

Cerebro y lenguaje

Un extenso conjunto de estructuras neurales sirve para representar los conceptos; otro conjunto menor forma las palabras y las frases.

Entre los dos yace un estrato crucial de mediación.

Antonio R. Damasio y Hanna Damasio

¿En qué piensan los neurólogos cuando hablan del lenguaje? En la capacidad para emplear palabras (o signos, si nuestro lenguaje es uno de los lenguajes sónicos de los mudos) y para combinarlas en frases de suerte que los conceptos de nuestras mentes puedan transmitirse a otras personas. Pensamos también en el fenómeno inverso: de qué modo aprehendemos las palabras dichas por los otros y las convertimos en conceptos de nuestra mente.

El lenguaje surgió y persistió por lo útil que nos resulta como medio, el más eficaz, de comunicación, sobre todo en lo que atañe a los conceptos abstractos. ¡Trate si no el lector de explicar el ascenso y la caída de las repúblicas comunistas sin emplear para ello una sola palabra! Pero el lenguaje también efectúa lo que Patricia S. Churchland, de la Universidad de California en San Diego, llama con acierto "compresión cognitiva": ayuda a categorizar el mundo y a reducir la complejidad de las estructuras conceptuales a una escala manejable.

La palabra "destornillador", por ejemplo, suple muchas representaciones de ese útil, incluidas las descripciones visuales de su funcionamiento y finalidad, ejemplificaciones concretas de su uso, la sensación táctil que produce el tocarlo o el movimiento de la mano que requiere su uso. Y ¿qué decir de la inmensa variedad de representaciones conceptuales denotadas por una palabra como "democracia"? La economía cognitiva del lenguaje —su facilidad para juntar muchos conceptos reuniéndolos bajo un mismo símbolo— es lo que hace que la gente vaya fraguando conceptos cada vez más complejos y los emplee para pensar a unos niveles que sin tal medio resultarían inasequibles.

A los comienzos, sin embargo, no había palabras. Parece ser que el lenguaje no apareció, en el curso de la evolución, hasta que los humanos modernos y otros que le precedieron hubieron adquirido la capacidad para categorizar acciones y crear representaciones mentales de los objetos, los sucesos y las relaciones. De manera parecida, los cerebros de los infantes trabajan representando y evocando conceptos y generando miradas de acciones mucho antes de que logren pronunciar su primera palabra apropiada y mucho antes incluso de que puedan formar frases y hagan verdadero uso del lenguaje. Con todo, la maduración de los procesos del lenguaje

quizá no dependa siempre de la maduración de los procesos conceptuales, puesto que algunos niños con sistemas conceptuales deficientes han adquirido sin embargo la gramática. Los mecanismos neurales que requieren ciertas operaciones sintácticas pueden desarrollarse, parece, autónomamente.

El lenguaje existe como un artefacto en el mundo externo —siendo un conjunto de símbolos en combinaciones admisibles— y como la incorporación cerebral de esos símbolos y de los principios que determinan sus combinaciones. Para representar el lenguaje utiliza el cerebro la misma maquinaria de la que se sirve para representar cualquier otra entidad. A medida que los neurólogos vayan conociendo mejor la base neural de las representaciones cerebrales de los objetos externos, de los sucesos y de sus relaciones, irán profundizando en la representación del lenguaje en el cerebro y cómo funcionan los mecanismos que conectan a ambos.

Nosotros creemos que el cerebro procesa el lenguaje por medio de tres grupos de estructuras que actúan influyéndose recíprocamente. Primero, un amplio conjunto de sistemas neurales, que hay en los dos hemisferios, en el derecho y en el izquierdo, representa las interacciones no lingüísticas entre el cuerpo y su entorno, en cuanto mediadas por diversos sistemas sensoriales y motores —es decir, todo lo que la persona hace, percibe, piensa o siente mientras actúa en el mundo.

El cerebro no sólo clasifica estas representaciones no lingüísticas (por aspectos tales como la forma, el color, la secuencia o el estado emocional), sino que también crea otro nivel de representación para los resultados de su clasificación. Así es como la gente organiza los objetos, los sucesos y las relaciones. Los sucesivos estratos de categorías y de representaciones simbólicas constituyen la base para la abstracción y la metáfora.

Segundo: un número menor de sistemas neurales, localizados por lo general en el hemisferio cerebral izquierdo, representa los fonemas, las combinaciones fonémicas y las reglas sintácticas para combinar las palabras. Si se les ha estimulado desde el interior del cerebro, estos sistemas reúnen las formas verbales y generan las frases

ANTONIO R. DAMASIO Y HANNA DAMASIO han venido investigando las bases neurales del lenguaje los últimos veinte años. Damasio, formado en la Universidad de Lisboa, es profesor y jefe del departamento de neurología de la facultad de medicina de la Universidad de Iowa; trabajo que comparte con el que realiza en el Instituto Salk de Estudios Biológicos. Hanna dirige el laboratorio de neurografía y neuroanatomía humana de la Universidad de Iowa.

1. MARTIN LUTHER KING se distinguió por su reivindicación de la armonía racial y su habilidad para encontrar palabras con que impulsar a la acción a sus oyentes. En opinión de los autores, la cuestión central de la neurofisiología del lenguaje estriba en la cartografía precisa de las estructuras cerebrales que manipulan conceptos y la de las que los convierten en palabras.

que se han de pronunciar o escribir. Si el estímulo procede del exterior (por el habla o por algún texto), efectúan el procesamiento inicial de las señales del lenguaje auditivo o visual.

Un tercer conjunto de estructuras, en buena parte localizado también en el hemisferio izquierdo, sirve de intermediario entre los dos primeros. Puede tomar un concepto y estimular la producción de formas verbales, o puede recibir palabras y hacer que el cerebro evoque los conceptos correspondientes.

Tales estructuras mediadoras se han postulado también desde una perspectiva puramente psicolingüística. Willem J. M. Levelt, del Instituto Max Planck de Psicolingüística de Nimega, ha sugerido que las formas verbales y las frases se generan a partir de los conceptos, mediante un componente al que él llama "lema"; Merrill F. Garret, de la Universidad de Arizona, sostiene una tesis parecida.

Un buen ejemplo de esta organización tripartita lo ofrecen los conceptos y palabras que sirven para referirse a los colores. Hasta quienes padecen ceguera congénita respecto al color saben que hay ciertas gamas

de coloridos (chroma) que se agrupan en banda y difieren de otras gamas, independientemente de su brillo y saturación. Según lo han demostrado Brent Berlin y Eleanor H. Rosch, de la Universidad de California en Berkeley, estos conceptos de color son bastante universales y se desarrollan tanto si una determinada cultura tiene de hecho nombre para denotarlos como si no lo tiene. Naturalmente, la retina y el núcleo geniculado lateral efectúan el procesamiento inicial de las señales de color; ahora bien, en procesar el color participan asimismo la corteza visual primaria y, por lo menos, otras dos regiones corticales (la V2 y la V4); entre todos estos factores producen lo que conocemos como la experiencia del color.

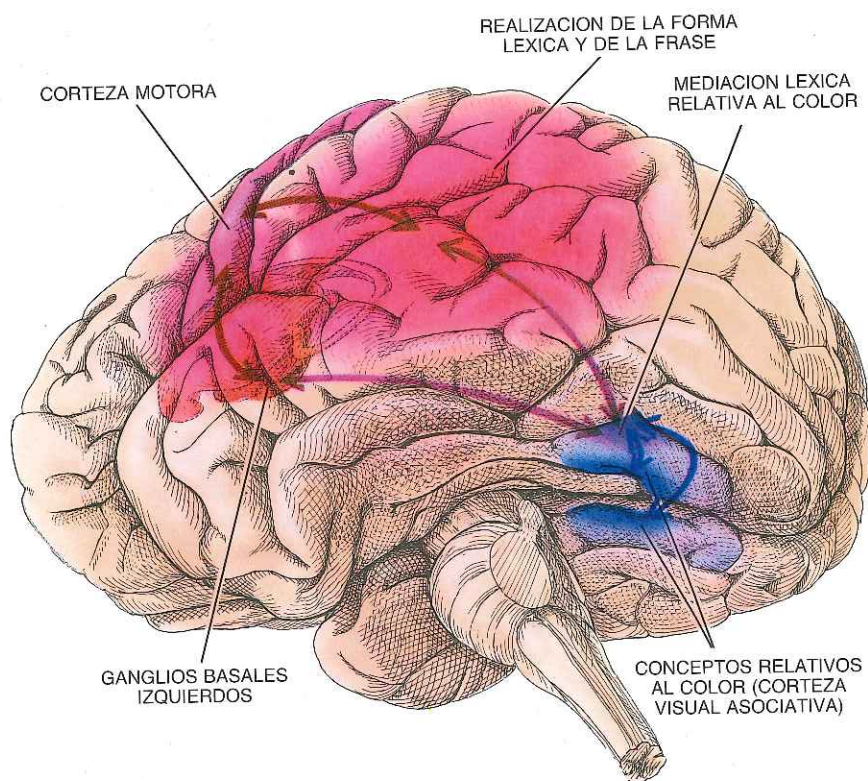
Con nuestro colega Matthew Rizzo hemos descubierto que la lesión de las porciones occipital y subcalcarina de las circunvoluciones linguales izquierda y derecha (región del cerebro que contiene, según se cree, los córtices V2 y V4) origina acromatopsia. Pacientes cuya visión era antes normal perdieron la percepción del color, y además, perdieron, la capacidad de imaginarse colores. Los acromatópsicos suelen ver el mundo

en gris, con matizaciones diversas; cuando evocan en sus mentes una imagen característicamente coloreada, ven las formas, el movimiento y la textura, pero no el color. Para pensar un prado no disponen del verde y en su evocación, por lo demás normal, de la sangre o de un plátano no entrarán ni el rojo ni el amarillo. Ninguna lesión de cualquier otra parte del cerebro causa un defecto similar. En cierto sentido, pues, la concepción de los colores depende de esta región.

Los sujetos que padecen lesiones en la parte posterior izquierda de la corteza temporal y en la parte inferior de la corteza parietal no pierden el acceso a sus conceptos, pero tienen profundamente deteriorada su capacidad de pronunciar las palabras en su debida forma, sin que importe la categoría a que una palabra pertenezca. Por más que estén experimentando correctamente un color dado e intenten emitir con acierto la correspondiente forma léxica, distorsionan el nombre del color al pronunciarlo; pueden decir, por ejemplo, "atlú" en vez de "azul".

Otros pacientes, con daño en el segmento temporal del giro lingual izquierdo, sufren un defecto peculiar llamado anomia cromática, que no afecta ni a las ideas de color ni a la pronunciación de las palabras con que designarlos. Estos pacientes siguen teniendo normalmente la *experiencia* del color: comparan tonos distintos, clasifican bien sus diferentes grados de saturación y no les cuesta juntar la debida ficha de color a los objetos que les corresponda en una fotografía en blanco y negro. Lo afectado aquí es su capacidad de dar nombre a los colores. Siendo tan limitada la serie de nombres de colores que solemos emplear quienes no nos dedicamos a la decoración de interiores, resulta sorprendente ver que hay pacientes que pronuncian la palabra "azul" o la palabra "rojo" cuando se les muestra algo verde o amarillo y, no obstante, son capaces de poner con acierto una ficha verde junto a la foto de un prado o una amarilla junto a la de un plátano. El defecto lo es en ambas direcciones: dado el nombre de un color, el paciente señalará erróneamente otro color.

Al mismo tiempo, sin embargo, todos los nombres de colores que, equivocándolos así, utiliza el paciente están muy bien formados en cuanto a la fonología, y el paciente no sufre ningún otro deterioro del lenguaje. El sistema de concepción del



2. SISTEMAS CEREBRALES INVOLUCRADOS EN EL COLOR ejemplifican la organización de las estructuras lingüísticas. Las pruebas recogidas de la investigación con individuos que han sufrido lesiones en el cerebro revelan que los conceptos relativos a los colores dependen del funcionamiento de un sistema, las palabras que designan colores dependen de otro sistema y las conexiones entre las palabras y los conceptos dependen de un tercer sistema.

color se halla intacto y lo está asimismo el de elaboración de la forma verbal. El problema reside, tal parece, en el sistema neural que media entre ambos.

La misma organización tripartita que explica cómo se las arregla la gente para hablar del color aplícase también a otros conceptos. Ahora bien, ¿de qué modo se representan físicamente esos conceptos en el cerebro? No hay ahí, en nuestra opinión, algo así como imágenes "pictóricas" perdurables, de objetos o personas, que era la hipótesis tradicional. El cerebro sí retiene, por contra, un registro de la actividad neural que se da en las cortezas sensorial y motora durante su interacción con un determinado objeto. Los registros son pautas de conexiones sinápticas que pueden crear de nuevo las distintas agrupaciones de la actividad que definen un objeto o un suceso; cada registro puede también estimular a los relacionados con él. Por ejemplo, al tomar una persona una taza de café, su corteza visual responderá normalmente a los colores de la taza y de su contenido, así como a su figura y posición. La corteza somatosensorial registrará la forma en que la mano alza y sostiene la taza, el movimiento de la mano y del brazo mientras acercan la taza a los labios, el calor del café, y el cambio corporal que se experimenta al ingerir este líquido y que algunos denominan placer. Lo cierto es que el cerebro no representa meramente aspectos de la realidad exterior, sino que también registra cómo el cuerpo explora el mundo y va reaccionando al mismo.

Los procesos neurales que describen la interacción entre el individuo y el objeto constituyen una rápida secuencia de micropercepciones y microacciones, casi simultáneas por lo que respecta a la consciencia. Producense en distintas regiones funcionales; cada región se subdivide, a su vez, en más porciones: el aspecto visual de la percepción, pongamos por caso, se distribuye entre sistemas menores y especializados en captar el color, la forma o el movimiento.

¿Dónde se conservarán los registros que aúnan todas estas actividades fragmentarias? Para los autores, se incorporan en conjuntos de neuronas que hallamos en las numerosas regiones de "convergencia" del cerebro. En esos sitios, los axones de las neuronas que proyectan información previsora (*feedforward*) desde una parte del cerebro convergen y se juntan con las recíprocamente divergentes proyecciones de retroinformación

Elementos que componen un lenguaje basado en sonidos

FONEMAS	Unidades de sonido cuya concatenación en un determinado orden produce morfemas.
MORFEMAS	Las menores unidades significativas cuya combinación crea una palabra. (En los lenguajes signícos el equivalente de un morfema es un signo visual-motor.)
SINTAXIS	Las combinaciones admisibles de las palabras en las frases y oraciones para que éstas tengan sentido.
LEXICO	El conjunto de todas las palabras de un lenguaje dado. Cada entrada de su lista incluye toda la información con ramificaciones morfológicas o sintácticas, pero no incluye el conocimiento conceptual.
SEMANTICA	Los significados que corresponden a todos los elementos léxicos y a todas las oraciones posibles.
PROSODIA	La entonación, que puede modificar el significado literal de las palabras y de las frases.
DISCURSO	El encadenamiento de las frases para que constituyan una narración.

(*feedback*) que vienen de otras zonas cerebrales. Cuando la reactivación producida en las zonas de convergencia estimula las proyecciones retroinformativas, muchos grupos de neuronas anatómicamente separados y ampliamente distribuidos se disparan a la vez y reconstruyen patrones de la actividad mental que ya se habían constituido en otras ocasiones.

A demás de almacenar la información sobre experiencias con objetos, el cerebro clasifica también esa información, de suerte que los sucesos y los conceptos relacionados entre sí —formas, colores, trayectorias en el espacio y en el tiempo, y los correspondientes movimientos y reacciones del cuerpo— pueden ser reactivados juntos. Estas clasificaciones las denota un registro más en otra zona de convergencia. Las propiedades esenciales de las entidades y los procesos implicados en cualquier interacción quedan así representados de manera muy trabada. El conocimiento adquirido que puede ser representado incluye el hecho de que una taza de café tiene dimensiones y perfiles delimitados; que está fabricada de algún material y consta de partes; que si se separan éstas rompiéndola no es ya una taza, a diferencia de lo que ocurre con el agua, que conserva su identidad por mucho que se la divida; que se movió siguiendo una concreta trayectoria, partiendo de un punto del espacio y acabando en otro; que la llegada a su destino produjo un determinado resultado. Estos aspectos de la representación neural se parecen mucho a los aspectos primitivos de la estructura conceptual propuesta por

Ray Jackendoff, de la Universidad de Brandeis, y a los esquemas de semántica cognitiva avanzados por George P. Lakoff, de la Universidad de California en Berkeley, investigadores ambos que trabajan partiendo de bases puramente lingüísticas.

Por consiguiente, la actividad en tal red sirve lo mismo para el entendimiento que para la expresión. La actividad de la red puede reconstruir un conocimiento de modo que la persona lo experimente conscientemente, o puede activar un sistema que medie entre el concepto y el lenguaje, haciendo que se generen con pertinente correlación las formas verbales y las estructuras sintácticas. Puesto que el cerebro clasifica a la vez percepciones y acciones en dimensiones muy diferentes, no es difícil que emerjan de esta arquitectura representaciones simbólicas, como la metáfora.

El daño a las partes del cerebro que intervienen en la constitución de estas pautas neurales ha de originar defectos cognitivos que evidencian con claridad las categorías en razón de las cuales se almacenan y se reutilizan de nuevo los conceptos (la lesión determinante de acromatopsia es un ejemplo entre muchos). Elizabeth K. Warrington, del Hospital de Enfermedades Nerviosas de Londres, estudiosa de los defectos del reconocimiento dependientes de la categorización, se encontró con pacientes que perdieron la capacidad de conocer determinadas clases de objetos. En colaboración con nuestro colega Daniel Tranel, nosotros hemos puesto de manifiesto también que el acceso a los conceptos depende, en cierto número de dominios, de particulares sistemas neurales.

En este contexto, cierto paciente nuestro, llamémosle Boswell, no recupera los conceptos para referirse a determinada entidad (persona, lugar o suceso) que antes le habían sido familiares. Ha perdido también los conceptos relativos a entidades no singulares de clases particulares. Muchos animales, por ejemplo, se le hacen completamente extraños, aun cuando conserve el nivel de concepto que le permite saber que son seres animados y vivientes. Ante la imagen de un mapache, dice "Eso es un animal"; pero no tiene idea de su tamaño, hábitat o comportamiento característico.

Curiosamente, cuando se trata de otras clases de entidades no únicas, la cognición de Boswell no sufre ningún menoscabo, que se sepa. Recupera conceptos para aludir a rasgos o a entidades: sabe qué significa que un objeto sea bello o que sea feo. Se percató de estados o de acciones tales como estar enamorado, saltar o nadar. Y puede entender relaciones abstractas entre entidades o sucesos, del tenor de "arriba", "debajo", "hacia dentro", "a partir de", "antes", "después" o "durante". Resumiendo, Boswell tiene deteriorada la concepción de muchas entidades que son todas ellas denotadas mediante nombres (comunes y propios); en cambio, no tiene ningún problema con los conceptos que atañen a atributos,

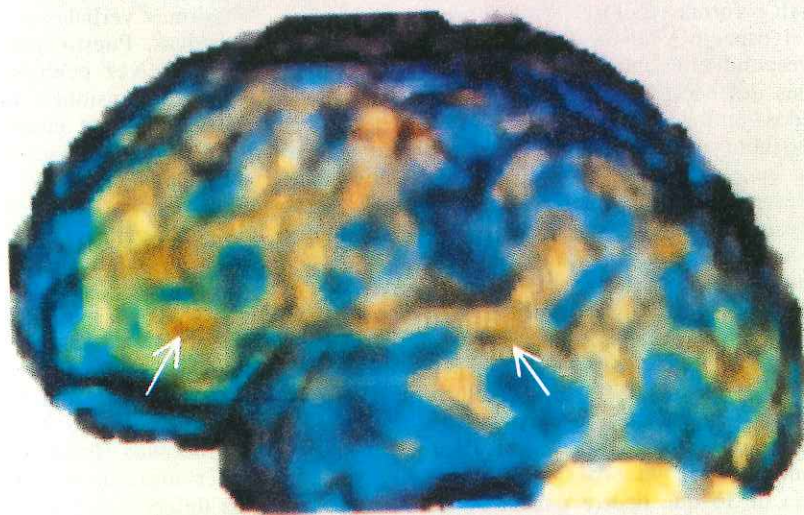
estados, actividades y relaciones, que reciben significado lingüístico mediante adjetivos, verbos, funtores (preposiciones, conjunciones y demás elementos verbales conectivos) y mediante las estructuras sintácticas. A decir verdad, la sintaxis de sus frases es impecable.

Las lesiones por el estilo de las de Boswell, en las regiones anterior y medial de ambos lóbulos temporales, dañan el sistema conceptual del cerebro. En contraste con ellas, las que afectan al hemisferio izquierdo en las proximidades a la cisura de Silvio, impiden la adecuada formación de las palabras y las frases. Este sistema cerebral es el más a fondo investigado de cuantos intervienen en el lenguaje. Hace ya más de siglo y medio que Paul Broca y Carl Wernicke determinaron la localización aproximada de estos centros básicos del lenguaje y descubrieron el fenómeno de dominancia cerebral: en la mayoría de los humanos las estructuras de las que depende el funcionamiento lingüístico descansan en el hemisferio izquierdo, no en el derecho. Esta disposición se da en alrededor del 99 por ciento de las personas diestras y en dos tercios del total de las zurdas. (La investigación en este campo se ha acelerado durante los últimos veinte años, gracias en buena medida a Norman Geschwind, ya fallecido, y a Harold

Goodglass, del Centro Médico Público de Veteranos de Boston.)

La investigación sobre pacientes afásicos (los que han perdido parcial o totalmente la capacidad de hablar), procedentes de distintos ambientes lingüísticos, destaca la constancia de estas estructuras. Así, Edward Klima, de la Universidad de California en San Diego, y Ursula Bellugi, del Instituto Salk de Estudios Biológicos en San Diego, han descubierto que, en la afasia del lenguaje sígnico, está implicado también el deterioro de los sistemas cerebrales de formación de la palabra. Los mudos que sufren lesiones cerebrales focales del hemisferio izquierdo pueden perder la capacidad de emitir signos o la de entender el lenguaje sígnico. Como el daño en cuestión no afecta a la corteza visual, no pierden la capacidad de ver los signos, sino precisamente la de interpretarlos.

En contraste, los mudos, cuyas lesiones recaen en el hemisferio derecho, lejos de las zonas responsables de la formación de palabras y frases, pueden perder la percatación consciente de objetos situados en el lado izquierdo de su campo visual, o pueden ser incapaces de percibir correctamente relaciones espaciales entre los objetos, pero no pierden la capacidad de emitir signos o la de entenderlos. Por tanto, sin que importe el canal sensorial por el que pase la información lingüística, el hemisferio izquierdo es la base para los sistemas de construcción y transmisión del lenguaje.



3. ACTIVIDAD LINGÜÍSTICA, hecha visible en esta tomografía de emisión de positrones (TEP), de un individuo normal mientras desempeñaba una tarea de denominación. La imagen TEP se proyectó sobre una reconstrucción de imágenes tridimensional del cerebro del mismo individuo, realizada por resonancia magnética (IMR). Se evidencia la actividad incrementada en ciertas áreas del hemisferio izquierdo, incluidos la corteza motora y los sectores lingüísticos anterior y posterior (flechas). La imagen fue elaborada por el departamento de neurología, el servicio de TEP y el de resolución de imágenes, todos ellos de la Universidad de Iowa.

Los investigadores han cartografiado los sistemas neurales más directamente implicados en la formación de palabras y frases abordando la localización de las lesiones en pacientes afásicos. Además, George A. Ojemann, de la Universidad de Washington, y Ronald P. Lesser y Barry Gordon, de la Universidad Johns Hopkins, estimularon la corteza cerebral de pacientes durante intervenciones quirúrgicas en tratamiento de epilepsia, y realizaron registros electrofisiológicos directos de la respuesta a esos estímulos.

La injuria en el sector perisilviano posterior, por ejemplo, arruina la conjunción de fonemas dentro de las palabras y trastorna la selección de formas verbales enteras. Los pacientes que sufren ese daño no logran articular ciertas palabras o las forman de manera inadecuada ("lolifante" en vez de "elefante"). Pueden, además, sustituir con un pronombre o con otra palabra de un mayor nivel taxonómico general la que les falte

(diciendo "gente" en vez de "mujer") o emplear alguna palabra relacionada semánticamente con el concepto que intentan expresar ("jefe" en vez de "presidente"). Victoria A. Fromkin, de la Universidad de California en Los Angeles, ha elucidado diversos mecanismos lingüísticos que subyacen a tales errores.

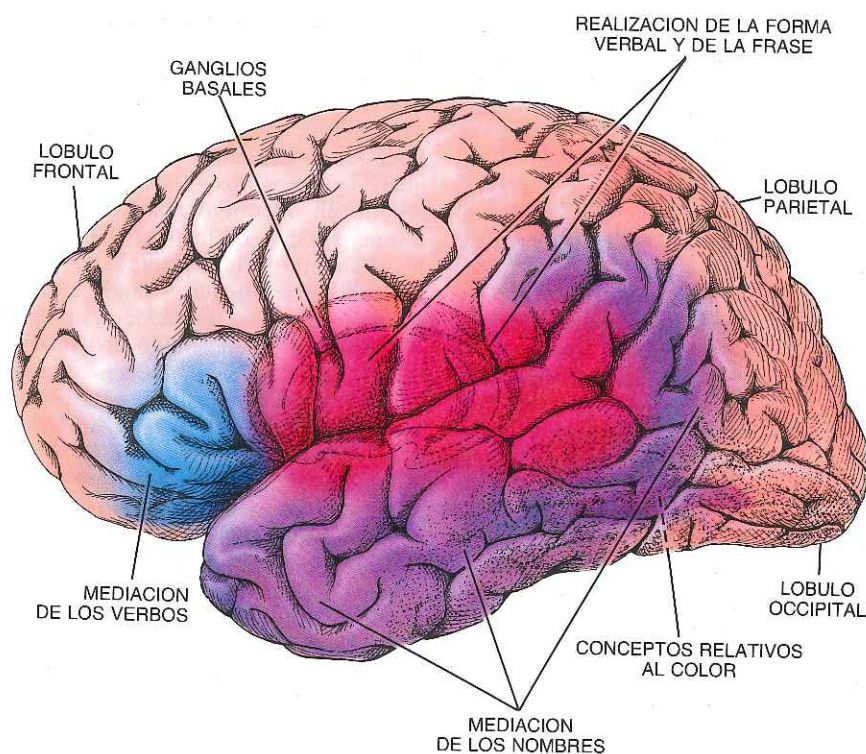
Pero el daño infligido a esa región no quiebra los ritmos del habla de los pacientes, es decir, su velocidad de elocución. La estructura sintáctica de sus frases permanece firme, aun cuando haya errores en el uso de funtores verbales como los pronombres y las conjunciones.

El daño a esta región deteriora también el procesamiento de los sonidos del habla. Los pacientes encuentran dificultades para entender las palabras y frases que se pronuncian. No fracasa la comprensión auditiva porque el sector perisilviano posterior sea centro de almacenamiento de los "significados" de palabras (opinión tradicional), sino porque los análisis acústicos de las formas léxicas que oye el paciente quedan abortados en una fase precoz.

Los sistemas de este sector mantienen registros auditivos y cinestésicos de los fonemas y de las secuencias fonémicas que configuran las palabras. Las recíprocas proyecciones de neuronas entre las áreas que guardan esos registros denuncian que la actividad en una de ellas puede generar una actividad correspondiente en la otra.

Estas regiones se conectan con las cortezas motora y premotora, ya directamente ya a través de una vía subcortical que comprende núcleos y ganglios basales izquierdos de la porción anterior del tálamo izquierdo. Esta ruta motora dual reviste especial interés: la producción real de sonidos verbales puede estar controlada por un circuito cortical, por otro subcortical o por ambos. El circuito subcortical corresponde al "aprendizaje de hábitos", mientras que la ruta cortical supone un control de nivel superior, más consciente, y "aprendizaje asociativo".

Por ejemplo, cuando un niño aprende la forma léxica "amarillo", las activaciones atravesarían los sistemas de formación verbal y de control motor por las dos rutas, cortical y subcortical, y la actividad en esas áreas se correlacionaría con la actividad de las regiones cerebrales responsables de los conceptos del color y de la mediación entre concepto y lenguaje. Sospechamos que, con el tiempo, el sistema de mediación conceptual desarrolla una ruta directa



4. SISTEMAS CEREBRALES PARA EL LENGUAJE del hemisferio izquierdo. Abarcan estructuras relativas a la formación de palabras y frases y estructuras mediadoras de diversos elementos léxicos y sintácticos. Las agrupaciones de estructuras neurales que representan los conceptos mismos se distribuyen por muchas regiones sensoriales y motoras de ambos hemisferios, izquierdo y derecho.

hasta los ganglios basales, y así el sector perisilviano posterior no necesita ser fuertemente activado para producir la palabra "amarillo". El aprendizaje subsiguiente de la forma léxica para el amarillo en otra lengua requeriría que la región perisilviana interviniese para establecer las correspondencias auditivas, cinestésicas y motoras de los fonemas.

Es probable que los dos sistemas, el cortical "asociativo" y el subcortical "para los hábitos", funcionen en paralelo durante el procesamiento del lenguaje. El que predomine uno u otro sistema dependerá de la historia de la adquisición del lenguaje y de la naturaleza de cada caso. Steven Pinker, del Instituto de Tecnología de Massachusetts, ha sugerido, por ejemplo, que la mayoría de la gente adquiere el tiempo pasado de los verbos irregulares (caber, cupo, cabido) por medio del aprendizaje "asociativo", y en cambio el de los verbos regulares por medio del aprendizaje "habitual".

El sector perisilviano anterior, situado en el lado frontal de la cisura de Rolando, alberga estructuras que son, tal parece, responsables de los ritmos del habla y de la gramática. Los ganglios basales izquierdos son parte integrante de este sector, como lo son

también del perisilviano posterior. El sector entero se muestra estrechamente asociado con el cerebelo; ganglios basales y cerebelo reciben proyecciones procedentes de muy diversas regiones sensoriales de la corteza y remiten, a su vez, proyecciones a áreas relacionadas con el movimiento. Sin embargo, el papel que desempeña el cerebelo en el lenguaje y en la cognición sigue aún por elucidar.

Los pacientes con lesión en el sector perisilviano anterior hablan en tonos bajos y monótonos, haciendo largas pausas entre las palabras, y tienen una gramática defectuosa. Tienden en concreto a eliminar las conjunciones y los pronombres, y su sintaxis es a menudo muy acomodaticia. A quienes padecen lesiones de éstas les vienen más fácilmente a la boca los sustantivos que los verbos, lo que sugiere que de la producción de los primeros se encargan otras regiones cerebrales.

A los dañados en este sector les cuesta entender el significado que transmiten las estructuras sintácticas. Edgar B. Zurif, de la Universidad de Brandeis, Eleanor M. Saffran, de la Universidad de Temple, y Myrna F. Schwartz, del Hospital Moss de Rehabilitación de Filadelfia, han demostrado que estos pacientes no siempre comprenden las frases pasivas re-

versibles tales como "El chico era besado por la chica", en la que chico y chica tienen igual probabilidad de ser el receptor de la acción. Mantienen, sin embargo, la capacidad de asignar el significado correcto a las frases pasivas no reversibles (verbigracia, "La manzana fue comida por el muchacho") y a las frases activas (así, "El chico besó a la chica").

El hecho de que el daño a este sector deteriora el procesamiento gramatical tanto al hablar como al entender sugiere que sus sistemas neurales proporcionan la mecánica que conjunta los elementos componentes de la frase. Los ganglios basales sirven para reunir los componentes de acciones complejas en un todo más uniforme, y parece razonable que puedan efectuar una función análoga juntando en las frases las formas léxicas. Nosotros creemos también (basándonos en observaciones experimentales de estructuras parecidas en monos, aunque menos extensas) que estas estructuras neurales se hallan en íntima interconexión con las unidades de mediación sintáctica que hay en la corteza frontoparietal de ambos hemisferios. La delimitación de dichas unidades será tema de futura investigación.

Entre los sistemas cerebrales productores de los conceptos y los que generan las palabras y las frases yacen los sistemas mediadores que nosotros proponemos. Las pruebas de la existencia de esta corredera neural están empezando a emerger del estudio de pacientes neurológicos. Los sistemas de mediación no sólo seleccionan las palabras adecuadas para expresar un determinado concepto, sino que dirigen también la generación de estructuras sentenciales que expresan relaciones entre conceptos.

Cuando una persona habla, estos sistemas rigen a los responsables de la formación de las palabras y la sintaxis; cuando una persona entiende lo que se habla, los sistemas de formación de palabras guían a los sistemas mediadores. Hasta ahora, apenas si hemos empezado a cartografiar los sistemas que intervienen en los nombres propios y en los nombres comunes que denotan entidades de una clase particular (por ejemplo, entidades no manipulables y visualmente ambiguas como lo son la mayoría de los animales).

Considérese a dos pacientes, a los que llamaremos A. N. y L. R., que habían sufrido lesiones en la corteza anterior y mediotemporal. Ambos pueden recuperar conceptos normal-

mente: cuando se les muestran imágenes de seres o sustancias de virtualmente todas las categorías conceptuales —rostros humanos, partes del cuerpo, animales y especímenes botánicos, vehículos y edificios, juguetes y utensilios—, A. N. y L. R. reconocen inequívocamente lo que miran. Pueden definir las funciones, los hábitats y los valores de cada entidad. Si les llegan sonidos correspondientes a esas entidades (siempre y cuando haya un sonido asociado a ellas), A. N. y L. R. pueden reconocerlos en cada caso. Esta tarea de reconocer la pueden realizar hasta con los ojos vendados si se les pone el objeto entre las manos.

Pero, a pesar de su obvio conocimiento, tienen dificultad para recuperar los nombres de muchos de los objetos que conocen tan bien. Mostrada la imagen de un mapache, A. N. dirá: "¡Sí, sé lo que es... es un animal asqueroso: viene y te pone perdido el patio revolviendo las basuras! Los ojos y los anillos de la

cola le delatan. Lo conozco bien, pero no puedo decir cómo se llama." Por término medio, llegan a dar con menos de la mitad de los nombres que deberían recuperar. Sus sistemas conceptuales funcionan bien, pero A. N. y L. R. no tienen bueno el acceso a las formas léxicas que denotan los objetos por ellos conocidos.

La deficiencia en cuanto a recuperar las formas léxicas depende de la categoría conceptual del objeto que los pacientes estén tratando de nombrar. A. N. y L. R. cometen menos errores con los nombres que denotan herramientas y utensilios que con los que designan animales, frutas y hortalizas. (Este fenómeno ha sido descrito de manera similar por Warrington y su colega Rosaleen A. McCarthy, del estadounidense Hospital Nacional para Enfermedades Nerviosas, como también por el equipo de Alfonso Caramazza, de la Universidad Johns Hopkins.) Sin embargo, la capacidad de los pacientes para encontrar los nombres no se di-

Componentes de un concepto

Los conceptos se almacenan en el cerebro en forma de registros "durmientes". Cuando estos registros se reactivan, pueden re-crear las diversas sensaciones y acciones asociadas con una entidad determinada o con una clase de entidades. Una taza de café, por ejemplo, puede evocar representaciones visuales y táctiles de su forma, color, textura y calor, junto con las de aroma y sabor del café o las del trayecto que recorren la mano y el brazo para alzar la taza desde la mesa hasta los labios. Todas estas representaciones se re-crean en distintas regiones del cerebro, si bien su reconstrucción ocurre simultáneamente



vide netamente en la frontera entre las entidades naturales y las artificiales. A. N. y L. R. pueden producir a la perfección las palabras referentes a estímulos tan naturales como son las partes del cuerpo, mientras que les es imposible hacer lo propio con las referentes a los instrumentos musicales, que son tan artificiales y tan manejables como las herramientas del jardinero.

En resumen, A. N. y L. R. tienen un problema con la recuperación de nombres comunes que denotan ciertas entidades, indiferentemente de que éstas pertenezcan a determinadas categorías conceptuales. Hay muchas razones por las que algunas entidades podrían ser más o menos vulnerables que otras a las lesiones. El cerebro ha de poner necesariamente en juego distintos sistemas neurales para representar entidades que difieren en estructura o en modo de proceder, o aquellas entidades a las que una persona se refiere de diferentes maneras.

A. N. y L. R. hallan dificultades con los nombres propios. Con pocas excepciones, les es imposible llamar por su nombre a amigos, parientes, celebridades o lugares. Mostrándose una foto de Marilyn Monroe, A. N. dijo: "No sé su nombre, pero sí quién es. Vi películas de ella; tuvo un romance con el presidente; se suicidó; ¿o quizá la mató alguien, la policía tal vez?" Estos pacientes no tienen lo que se conoce como prosopagnosia o imposibilidad de reconocer los rostros, pues pueden reconocer una cara sin dudarlo; lo que no pueden es, simplemente, recuperar la forma léxica que corresponde a la persona a la que reconocen.

Curiosamente, estos pacientes no tienen dificultad en producir palabras. En colaboración con Tranel, realizamos experimentos en los que estos pacientes ejecutaban, con soltura similar a la de un control comparativo, tareas que les exigen generar una palabra en respuesta a

más de 200 estímulos representativos de diversos estados y acciones. Son también expertos en la producción de preposiciones, conjunciones y pronombres; sus frases están bien formadas y se ajustan a la gramática. Hablando o escribiendo producen un relato en el que el nombre sustantivo que les falta lo suelen sustituir con palabras como "cosa" o "chisme" o "cacharro", o con artículos pronominales como "ello" o "ella" o "ellos". Pero los verbos que animan los argumentos de esas frases son elegidos y proferidos adecuadamente, con sus tiempos y personas señalados como se debe. Su pronunciación y prosodia (la entonación de las distintas palabras y de la frase entera) son también irreprochables.

Las pruebas de que existen sistemas de mediación léxica encerrados en determinadas regiones del cerebro son sólidas. Las estructuras neurales que median entre los conceptos y las formas léxicas parecen hallarse escalonadas de atrás adelante, a lo largo del eje occipitotemporal del cerebro. La mediación para muchos conceptos generales parece ocurrir en la zona posterior de las regiones temporales del lado izquierdo; la mediación para conceptos muy específicos acontece en la parte frontal, cerca del polo temporal izquierdo. Muchos pacientes, como acabamos de ver, han perdido sus nombres propios pero retienen todos sus nombres comunes o la mayoría de ellos. Sus lesiones dañan sólo el polo temporal izquierdo y la superficie temporal medial del cerebro, sin afectar para nada las partes lateral e inferior de los lóbulos temporales. Estas dos últimas, por el contrario, siempre están dañadas en los pacientes mermados en su capacidad recuperadora de los nombres comunes.

Los pacientes como A. N. y L. R., cuya lesión se extiende a la corteza anterior y mediotemporal, pierden muchos nombres comunes, pero siguen nombrando los colores rápida y correctamente. Estas correlaciones entre las lesiones y las deficiencias lingüísticas indican que el segmento temporal del giro lingual izquierdo interviene en la mediación entre las ideas de color y los nombres de los colores, mientras que la mediación entre los conceptos relativos a las personas y sus correspondientes nombres requiere estructuras neurales del extremo opuesto de la red, en la parte anterior izquierda del lóbulo temporal. Por último, acaba de entrar en nuestra consulta, G. J., que sufre una extensa lesión que abarca la totalidad de esas partes de la región

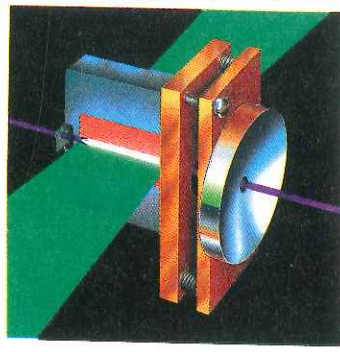


NOVEDAD

LIBROS DE
INVESTIGACION Y
CIENCIA

LASERES

Selección e introducción de Angel González Ureña



- EL LASER C3, W. T. Tsang
- LASERES DE RAYOS X BLANDOS, Dennis L. Matthews y Mordecai D. Rosen
- LASERES DE ELECTRONES LIBRES, Henry P. Freund y Robert K. Parker
- MICROLASERES, Jack L. Jewell, James P. Harbison y Axel Scherer
- APLICACIONES DEL LASER EN LA INDUSTRIA, Aldo V. La Rocca
- CIRUGIA CON LASER, Michael W. Berns
- INTERACCION DE LA RADIACION LASER CON LOS MATERIALES, Carmen Ortiz
- AVANCES EN LA FUSION POR LASER, R. Stephen Craxton, Robert L. McCrory y John M. Soures
- DETECCION DE ATOMOS Y MOLECULAS CON LASERES, Vladilen S. Letokhov
- LA FISICA DE SUPERFICIES, Rodolfo Miranda
- IMPLANTACION IONICA DE SUPERFICIES, S. Thomas Picraux y Paul S. Peercy
- REACCIONES QUIMICAS Y HACES MOLECULARES, Angel González Ureña
- LA FORMACION DE LAS MOLECULAS, Ahmed H. Zewail
- ESPECTROSCOPIA DE GASES SOBREENFRIADOS, Donald H. Levy

Deseo recibir un ejemplar de LASERES, por un importe (para España) de 2.000 ptas. más 200 de gastos de envío que abonaré mediante:

Talón nominativo a favor de Prensa Científica, S. A.

Giro postal n.º

Nombre y apellidos

Domicilio

Población

.....C. postal.....

occipitotemporal izquierda, de adelante atrás. Ha perdido el acceso a un amplio universo de formas léxicas nominales y es igualmente incapaz de nombrar colores o personas individuales. Y, sin embargo, sus conceptos están indemnes. Los resultados que se dan en estos pacientes corroboran el descubrimiento, hecho por Ojemann, de que el procesamiento del lenguaje se deteriora tras la estimulación eléctrica de la corteza en áreas distintas de las clásicas del lenguaje.

Parece, pues, que hemos empezado a comprender bastante bien dónde se median los nombres; pero, ¿dónde lo son los verbos? Está claro que si pacientes como A. N. y L. R. pueden recuperar normalmente verbos y funtores, las regiones requeridas para esas partes del habla no pueden hallarse en la región temporal izquierda. Algunos datos provisionales apuntan hacia ubicaciones frontales y parietales. Estudios sobre la afasia realizados por nuestro equipo y por Caramazza y Gabriele Miceli, de la Universidad Católica del Sagrado Corazón de Milán, y Rita Berndt, de la Universidad de Maryland, ponen de manifiesto que los pacientes con lesión frontal izquierda tienen mucha mayor dificultad para recuperar verbos que para recuperar nombres.

Los estudios de tomografía de emisión de positrones (TEP) realizados por Steven E. Petersen, Michael I. Posner y Marcus E. Raichle, de la Universidad de Washington, han aportado pruebas indirectas. Pedían ellos a los sujetos investigados que generasen un verbo correspondiente a la imagen de un objeto —por ejemplo, la foto de una manzana podría generar “comer”. Los pacientes activaban una región lateral y dorsal inferior de la corteza frontal que viene a coincidir aproximadamente con las áreas delimitadas en nuestros trabajos. El daño a estas regiones no sólo pone en peligro el acceso a verbos y a funtores, sino que perturba también la estructura gramatical de las frases que emiten los pacientes.

Por sorprendente que este fenómeno resulte de entrada, la verdad es que verbos y funtores constituyen el núcleo de la estructura sintáctica, por lo que es comprensible que los sistemas de mediación relativos a la sintaxis coincidieran en parte con ellos. Ulteriores investigaciones, de pacientes afásicos o de sujetos normales, cuya actividad cerebral puede cartografiarse con un barrido TEP, aclararán seguramente la disposición de es-

tos sistemas y facilitarán el trazado de mapas como los que nosotros hemos hecho para mostrar las diferentes localizaciones de los nombres propios y de los nombres comunes.

A lo largo de los últimos veinte años el conocimiento de las estructuras cerebrales responsables del lenguaje ha avanzado con paso acelerado. Técnicas refinadas, así la formación de imágenes por resonancia magnética, han posibilitado localizar con exactitud las lesiones cerebrales en pacientes que sufren de afasia y correlacionar mermas lingüísticas específicas con el deterioro de regiones determinadas del cerebro. Y las imágenes de TEP ofrecen la oportunidad de estudiar la actividad cerebral de sujetos normales mientras desarrollan tareas lingüísticas.

Considerando la enorme complejidad de los fenómenos lingüísticos, acaso se pregunten algunos si llegaremos a entender algún día los mecanismos neurales que permiten su ejecución.

Quedan muchas cuestiones por resolver sobre cómo almacena el cerebro los conceptos. Los sistemas de mediación para partes del habla distintas de nombres, verbos y funtores sólo han sido parcialmente explorados. Las propias estructuras formadoras de palabras y frases, que vienen siendo objeto de estudio desde mediados del siglo XIX, se conocen de manera sumaria.

No obstante, dados los recientes progresos logrados, creemos que estas estructuras acabarán por desentrañarse y hallar su expresión cartográfica. La cuestión no es si se podrá hacer, sino cuándo se conseguirá.

BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTARIA

THE SIGNS OF LANGUAGE. Edward S. Klima y Ursula Bellugi. Harvard University Press, 1979.

KNOWLEDGE OF LANGUAGE: ITS NATURE, ORIGIN, AND USE. Noam Chomsky. Greenwood Press, 1986

LESION ANALYSIS IN NEUROPSYCHOLOGY. Hanna Damasio y Antonio R. Damasio. Oxford University Press, 1989.

NEURAL REGIONALIZATION OF KNOWLEDGE ACCESS: PRELIMINARY EVIDENCE. A. R. Damasio, H. Damasio, D. Tranel y J. P. Brandt en *Cold Spring Harbour Symposium on Quantitative Biology*, vol. LV: *The Brain*. Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1990.

APHASIA. A. R. Damasio en *New England Journal of Medicine*, vol. 326, n.º 8, págs. 531-539; 20 de febrero de 1992.

AN INTRODUCTION TO LANGUAGE. Victoria Fromkin y Robert Rodman. Harcourt Brace Jovanovich College Publications, 1992.