

Introducción

BILRAE se complace en publicar un artículo del académico don Pedro R. García Barreno titulado «Desarrollo y evolución del lenguaje» que se completa con abundantes referencias bibliográficas.

Dado que la parte final del texto la conforma una intervención radiofónica de Albert Einstein, nos hemos permitido aligerar su puntuación para comodidad de los lectores.

DESARROLLO Y EVOLUCIÓN DEL LENGUAJE

Pedro R. García Barreno

Real Academia Española

*«What is a man,
If his chief good and market of this time
Be but to sleep and feed? A beast, no more.
Sure, he that made us with such large discourse,
Looking before and after, gave us not
That capability and god-like reason
To fust in us unused».*

(W. Shakespeare, *Hamlet* IV:iv)

INTRODUCCIÓN

En algún momento, alrededor de 230 000 años atrás, un homínido evolucionado –tal vez un *Homo erectus*– que habitaba los altos del Golán, en el Medio Este, rayó con una lasca un trozo de roca volcánica del tamaño de una ciruela, consiguiendo un objeto con apariencia antropomófica denominado Venus de *Berekhat Ram*. Se han encontrado en África y Australia indicios de la utilización de ocre hace 60 000 años y, en el primero, insinuaciones de objetos de arte y ornamentos personales datados hace 50 000 años. El epicentro de la denominada «explosión del arte» se sitúa hacia finales de la glaciación Würm, en Europa, hace 40 000 años, cuando los europeos modernos reemplazaron a los neandertales; aunque hay indicios que estos pulieron dientes y huesos y utilizaron ocre, con propósito decorativo; ¿imitación o sugerencia del hacer de sus vecinos más evolucionados? Los datos más fiables, procedentes de los estudios en la zona Kostenki 17, en Rusia, datan hace 38 000 años la eclosión ornamental.

Pero nada es más humano que el lenguaje hablado, aunque, desgraciadamente, no fosiliza. Se han registrado inscripciones simbólicas hace 13 000 años, y la escritura hace 6000 años. ¿Cuándo apareció el habla? Hace 200 000 años los homínidos africanos tenían la base del cráneo idéntica a la de los humanos modernos, y la anatomía necesaria –canal del nervio hipogloso, aparato fonador– data de hace 150 000 años; pero los comportamientos que, se supone, dependen del lenguaje, no habrían aparecido hasta hace 40 000 años. Ello deja un margen de maniobra de cien mil años que intentan rellenar varias teorías. Es difícil concebir arte sin lenguaje hablado; ambos comparten alguna clase de significado social. La datación de las costras de carbonato que recubren las pinturas en diversas cuevas de la península Ibérica, fechan su ejecución hace casi 65 000 años; ello revela que fueron neandertales los primeros artistas europeos, amén de haber aportado el 2 % del genoma del *homo sapiens*, sin que haya indicios de participación denisovana (restos hallados en la cueva Denisova –por el ermitaño Denis– situada en la región sur-occidental de Siberia, pertenecientes a una subespecie neandertal que emigró hacia Oriente).

Allá por la década de 1950, dos psicólogos acogieron en sus hogares al chimpancé Viki, al que criaron como si de un hijo se tratara; lograron que manejara cuatro palabras: *mama*, *papa*, *cup* y, tal vez, *up*. A la década siguiente tuvieron más suerte con el chimpancé Washoe, al que intentaron enseñar el lenguaje de signos americano logrando que ejecutara hasta cien signos y combinarlos en secuencias de dos o tres «palabras», pero pocos aceptaron que correspondieran a un verdadero lenguaje. El gorila Koko o el bonobo Kanzi incrementaron la lista. La mayoría de los investigadores concluyó que todos ellos podían aprender palabras o signos, pero ninguno mostró la capacidad de formar frases. Sin embargo, las pruebas de que los simios son malos vocalizadores –«la ausencia de evidencia puede que no refleje ausencia de capacidad vocalizadora», comenta la psicóloga Katie Slocombe– pero aceptables gesticuladores, ha soportado la teoría gestual de los orígenes del lenguaje. Otro ejemplo es el *border-collie* Rico, estudiado por la etóloga Juliane Kaminski; muerto en 2008, seguía instrucciones orales para identificar un objeto entre varios y colocarlos en un determinado lugar o entregarlos a una persona específica. Cuando oía una palabra nueva seleccionaba un objeto sin «marca oral» que asociaría en el futuro con el nuevo sonido. Un hecho similar sería el comportamiento de los perros pastores a los silbidos del pastor. Esta rápida asociación de marcas arbitrarias a objetos se había considerado algo único a los peques humanos: «mapeo rápido». Tal ejemplo puede sugerir que la asociación de palabras con objetos o acciones no sea exclusiva de los humanos. Todos esos comportamientos, característicos de un infante de 2,5 años, pueden explicarse mediante el manejo de dos o tres sonidos (palabras) que actúan como

estímulos discriminatorios que incitan un determinado comportamiento, y sin que nada tengan que ver con una descodificación sintáctica de una frase.

Nuestros antepasados homínidos estaban mucho mejor adaptados para comunicarse utilizando movimientos corporales, especialmente de las manos, que para vocalizar de manera intencional. Cuerpo y manos tienen libertad de movimientos en las cuatro dimensiones espacio-temporales, con un mayor grado de libertad, que permiten una actividad mimética hacia el mundo externo. Se ha sugerido que la denominada «cultura mimética» pueda haber evolucionado con el *Homo erectus* hace dos millones de años, dependiendo de la condición bípeda que liberó las manos. Una vez que el lenguaje se normalizó y perdió su aspecto mimético, liberó la inexcusable dependencia visual. En el curso de la evolución humana, la vocalización reemplazó a los gestos manuales, aunque estos persistan.

Algunos autores han propuesto que el lenguaje emergió tras una evolución explosiva, lo que se ha denominado teoría *big bang* del lenguaje. Derek Bickerton escribió que el lenguaje humano, dependiente de la emergencia de la sintaxis, fue un acontecimiento catastrófico que ocurrió durante las primeras generaciones del *Homo sapiens*, durante los últimos 100 000 años, como sostuvo la escuela chomskiana. Pero el lenguaje es algo excesivamente complejo para que haya aparecido a modo de un único salto evolutivo. La mayoría admite que evolucionó a partir de gestos manuales y faciales, lo que exige una evolución gradual, progresiva, que puede retrotraerse, quizás, 2 millones de años, a los orígenes del género *Homo*, como defienden Corbalis o Pinker entre otros. Hablar implica la generación de un mensaje preverbal que es adaptado a los requisitos de un lenguaje particular y, a través de una serie de pasos, el mensaje es transformado en una secuencia de sonidos hablados. Esos pasos incluyen recuperar diferente clase de información memorizada (semántica, sintáctica y fonológica), y combinarlas en una superestructura mediante un proceso denominado *unificación*.

ORIGEN DEL LENGUAJE

¿Cómo emergió el lenguaje? Aunque tiende a asociarse el lenguaje con el sonido –para Aristóteles, el lenguaje es «sonido con significado»–, existen estudios que consideran cruciales las áreas motoras. Como otras actividades semejantes de extraordinaria finura –háptica– como tocar el violín o enhebrar una aguja, el habla demanda un control motor extraordinariamente preciso y rápido. Movimientos elaborados de laringe, cavidad oral, lengua, cara y respiración –complejo final del proceso de hablar– deben sincronizarse entre ellos y con la actividad cognitiva, siendo los ganglios basales del cerebro clave en este entra-

mado. Por otro lado, las áreas clásicas del lenguaje –área cerebral de Wernike extendida, de comprensión sonora del lenguaje, y complejo de Broca, de procesamiento de la gramática– se solapan con un sistema neuronal específico que responde a la percepción visual de movimientos ejecutados por otro individuo, y que podrían proporcionar el «eslabón perdido» entre los controles motor y cognitivo. Este tipo neuronal podría encontrarse en la intersección del lenguaje más precoz que utiliza voces y manos; ello es, sonidos simbólicos o gestos conectados por ciertas reglas o sintaxis; esto es, la inversa aristotélica: «significado con sonido».

Las nuevas evidencias indican que, al menos, tres sistemas conectan funcionalmente los centros de percepción y producción del lenguaje con la red que soporta el conocimiento conceptual. Las áreas de Broca y Wernicke, sectores del córtex insular y ganglios basales forman un sistema: «sistema de implementación lingüística» que analiza las señales auditivas recibidas, activa el conocimiento conceptual, soporta las construcciones fonológica y gramatical, y controla el habla. Este sistema está rodeado anatómicamente por un segundo: «sistema de mediación» formado por numerosas regiones separadas, situadas en las áreas de asociación temporal, parietal y frontal. Tales regiones actúan a modo de un intermediario organizador entre el sistema de implementación y un tercer sistema –«sistema conceptual»– formado por una colección de regiones distribuidas por las áreas de asociación.

La cuestión del origen del lenguaje fue uno de los temas centrales de la filosofía del siglo XVIII. Desde su fundación, la Academia de Berlín se convirtió en el foro de debate sobre el lenguaje más importante de Europa. El mismo Gottfried Wilhelm Leibniz, académico fundador, publicó en 1710, en la revista de la Academia (*Miscellanea Berolinensia*), un artículo sobre los orígenes de las gentes y sus lenguas: «*Brevis designatio meditationum de originibus gentium ductis potissimum ex indicio linguarum*». En 1769 la Academia convocó un premio sobre el origen del lenguaje que ganó Johann Gottfried Herder. Cincuenta años después, Wilhelm von Humboldt, en su lección inaugural académica 1820, abordó el tema de los estudios comparativos del lenguaje sin aportar solución alguna. En 1866 la *Société de Linguistique* de París prohibió cualquier discusión sobre la evolución del lenguaje. La lingüística se consideró una parte de la historia de la ciencia y no procedía conjeturar sobre los orígenes del lenguaje. En 1871 Charles Darwin publicó *The Descent of Man in Relation to Sex* e introdujo la evolución en el ámbito del lenguaje.

CARACTERÍSTICAS DEL LENGUAJE

Durante la primera mitad del siglo XX los lingüistas que teorizaron sobre la capacidad humana de hablar lo hicieron desde la perspectiva behaviorista dominante. Los conductistas defendían que el aprendizaje de una lengua podía explicarse por una cadena de ensayos, errores y recompensa por el éxito; en otras palabras, los niños aprenden la lengua materna por simple imitación, escuchando y repitiendo lo que oyen a los adultos. Hace siglos, Ibn Jaldún planteó que la lengua es una habilidad técnica; es decir, que se aprende por repetición imitativa, como los oficios que consisten en destrezas para expresar las ideas. Un hecho significativo es la capacidad del bebé de reconocer la voz de la madre que «oyó» intraútero, transmitida por vía ósea; así como las características de la comunicación de la madre con el hijo mediante arrullo, un subcódigo lingüístico para dirigirse a los neonatos. Ese arrullo podría ser el equivalente al término anglosajón *motherese* o *baby talk*, para el que se ha sugerido como versión castellana *maternés*.

El lingüista americano Noam Chomsky rompió con este modelo. El lenguaje está gobernado por una serie de reglas y principios, en particular sintácticos, que determinan el orden de las palabras en una frase; el lenguaje no podía ser mera imitación. Chomsky y otros lingüistas generativistas apuntaron que las 5000-6000 lenguas del planeta, a parte de sus gramáticas propias, comparten un conjunto de reglas y principios. Dentro del primer año de vida, más o menos, los infantes humanos dominan el sistema de sonidos de su lengua –escribe Chomsky–; tras unos pocos años son capaces de comprender una conversación. Esta capacidad especie-específica para adquirir cualquier lengua humana –la «facultad del lenguaje», define Chomsky– ha dado lugar a importantes preguntas biológicas: ¿Cuál es la naturaleza del lenguaje? ¿Cómo ha evolucionado?

La «gramática generativa» pretendió, inicialmente, explicar la base de los lenguajes –gramáticas– que deberían explicar lo que denominó la «propiedad básica del lenguaje»: un sistema computacional finito interno, flexible, que permite construir una infinidad de expresiones estructuradas jerárquicamente, con interpretaciones semánticas, en interfaz con otros dos sistemas internos, principalmente un sistema senso-motor para su externalización, y otro conceptual de inferencia, interpretación, planificación y organización de la acción, que denominamos, en términos generales, pensamiento. En resumen, gramática generativa se refiere al conjunto de reglas, innatas y normalmente inconscientes, que nos capacita para emitir y comprender oraciones («lenguaje interno»). Por su parte, «gramática universal» se refiere al conjunto de reglas, innatas e inconscientes, que nos permite decidir si una frase está correctamente formada. Esta gramática mental no es necesariamente idéntica para todas las lenguas, pero, de

acuerdo con los teóricos chomskianos, el proceso por el que, en cualquier lengua, ciertas frases se perciben correctas y otras no es universal e independiente del significado. Durante los años siguientes, la reelaboración de la gramática universal dio paso a un marco teórico de «principios y parámetros»; los primeros, universales y constantes, dan cuenta de las similitudes entre las lenguas; los parámetros, también universales, varían de lengua en lengua, lo que explicaría sus diferencias gramaticales.

Ante las críticas, Chomsky simplificó sus propuestas y elaboró, en 1995, un programa de mínimos capaz de satisfacer al menos las tres propiedades clave de la estructura sintáctica del lenguaje humano: la sintaxis es jerárquica; las estructuras jerárquicas particulares asociadas a las frases afectan su interpretación, y no hay un orden relevante en la estructura jerárquica. La estructura básica o el núcleo del «programa minimalista» es «Merge»: una operación recursiva que combina dos objetos –dos elementos léxicos–, para construir un nuevo objeto –una frase–, en un proceso iterativo indefinido.

Años más tarde, Chomsky, Marc D. Hauser y W. Tecumesh Fitch propusieron dos conceptos respecto a la «facultad del lenguaje». La «facultad del lenguaje en sentido amplio» (*Faculty of language – broad sense*, FLB), incluye un sistema computacional interno combinado con, al menos, otros dos sistemas, también internos, que llamaron «senso-motor» y «conceptual-intencional». Los autores, sin precisar la naturaleza de esos sistemas, asumieron la existencia de algún tipo de capacidad biológica humana que le permite (y no, por ejemplo, al chimpancé) dominar rápida y fácilmente, en términos generales, cualquier lenguaje humano sin instrucciones explícitas. FLB incluye esta capacidad, pero excluye otros sistemas intraorganísmicos que son necesarios, pero no suficientes para el lenguaje (ej., memoria, respiración, digestión, circulación...). La «facultad del lenguaje en sentido restringido» (*Faculty of language – narrow sense*, FLN) es, únicamente, el sistema computacional lingüístico abstracto, independiente de los otros sistemas con los que interactúa. FLN es un componente de FLB, estando sus mecanismos subyacentes incorporados, de alguna manera, en aquellos que soportan FLB. El componente clave de FLN es un sistema computacional (sintáctico) que genera representaciones internas y los mapas correspondientes en la interfaz senso-motora por el sistema fonológico, y en la interfaz conceptual-intencional por el sistema semántico (formal). La propiedad básica de FLN es la recursión. FLN, a partir de un conjunto finito de elementos, es capaz de construir una serie potencialmente infinita de expresiones discretas. Cada una de esas expresiones discretas pasa a los sistemas senso-motor y conceptual-intencional, que procesan y elaboran esa información en lenguaje oral: sonido y significado. En su expresión mínima, FLN incluye la capacidad de recursión. Existen diversos factores internos, fuera de FLB y FLN, que imponen límites prácticos al rendi-

miento de los sistemas. La capacidad pulmonar impone límites a la longitud de las frases, mientras la memoria operativa impone límites a la complejidad de aquellas. Otras limitaciones dependen, por ejemplo, de la velocidad operativa de FLB. Para Chomsky *et al.* solo FNL es una característica singular o única de la especie humana; así como FLB comparte mecanismos en humanos y otros animales, por el contrario, FLN –el mecanismo computacional de recursión: Merge– es un acontecimiento evolutivo relativamente reciente y específico de la especie humana.

BASES NEUROANATÓMICAS DEL LENGUAJE

Durante años, las bases neurológicas del lenguaje descansaron en el estudio de diferentes tipos de afasias. A mediados del siglo XIX Pierre Paul Broca presentó al paciente Louis Victor LeBorgne en el Hôpital Bicêtre, en París; padecía un grave trastorno del habla siendo «tan» la única palabra capaz de pronunciar, en ocasiones repetida –«tan, tan»– y acompañada de gesticulaciones. En la autopsia Broca apreció que algún tipo de lesión había destruido una porción del giro frontal ínfero-posterior. Poco después otro paciente de Broca, LeLong era capaz de articular apenas cinco palabras siendo los hallazgos de autopsia similares. El caso clínico LeBorgne fue presentado con el diagnóstico de «*aphémie*» a la *Société d'Anthropologie* de París en 1861, asignado Broca a los lóbulos frontales el «asiento del lenguaje». Ambos cerebros se conservan en la actualidad; su estudio por técnicas avanzadas de imagen ha confirmado las interpretaciones de Broca y han corroborado una extensión de las lesiones hacia estructuras más profundas. El modelo clásico cerebro/lenguaje se desarrolló tras los estudios de Broca (1861), Carl Wernicke (1874), Ludwig Lichtheim (1885) y otros. Hasta fechas próximas, el «modelo Wernicke-Lichtheim» –recopilado por Norman Geschwind– de una región frontal inferior izquierda (lateralización de la función del lenguaje) y un área cerebral temporal posterior conectadas por fibras del fascículo arqueado es familiar a cada estudiante de neurociencias, lingüística o psicología. Este modelo icónico, publicado en cada uno de los textos de referencia en la materia, continúa teniendo una marcada influencia en las discusiones sobre los fundamentos neurobiológicos del lenguaje. Sin embargo, está ampliamente sobrepasado por las técnicas actuales de neuroimagen; incluso se ha planteado la «muerte de Broca y Wernicke» ante la extensión de las áreas y conexiones implicadas, una red mucho más compleja de la inicialmente propuesta. En cualquier caso, el modelo de Lichtheim sobre el flujo de información durante el procesamiento del lenguaje y el tipo de afasia correspondiente a cada nivel de lesión, sigue siendo válido en términos generales.

BASES GENÉTICAS DEL LENGUAJE

En el año 2001 se estudió la evolución del gen *FOXP2*, del grupo homeótico que regula el desarrollo embrionario de determinados órganos y estructuras y cuyas mutaciones, estudiadas preferentemente en la familia denominada *KE*, dan lugar a formas diferentes de disfunción del habla y del lenguaje, en especial dispraxia orofacial y trastornos en la recepción del lenguaje, acompañados de anomalías en el córtex y ganglios basales. El gen, identificado en el ratón –el último antecesor común ratón-hombre data 60 millones de años–, ha sufrido una serie de mutaciones; dos de ellas en los seis últimos millones de años, momento de separación del linaje humano del chimpancé. La última de las mutaciones se data hace 200 000-120 000 años. Aunque sería absurdo condicionar la emergencia del habla y del lenguaje a la versión humana de *FOXP2*, no cabe duda de su importante participación, aunque lejos del pretendido «gen del lenguaje» o «gen gramatical». Se acepta que es uno del grupo de genes principales (cinco de ellos parecen de capital importancia: *ROBO1*, *SLIT1*, *FOXP2*, *NEUROD6* y *PVALB*) que inciden en el lenguaje, amén que alrededor del centenar coevolucionan en la supraestructura del rasgo anatomofuncional. Estudios de neurolingüística comparada muestran que determinadas especies de pájaros cantores pueden ayudar a revelar cómo los humanos aprenden a hablar; estas observaciones sobre la base de una evolución convergente por la que ambas especies tienen áreas cerebrales especializadas en aprendizaje vocal, genes análogos y conexiones directas entre el córtex y laringe, amén de compartir un aprendizaje similar. En la última docena de años, se ha puesto de manifiesto que *FOXP1*, un miembro de la subfamilia *FOXP1-4*, está implicado en la patología de trastornos cognitivos (espectro autista, discapacidad intelectual) en los que hay trastornos del lenguaje.

BASES NEUROBIOLÓGICAS DEL LENGUAJE

Para los defensores de la teoría motora del lenguaje, el aprendizaje vocal es la capacidad de aprender a producir vocalizaciones mediante imitación de un modelo. Este rasgo complejo ha evolucionado en unos pocos linajes de mamíferos y aves, que incluyen humanos, cetáceos, pinnípedos, murciélagos y elefantes, entre los primeros, y pájaros cantores, loros y colibríes, entre las aves. Aunque los primates no humanos tienen una capacidad limitada para modificar sus vocalizaciones innatas no existen pruebas ciertas de que puedan aprender vocalizaciones nuevas. Las especies capaces de aprendizaje vocal comparten el desarrollo de balbuceo, deterioro del aprendizaje vocal inducido por sordera, aparición de dialectos y circuitos prosencefálicos que controlan el aprendizaje y producción de vocalizaciones.

Michael C. Corbalis, un insigne neurolingüista, iniciaba un artículo: «Rama-chandran remachó que las neuronas especulares harán por la psicología lo que el AND supuso para la biología [...] Se dice que las neuronas especulares proporcionan una explicación para fenómenos tan diversos como la imitación, la comprensión de las acciones, el aprendizaje, la teoría de la mente o el lenguaje, y su fracaso se acepta como una explicación de trastornos neuropsicológicos congénitos, como el autismo». La clase de neuronas a las que se refería Rama-chandran (uno de los neurocientíficos más afamados), que se activan cuando un individuo ejecuta un acto motor específico o cuando observa una acción igual o similar por otro individuo, fue descrita por vez primera por el grupo de Giacomo Rizzolatti, neurobiólogo en la Universidad de Parma, en 1992. Pocos años después, el mismo grupo denominó a esa clase de células *mirror neurons* («neuronas espejo» o «neuronas especulares»). Se ha sugerido que la función de este tipo de neuronas sea generar una incorporación mental del movimiento; representación con diferentes funciones complementarias, como el aprendizaje motor y la comprensión del significado de la acción. Ello permite reconocer una acción de otras análogas y utilizar tal información en beneficio propio para actuar correctamente. Se admite que adultos y niños aprenden por imitación, proceso que puede estar basado en un mecanismo de complementariedad observación/ejecución similar al representado por las neuronas especulares. Tal mecanismo puede, también, extraer los elementos esenciales que describen el agente de la acción –brazo, mano, cara, labios...– y, por otro lado, codificarlos en conjuntos específicos de neuronas con propiedades de respuesta a la percepción de movimientos como un «vocabulario motor» ubicado en el área frontal F5.

El mismo grupo postula que una categoría de estímulo de la máxima importancia para los primates, los humanos en particular, es el formado a expensas de acciones realizadas por otros individuos. Si queremos sobrevivir, debemos comprender las acciones de los otros; más aún, sin comprensión de las acciones es imposible la organización social. Cuando un individuo emite una acción, conoce o predice sus consecuencias. Ello es el resultado de una asociación entre la representación del acto motor, codificado en centros motores, y la consecuencia de la acción. Las neuronas especulares o neuronas análogas, pueden ser el medio por el que este tipo de conocimiento puede aplicarse a acciones realizados por otros. En el mono, las neuronas especulares en F5 se activan cuando el primate observa a otro individuo coger un objeto, pero no cuando el individuo hace el mismo movimiento sin que el objeto esté presente. Es decir, las neuronas especulares responden a actos transitivos, pero no a los intransitivos. En los humanos, por el contrario, el sistema espejo, al menos por los datos obtenidos mediante estudios de imagen funcional cerebral, responden tanto a actos tran-

sitivos como intransitivos, quizás porque comprende los actos simbólicos que diferencia de los relacionados al objeto. Por otro lado, monos *Rhesus* neonatos imitan el chasquido de labios y la protrusión lingual realizadas por un humano, pero son incapaces de imitar la apertura de la boca o de las manos.

En resumen, el sistema neuronal especular puede proporcionar un medio para compatibilizar comprensión e imitación. ¿Existe tal sistema en la especie humana? Estudios mediante técnicas de imagen funcional tras estimulación magnética transcraneal del córtex motor, en sujetos sanos, sugieren que la parte caudal del giro frontal inferior del cerebro humano es el homólogo cortical del área F5 del cerebro del mono. Sin embargo, mientras que en F5 están representados mano y boca, la parte caudal del giro frontal inferior se considera clásicamente un área de lenguaje (área de Broca). Si se acepta la homología entre el área F5 de la corteza del primate y el área de Broca humana, puede conjeturarse que neuronas del tipo especular en esta última pueden codificar gestos fonéticos y representar el sustrato neurofisiológico para la percepción del habla. Por su parte, una serie de estudios señalan que el sistema neuronal especular no parece que soporte la percepción del lenguaje hablado o de signos; la lesión de las regiones premotoras o del área de Broca no afecta la percepción ni la comprensión de hablantes o signantes. Una postura extrema apoya un «mito de las neuronas especulares».

Ante la necesidad del cerebro por «comprenderse» –cómo funciona y actúa– por medio de sus habilidades tecnológicas ejecutadas a través de las manos que controla, ha desarrollado tecnologías que permiten su autoexamen: PET, fMRI o tractología. Esta última, que soporta el conectoma –cómo se conectan las diferentes redes o grupos neuronales– comienza a complementarse con herramientas matemáticas de la topología algebraica que estudia la dirección de la transmisión sináptica y el flujo de la información; para ello, explora nuevas dimensiones, pues la consciencia no debe ser más que la sombra de una estructura supradimensional. En el año 2005, Henry Markram, fundador del *Brain Mind Institute* en la *École Polytechnique*, firmó un acuerdo con IBM ® para iniciar el Proyecto *Blue Brain*. Markram comenta: «Miramos al cerebro. Vemos su inmensa complejidad, pero si es una sombra, una proyección de una dimensión superior, nunca llegaremos a comprenderlo». Desde entonces, su grupo ha empleado topología algebraica, un campo de las matemáticas utilizado para caracterizar formas hiperdimensionales, como herramienta para explorar cómo trabaja el cerebro. Para aproximarse a las funciones cerebrales de pensar, aprender o recordar, crean en, al menos, siete dimensiones matemáticas, estructuras elaboradas pero efímeras que pueden ayudar a comprender cómo el cerebro crea pensamientos y sentimientos. Los topólogos algebraicos son matemáticos puros, viven en espacios multidimensionales, pero comienzan a escudriñar la

realidad cerebral: ¿Cómo una masa gigantesca de células similares, si no idénticas, producen tal complejidad? ¿Qué dimensiones representa el lenguaje?

Willem J. M. Levelt señala que una operación central en la producción del habla es la preparación de palabras a partir de una base semántica. La teoría del acceso al léxico cubre una secuencia de estadios que comienza con la identificación de un contexto y termina con la iniciación de la articulación. El paso inicial se refiere a la selección léxica que escudriña el elemento léxico apropiado en el lexicón mental. A ello sigue un proceso de codificación: recuperar los códigos fonológicos de los morfemas de la palabra, articular la palabra y conformar los correspondientes gestos articulatorios. Por su parte, Ned T Sahin *et al.*, miden el proceso secuencial de la implementación de la información léxica, gramatical y fonológica. Palabras, gramática y fonología son lingüísticamente entidades diferentes, cuyos sustratos neurales correspondientes son difíciles de identificar. Estos investigadores han sido capaces de separar en tiempo y espacio los circuitos específicos mediante electrofisiología intracraneal. Multitud de sondas implantadas en el área de Broca y corteza temporal anterior, durante la preparación prequirúrgica de pacientes sometidos a cirugía por epilepsia, recogieron potenciales de acción locales mientras estos se concentraban en diferentes tareas lingüísticas. Principalmente los electrodos localizados en el área de Broca registraron actividad neuronal diferente para los procesamientos léxico (~200 milisegundos, ms), gramatical (~320 ms) y fonológico (~450 ms), similar para nombres y verbos. Tales resultados sugieren que una secuencia prefijada de procesos lingüísticos, de carácter computacional, se implementa en el cerebro en un patrón de actividad espacio-temporal de extraordinaria finura.

EVOLUCIÓN DEL LENGUAJE

Con todo ello pudiera especularse una «rápida» evolución del lenguaje. ¿El primer lenguaje?; tal vez las lenguas que utilizan consonantes chasqueantes (*clicking*) –el chasqueo tiene una base motora evidente– como las africanas del grupo khoisan (ej., bantúes) o el Damin australiano, y las carentes de recursividad como el grupo amazónico Pirahã/Tupi-Guarani/Kawahiv. Respecto a la evolución hacia la diversidad lingüística, las variantes de estas lenguas pueden diferir entre ellas más que el inglés del japonés. Respecto a las lenguas orales, los investigadores han intentado construir un esquema coherente de clasificación para organizar los miles de lenguas del planeta. August Schleicher (1821-1868) fue pionero de la idea de catalogar las diversas lenguas a modo de árboles evolutivos, existiendo una raíz común proto-indoeuropea originaria de Anatolia hace 8000 años. En la actualidad, esta teoría está siendo desplazada por otra que estudia la diversidad lingüística sobre la base de transformaciones transversales.

Algunos autores proponen una nueva estrategia a efectos de comparar la diversidad genética y lingüística entre poblaciones. La comparación de las diferencias lingüísticas y genéticas representa una poderosa herramienta para reconstruir la historia demográfica de la humanidad. Los modelos actuales asumen que genes y lenguas comparten ancestros comunes que incorpora un balance entre aislamiento y contacto. La mayoría de las filogenias lingüísticas están basadas en evidencias léxicas (morfemas y palabras, con sus sonidos y mensajes). Sin embargo, la sintaxis (reglas abstractas que combinan palabras en frases) parece más fácil de medir, comparable universalmente y más estable que el lexicon, de ahí que ciertas similitudes sintácticas puedan reflejar relaciones lingüísticas más profundas.

La comparación de bases de datos de microsatélites (repeticiones cortas en tándem, *Short Tandem Repeat*, STRs) y de polimorfismos de un solo nucleótido (*Single Nucleotides Polymorphisms*, SNPs), con una matriz lingüística basada en valores de 62 parámetros gramaticales procedentes de lenguas de tres continentes, demuestra la correlación entre distancias génicas y sintácticas. Tales estudios proporcionan un método más fiable para interpretar las relaciones entre lenguas relacionadas distantes y familias lingüísticas. En este contexto, Richard Futrell *et al.*, insisten en que las variaciones entre los lenguajes y las restricciones sobre tales variaciones es uno de los escollos de la lingüística. Su estudio cuantitativo a gran escala (corpus parseados de 37 lenguas diversas y distantes) demuestra una propiedad sintáctica universal de las lenguas: que las distancias de dependencia –el intervalo entre las palabras de una frase relacionadas sintácticamente– son más cortas que lo que correspondería al azar. El resultado sugiere que la distancia mínima de dependencia es una propiedad cuantitativa universal de los lenguajes, y explica las variaciones lingüísticas en términos de propiedades generales del proceso de información humana.

RESUMEN

Escribe Michael C Corballis en su artículo *Language evolution: a changing perspective*:

«Desde tiempos remotos, religión y filosofía han considerado el lenguaje como una facultad otorgada única y repentinamente a la especie humana, en principio como una modalidad del pensamiento siendo la comunicación un subproducto. Este punto de vista persiste entre algunos científicos y lingüistas, una postura opuesta a la Teoría de la Evolución –en palabras de Theodosius Dobzhansky: “Nada tiene sentido en Biología excepto a la luz de la evolución”–, que implica que la evolución de estructuras complejas es paulatina. El lenguaje, por el contrario, es un producto de procesos men-

tales con trayectorias evolutivas graduales, que incluyen la generación de capacidades para viajar mentalmente en el tiempo y en el espacio y adentrarse en las mentes de otros individuos. Lo que puede ser distintivo en los humanos es el medio para comunicar tales experiencias mentales junto con el conocimiento ganado en cada una de ellas».

Sirva de colofón las reflexiones de un científico ocupado y preocupado por el lenguaje. Albert Einstein comentó en una intervención radiofónica:

«El primer paso hacia el lenguaje consistió en unir acústicamente, o de cualquier otra manera, unos signos conmutables a impresiones sensoriales. La mayoría de los animales sociales han conseguido esta primitiva clase de comunicación; al menos hasta cierto grado. Se alcanza un mayor desarrollo cuando se introducen y comprenden signos adicionales que establecen relaciones con aquellos que señalaban impresiones sensoriales. En este estado ya es posible dar cuenta de algunas series complejas de impresiones; podemos decir que el lenguaje ha tomado cuerpo. Si el lenguaje ha de procurar la comprensión global, deben existir reglas concernientes a las relaciones entre los signos, por una parte, y, por otra, debe haber una correspondencia estable entre los signos y las impresiones. En su infancia, los individuos conexos por el mismo lenguaje asimilan estas reglas y relaciones, fundamentalmente, por intuición. Cuando el hombre adquiere conciencia de las reglas sobre las relaciones entre signos, queda establecida la denominada gramática de la lengua. En una etapa muy primaria las palabras pueden corresponder directamente a impresiones. En una etapa posterior, esta conexión directa se pierde en la medida en que algunas palabras expresan relación con alguna percepción solo si se utilizan junto con otras palabras (por ejemplo, palabras como: “es”, “o”, “cosa”). En esta situación, grupos de palabras más que palabras aisladas refieren percepciones. Así, cuando el lenguaje se independiza parcialmente del trasfondo de impresiones se adquiere una mayor coherencia interna. Solo en este desarrollo posterior, donde es frecuente el uso de los llamados conceptos abstractos, el lenguaje se convierte en un instrumento de razonamiento, en el verdadero sentido de la palabra. Pero es también este desarrollo el que convierte al lenguaje en una peligrosa fuente de error y engaño. Todo depende del grado en que las palabras y las combinaciones de palabras corresponden al mundo de las impresiones. ¿Qué es lo que determina que exista una íntima conexión entre el lenguaje y el pensamiento? ¿No hay pensamiento sin el uso del lenguaje, principalmente en conceptos y combinaciones de conceptos para los que no haya necesariamente que pensar en palabras? ¿No hemos luchado cada uno de nosotros por encontrar las palabras, a pesar de que la conexión entre las “cosas” ya se mostraba clara? Podríamos inclinarnos a atribuir al acto de pensar una completa independencia del lenguaje, si el

individuo formara o fuera capaz de formar sus conceptos sin la guía verbal de su entorno. Sin embargo, en la mayoría de los casos, la estructura mental de una persona que hubiera crecido en tales condiciones sería muy pobre. Así, podemos concluir que el desarrollo mental del individuo y su modo de formar los conceptos dependen en un alto grado del lenguaje. Esto nos lleva a pensar hasta qué punto un mismo lenguaje significa una misma mentalidad. En este sentido, pensamiento y lenguaje están unidos entre sí. ¿Qué distingue el lenguaje de la ciencia del lenguaje tal como habitualmente entendemos la palabra? ¿Cómo es que el lenguaje científico sea internacional? La ciencia se esfuerza por conseguir la máxima agudeza y claridad de conceptos con respecto a la relación de estos entre sí y a su correspondencia con los datos sensoriales. A modo de ilustración tomemos el lenguaje de la geometría de Euclides y el álgebra. Ambas se manejan con un pequeño número de conceptos y sus símbolos respectivos, independientemente introducidos, tales como el número entero, la línea recta, el punto, así como los signos que definen las operaciones fundamentales, es decir, las conexiones entre los conceptos fundamentales. Esta es la base para la construcción y la definición, respectivamente, de todos los demás enunciados y conceptos. La conexión entre conceptos y enunciados, por una parte, y los datos sensoriales, por otra, se establece ejecutando acciones como contar y medir, cuyo resultado está suficientemente bien determinado. El carácter supranacional de los conceptos científicos y del lenguaje científico se debe al hecho de que hayan sido establecidos por los mejores cerebros de todos los países y de todos los tiempos. En solitario, y sin embargo a través de un esfuerzo cooperativo en lo que se refiere al esfuerzo final, ellos crearon las herramientas espirituales para las revoluciones técnicas que han transformado la vida de la humanidad en los últimos siglos. Su sistema de conceptos ha servido de guía en el desconcertante caos de percepciones, de tal manera que hemos de captar verdades generales a partir de observaciones particulares. ¿Qué esperanzas y qué temores aporta el método científico a la humanidad? No creo que esta sea la forma correcta de plantear la pregunta. Lo que esta herramienta producirá en las manos del hombre depende por completo de los objetivos arraigados en esta humanidad. Una vez fijado el objetivo, el método científico proporciona los medios para realizarlo. Pero no puede facilitar los propios objetivos. El método científico en sí no nos habría conducido a parte alguna, ni siquiera hubiera visto la luz, sin una lucha apasionada para lograr un entendimiento claro. La perfección de los medios y la confusión de los objetivos –en mi opinión– caracteriza nuestro tiempo. Si deseamos con sinceridad y apasionamiento la seguridad, el bienestar y el libre desarrollo de los talentos de todos los hombres, no hemos sino desear los medios para conseguirlos. Aun si solo una pequeña parte de la humanidad lucha por estos fines, su superioridad terminará por imponerse con el transcurso del tiempo».

NOTAS Y REFERENCIAS

- Appenzeller T, «Evolution or revolution?», *Science* 1998; 282 (5393): 1451-4.
- Bacon C, Rappold GA, «The distinct and overlapping phenotypic spectra of *FOXP1* y *FOXP2* in cognitive disorders», *Human Genetics* 2012; 131 (11): 1687-98.
- Balter M, «First gene linked to speech identified», *Science* 2001; 294 (5540): 32. *Ibíd.*, «'Speech gene' tied to modern humans», *Science* 2002; 297 (5584): 1105. *Ibíd.*, «Animal communications helps reveal roots of language», *Science* 2010; 328 (5981): 969-71.
- Berwick RC, Chomsky N, *Why Only Us. Language and Evolution*, Cambridge, Mass., London, Eng.: The MIT Press, 2017. “La evolución tal como la entendemos no es posible sin cambios, variación, selección y herencia. Este libro no es una excepción. Solo sucesivas modificaciones pueden intentar un ‘*organ of extreme perfection*’. Solo el tiempo lo dirá, y solo las próximas generaciones resolverán el rompecabezas de la evolución del lenguaje”.
- Berwick RC, Friederici AD, Chomsky N, Bolhuis JJ, «Evolution, brain, and the nature of language», *Trends in Cognitive Sciences* 2013; 17 (2): 89-98.
- Bickerton D, *Language and Human Behaviour*, Seattle, WA: University of Washington Press, 1995.
- Blue Brain Project*. Graham-Rowe D, «Mission to build a simulated brain begins», *New Scientist* 6 June 2005; Ananthaswamy A, «Throwing shapes. To discover how the brain works, we need to look to higher dimensions», *New Scientist* 30 Sept. 2017.
- Chomsky N, *The Minimalist Program*, Cambridge, MA: The MIT Press, 1995. El libro es una recopilación en cuatro capítulos, el primero escrito en colaboración con Howard Lasnik. El tercero: “A Minimalist Program for linguistic theory”. En 2015 se publicó una edición conmemorativa de los 20 años de la primera edición. Jan-Wouter Zwart, publicó un acertado «Review Article: The minimalist program», *J Linguistic* 1998; 34 (1): 213-6.
- Cohen J, «Boxed about the ears, ape language research field is still standing», *Science* 2010; 328 (5974): 38-9.
- Colonna V, Boattini A, Guardiano C *et al*, «Long range comparison between genes and languages based on syntactic distances», *Human Heredity* 2010; 70 (4): 245-54.
- Coolidge FL, Overmann KA, Wynn T, «Recursion: what is it, who has it, and how did it evolve? », *WIREs Cognitive Science* 2011; 2: 547-54.
- Corbalis MC, «The evolution of language», *Annals of the New York Academy of Science* 2009; 1156 (The Year in Cognitive Neuroscience): 19-43. *Ibíd.*, «Mirror neurons

- and evolution of language», *Brain & Language* 2010; 112: 25-35. *Ibidem*, «Language evolution: A changing perspective», *Trends in Cognitive Sciences* 2017; 21 (4): 229-36.
- Culotta E, Hanson B (eds), «Special section: Evolution of Language», *Science* 2004; 303 (5662): 1315-35.
- Damasio AR, «Aphasia», *New England Journal of Medicine* 1992; 326 (8): 531-9.
- Damasio AR, Damasio H, «Brain and language», *Scientific American* 1992; 267 (3): 63-71.
- Dobzhansky, T. (1973), «Nothing in Biology makes sense except in the light of Evolution», *American Biology Teacher* 35: 125-9.
- Einstein A, «*The Common Language of Science*», grabación emitida por radio y dirigida a la *British Association for the Advancement of Science*, el 28 de septiembre de 1941; el texto se publicó al año siguiente en *Advance of Science*, 1942, 2, N.º 5; en *Out My Later Years. Scientist, philosopher and man portrayed through his own words* (New York: Open Road Integrated Media, 2011), pg. 112-114; y en *Ideas and Opinion* (New York: Crown Pub. Inc., 1954), pg. 335-337 (*Mis Ideas y Opiniones*, traducción de José M. Álvarez Flórez y Ana Goldar, Barcelona: Antoni Bosch (ed.), 1980, pg. 302-304). La traducción incluida en el texto corresponde a la transcripción en *Full text of "Einstein Docs"*, https://archive.org/stream/zc-test-einstein-docs/The-foundations-of-economic-method-a-Popperian-perspective-Einstein_djvu.txt. Audio en: <https://www.youtube.com/watch?v=e3B5BC4rhAU>.
- Everett DL, «Cultural constraints on grammar and cognition in Pirahã», *Current Anthropology* 2005; 46 (4): 621-36.
- Fedurek P, Slocombe KE, «Primate vocal communication: a useful tool for understanding human speech and language evolution?», *Human Biology* 2001; 83 (2), 153-74.
- Futrell R, Mahowald K, Gibson E, «Large-scale evidence of dependency length minimization in 37 languages», *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 2015; 112 (33): 10336-41.
- Hagoort P, Levelt WJM, «The speaking brain», *Science* 2009; 326 (5951): 372-3. Levelt WJM, «Spoken production: a theory of lexical access», *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 2001; 98 (23): 13464-71. Sahin NT, Pinker S, Cash S, Schomer D, Halgren E, «Sequential processing of lexical, grammatical, and phonological information within Broca's area», *Science* 2009; 326 (5951): 445-9.
- Hauser MD, Chomsky N, Fitch WT, «The faculty of language: What is it, Who has it, and How did it evolve? », *Science* 2002; 298 (5598): 1569-79.

- Hauser MD, Yang C, Berwick RC, Tattersall I, Ryan MJ, Watumull J, Chomsky N, Lewontin RC, «The mystery of language evolution», *Frontiers in Psychology* 2014; 5: art. 401.
- Hickok G, *The Myth of Mirror Neurons: The Real Neuroscience of Communication and Cognition*, New York: W. W. Norton & Company, Inc., 2014.
- Hickok G, Small SL, *Neurobiology of Language*, London, New York: Elsevier-Academic Press, 2016; xxvii + 1159 pg.
- Hoffman DL, Standish CD, García-Diez M *et al*, «U-Th dating of carbonate crusts reveals Neanderthal origin of Iberian cave art», *Science* 2018; 359 (6378): 912-5. La extensión y naturaleza del comportamiento simbólico entre los neandertales son difusos. A pesar de la evidencia de ornamentación corporal por los neandertales, todas las pinturas en cavernas se atribuyó a humanos modernos. Los autores presentan datos de tres cuevas en España que demuestran que el arte rupestre emergió en Iberia bastante antes de lo que se pensó. Dataciones mediante U-Th de las costuras de carbonato que cubren pinturas en La Pasiega (Cantabria), Maltravieso (Extremadura) y Ardales (Andalucía), indican una antigüedad de 64.800 años, lo que significa que fueron realizadas, al menos, 20 000 años antes de la presencia de los humanos modernos en Europa. La publicación fue recogida y resumida por Tim Appenzeller, «Europe's first artists were Neanderthals», *Science* 2018; 359 (6378): 852-3.
- Holden C, «No last word on language origins», *Science* 1998; 282 (5393): 1455. *Ibidem*, «How much like us the Neanderthals? », *Science* 1998; 282 (5393): 1456. *Ibidem*, «The origin of speech», *Science* 2004; 303 (5662): 1316-9.
- Hornstein N, «The minimalist program after 25 years» *Annual Review of Linguistic* 2018; 4: 49-65.,
- Jaldún I, *Introducción a la Historia Universal (al-Muqaddima)*, segunda mitad del siglo XIV, edición y traducción de Francisco Ruiz Girela, Fundación Biblioteca de Literatura Universal, Córdoba: Editorial Almuzara, S.L., 2008; lib. 1.º, cap. 6.º [45], pág. 1125.
- Keysers C, «Mirror neurons», *Current Biology* 2009; 19 (21): R971-3.
- Kilner JM, Lemon RN, «What we know currently about mirror neurons», *Current Biology* 2013; 23 (23): R1057-62.
- Kuhl PK, Damasio AR, «Language», Kandel ER, Schwartz JH, Jessell TM, Siegelbaum SA, Hudspeth AJ (eds), *Principles of Neural Science*, 5th ed, New York: McGraw Hill Medical; cap. 60, pg. 1353-72.
- Marshack A, «The Berekhat Ram figurine: a late *Acheulian* carving from the Middle East», *Antiquity* 1997; 71 (272): 327 (11).

McCoy RC, Wakefield J, Akey JA, «Impacts of Neanderthal-introgressed sequences on the landscape of human gene expression», *Cell* 2017; 168: 916-27.

Miller G, «Singing in the brain», *Science* 2003; 299 (5607): 646-8.

Pennisi E, «The first language? », *Science* 2004; 303 (5662): 1319-20.

Pfenning AR, Hara E, Whitney O *et al*, «Convergent transcriptional specializations in the brains of humans and song-learning birds», *Science* 2014; 346 (6215): 1333, 1256846/1-13.

Pinker S, *The Language Instinct. How the Mind Creates Language*, New York: William Morton and Company, Inc., 1994.

Rogers AR, Bohlender RJ, Huff CD, «Early history of Neanderthals and Denisovans», *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 2017; 114 (17): 9859-63.