

Este concepto fundamental en las neurociencias, especie de darwinismo neuronal, tal como lo califica Gerald Edelman, postula que existe al inicio, en el cerebro joven, una gran cantidad de conexiones, ya que una misma neurona tiene contactos sinápticos con miles de otras neuronas. Después, con la edad y la experiencia del individuo, sólo las conexiones funcionales se estabilizan mientras que otras degeneran.²⁵ En resumen, de entre todos los posibles caminos neuronales entre dos circuitos nerviosos, se selecciona el más eficaz y después se consolida en vista de una reutilización posterior. Este proceso, que el neurobiólogo Jean-Pierre Changeux califica de epigénesis por estabilización selectiva de neuronas y sinapsis, conoce su apogeo durante la primera infancia. A partir de la decimoctava semana del embarazo, la mayoría de las decenas de miles de millones de neuronas, de las que un porcentaje importante tendrá que morir, se constituye y encuentra su destino final. Bajo la influencia de las experiencias vividas por el feto en el útero y durante sus primeros años de vida, se eliminan numerosos contactos entre células nerviosas, redundantes o inútiles, mientras que otros persisten.

Al margen de estas modificaciones sinápticas, existe también una reorganización morfológica de las redes neuronales basada en la producción de nuevas neuronas en determinadas regiones del cerebro adulto. Estas modificaciones morfológicas y funcionales ilustran la diversidad de los mecanismos que hacen que el cerebro sea apto para adquirir nuevas informaciones a cualquier edad.

La época del cerebro rígido, cuando los manuales de neurociencias mencionaban tímidamente las modificaciones del cerebro adulto, ha quedado definitivamente atrás. A finales de la década de 1970 y a principios de la de 1980, se dieron las primeras pruebas experimentales de la plasticidad sensorial y motriz del cerebro adulto. En ese momento, varios grupos exploraron las consecuencias de una interrupción de las entradas

sensoriales en el funcionamiento cerebral. Michael Merzenich y Jon Kaas han utilizado las variaciones que se dan en los mapas corticales como prueba de una facultad de adaptación del sistema nervioso. En caso de privación sensorial en un determinado territorio, estos investigadores demuestran que la región cortical afectada, privada de sus entradas sensoriales, busca entradas habitualmente presentes en las estructuras adyacentes. Desde entonces, las neurociencias modernas han convertido el cerebro plástico en uno de los paradigmas centrales del cerebro humano. El cerebro se comprende en cuanto que objeto capaz de modificar la organización de sus propios circuitos nerviosos en función de las experiencias vividas por el sujeto. Esta aptitud, que puede resultar muy sorprendente, se verá con detalle en el capítulo 3. Entre otras cosas, permite que el cerebro adulto pueda suplir sus insuficiencias dentro de ciertos límites, siempre y cuando se encuentren los medios para estimular este potencial latente. Por lo tanto, es precisamente la noción de periodo crítico la que se ve afectada actualmente debido al descubrimiento de la plasticidad cerebral en el adulto. Si bien nuestros circuitos nerviosos se abren de forma progresiva hacia el mundo exterior en el momento del nacimiento o justo un poco antes, nunca perderán por completo esta facultad, por más que le pese a Jean Piaget.²⁶

Aunque en la actualidad no podamos explicar realmente la plasticidad neuronal del cerebro adulto, la podemos constatar y medir. De forma progresiva se adueña del campo de los teóricos y de la clínica humana. Vemos surgir una farmacopea nueva dirigida al tratamiento de determinada enfermedad neurológica o determinado trastorno psiquiátrico, apuntando precisamente a los mecanismos subyacentes de la plasticidad del cerebro adulto. Un antidepresivo como la fluoxetina (Prozac y sus genéricos) administrado precozmente tras un accidente vascular cerebral (AVC) puede mejorar la recuperación funcional.²⁷ Otro ejemplo lo ilustra el descubrimiento reciente llevado a cabo por los

investigadores del MIT, que muestra que la ingesta de un suplemento de magnesio aumenta las capacidades del cerebro adulto para crear nuevas conexiones y así mejorar el rendimiento durante las tareas de aprendizaje y memoria.²⁸ Información que sin duda seducirá a todos los aficionados al chocolate.²⁹

Esta facultad de los circuitos de adaptarse hace que el cerebro sea «informable»,³⁰ ya que reacciona sin cesar a las informaciones sensoriales y motrices recibidas. También hace que sea «deformable», ya que esas mismas sensaciones contribuyen a la reconfiguración de sus propios circuitos, establecidos con anterioridad. Uno de los ejemplos extremos de plasticidad cerebral tiene que ver con la producción continua de nuevas neuronas en un cerebro sano, allí donde haya sufrido daños irremediables ocasionados por un traumatismo. Numerosas pruebas experimentales intentan actualmente controlar mejor esta plasticidad extrema para permitir una recuperación funcional, total o parcial, de las personas afectadas por trastornos neurológicos. En el capítulo 3, repasaremos el estado actual de los conocimientos en este ámbito en el que las certezas de hoy son las preguntas del día siguiente.

¿En qué punto están actualmente las promesas y otras noticias de gran repercusión lanzadas por los investigadores en busca de subvenciones? ¿Podemos realmente plantearnos recuperar el habla después de un AVC? ¿Qué esperanza aportan las células madre en materia de estrategias terapéuticas innovadoras? Finalmente, ¿qué futuro nos reservan los avances de la medicina regeneradora? El conjunto de estas cuestiones será abordado en el capítulo 4, evitando suscitar esperanzas excesivas ya que el camino por recorrer es todavía largo e incierto.

Para comprender la naturaleza de los procesos que intervienen en la reconfiguración de las redes neuronales del cerebro adulto, es necesario en primer lugar precisar en qué forma las distintas piezas del rompecabezas se articulan entre sí. En el capítulo 2 hablaremos en detalle de las grandes líneas de la arqui-

tectura cerebral. Según una visión evolutiva, el funcionamiento del cerebro humano dependería de dos módulos, un conjunto subcortical que permite un tratamiento rápido, pero inconsciente, mientras que el segundo módulo, el córtex, trata de forma consciente, pero más lenta, las informaciones del medio interno o que llegan del entorno. Esta visión binaria enunciada antaño por el neurólogo inglés John Hughlings Jackson (1835-1911) se basa en la integración jerarquizada de los niveles de organización de los centros nerviosos. Recordemos que los trabajos de Jackson intentaban dar bases fisiopatológicas a la comprensión de los trastornos neurológicos y psiquiátricos. Según los criterios anatómico-funcionales de la época, Jackson pensaba que existía una jerarquía de las funciones psíquicas; los estados patológicos se traducían en un movimiento de pérdida de las funciones existentes. Esta desestructuración liberaba instancias activas subyacentes. Esta concepción formulada en el contexto de los trastornos neuropsiquiátricos traduce una visión evolutiva.

Para comprender el núcleo de esta teoría, repasaremos el aspecto filogenético de las estructuras cerebrales del hombre en el capítulo 2. Veremos que el cerebro protorreptiliano, la región más antigua situada en el corazón del cerebro, corresponde al cuerpo estriado, los ganglios basales. Este conjunto de circuitos nerviosos, que compartimos con la serpiente y la tortuga, participa en las funciones autónomas y, por ello, controla todas las funciones vitales importantes para la supervivencia del sujeto. Gracias a dichos circuitos nerviosos, se puede dar de forma inconsciente la alternancia entre el estado de vigilia y el de sueño o la adaptación del ritmo respiratorio al subir una escalera sin que seamos conscientes de ello. Éste es el territorio más profundo de nuestro cerebro. Lo cubre una segunda región denominada paleomamífera que comprende el sistema límbico que todos los mamíferos comparten entre sí. Esta región común a todos los mamíferos primitivos, especie de torre de control de

nuestros afectos que organiza tanto nuestros comportamientos fundamentales como la expresión de nuestras emociones o de nuestras motivaciones, garantiza la gestión de los dos grandes pilares del templo del afecto: el placer y el sufrimiento. El sistema límbico está también a su vez formado por la reunión de tres entidades. La primera es la amígdala. Si este centro nervioso se descontrola, el ángel más afable se convertirá en un verdadero *serial killer*. La segunda subdivisión está representada por los núcleos del área septal (entre ellos el núcleo accumbens). Este territorio es responsable de la impulsividad y gestiona todas nuestras motivaciones. Una vez activadas, estas redes límbicas desencadenan la atracción, el apetito o la satisfacción. La tercera y última subdivisión del cerebro paleomamífero corresponde al córtex límbico del giro cingular (es el «gran lóbulo límbico» de Broca) y a sus conexiones con el tálamo. Esta estructura organiza muchos comportamientos sociales como, por ejemplo, aquellos que se expresan durante los cuidados parentales.

El cerebro límbico forma el rinencéfalo (del griego *rinós* que significa «nariz» y «encéfalo» que significa «cerebro») de los mamíferos macrosmáticos para los cuales el olfato es una función determinante para su supervivencia. En resumen, podemos afirmar que la aparición del cerebro paleomamífero permitió a los animales adquirir reacciones afectivas útiles tanto para la protección del individuo como para la supervivencia de la especie. Es el centro de las manifestaciones emocionales relacionadas con la motivación alimentaria (atracción y apetencia), de los instintos rápidos de conservación en caso de peligro que permiten decidir en milésimas de segundo si huir o luchar tras percibir un peligro, y, finalmente, de los instintos más fundamentales de nuestra sexualidad. Sin embargo, la variedad de funciones que dependen del sistema límbico no estaría completa si no citáramos también su participación en los procesos mnésicos; una función que aporta a los animales un grado de libertad suplementaria gracias a la experiencia adquirida ante-

riormente y recordada. La emergencia de esta memoria poderosa permitió la aparición de conductas adaptativas de un tipo nuevo que no permitía la simple gestión de los reflejos por parte del cerebro reptiliano. Esta posibilidad de conservar a largo plazo huellas mnésicas adquiridas en un contexto emocionalmente intenso, hace que cada uno de nosotros sea capaz de recordar exactamente lo que estaba haciendo en el momento de los ataques a las Torres Gemelas de Nueva York, el 11 de septiembre de 2001.

Ya lo hemos visto, el sistema límbico permite desencadenar un repertorio de reacciones, de pulsiones afectivas, de tensiones y motivaciones elementales que son necesarias para la vida y la supervivencia. Esta parte profunda del cerebro antiguo facilitará que se establezcan lazos comparativos y asociativos entre las múltiples informaciones que llegan a este territorio. A partir de esta función, sobre todo comparativa, podrán emerger las áreas asociativas corticales y el desarrollo correlativo de las capacidades cognitivas. A partir de entonces, las funciones de comparación y asociación permitirán una confrontación entre las situaciones exteriores al sujeto y el tratamiento interior de sus informaciones por las reacciones afectivas más elementales.

La tercera y última región, el neocórtex, recubre el cerebro paleomamífero. Esta adquisición reciente en la historia evolutiva culminará en la especie humana. Durante esta evolución, vemos un aumento importante de la superficie del neocórtex de un factor mil en el momento del paso del macaco al hombre. Esta región cerebral es la sede de las capacidades cognitivas superiores como el lenguaje, la poesía o las matemáticas. Una vez que el cerebro se dota de un neocórtex, podrá adquirir sensaciones conscientes de naturaleza visual, auditiva, táctil y somática. Se encontrarán soluciones nuevas a las dificultades cotidianas gracias a las conexiones de los circuitos del neocórtex y a su capacidad para remodelarse de forma permanente. Las áreas asociativas que rodean las áreas principales de las modalidades

sensoriales también se desarrollarán. Si las informaciones procedentes del medio exterior a través de las vías sensoriales llegan a las áreas de proyección primarias, su análisis (es decir, su tratamiento para llegar a una comprensión y alcanzar un valor simbólico) se verá asegurado por las áreas corticales asociativas.

En el seno de este vasto territorio heterogéneo que es el neocórtex, el córtex prefrontal es el que culminará en el *sapiens*, garantizando nuevas funciones propias del hombre como la anticipación y la planificación de la acción. Con esta última innovación evolutiva, se inventarán formas complejas de aprendizaje y memoria. Para asegurar todas estas funciones, el neocórtex comprende diez mil millones de neuronas conectadas entre sí. Algunas zonas están especializadas en funciones particulares como la motricidad, el tacto, la vista o el oído. Próximas a ellas se extienden regiones no tan bien delimitadas que integran un amplio repertorio de informaciones, se trata de las áreas de asociación que asimilan la sensación elemental (es decir, la percepción propiamente dicha) y la identifican (es decir, el reconocimiento o gnosia).

Hay que añadir a esta clasificación otra forma de jerarquía cortical que distingue las partes izquierda y derecha del cerebro. Esta dicotomía proviene del hecho de que las vías nerviosas cruzan el plano mediano del eje corporal sin posibilidad de poder repartir con igualdad sus proyecciones a un lado y otro de este plano de simetría. De este modo, las vías de la sensibilidad de la mitad del cuerpo izquierdo son recibidas por el hemisferio cerebral derecho y a la inversa. Así también, el control de la mitad del cuerpo izquierdo queda supeditado exclusivamente al hemisferio derecho y a la inversa. El lenguaje, por ejemplo, se trata principalmente en el hemisferio izquierdo; es la parte dominante de un diestro, o la parte derecha de un zurdo. De este modo, en el diestro, el cerebro izquierdo acoge el centro de planificación del gesto, la palabra y los razonamientos de tipo matemático, mientras que el derecho será el del sentido artístico y

de la intuición. Pero cuidado con las reglas demasiado simplistas ya que sabemos que ambos hemisferios intercambian permanentemente informaciones a través de una especie de autopista transversal denominada *cuero calloso*.

Dos neurobiólogos, Roger Sperry y Michael Gazzaniga, han demostrado que los hemisferios cerebrales separados tras una intervención quirúrgica (*split brain*) podían funcionar de forma autónoma. La actividad independiente de los dos hemisferios cerebrales lleva a producir funciones cognitivas distintas generadas a partir de informaciones recibidas por cada una de las partes del cerebro. R. Sperry ha sugerido incluso que esta situación podría conducir a dos estados mentales diferentes, dos estados de conciencia que se ignorarían entre sí, una hipótesis que todavía hoy se debate mucho. Sin embargo, volveremos sobre ello cuando tratemos el tema de las jerarquías del neocórtex en el capítulo 2.

Hemos subrayado hasta qué punto la historia evolutiva del sistema nervioso ha permitido ampliar la representación mental del cuerpo y del mundo necesaria para actuar o para reconocer al otro. Por lo tanto, el cerebro no es un órgano como los demás, sino que es también un elemento espejo sobre el cual se basa nuestra percepción de nosotros mismos y, aún más importante, simultáneamente la del Otro. Todos nuestros actos, todas nuestras sensaciones, están permanentemente evaluadas para medir su interés individual o colectivo (para la especie). Pero lo propio del cerebro humano es haber desarrollado una relación con el Otro regida por un sistema de valores. El desarrollo inmenso de nuestro encéfalo ha favorecido no sólo la exteriorización de nuestro pensamiento a través del lenguaje, o de la manipulación de instrumentos, sino también la interiorización del pensamiento del Otro. Esto es lo mismo que concluir que el hombre es capaz de vivir el Otro a través de sí y de demostrar compasión. Ya lo veremos, la amígdala es una estructura clave en este contexto, ya que permite leer las emociones en

los demás y realizar condicionamientos primarios entre estímulos dolorosos o reforzamientos. A nivel de la amígdala es donde se construirán las representaciones, las estrategias de acción y, al mismo tiempo, la representación del mundo que todo individuo construye. Los bucles de activación del córtex prefrontal y sus regiones subcorticales permiten al cerebro dar valores morales a objetos o a situaciones abstractas. Repasaremos de qué modo las estructuras subcorticales del roedor, que gestionan sus castigos y recompensas, han evolucionado hacia un dispositivo más complejo que constituye toda la riqueza de la especie humana, capaz de dictar reglas de conducta morales, conmoverse, apasionarse o rebelarse.

Este libro termina con una nota voluntariamente optimista. Plantea la cuestión del estatuto del hombre en los años venideros. El descubrimiento de la plasticidad cerebral se encuentra en el origen de la aparición de nuevas tecnologías que ahora están disponibles para el gran público, gracias al programa de entrenamiento cognitivo, a los psicoestimulantes y a otras moléculas «inteligentes» (*smart drugs*) que permiten optimizar el funcionamiento del cerebro, haciéndolo mejor o compensando ciertas deficiencias mediante el implante de electrodos que permiten transmitir directamente corriente a las estructuras más profundas del cerebro. Los progresos de la medicina regeneradora muestran ya que es posible reconstituir numerosos órganos como la epidermis, los vasos sanguíneos o territorios nerviosos lesionados. Los métodos desarrollados inicialmente en el ámbito teórico de las nanotecnologías están camino de penetrar actualmente en el mundo complejo de lo vivo. Aunque no todas las regiones cerebrales se contemplan todavía directamente en ingeniería de los tejidos, es probable que estos instrumentos nuevos permitan, en un futuro cercano, diagnosticar mejor, curar mejor y, sin duda, mejorar las funciones cognitivas del hombre sano o enfermo. Un mejor control de la plasticidad cerebral asociado a implantes permite también pensar en un ser

humano dotado de una memoria superpotente, un cerebro aumentado, una visión nocturna casi perfecta, o también un ser humano capaz de tomar el control, a distancia, de un robot únicamente a través de la mente. Esta visión de un cerebro adulto moldeable llevó a Ray Kurzweil,³¹ teórico del transhumanismo y de la singularidad tecnológica, a sugerir que el cuerpo y el espíritu se verán trascendidos próximamente. Según sus cálculos, el final de la civilización tal como la conocemos se producirá dentro de treinta años. ¿Acaso está ya en marcha el hombre inmortal?