





EL CEREBRO DEL ARTISTA

La creatividad vista desde la neurociencia

MARA DIERSSEN SOTOS

Shackleton
— b o o k s —

*A mi madre, la pintora Trinidad Sotos Bayarri,
que me enseñó a ver la vida con mirada de artista.*

El cerebro del artista

© 2019, Mara Dierssen Sotos

© 2019, de esta edición, Shackleton Books, S.L.

Shackleton
— b o o k s —

   @Shackletonbooks
shackletonbooks.com

Realización editorial: Bonalletra Alcompas, S.L.

Diseño de cubierta: Pau Taverna

Diseño de tripa y maquetación: Kira Riera

© Ilustraciones: Trinidad Sotos Bayarri (págs. 11, 87), Jordi Dacs (págs. 17 [basada en Lloid Pye/absolum.org], 19 [basada en la de Francisco Varela, Jean-Philippe Lachaux, Eugenio Rodríguez y Jacques Martinerie, «The brainweb: Phase synchronization and large-scale integration», *Nature Reviews Neuroscience*, vol. 2, pp. 229–239 (2001)], 70, 77 [basada en la de quizlet.com/74172963/psych-365-midterm-2-flash-cards/], 85 [basada en la de Beatrice de Gelder, «Uncanny Sight in the Blind», *Scientific American*, 302, 60-65 (2010)], 113

[basada en la de Robert J. Zatorre, Joyce L. Chen & Virginia B. Penhune, «When the brain plays music: auditory–motor interactions in music perception and production», *Nature Reviews Neuroscience*, 8, 547-558, 2007], 117 [basada en la de Robert J. Zatorre, «Music, the food of neuroscience?», *Nature*, vol. 434, pp. 312–315, 2005] y 137), Designua/Shutterstock (p. 20 ab., 64), Joshua/Shutterstock (p. 25), Andrea Danti/Shutterstock (p. 56), Alila Medical Media/Shutterstock (págs. 69, 71, 102, 103, 141 a), Chaikom/Shutterstock (p. 117 ab.).

© Fotografías: Gloomy Sunday Photography/Shutterstock (p. 46), Mark Grenier/Shutterstock (p. 54), Ron Boardman/Getty Images, Creative n.o: BC2876-001 (p. 67), Forgotten Diseases Research Foundation (p. 82), TT/SVT (p. 115), Nadia: Case of Extraordinary Drawing Ability in an Autistic Child, Lorna Selfe (p. 170). Dominio público: Santiago Ramón y Cajal (p. 27), Giuseppe Arcimboldo (p. 80), Louis Wain (p. 165). Wikimedia Commons: MethoxyRoxy [CC BY-SA 2.5] (p. 20 a), Lighting magazine [CC BY-SA 4.0] (p. 37), C. Koch, «Neuronal correlates of consciousness», *The Quest for Consciousness: A Neurobiological Approach*, Englewood, Colorado: Roberts & Company Publishers, 2004 [CC BY-SA 3.0] (p. 39), OpenStax College [CC BY 3.0] (p. 75), Chittka L. and Brockmann A., [CC BY 2.5] (p. 105), Luigi Novi [CC BY 3.0] (p. 123), Polygon data creado por Database Center para Life Science (DBCLS) [CC BY-SA 2.1] (p. 126 izq.), Talbot K, Louneva N, Cohen JW, Kazi H, Blake DJ, et al., «Synaptic Dysbindin-1 Reductions in Schizophrenia Occur in an Isoform-Specific Manner Indicating Their Subsynaptic Location», *PLoS ONE* 6(3): e16886 [CC BY 2.5] (p. 126 dcha.), Presidenza della Repubblica (p. 145).

ISBN: 978-84-17822-40-8

Depósito legal: B 8129-2019

Impreso por GPS Group (Eslovenia).

Reservados todos los derechos. Queda rigurosamente prohibida la reproducción total o parcial de esta obra por cualquier medio o procedimiento y su distribución mediante alquiler o préstamo públicos.

CONTENIDO

Introducción	7
El sentido biológico del arte	15
Conversaciones neuronales	23
¿Cómo es el cerebro «artístico»?	31
¿Existe el arte o la belleza universal?	43
La percepción y las artes visuales	51
Neurobiología de la visión	55
De la retina al cerebro	62
La corteza visual	72
La música	91
Neurobiología de la audición	101
Música y lenguaje	118
Música y plasticidad neural	128
La creatividad humana	133
Variaciones temporales de la creatividad: inspiración (el momento «¡ajá!»)	143
Un ejemplo de actividad creativa: la composición musical	150
Arte y locura	155
Aparición de habilidades artísticas <i>de novo</i>	158
Psiquiatría y arte	168
Bibliografía	173



Introducción

«Todos somos muy ignorantes. Lo que ocurre es que no todos ignoramos las mismas cosas.»

ALBERT EINSTEIN

El cerebro es el órgano de la mente: comprender cómo funciona es conocernos a nosotros mismos, y los descubrimientos que cada día nos llegan desde la neurociencia inciden en nuestra visión de lo que es y lo que significa el comportamiento individual y social. El conocimiento del cerebro tiene ya un claro efecto en nuestra concepción de la economía, los movimientos sociales o incluso en nuestro sistema judicial y político, y la comprensión de sus procesos de manejo de la información está determinando avances revolucionarios en las ciencias de la computación y la robótica. Sin embargo, aún no entendemos bien cómo de una mezcla casi infinita de células (neuronas de diferentes subtipos, y otras especies celulares, como los astrocitos, que cambian con la experiencia y el aprendizaje) y «cables» de conexión (unos de entrada de información, las dendritas, y otros de salida, los axones) emergen el pensamiento,

la memoria, los sueños, las emociones y la conciencia. De la actividad sincronizada de las redes neuronales en las que se organizan todas estas piezas, como en un delicado pero preciso reloj, también surge el arte. Si entendemos que el arte es fruto de la organización del cerebro humano, y de su comportamiento social, seguramente la neurociencia podrá aportar claves esenciales para su comprensión.

¿Cuál es el sentido biológico del arte? ¿Por qué el ser humano invierte tanto tiempo en crear obras «bellas» placenteras para nuestro espíritu? Las primeras muestras conocidas de pintura figurativa (cabezas y cuartos delanteros de animales pintados en piedra) datan de hace aproximadamente 30 000 años, y antes de la pintura ya había esculturas con forma humana (como las famosas Venus). Este hecho se asocia a una evolución intelectual significativa, y aunque es imposible ponerle fecha, en algún momento el hombre adquirió la capacidad de pensamiento abstracto y aprendió a crear sin un objetivo utilitario concreto. Una posibilidad para explicar el «comportamiento artístico» reside en que el cerebro humano ha desarrollado una tremenda capacidad de aprendizaje para adaptarse al entorno. Esta capacidad nos permite «independizarnos» de alguna manera de las leyes evolutivas «clásicas», que sugieren que es necesaria una mutación y la selección de la misma para la evolución de una especie, pero indudablemente produce una dependencia enorme de estímulos externos. Si lo enfocamos de esta forma, el conocimiento adquirido necesita transmitirse a través de una «cultura», que es un fenómeno fundamentalmente derivado del agrupamiento social. Y este es el se-

gundo ingrediente: el ser humano precisa, para su bienestar psicológico, estar con otros humanos. La imagen del mundo que nos ofrece nuestro cerebro es una representación (parcial e interpretativa, no «fotográfica») de lo que nos rodea en cada momento y de lo que otros han visto y compartido. Una visión que almacenamos en nuestra memoria y en soportes como la escritura, el dibujo o la música.

En este pequeño viaje, nos centraremos solo en las artes visuales y la música, y dejaremos para otra ocasión los demás campos que existen.

El neurobiólogo Luis Miguel Martínez Otero afirma:

[...] el trabajo de un pintor no es muy diferente al de un neurocientífico. En muchos aspectos es más lo que los une que lo que los separa. Así, desde hace miles de años, los pintores tratan de generar en un soporte bidimensional y estático, como una pared de roca o un lienzo, imágenes que se asemejen a su experiencia perceptiva, rica y compleja, del mundo en el que viven. Para ello construyen un lenguaje personal, con su propia gramática basada en una combinación más o menos complicada de patrones y formas, de colores y luminancia, cuyo equivalente psicológico es el brillo o la brillantez. Los neurocientíficos, por su parte, toman el camino inverso e intentan averiguar cuáles son las reglas, la gramática interna, que permite al cerebro reconstruir «una realidad subjetiva» del mundo visual que nos rodea. Para ello el cerebro, como el pintor, se basa únicamente en una sucesión de imágenes bidimensionales que se proyectan de forma continua sobre nuestras retinas, como si estas fuesen una especie de lienzo.

Pintor y neurocientífico, arte y ciencia, parecen estar así mirándose en un espejo imaginario, complementándose al tratar de comprender cómo vemos, mientras exploran las reglas de la perspectiva, el color, la forma, el movimiento, el contraste, etcétera.

En efecto, el pintor experimenta con la neurología de la visión, utilizando ilusiones visuales, o busca en trazas de la actividad neuronal los *motivos* de la toma de decisiones, del lenguaje y del pensamiento consciente e inconsciente. El músico nos emociona, o puede activar vívidos recuerdos («Están tocando nuestra canción») y su música nos inspira, nos ayuda a cohesionar un grupo, y «esculpe» en cierto grado nuestro cerebro. Este libro es una revisión más o menos introductoria y accesible de diversos aspectos de la neurobiología de la actividad artística humana. La tesis fundamental es que el arte, como reflejo del funcionamiento de la mente humana, desvela aspectos básicos de la neurobiología y que su apreciación surge de la actividad cerebral. Posiblemente nos gusta el arte porque es un producto de nuestro cerebro, pero también hemos de reflexionar acerca de las construcciones culturales que derivan en lo que consideramos «obras de arte», y sus implicaciones sociales.

Aquí he procurado concentrar el material de unas cuantas conferencias científicas divulgativas que en alguna ocasión me ha tocado impartir. Es evidente que les falta ese toque de improvisación y adaptación que se puede dar a una charla cambiante, en función de lo que se percibe en el público (si ves una expresión que indica «no entiendo

Introducción



Valencia. Dibujo a plumilla de Trinidad Sotos Bayarri.

nada» o «qué aburrimiento»). No existen libros «interactivos» en ese sentido, pero he procurado incluir figuras (una imagen vale más que mil palabras) y cuadros con información más anecdótica o complementaria, semejantes al método que utiliza el *narrative unfolding*. Obviamente no pretende ser un compendio ni hay espacio para explicar el funcionamiento del cerebro de forma exhaustiva. La magia de la divulgación es poder explicar ciencia «dura» de manera que «la entienda tu abuela» o que «hasta un niño pueda entenderla» (símbolos que, al igual que el gran dibujante Quino, nunca comprendí, porque hay abuelas listísimas y los niños suelen serlo más que muchos adultos). Así que he intentado combinar la rigurosidad (incluyendo muchas citas científicas, para remitir al lector a las fuentes originales), con la amenidad, y algunas opiniones personales. Me he inspirado en colegas mucho más expertos que yo en este tipo de exposición (trabajo en la neurobiología de la cognición y síndrome de Down, fundamentalmente), que han estudiado durante muchos años la percepción visual y la música. Aun así, y basándome en la premisa de que el cerebro es en cierta medida «homogéneo» en los recursos computacionales que utiliza en sus diferentes funciones, espero haber sido lo suficientemente veraz en mis asunciones divulgativas.

En mi trabajo siempre he considerado que el científico debe contribuir a que la sociedad participe de los descubrimientos científicos, y no debe desvincularse del compromiso de que ese conocimiento permee en la sociedad. Crear espacios de interconexión e intercambio, debate y diálogo

Introducción

dinámico y abierto entre los científicos y expertos y los ciudadanos es hoy una necesidad y una ambición ineludible.

Mi objetivo, en fin, es que el lector observe el arte bajo una luz diferente: la científica. Pero espero que, además de aprender algo sobre el cerebro y su relación con el arte, el lector disfrute de estas páginas y, sobre todo, se sorprenda lo suficiente para querer aprender más...



El sentido biológico del arte

«Las charlas sobre arte son casi inútiles.»

PAUL CÉZANNE

Si bien no es el objetivo de este texto que el lector entienda o aprenda neurobiología en profundidad, es cierto que si desea comprender la experiencia artística desde el punto de vista de la actividad del cerebro, existen algunos aspectos fundamentales de neurociencia que debemos explicar. El cerebro es, sin duda, el órgano más complejo que conocemos (véase el recuadro «El cerebro humano», en las págs. 16-17). Contiene unos ochenta y seis mil millones de neuronas, que don Ramón y Cajal (véase el recuadro «Santiago Ramón y Cajal», en las págs. 26-27) definió como «las misteriosas mariposas del alma, cuyo batir de alas quién sabe si esclarecerá algún día el secreto de la vida mental».

Las neuronas son unas células muy especiales, cuya función fundamental es el procesamiento de información. Para ello disponen de una serie de ingeniosos mecanismos que les permiten establecer comunicación entre ellas y coordi-

Continúa en la pág. 18

El cerebro humano

La complejidad del cerebro humano permite a nuestra especie realizar una serie de funciones que ninguna otra especie animal es capaz de hacer. Nos faculta para movernos, comunicarnos, aprender, expresar emociones o controlar la musculatura de los dedos de la mano (tal y como lo hace un violinista, por ejemplo), como ninguna otra especie puede hacerlo, pero además posibilita la aparición de propiedades únicas como el lenguaje, la conciencia o el arte.

El cerebro humano pesa aproximadamente entre 1,3 y 1,5 kilos, el equivalente al 2 % del peso total del cuerpo. Si lo miramos desde arriba viendo solo su superficie, la corteza cerebral, nos daremos cuenta de que está formado por dos mitades aparentemente simétricas pero no idénticas, llamadas hemisferio derecho y hemisferio izquierdo. Cada hemisferio cerebral se encarga de controlar uno de los lados del cuerpo. Algo curioso es que lo hacen de forma cruzada; es decir, que el hemisferio derecho controla el lado izquierdo del cuerpo (y no el derecho) y viceversa. Los dos hemisferios están unidos por un haz de vías nerviosas denominado cuerpo caloso, un vasto sistema de asociación que reúne entre las dos mitades del cerebro puntos no simétricos de la corteza. La corteza cerebral es la capa evolutiva más reciente del cerebro, que recubre como un manto (el manto cortical) las regiones cerebrales más primitivas. Es en la corteza cerebral donde se integran las capacidades cognitivas, donde se encuentra nuestra capacidad de ser conscientes, de establecer relaciones y de hacer razonamientos complejos. Así pues, las habilidades cognitivas

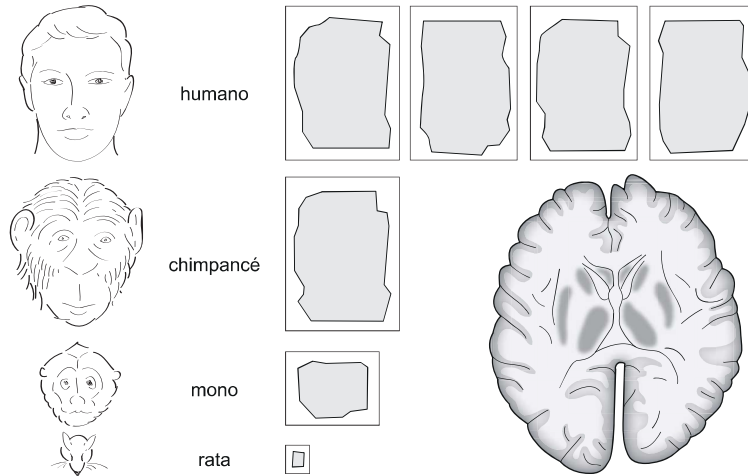


Figura 1. Extensión de la superficie cortical. La corteza cerebral presenta en algunas especies unos pliegues llamados circunvoluciones. Esos pliegues permiten incrementar la superficie, sin un incremento concomitante del volumen. Se ha calculado que, de forma aproximada, la superficie extendida (sin pliegues) de los dos hemisferios cerebrales del ser humano alcanza el metro cuadrado. En comparación, la superficie cortical de un chimpancé solo sería de un folio, la del mono sería la de una tarjeta postal y la de la rata, la de un sello de correos.

de cada especie animal dependen no solamente de la relación entre el tamaño de su cerebro y el de su cuerpo, sino también de la extensión total de su corteza cerebral. El ser humano y el delfín tienen muchos pliegues (circunvoluciones) en la corteza cerebral, ya que deben conseguir acoplar mucha superficie de corteza dentro de su cabeza,

mientras que los animales menos complejos, como el gato, tienen la corteza muy lisa. ¡La suma de la superficie extendida (sin pliegues) de los dos hemisferios cerebrales del ser humano llega a ser de un metro cuadrado! (véase la figura 1 en la pág. 17).

El cerebro comparte con otros sistemas de la naturaleza la capacidad de autoorganizarse y dar lugar a comportamientos emergentes. Se trata de un sistema complejo compuesto por un elevado número de elementos que interactúan entre sí a través de una intrincada topología (muchas veces flexible y sujeta a modificaciones) y de forma no lineal, es decir, las interacciones no obedecen al principio de proporcionalidad. El comportamiento o la cognición es probable que sean procesos emergentes, es decir, que resulten de la acción coordinada entre elementos que cooperan desde un nivel más bajo para producir de forma espontánea un cierto orden o coherencia en un nivel superior (véase la figura 2). ☉

nar su actividad. La neurona se caracteriza por poseer una compleja maquinaria celular, básicamente al servicio de la comunicación con otras neuronas. Esta maquinaria está orquestada desde el núcleo a través de la activación (que los científicos llamamos expresión) y del silenciamiento de genes concretos con un ritmo temporal y sujetos a los acontecimientos que se producen en el microentorno celular. La neurona es considerada la unidad estructural y funcional primaria del sistema nervioso. Esto significa que las dife-

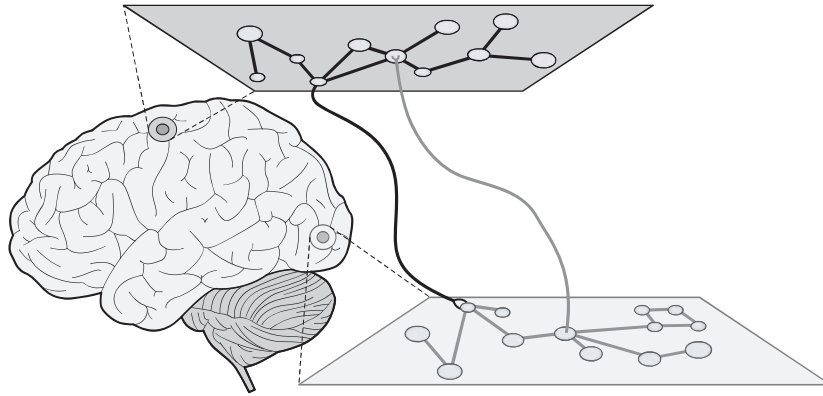


Figura 2. Redes neuronales. El comportamiento o la cognición no se pueden explicar a partir de la actividad de una neurona, sino que surgen de la sincronización de la actividad de redes neuronales solapantes distribuidas por todo el encéfalo.

rentes estructuras del sistema nervioso tienen como base grupos de neuronas. Además, la neurona es la unidad funcional porque puede aislarse como componente individual y puede llevar a cabo la función básica del sistema nervioso, esto es, la transmisión de información en la forma de impulsos nerviosos. Para ello la neurona tiene unos componentes estructurales básicos (véase la figura 3, en la pág. 20).

Algunos son similares a los de las demás células pero otros son distintos. Al igual que el resto de las células, las

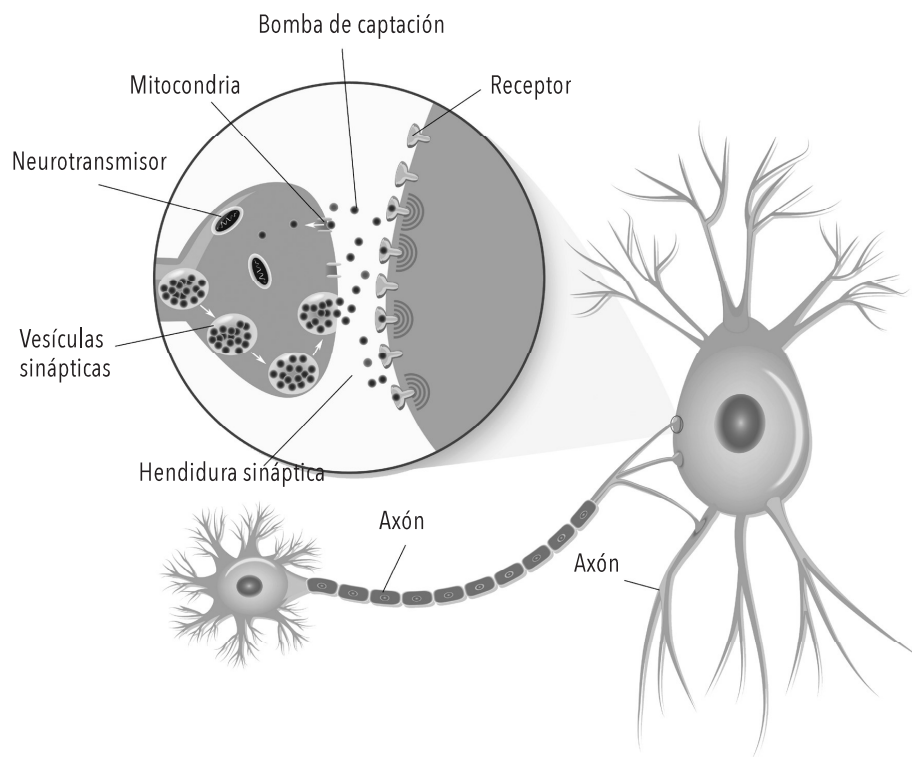
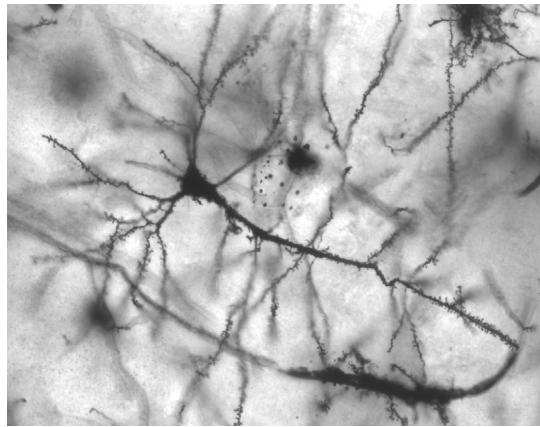


Figura 3. La neurona. Microfotografía de una neurona (arriba), con sus ramas dendríticas. Las espinas dendríticas son estructuras muy plásticas, y se ha relacionado la forma de la cabeza y la longitud del cuello con la funcionalidad del contacto sináptico, que cambia cuando aprendemos, por ejemplo. Debajo, recreación de una sinapsis (punto de contacto entre neuronas).

neuronas tienen un soma (o cuerpo celular) y un núcleo. En el soma existen diferentes estructuras (organelas) que permiten fabricar proteínas, o proporcionan energía. Pero además, la neurona tiene lo que podríamos denominar un «aparato de comunicación» muy especial. Por una parte, unas prolongaciones en forma de ramillete, que recogen información proveniente de otras neuronas u órganos del cuerpo para su posterior «decodificación». Estas estructuras se denominan dendritas y su tamaño y ramificación varía según la función de la neurona. Es durante el desarrollo cuando se ramifican, y a mayor ramificación, mayor comunicación, mayor versatilidad. Pero la neurona, una vez «procesada» la información, ha de comunicarse también con otras neuronas. Para ello utiliza otra estructura, el axón, una única prolongación que sale del soma y cuyo tamaño varía según dónde se encuentre localizado, pero por lo general suele ser largo. Los nervios no son otra cosa que un conjunto de axones. La función del axón es la de conducir un impulso nervioso desde el soma hasta otra neurona, músculo o glándula del cuerpo. Al final del axón observamos unas diminutas protuberancias, los botones terminales o botones sinápticos, que contienen numerosas vesículas en las que se alojan moléculas de unos compuestos químicos llamados neurotransmisores, que se encargan de pasar el impulso nervioso hacia otra neurona, músculo o glándula.

El lenguaje que utilizan las neuronas es un curioso sistema eléctrico y químico, de forma que si introducimos un fino electrodo dentro del cuerpo neuronal podemos detectar la presencia de actividad eléctrica en ella. Y el lector es-

tará diciéndose que por fin comprende aquello de «estoy que echo chispas», pero al mismo tiempo se preguntará cómo se puede generar electricidad en el cerebro. Bien, no es sencillo, pero intentaremos explicarlo de forma inteligible. Empecemos por el principio. Las neuronas no se cargan y se descargan sin más. Estas corrientes eléctricas son fruto de un flujo intenso de información fisiológica: estímulos que llegan a los receptores sensoriales, órdenes motrices, procesos asociativos y cognitivos o actividades vegetativas necesarias para el mantenimiento corporal. Para generar una corriente eléctrica es necesario que haya movimiento de iones (cargas eléctricas). Para ello, la célula debe actuar como una pequeña batería capaz de almacenar una carga eléctrica. ¿Cómo lo consigue? Pues bien, el cuerpo neuronal se encuentra rodeado de una membrana de cerca de 7,5 nanómetros de grosor, la membrana plasmática, que engloba un líquido salado, rico en iones, el citoplasma, cuya composición química es algo diferente de la del líquido que rodea a la célula. La membrana plasmática es semipermeable, es decir, permite la difusión de ciertos iones a través de ella pero limita el paso de otros. Esta permeabilidad está estrictamente regulada. Bombeando de forma activa ciertos elementos químicos cargados eléctricamente (la mayoría, iones de sodio y calcio) y reteniendo en el interior otros elementos (potasio), las células consiguen mantener una pequeña carga negativa en su interior.

Para comprender el proceso hay que imaginarse la neurona como una pila con dos polos. En estado de reposo existe una carga más negativa en el interior de la neurona

que en el exterior, que genera una diferencia de potencial estable de alrededor de -80 milivoltios (potencial de reposo). Cuando una célula nerviosa es activada (por ejemplo, si es una neurona sensorial, cuando recibe luz o presión o un cambio de temperatura; o si es una neurona de la corteza cerebral, al responder a las señales electroquímicas de otras neuronas), se produce un rápido cambio de permeabilidad de la membrana a iones de sodio, que se difunden hacia el citoplasma celular, y eso cambia la «polaridad», es decir, la neurona ya no es negativa respecto al exterior y, por tanto, se «despolariza». Esto produce una «descarga eléctrica», el llamado potencial de acción, que es de aproximadamente +40 milivoltios y muy breve (unos 5 nanosegundos), hasta que la célula retorna al estado de reposo y se vuelve a recargar. Una vez generado, el potencial de acción se propaga por la membrana plasmática como una corriente eléctrica, y es conducido a lo largo del axón como un impulso nervioso. Esos impulsos nerviosos son los que se registran cuando colocamos unos electrodos (lo que conocemos como electroencefalógrafo) sobre el cráneo.

Conversaciones neuronales

La neurona por sí sola no puede realizar la misión de construir señales informativas para nuestro cerebro, sino que necesita sincronizar su actividad con la de otras neuronas. Por lo tanto, la comunicación neuronal es una propiedad fundamental del sistema nervioso. Para establecer esta