. Fermi, que acudía los veranos, le invitó en el de 1950 para que trabajara en armas nucleares. En 1951 Garwin ayudó a la creación de la primera bomba de hidrógeno, mil veces más potente que sus predecesoras atómicas. La explosión se hizo de acuerdo con las indicaciones de Garwin, revelaría más tarde Edward Teller, el padre del proyecto (Teller, veinte años mayor que Garwin y nacido en Hungría, ha pasado al imaginario popular más por sus cruzadas políticas que por sus logros en física). De acuerdo con las indicaciones recibidas, el proyecto debía ser tan conservador como fuera posible para demostrar su viabilidad. Trabajó también en el diseño de satélites espía. Con la bomba de hidrógeno, el mundo comenzó a vivir en el borde del precipicio. Por eso se dedicó a combatir las posibilidades de uso.

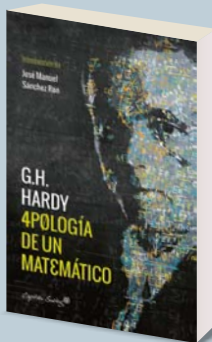
En 1952 entró en el departamento de investigación de IBM, tarea que compaginaría con la de asesor en Los Álamos y Washington, así como con un comprome-

so con la Universidad de Columbia. La relación con IBM se prolongó a lo largo de cuatro decenios, hasta su retiro en 1993. Allí trabajó sobre resonancia magnética; fue el catalizador del algoritmo Cooley-Tukey FFT, de importancia clave en el procesamiento digital de señales, y desempeñó un papel crucial en el desarrollo de las impresoras láser y en monitores de pantalla táctil.

Garwin perteneció al Comité Científico Asesor del presidente de los Estados Unidos de 1962 a 1965 y de 1969 a 1972, bajo los mandatos de Kennedy, Johnson y Nixon. De 1993 a 2001 estuvo al frente del equipo asesor sobre control y no proliferación de armas nucleares del Departamento de Defensa [véase «Brechas en la defensa antimisil», por Richard Garwin; INVESTIGACIÓN Y CIENCIA, enero de 2005]. Intervino en el tratado de prohibición de armas nucleares y presidió el comité asesor sobre su control. Casi todo el arsenal nuclear de los Estados Unidos lo integran tipos diversos, en tamaño y forma, de bombas de hidrógeno, desde las pequeñas que pudieran acabar con una compañía de fusileros hasta armas con potencial genocida.

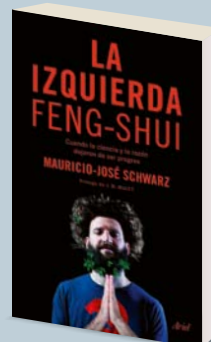
—Luis Alonso

## NOVEDADES



### APOLOGÍA DE UN MATEMÁTICO

Godfrey Harold Hardy  
Capitán Swing, 2017  
ISBN: 978-84-947407-9-4  
160 págs. (16 €)



### LA IZQUIERDA FENG-SHUI CUANDO LA CIENCIA Y LA RAZÓN DEJERON DE SER PROGRES

Mauricio-José Schwarz  
Ariel, 2017  
ISBN: 978-84-344-2585-9  
400 págs. (19,90 €)

### DE LAS BACTERIAS A BACH LA EVOLUCIÓN DE LA MENTE

Daniel C. Dennett  
Pasado & Presente, 2017  
ISBN: 9788494733321  
431 págs. (35 €)



### LAS MATEMÁTICAS VIGILAN TU SALUD MODELOS SOBRE EPIDEMIAS Y VACUNAS

Clara Grima y Enrique Fernández Borja  
Next Door Publishers, 2017  
ISBN: 978-84-946669-6-4  
188 págs. (17 €)

