



Lisa Feldman Barrett

Siete lecciones y media sobre el cerebro

se

Lectulandia

En siete ensayos breves (además de una breve historia sobre cómo evolucionaron los cerebros), esta colección esbelta, entretenida y accesible revela lecciones que expanden la mente de las primeras líneas de la investigación en neurociencia. Aprenderemos de dónde provienen los cerebros, cómo están estructurados (y por qué es importante) y cómo el nuestro funciona en conjunto con otros cerebros para crear todo lo que experimenta. En el camino, también aprenderemos a descartar mitos populares como la idea de que existe un «cerebro de lagarto» o la supuesta batalla entre pensamientos y emociones, o incluso entre la naturaleza y la crianza, para determinar su comportamiento.

Lisa Feldman Barrett

Siete lecciones y media sobre el cerebro

ePub r1.0

Un_Tal_Lucas 17-07-2022

Título original: *Seven and a Half Lessons About the Brain*
Lisa Feldman Barrett, 2020
Traducción: Francisco J. Ramos Mena

Editor digital: Un_Tal_Lucas
ePub base r2.1

*A Barb Finlay y a mis otros colegas que me enseñaron el
oficio de la neurociencia, por su gran generosidad y aún mayor
paciencia*

NOTA DE LA AUTORA

Escribí este libro, compuesto por breves ensayos de carácter divulgativo, para entretener al lector y despertar su curiosidad. No se trata de un manual completo sobre el cerebro. Cada capítulo presenta unos cuantos datos fascinantes sobre nuestro cerebro y examina lo que estos podrían revelar acerca de la naturaleza humana. Es mejor leer los capítulos en el orden en que aparecen, pero también pueden leerse de forma aleatoria.

Como profesora, suelo incluir muchos datos científicos en mis escritos, tales como descripciones de estudios y referencias de artículos de revistas. En estos ensayos divulgativos, no obstante, he trasladado las referencias científicas completas a mi sitio web: sevenandahalflessons.com.

Asimismo, al final del libro el lector encontrará un apéndice con diversos apuntes científicos seleccionados. En él se profundiza un poco más sobre algunos de los temas de la obra, se explica qué aspectos son todavía objeto de debate en la comunidad científica y se agradece a otras personas la autoría de algunas expresiones interesantes.

¿Por qué hay siete lecciones y media en lugar de ocho? El primer capítulo explica cómo evolucionó nuestro cerebro, pero representa solo un breve vistazo a una vasta historia evolutiva; de ahí que lo considere «media lección». No obstante, los conceptos que en él se exponen son fundamentales para el resto del libro.

Espero que el lector disfrute aprendiendo acerca de nuestro cerebro y de cómo esa masa de 1,4 kilos situada entre los oídos nos hace humanos, algo que para un neurocientífico resulta fascinante. Estos ensayos no le dirán qué pensar sobre la naturaleza humana, pero sí le invitarán a reflexionar sobre el tipo de humano que es o desea ser.

LA MEDIA LECCIÓN

Nuestro cerebro no está hecho para pensar

Hubo un tiempo en el que la Tierra estaba gobernada por criaturas sin cerebro. Esta no es una afirmación política; solo biológica.

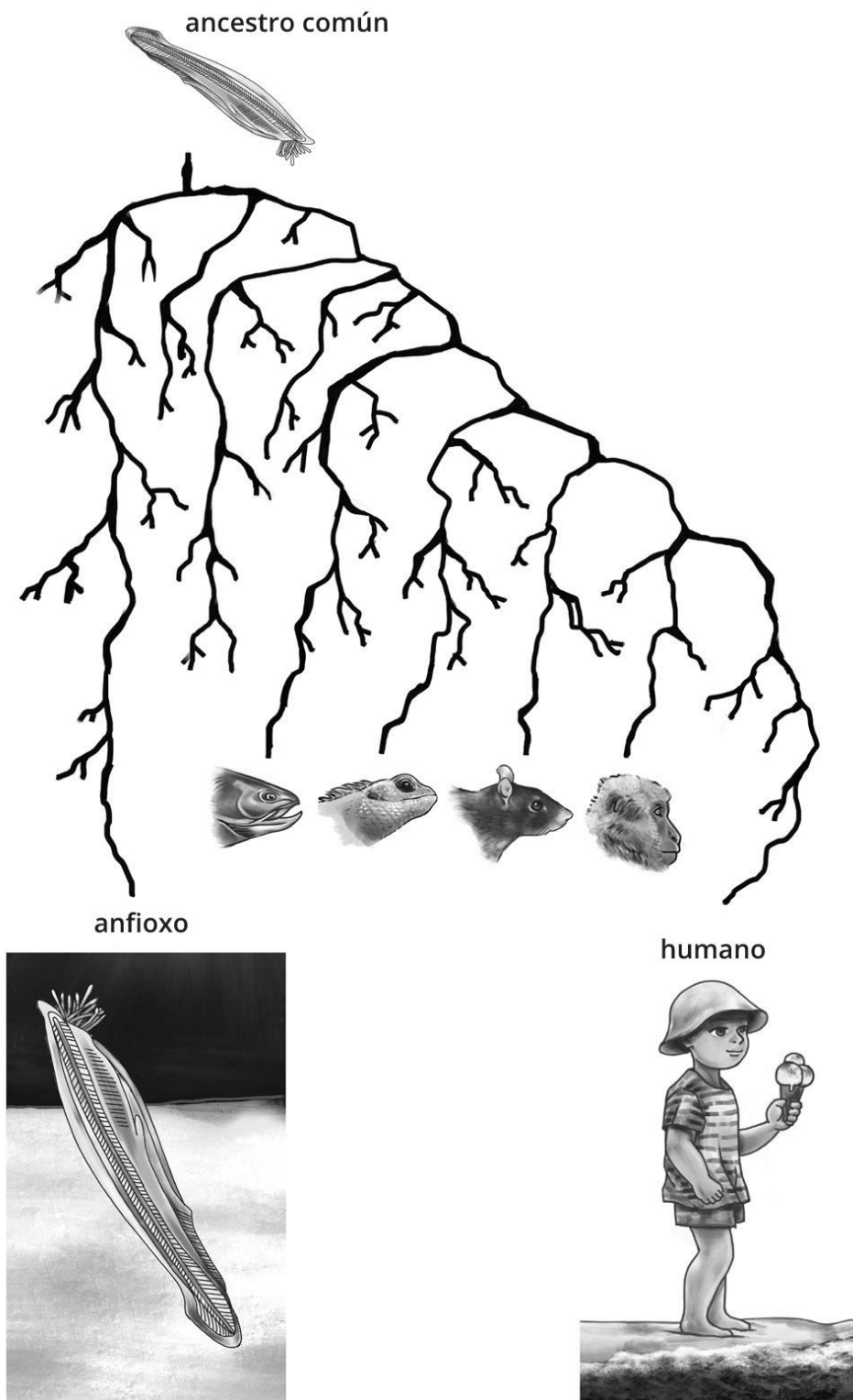
Una de esas criaturas era el anfioxo. Si el lector viera uno, probablemente lo confundiría con un gusanito hasta que observara las hendiduras en forma de branquias situadas a ambos lados de su cuerpo. Los anfioxos poblaban los océanos hace unos quinientos cincuenta millones de años^[1] y vivían una vida sencilla. Un anfioxo podía impulsarse a través del agua gracias a un sistema de movimiento muy básico. También tenía una manera extremadamente simple de comer: se plantaba en el lecho marino, como una hoja de hierba, y consumía cualquier criatura minúscula que casualmente fuera a parar a su boca. El sabor y el olor no importaban, ya que un anfioxo no tenía sentidos como los nuestros. Carecía de ojos, solo tenía unas pocas células para detectar cambios luminosos, y no podía oír. Su exiguo sistema nervioso incluía una pequeña agrupación de células que no era propiamente un cerebro^[2]. Podría decirse que un anfioxo era un estómago en un palo.

Los anfioxos son nuestros primos lejanos y todavía existen. Cuando uno observa un anfioxo moderno, está contemplando una criatura muy similar a su propio remoto y diminuto ancestro^[3], que vagaba por los mismos mares.

¿Puede el lector imaginar una pequeña criatura en forma de gusano, de unos cinco centímetros de largo, meciéndose en la corriente de un océano prehistórico, y a partir de ahí vislumbrar el viaje evolutivo de la humanidad? No es fácil. Nosotros tenemos muchas cosas de las que el antiguo anfioxo carecía: unos cientos de huesos, abundantes órganos internos, algunas extremidades, una nariz, una sonrisa encantadora y —lo que es más importante— un cerebro. El anfioxo no necesitaba cerebro. Las células que empleaba como sensores estaban conectadas a las que utilizaba para moverse, de modo que reaccionaba a su mundo acuático sin demasiado procesamiento. Nosotros, en cambio, tenemos un intrincado y potente cerebro que da origen a

procesos mentales tan diversos como los pensamientos, las emociones, los recuerdos y los sueños; una vida interna que configura gran parte de lo que nuestra existencia tiene de peculiar y significativo.

¿Por qué evolucionó un cerebro como el nuestro^[4]? La respuesta obvia es *para pensar*. Es habitual suponer que los cerebros evolucionaron en una especie de progresión ascendente —pongamos que va de los animales inferiores a los superiores— en cuya cúspide se sitúa el cerebro más sofisticado de todos, el cerebro humano pensante. Al fin y al cabo, pensar es el superpoder humano, ¿no?



Los anfioxos no fueron nuestros antepasados directos, pero sí tuvimos un ancestro común que muy probablemente se parecía al anfioxo moderno.

Bueno, pues la respuesta obvia resulta ser incorrecta. De hecho, la idea de que nuestro cerebro evolucionó para pensar ha sido el origen de muchos conceptos erróneos profundos sobre la naturaleza humana. Una vez que el lector abandone esa preciada creencia, habrá dado el primer paso para

comprender cómo funciona realmente nuestro cerebro y cuál es su función más importante; y, en última instancia, qué tipo de criatura somos realmente.

Hace quinientos millones de años, mientras los pequeños anfioxos y otras criaturas rudimentarias seguían cenando tranquilamente en el fondo del océano, la Tierra entró en lo que los científicos denominan el período Cámbrico. En ese tiempo apareció algo nuevo y significativo en la escena evolutiva: la caza. En algún lugar, de algún modo, una criatura pudo *percibir la presencia* de otra criatura y se la comió de manera deliberada. Los animales ya se habían engullido unos a otros antes, pero ahora la ingestión era un acto más deliberado. La caza no requería un cerebro, pero fue un gran paso hacia el desarrollo de uno.

La aparición de depredadores durante el período Cámbrico transformó el planeta en un lugar más competitivo y peligroso. Tanto los depredadores como las presas evolucionaron para tener una mayor percepción del mundo que les rodeaba. Empezaron a desarrollar sistemas sensoriales más sofisticados. Los anfioxos podían distinguir la luz de la oscuridad, pero las criaturas más recientes en realidad podían ver. Los anfioxos poseían una rudimentaria sensibilidad en la piel, pero las criaturas más recientes desarrollaron una percepción más completa de los movimientos de su cuerpo en el agua y una mayor sensibilidad táctil que les permitía detectar objetos por vibración. Los tiburones todavía utilizan este tipo de sensibilidad táctil para localizar a sus presas.

Con la aparición de sentidos superiores, la cuestión más crucial de la existencia pasó a ser: «¿Aquella mancha que hay a lo lejos es buena para comer o me comerá a mí?». Las criaturas que podían percibir mejor su entorno tenían más probabilidades de sobrevivir y prosperar. Puede que el anfioxo fuera un maestro de su entorno, pero no podía percibir que *tenía* un entorno. Los nuevos animales sí podían.

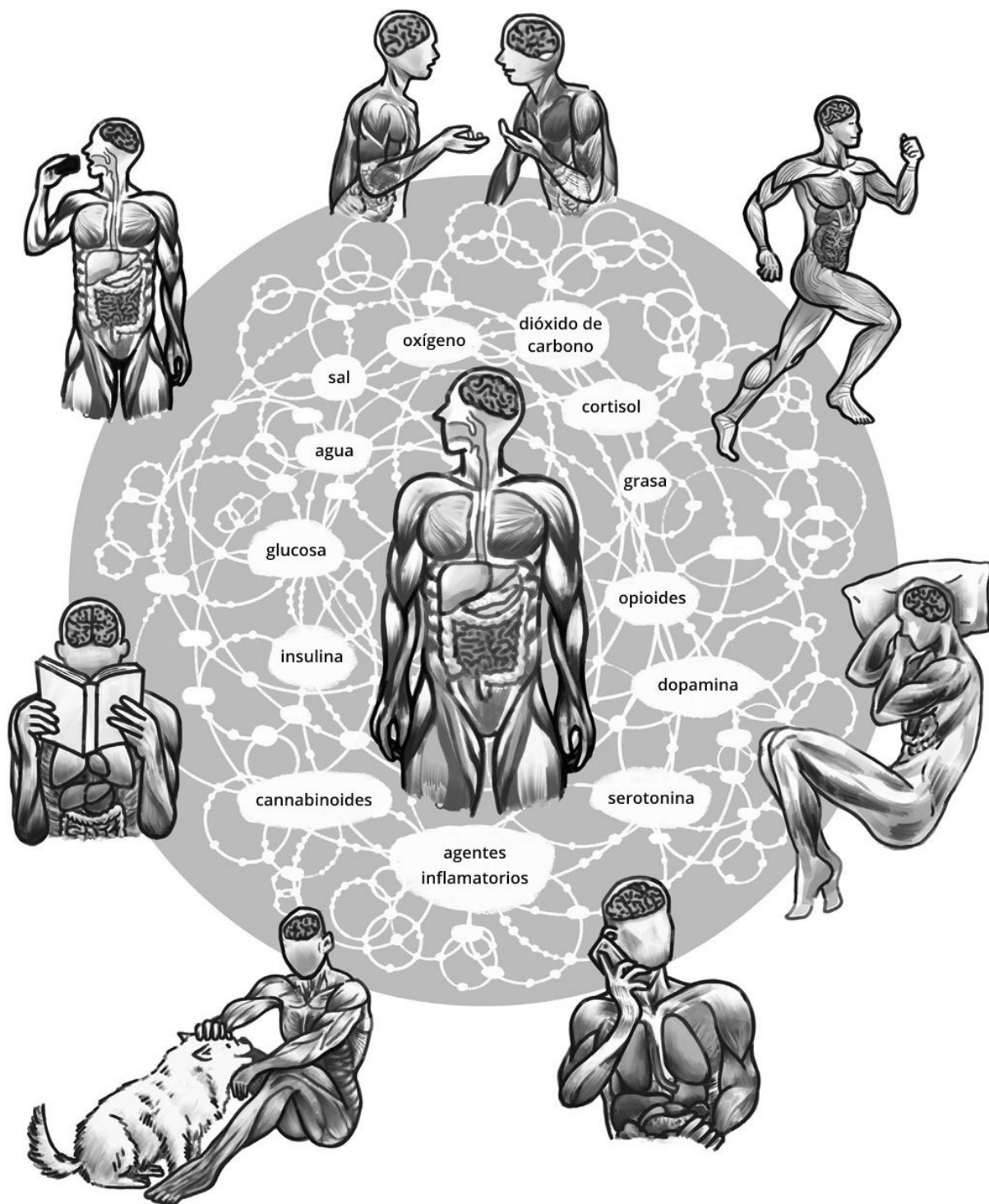
Tanto los cazadores como los cazados se beneficiaron asimismo de otra nueva habilidad: un tipo de movimiento más sofisticado. Para el anfioxo, cuyos nervios para percibir y para moverse se hallaban entrelazados, el movimiento era extremadamente básico. Cada vez que su chorro de comida se convertía en un mero goteo, serpenteaba en una dirección aleatoria para plantarse en otro sitio. Ante cualquier sombra amenazadora su cuerpo se limitaba a salir disparado. En el nuevo mundo de la caza, en cambio, tanto los depredadores como las presas empezaron a desarrollar sistemas de

movimiento —o sistemas motores— más capaces que les permitían desplazarse con mayor velocidad y destreza. Los animales más recientes podían salir disparados y cambiar de dirección a voluntad para acercarse a cosas como la comida y huir de otras como las amenazas de diversas formas que se adaptaban a su entorno.

Una vez que las criaturas pudieron percibir a distancia y realizar movimientos más sofisticados, la evolución favoreció a las que realizaban esas tareas de manera eficiente. Si perseguían una comida pero se movían demasiado despacio, otras criaturas se hacían con ella y se la comían antes. Si quemaban energía huyendo de una amenaza potencial que nunca llegaba, desperdiciaban unos recursos que podían necesitar más tarde. La eficiencia energética fue clave para la supervivencia.

Podemos concebir la eficiencia energética como una especie de presupuesto. Un presupuesto financiero sigue el rastro del dinero a medida que se gana y se gasta. De manera similar, un presupuesto corporal controla los recursos como el agua, la sal y la glucosa a medida que los ganamos y los perdemos. Cada acción que gasta recursos, como nadar o correr, es como un «reintegro» de la cuenta, mientras que las acciones que reponen dichos recursos, como comer y dormir, son como «ingresos». Esta es una explicación simplificada, pero capta la idea clave de que el funcionamiento de un cuerpo requiere recursos biológicos. Cada acción que se realiza (o se deja de realizar) es una decisión económica: nuestro cerebro intenta conjeturar cuándo debe gastar recursos y cuándo debe ahorrarlos.

La mejor forma de ajustarse a un presupuesto financiero, como probablemente sepa el lector por propia experiencia, es evitar sorpresas: anticipar nuestras necesidades financieras antes de que surjan y asegurarse de disponer de los recursos necesarios para satisfacerlas. Lo mismo ocurre con un presupuesto corporal. Las pequeñas criaturas del Cámbrico necesitaban una forma energéticamente eficiente de sobrevivir cuando un depredador voraz andaba cerca. ¿Debían esperar a que la hambrienta bestia llevara a cabo su movimiento y luego reaccionar permaneciendo inmóviles o escondiéndose? ¿O debían anticiparse a la embestida y preparar sus cuerpos de antemano para escapar?



El cerebro gestiona un presupuesto corporal que regula el agua, la sal, la glucosa y muchos otros recursos biológicos de nuestro cuerpo. Los científicos denominan *alostasis* a este proceso de gestión presupuestaria.

En lo que a presupuestos corporales se refiere, la predicción gana a la reacción. Una criatura capaz de preparar su movimiento antes de que atacara el depredador tenía más probabilidades de seguir viva al día siguiente que otra que aguardara a que el depredador se abalanzara sobre ella. A las criaturas

que casi siempre acertaban en sus predicciones en ese sentido, o que cometían errores no fatales y aprendían de ellos, les iba bien. Por el contrario, las que solían predecir mal, no sabían detectar las amenazas reales o se alarmaban sin necesidad por falsas amenazas que nunca llegaban a materializarse tenían más problemas. Estas últimas exploraban menos su entorno, encontraban menos comida y sus probabilidades de reproducirse eran menores.

El nombre científico que define ese presupuesto corporal es *alostasis*^[5], un proceso que describe la capacidad de predecir y prepararse automáticamente para satisfacer las necesidades del cuerpo *antes de que estas surjan*. Mientras las criaturas del Cámbrico obtenían y gastaban recursos a lo largo del día percibiendo su entorno y moviéndose por él, la alostasis mantenía sus sistemas corporales en equilibrio la mayor parte del tiempo. No había problema en hacer «reintegros» con tal de que renovaran los recursos gastados de manera oportuna.

¿Cómo pueden los animales predecir las necesidades futuras de su cuerpo? La mejor fuente de información proviene de su pasado: las acciones que han realizado en otras ocasiones en circunstancias similares. Si una acción pasada les aportó beneficios, como una huida exitosa o una sabrosa comida, es probable que la repitan. Los animales de todas las clases, incluidos los humanos, evocan de una manera u otra experiencias pasadas a fin de preparar sus cuerpos para la acción. La predicción es una capacidad tan útil que incluso las criaturas unicelulares planifican sus acciones de forma predictiva. Los científicos todavía intentan comprender cómo lo hacen.

Imaginemos, pues, a una pequeña criatura cámbrica flotando a la deriva en la corriente. Un poco más adelante detecta un objeto que podría resultar apetitoso. ¿Y ahora qué? Puede moverse, pero ¿debería hacerlo? Al fin y al cabo, desplazarse consume energía del presupuesto. Económicamente hablando, el movimiento debe *compensar el esfuerzo*^[6]. Esa es una predicción, basada en la experiencia pasada, que prepara un cuerpo para la acción. Aclaremos que no me estoy refiriendo aquí a una decisión consciente y reflexiva en la que se sopesan los pros y los contras. Lo que digo es que debe ocurrir *algo* dentro de una criatura para predecir e iniciar una serie de movimientos en lugar de otra. Y ese *algo* refleja cierta capacidad para determinar si compensan o no. El valor de cualquier movimiento está íntimamente ligado al presupuesto corporal por alostasis.

Mientras tanto, los antiguos animales siguieron desarrollando cuerpos más grandes y complejos. Eso implicaba que el interior de sus cuerpos también se volvía más sofisticado^[7]. El anfioxo —el pequeño estómago en un palo—

casi no tenía sistemas corporales que regular. Bastaban un puñado de células para mantener su cuerpo vertical en el agua y digerir la comida a través de su primitivo intestino. Los animales más recientes, por el contrario, desarrollaron intrincados sistemas internos, como un sistema cardiovascular con un corazón que bombea sangre, un sistema respiratorio que absorbe oxígeno y elimina el dióxido de carbono, y un sistema inmunitario que se adapta a las necesidades para combatir las infecciones. El desarrollo de este tipo de sistemas conllevó que el presupuesto corporal resultara mucho más complicado, menos parecido a una única cuenta bancaria y más similar al departamento de contabilidad de una empresa importante. Esos organismos complejos necesitaban algo más que un puñado de células para garantizar que el agua, la sangre, la sal, el oxígeno, la glucosa, el cortisol, las hormonas sexuales y docenas de otros recursos estuvieran todos ellos bien regulados para mantener el cuerpo funcionando de manera eficiente. Necesitaban un centro de mando. Un *cerebro*.

Y así, a medida que los animales fueron desarrollando gradualmente cuerpos más grandes con más sistemas que mantener, el puñado de células encargadas de su presupuesto corporal también evolucionaron para convertirse en cerebros caracterizados por una complejidad cada vez mayor. Saltemos unos cientos de millones de años y situémonos en un momento en que la Tierra está plagada de todo tipo de cerebros complejos, incluido el nuestro: un cerebro que supervisa de manera eficiente más de 600 músculos en movimiento, equilibra docenas de hormonas distintas, bombea sangre a un ritmo de 7600 litros diarios, regula la energía de miles de millones de células cerebrales, digiere los alimentos, excreta los desechos y combate las enfermedades; y todo ello de manera ininterrumpida durante una media de alrededor de setenta y dos años. Nuestro presupuesto corporal es el equivalente a miles de cuentas financieras en una gigantesca corporación multinacional, y tenemos un cerebro que está a la altura de la tarea. Además, toda esa actividad presupuestaria se desarrolla en un mundo enormemente complejo cuya dificultad se ve acrecentada aún más por los cerebros de los otros cuerpos con quienes lo compartimos.

Volvamos, pues, a nuestra cuestión original: ¿por qué evolucionó un cerebro como el nuestro? Esa pregunta no tiene respuesta, puesto que la evolución no actúa con propósito alguno; no hay un «por qué». Pero sí *podemos* saber cuál es la función más importante de nuestro cerebro. No es la racionalidad. Ni la emoción. Ni la imaginación, la creatividad o la empatía. La función más importante del cerebro es controlar nuestro cuerpo —

gestionar la homeostasis— prediciendo las necesidades energéticas antes de que estas surjan para que podamos realizar de manera eficiente movimientos que compensen el gasto de energía y así sobrevivir. El cerebro invierte continuamente nuestra energía con la esperanza de obtener un buen rendimiento en forma, por ejemplo, de comida, refugio, afecto o protección física, a fin de que podamos realizar la tarea más vital de la naturaleza: transmitir nuestros genes a la generación siguiente.

En suma, la función más importante de nuestro cerebro no es pensar: es gobernar el cuerpo de un gusanito que se ha ido volviendo muy muy complejo.

Por supuesto, nuestro cerebro *ciertamente* piensa, siente, imagina y crea cientos de otras experiencias, como la que permite al lector hacer cosas como leer y entender este libro. Pero todas esas capacidades mentales son consecuencia de su misión central de mantenernos vivos y coleando mediante la gestión de nuestro presupuesto corporal. Todo lo que crea el cerebro, desde los recuerdos hasta las alucinaciones, desde el éxtasis hasta la vergüenza, forma parte de esa misión. A veces, nuestro cerebro elabora un presupuesto a corto plazo, como cuando uno toma café para quedarse despierto hasta tarde y terminar un proyecto, sabiendo que está tomando prestada una energía que tendrá que devolver al día siguiente. En otras ocasiones, el cerebro presupone a largo plazo, como cuando uno pasa años aprendiendo una habilidad difícil, como las matemáticas o la carpintería, que requiere una inversión sostenida, pero que a la larga le ayudará a sobrevivir y prosperar.

Ni el lector ni yo experimentamos cada pensamiento, cada sentimiento de felicidad, enfado o asombro, cada abrazo que damos o recibimos, cada favor que hacemos o cada insulto que soportamos como un «ingreso» o un «reintegro» en nuestros presupuestos metabólicos; pero, en el fondo, eso es lo que ocurre. Esta idea es fundamental para entender cómo funciona nuestro cerebro y, a la vez, cómo mantenerse sano y vivir una vida más larga y significativa.

Esta pequeña historia evolutiva es el comienzo de un relato más largo sobre nuestro cerebro y los otros cerebros que nos rodean. En las siete breves lecciones siguientes haremos un recorrido a través de los extraordinarios hallazgos científicos de la neurociencia, la psicología y la antropología que han revolucionado nuestra comprensión de lo que sucede dentro del cráneo. El lector aprenderá qué es lo que hace peculiar el cerebro humano en un reino animal lleno de cerebros asombrosos, explorará cómo los cerebros de los

bebés se transforman gradualmente en cerebros adultos y descubrirá cómo pueden surgir diferentes tipos de mentes a partir de una única estructura cerebral humana. Incluso abordaremos la cuestión de la realidad: ¿qué nos da el poder de inventar costumbres, reglas y civilizaciones? Y de paso revisaremos el presupuesto corporal y la predicción, y su papel fundamental en la creación de nuestras acciones y experiencias. También descubriremos las potentes conexiones que existen entre nuestro cerebro, nuestro cuerpo y los cerebros de otros cuerpos humanos. Al finalizar el libro, espero que el lector se alegre, como yo, de saber que los sesos sirven para mucho más que para pensar.

LECCIÓN 1

Tenemos un cerebro (no tres)

Hace dos mil años, en la antigua Grecia, un filósofo llamado Platón relató una guerra. No una guerra entre ciudades o naciones, sino una que se libra en el interior de cada ser humano. La mente humana —escribió Platón^[8]— es una batalla interminable entre tres fuerzas internas para controlar nuestro comportamiento. La primera de dichas fuerzas la forman los instintos básicos de supervivencia, como el hambre y el deseo sexual. La segunda está constituida por nuestras emociones, como la alegría, la ira y el miedo. Juntos —sostenía Platón—, los instintos y las emociones son como animales que pueden llevar nuestra conducta en direcciones divergentes y quizá desacertadas. Para contrarrestar este caos tenemos la tercera fuerza interior, el pensamiento racional, cuya finalidad es refrenar a ambas bestias y guiarnos por un camino más recto y civilizado.

La fascinante fábula moral de Platón sobre el conflicto interno sigue siendo uno de los relatos más apreciados de la civilización occidental. ¿Quién de nosotros no ha sentido nunca un tira y afloja interior entre el deseo y la razón?

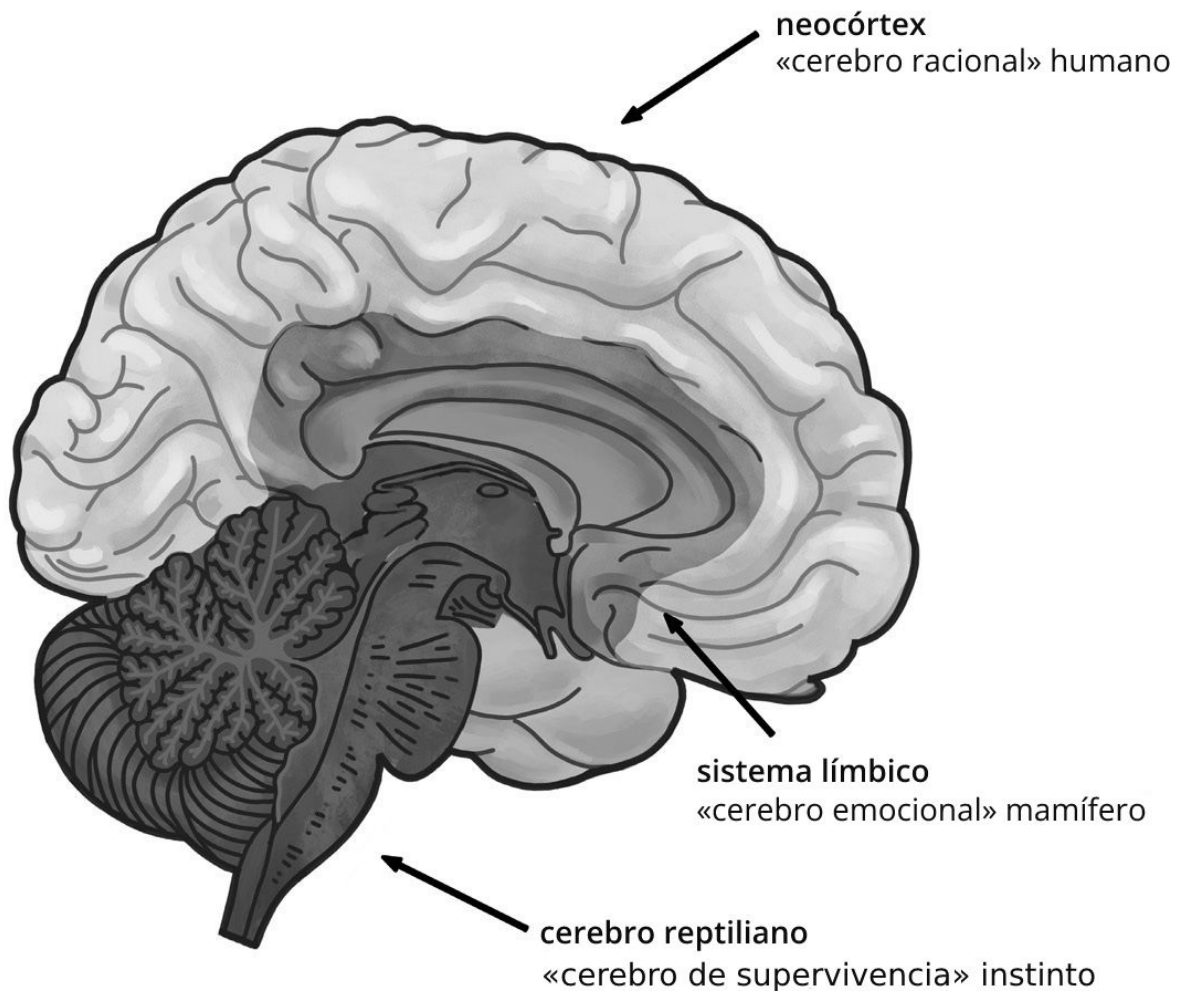
Quizá no resulte sorprendente, pues, que más tarde los científicos representaran la batalla de Platón en el cerebro^[9] en un intento de explicar la evolución cerebral humana. Hubo un tiempo —dijeron— en que fuimos lagartos. Hace trescientos millones de años, ese cerebro reptiliano estaba estructurado para satisfacer impulsos básicos como alimentarse, luchar y aparearse. Aproximadamente cien millones de años después, el cerebro desarrolló una nueva parte que nos dotó de emociones; entonces fuimos mamíferos. Por último, el cerebro desarrolló una parte racional para regular a nuestras bestias internas. Así nos convertimos en humanos y vivimos lógicamente desde entonces.

Según esta historia evolutiva, el cerebro humano terminó teniendo tres capas: una para sobrevivir, otra para sentir y otra para pensar; una estructura

conocida como *cerebro trino*. Se afirma que la capa más profunda, el cerebro de lagarto o *cerebro reptiliano* —que supuestamente heredamos de antiguos reptiles—, alberga nuestros instintos de supervivencia. La capa intermedia, denominada *sistema límbico*, supuestamente contiene antiguas zonas relacionadas con la emoción que heredamos de los mamíferos prehistóricos. Por último, se dice que la capa más externa —una sección de la corteza cerebral^[10]— es exclusivamente humana y la fuente del pensamiento racional; se conoce como *neocórtex* (o «nueva corteza»). Una parte del neocórtex, la llamada corteza prefrontal, supuestamente regula el cerebro emocional y el cerebro de lagarto para mantener a raya a nuestro ser irracional y animal. Los defensores de la idea del cerebro trino señalan que los humanos tenemos una corteza cerebral muy grande, que consideran una evidencia de nuestra naturaleza claramente racional.

Puede que el lector haya observado que a estas alturas he ofrecido dos descripciones distintas de la evolución del cerebro humano. En la media lección anterior afirmaba que los cerebros desarrollaron sistemas sensoriales y motores cada vez más elaborados al tiempo que presupuestaban los recursos energéticos de cuerpos cada vez más complejos. Pero la historia del cerebro trino sostiene que el cerebro evolucionó en capas que permiten que la racionalidad triunfe sobre nuestros impulsos y emociones animales. ¿Cómo reconciliar estas dos visiones científicas?

Afortunadamente, no tenemos que reconciliarlas, ya que una de ellas es errónea. La idea del cerebro trino es uno de los errores más generalizados y que mayor fortuna ha hecho de toda la ciencia^[11]. Sin duda es una historia fascinante y a veces capta muy bien cómo nos sentimos en nuestra vida diaria. Por ejemplo, cuando nuestras papilas gustativas se sienten tentadas por una deliciosa porción de esponjoso pastel de chocolate, pero la rechazamos porque la verdad es que acabamos de desayunar, es fácil creer que nuestro impulsivo lagarto interior y nuestro sistema límbico emocional nos empujan hacia el pastel, mientras que nuestro neocórtex racional logra someterlos a ambos.



El concepto de cerebro trino.

Pero los cerebros humanos no funcionan así. El mal comportamiento no proviene de desbocadas bestias internas ancestrales, ni el buen comportamiento es el resultado de la racionalidad. Y la racionalidad y la emoción no están en guerra... ni siquiera se sitúan en partes separadas del cerebro.

La idea del cerebro de tres capas fue propuesta por diversos científicos a lo largo de los años y formalizada a mediados del siglo xx por un médico llamado Paul MacLean. Este concibió un cerebro estructurado como la batalla de Platón y confirmó su hipótesis utilizando la mejor tecnología disponible en aquel momento: la inspección visual. Esta implicaba observar a través de un microscopio los cerebros de varios lagartos y mamíferos muertos, incluidos humanos, e identificar sus similitudes y diferencias solo con la vista. MacLean determinó que el cerebro humano tenía un conjunto de partes nuevas de las que carecían los cerebros de otros mamíferos, a las que llamó neocórtex. También llegó a la conclusión de que los cerebros de los

mamíferos poseían un conjunto de partes que no tenían los cerebros de los reptiles y les dio el nombre de sistema límbico. Así nació un relato sobre el origen humano.

La historia de MacLean sobre el cerebro trino cobró fuerza en ciertos sectores de la comunidad científica. Sus especulaciones eran sencillas, elegantes y aparentemente coherentes con las ideas de Charles Darwin sobre la evolución de la cognición humana. En su libro *El origen del hombre*, Darwin afirmaba que la mente humana había evolucionado junto con el cuerpo y, en consecuencia, cada uno de nosotros albergaba una bestia interior ancestral a la que domesticábamos mediante el pensamiento racional.

En 1977, el astrónomo Carl Sagan popularizó la idea del cerebro trino en su libro *Los dragones del Edén*, que ganó un premio Pulitzer. Hoy en día, las expresiones como *cerebro reptiliano* y *sistema límbico* campan a sus anchas en libros de divulgación científica y artículos de periódicos y revistas. De hecho, mientras escribía esta lección me tropecé con un número especial de *Harvard Business Review* en mi supermercado local donde se explicaba cómo «estimular el cerebro reptiliano de su cliente para hacer una venta». Al lado había un número especial de *National Geographic* donde se enumeraban las regiones cerebrales que integran el supuesto «cerebro emocional».

Un hecho menos conocido es que *Los dragones del Edén* apareció cuando los expertos en la evolución del cerebro ya tenían sólidas evidencias de que la historia del cerebro trino era incorrecta; eran evidencias ocultas a simple vista que residían en la composición molecular de las células cerebrales llamadas neuronas. En la década de 1990 los expertos ya habían rechazado por completo la idea del cerebro de tres capas: simplemente dejó de sostenerse cuando analizaron las neuronas con herramientas más sofisticadas.

En la época de MacLean, los científicos comparaban el cerebro de un animal con el de otro inyectándoles una tintura, cortándolos en finas rodajas como si fuera fiambre, y entornando los ojos para observar las rodajas teñidas a través de un microscopio. Los neurocientíficos que hoy estudian la evolución del cerebro todavía hacen eso, pero también utilizan otros métodos más novedosos que les permiten mirar dentro de las neuronas y examinar los genes que contienen. De ese modo han descubierto que las neuronas de dos especies de animales pueden *parecer* muy distintas pero *aun así contener los mismos genes*, lo que sugiere que esas neuronas tienen el mismo origen evolutivo. Si encontramos los mismos genes en ciertas neuronas humanas y de rata, por ejemplo, entonces lo más probable es que hubiera neuronas similares con dichos genes presentes en nuestro último ancestro común^[12].

Utilizando estos métodos, los científicos han descubierto que la evolución no añade capas a la anatomía del cerebro como si fueran capas geológicas de roca sedimentaria. Pero el hecho es que los cerebros humanos son manifiestamente distintos de los cerebros de las ratas; entonces, ¿en qué se diferencian exactamente nuestros cerebros, si no es mediante la adición de capas?

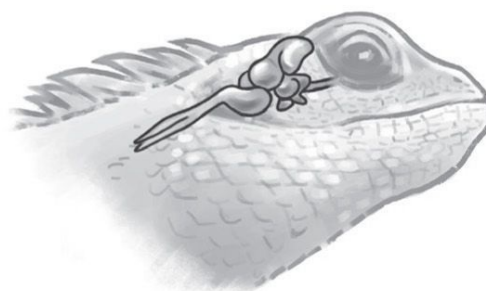
Resulta que, a medida que los cerebros se hacen más grandes a lo largo del tiempo evolutivo, su estructura se reorganiza^[13].

Permítame explicárselo con un ejemplo. Nuestro cerebro tiene cuatro grupos de neuronas, o regiones cerebrales, que nos permiten percibir los movimientos del cuerpo y contribuyen a crear el sentido del tacto. El conjunto de estas regiones cerebrales se conoce como corteza somatosensorial primaria. En el cerebro de la rata, en cambio, la corteza somatosensorial primaria está compuesta de una única región que realiza esas mismas tareas. Si nos limitáramos a examinar un cerebro humano y uno de rata a simple vista, como hizo MacLean, podríamos llegar a creer que las ratas carecen de tres regiones somatosensoriales que se encuentran en el cerebro humano, y, en consecuencia, podríamos concluir que esas tres regiones han evolucionado recientemente en los humanos y deben de tener nuevas funciones específicas de estos últimos.

Sin embargo, los científicos han descubierto que nuestras cuatro regiones y la única región de la rata contienen una buena parte de los mismos genes. Este jugoso dato plantea una idea sobre la evolución: que el último ancestro común de los humanos y los roedores, que vivió hace unos sesenta y seis millones de años, probablemente tenía una única región somatosensorial que realizaba algunas de las funciones que nuestras cuatro regiones realizan hoy. Aquella región única probablemente se expandió y subdividió para redistribuir sus responsabilidades a medida que nuestros antepasados fueron desarrollando cuerpos y cerebros más grandes. Esta configuración de las regiones cerebrales —consistente primero en segregar y luego en integrar^[14]— crea un cerebro más complejo, capaz de controlar a su vez un cuerpo también más complejo y de mayor tamaño.



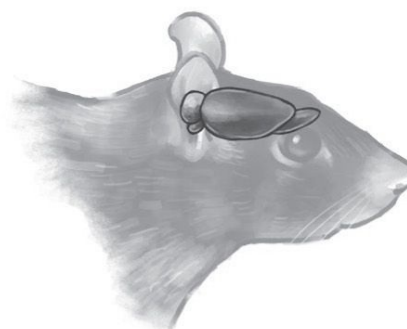
lamprea



lagarto



pez



ratón



macaco



humano

Los cerebros de muchos animales parecen muy distintos a simple vista.

Comparar cerebros de diferentes especies para descubrir qué similitudes tienen es un asunto delicado, puesto que los caminos de la evolución son tortuosos e impredecibles. Lo que se ve no es siempre lo que hay. Partes que parecen distintas a simple vista pueden ser genéticamente parecidas y partes que difieren genéticamente pueden parecer muy similares. Y aunque se encuentren los mismos genes en el cerebro de dos animales distintos, esos genes pueden tener diferentes funciones.

Gracias a diversas investigaciones recientes en genética molecular, hoy sabemos que los reptiles y los mamíferos no humanos tienen los mismos tipos de neuronas que los humanos^[15], incluso aquellas que configuran nuestro

mítico neocórtex. Los cerebros humanos no evolucionaron a partir de los cerebros de los reptiles desarrollando partes adicionales para albergar la emoción y la racionalidad. En cambio, sucedió algo más interesante.

Recientemente los científicos han descubierto que los cerebros de *todos los mamíferos* están contruidos a partir de un único «plan de fabricación», y es muy probable que los de los reptiles y otros vertebrados también obedezcan a ese mismo plan. Muchas personas, entre ellas numerosos neurocientíficos, todavía no están familiarizadas con este trabajo, y quienes lo conocen apenas están empezando a comprender sus implicaciones.

Ese plan común de fabricación del cerebro^[16] se pone en marcha poco después de la concepción, cuando el embrión empieza a producir neuronas. Las neuronas que configuran el cerebro de un mamífero se crean en un orden sorprendentemente predecible. Ese orden es el mismo en ratones, ratas, perros, gatos, caballos, osos hormigueros, humanos y todas las demás especies de mamíferos estudiadas hasta ahora, y las pruebas genéticas apuntan firmemente a que también se da en los reptiles, las aves y algunos peces. En efecto, según nuestro conocimiento científico más puntero tenemos el mismo plan cerebral que una lamprea chupasangre.

Si los cerebros de tantos vertebrados se desarrollan en el mismo orden, ¿por qué luego parecen tan diversos unos de otros? Pues porque el proceso de fabricación se desarrolla en etapas, y esas etapas *tienen una duración distinta* en las diferentes especies. Los componentes biológicos básicos son los mismos, lo que difiere son los tiempos del proceso. Por ejemplo, la etapa que produce las neuronas de la corteza cerebral en los humanos dura menos tiempo en los roedores y mucho menos aún en los lagartos; de ahí que nuestra corteza cerebral sea grande, la de un ratón más pequeña y la de una iguana minúscula (o inexistente: la cuestión es discutible). Si pudiéramos introducirnos mágicamente en un embrión de lagarto y obligar a esa etapa a prolongarse para que durara lo mismo que en los humanos, produciría algo similar a una corteza cerebral humana (aunque no funcionaría como tal; el tamaño no lo es todo, ni siquiera para un cerebro).

De modo que el cerebro humano no tiene partes añadidas^[17]. Nuestras neuronas cerebrales pueden encontrarse en los cerebros de otros mamíferos y, probablemente, de otros vertebrados. Este descubrimiento socava los fundamentos evolutivos de la historia del cerebro trino.

¿Y qué ocurre con el resto de la historia, con lo de que el cerebro humano tiene una corteza cerebral inusualmente grande que nos convierte en el más racional de los animales? Bueno, es cierto que nuestra corteza cerebral es

grande y se ha ido expandiendo a lo largo del tiempo evolutivo, y que eso nos permite hacer ciertas cosas un poco mejor que otros animales, como veremos en las lecciones siguientes. Pero la verdadera cuestión aquí es si la corteza cerebral humana se ha hecho más grande que la de otros animales en proporción al resto del cerebro. Por lo tanto, resulta científicamente más significativo preguntarse: *¿es nuestra corteza cerebral inusualmente grande teniendo en cuenta el tamaño general de nuestro cerebro?*

Para entender por qué esta pregunta es más adecuada, consideremos una analogía. Piense por un momento en la diversidad de cocinas que ha visto en las casas en las que ha estado. Algunas de ellas son grandes; otras, pequeñas. Imagine que se encuentra en una cocina gigantesca. Podría pensar: «¡Vaya, a esta gente le encanta cocinar!». ¿Es esta una conclusión razonable? No, si se basa únicamente en el tamaño de la cocina. También habría que considerar dicho tamaño en proporción al resto de la casa. Una cocina grande en una casa grande es normal: es solo una versión ampliada del plano de distribución de una casa corriente. Sin embargo, es mucho más probable que haya una razón especial que justifique el tamaño de una cocina enorme en una casa pequeña, como, por ejemplo, que sus ocupantes sean amantes de la gastronomía.

El mismo principio se aplica a los cerebros. Un cerebro grande con una corteza cerebral proporcionalmente grande no tendría nada de especial, y, de hecho, eso es exactamente lo que tenemos los humanos. *Todos* los mamíferos tienen una corteza relativamente grande en un cerebro que también es relativamente grande en proporción al tamaño de su cuerpo. Nuestra corteza es solo una versión ampliada de la corteza relativamente más pequeña que se encuentra en monos no antropomorfos, en los chimpancés y en muchos carnívoros cuyo cerebro es también relativamente más pequeño. También es una versión reducida de la corteza de mayor tamaño que se encuentra en los cerebros —asimismo más grandes— de animales como los elefantes y las ballenas. Si el cerebro de un mono pudiera crecer hasta alcanzar el tamaño del cerebro de un humano, su corteza cerebral también tendría el mismo tamaño que la nuestra. Los elefantes tienen mucha más corteza cerebral que nosotros, pero también la tendría un cerebro humano del tamaño del de un elefante.

El tamaño de nuestra corteza cerebral, pues, no resulta evolutivamente novedoso ni requiere ninguna explicación especial. El tamaño tampoco dice nada acerca de cuán racional es una determinada especie (de ser así, puede que los filósofos más famosos fueran Horton, Babar y Dumbo). Los científicos e intelectuales occidentales concibieron la idea de la gran corteza

racional y la han mantenido viva durante muchos años. Pero la verdadera historia es que en el transcurso de la evolución ciertos genes mutaron para hacer que determinadas etapas del desarrollo del cerebro se prolongaran durante más o menos tiempo, produciendo un cerebro con diversas partes proporcionalmente más grandes o más pequeñas.

De modo que no tenemos un lagarto interior ni el cerebro emocional de una bestia. No existe nada parecido a un sistema límbico consagrado a las emociones^[18]. Y nuestro mal llamado neocórtex no es una parte nueva: muchos otros vertebrados desarrollan las mismas neuronas, que en algunos animales se organizan formando una corteza cerebral si las etapas clave duran lo suficiente. Todo lo que el lector pueda leer o escuchar que proclame que el neocórtex, la corteza cerebral o la corteza prefrontal humanos constituyen la raíz de la racionalidad, o que afirme que el lóbulo frontal regula las llamadas áreas cerebrales emocionales para mantener a raya el comportamiento irracional, resulta sencillamente obsoleto o lamentablemente incompleto. La idea del cerebro trino y su batalla épica entre la emoción, el instinto y la racionalidad no es más que un mito moderno^[19].

Aclaremos que no estoy diciendo aquí que nuestro gran cerebro no tenga ventajas (en las lecciones siguientes examinaremos qué ventajas aporta). Y, si bien es cierto que somos el único animal capaz de construir rascacielos e inventar las patatas fritas, como veremos, esas habilidades no se deben únicamente a nuestros grandes cerebros. Además, otros animales han desarrollado habilidades que superan las nuestras de manera significativa. Nosotros no tenemos alas para volar; no podemos levantar cincuenta veces nuestro propio peso; no podemos regenerar las partes amputadas de nuestro cuerpo: para nosotros tales habilidades serían como los poderes de los superhéroes, pero en cambio son lo más normal del mundo para otras criaturas supuestamente inferiores. Incluso las bacterias tienen más talento que nosotros en ciertas tareas, como sobrevivir en entornos hostiles y desconocidos como el espacio exterior o el interior de nuestros intestinos.

La selección natural no nos eligió como objetivo; solo somos un tipo de animal interesante^[20] con peculiares adaptaciones que nos ayudaron a sobrevivir y reproducirnos en entornos concretos. Los demás animales no son inferiores a los humanos. Están excepcional y eficazmente adaptados a sus propios entornos. Nuestro cerebro no está *más* evolucionado que el de una rata o el de un lagarto: solo ha evolucionado de manera *distinta*.

Si esto es así, ¿por qué el mito del cerebro trino sigue siendo tan popular? ¿Por qué los libros de texto universitarios siguen describiendo un sistema

límbico en el cerebro humano y afirmando que está regulado por la corteza cerebral? ¿Por qué sigue habiendo costosos cursos de formación para ejecutivos que enseñan a los directivos de las empresas a controlar sus cerebros reptilianos si los expertos en evolución cerebral descartaron esas ideas ya hace décadas? En parte, ello se debe a que esos expertos carecen de un buen departamento de relaciones públicas. Pero la causa principal es que el relato del cerebro trino nos resulta especialmente reconfortante. Con nuestra capacidad única de pensamiento racional —cuenta la historia—, triunfamos sobre nuestra naturaleza animal y ahora dominamos el planeta. Creer en el cerebro trino es otorgarnos a nosotros mismos el primer premio a la Mejor Especie.

La idea de la guerra de Platón, con la racionalidad enfrentada a la emoción y el instinto, ha sido durante mucho tiempo la mejor explicación de nuestro comportamiento en la cultura occidental. Si uno regula sus instintos y emociones de manera apropiada, se dice que su comportamiento es racional y responsable. Si elige no actuar racionalmente, su comportamiento puede calificarse de inmoral; y si simplemente no puede hacerlo se le considera un enfermo mental.

Pero ¿qué es, en cualquier caso, el comportamiento racional? Tradicionalmente es la ausencia de emoción: el pensamiento se considera racional, mientras que la emoción es supuestamente irracional. Pero eso no es necesariamente así. A veces la emoción es racional, como cuando uno siente miedo porque se halla en peligro inminente. Y a veces tampoco el pensamiento es racional, como cuando uno dedica horas y horas a navegar por las redes sociales y se dice a sí mismo que antes o después encontrará algo interesante.

Quizá la mejor forma de definir la racionalidad sea en términos de la función más importante del cerebro: controlar el presupuesto corporal; es decir, la gestión del agua, la sal, la glucosa y otros recursos corporales que utilizamos todos los días. Desde esta perspectiva, la racionalidad implica gastar o ahorrar recursos para tener éxito en nuestro entorno inmediato. Supongamos que nos hallamos en una situación en que corremos un peligro físico y nuestro cerebro nos prepara para huir. Da instrucciones a las glándulas suprarrenales, que se encuentran encima de los riñones, para que nos inunden de cortisol, una hormona que proporciona una rápida explosión de energía. Desde la perspectiva del cerebro trino, ese subidón de cortisol es instintivo, no racional; pero desde la perspectiva del presupuesto corporal, en

cambio, es racional, en tanto nuestro cerebro está invirtiendo sabiamente en nuestra supervivencia y en la existencia de nuestra descendencia potencial.

Si no hubiera peligro y nuestro cuerpo se preparara para huir de todos modos, ¿sería un comportamiento irracional? Depende del contexto. Imagine el caso de un soldado que se encuentra en una zona de guerra, donde regularmente surgen amenazas. Resulta apropiado que su cerebro prediga amenazas con frecuencia. A veces, este puede hacer una suposición incorrecta e inundarle de cortisol cuando en realidad no hay peligro. En cierto sentido, podríamos considerar esa falsa alarma un derroche innecesario de recursos que pueden necesitarse más adelante y, por lo tanto, una conducta irracional. En una zona de guerra, en cambio, esa misma falsa alarma puede ser racional desde la perspectiva del presupuesto corporal. Es posible que en ese momento uno desperdicie un poco de glucosa u otros recursos, pero a la larga tendrá más probabilidades de sobrevivir.

Si el soldado vuelve a casa después de la guerra y pasa a encontrarse en un entorno más seguro, pero su cerebro sigue emitiendo falsas alarmas, como ocurre en el trastorno de estrés postraumático, ese comportamiento aún podría considerarse racional. Su cerebro le está protegiendo de amenazas que cree que están presentes a pesar de que el frecuente consumo de recursos diezma su presupuesto corporal. El problema son las creencias del cerebro: estas no encajan en el nuevo entorno del soldado, y su cerebro aún no se ha adaptado a ello. De manera que lo que denominamos enfermedad mental puede ser muy bien un presupuesto corporal racional a corto plazo que no está en sintonía con el entorno inmediato, las necesidades de otras personas o nuestros propios intereses futuros.

El comportamiento racional, pues, implica hacer una sabia inversión presupuestaria corporal en una situación determinada. Cuando realizamos un ejercicio intenso, podemos experimentar un subidón de cortisol en el torrente sanguíneo que puede resultarnos desagradable, pero consideramos el ejercicio como algo racional porque resulta beneficioso para nuestra salud futura. También el subidón de cortisol que experimentamos cuando recibimos una crítica de un compañero de trabajo puede ser racional, en tanto permite que dispongamos de una mayor cantidad de glucosa, lo que nos facilita aprender algo nuevo.

Estas ideas, si se toman en serio, podrían sacudir los cimientos de todo tipo de instituciones sacrosantas de nuestra sociedad. En el mundo del derecho, por ejemplo, los abogados alegan que las emociones de sus clientes nublaron su razón en el calor de la pasión, y, por lo tanto, estos no son

plenamente culpables de sus actos. Pero sentirse angustiado no es una prueba de irracionalidad ni de que nuestro presunto cerebro emocional se haya apropiado de nuestro supuesto cerebro racional. La angustia puede ser una prueba de que todo el cerebro está gastando recursos para obtener una recompensa anticipada.

Muchas otras instituciones sociales están imbuidas de la noción de una mente en guerra consigo misma. En economía, los modelos de comportamiento de los inversores parten del supuesto de una clara distinción entre lo racional y lo emocional. En política, tenemos líderes con claros conflictos de intereses —como haber formado parte en el pasado de grupos de presión en favor de las mismas industrias que ahora se encargan de supervisar— que creen que pueden aparcarse fácilmente sus emociones y tomar decisiones racionales por el bien de la ciudadanía. Bajo estas nobles ideas subyace el mito del cerebro trino.

Tenemos un cerebro, no tres. Para superar la idea de la antigua batalla platónica puede que necesitemos repensar básicamente qué significa ser racional, qué significa ser responsable de nuestras acciones y, tal vez incluso, qué significa ser humano.

LECCIÓN 2

Nuestro cerebro es una red

Los cerebros de este planeta llevan miles de años reflexionando sobre el cerebro. Aristóteles creía que el cerebro era una cámara de refrigeración del corazón, algo parecido al radiador de un automóvil. Los filósofos de la Edad Media sostenían que ciertas cavidades cerebrales albergaban el alma humana. En el siglo XIX, una popular teoría denominada frenología describía el cerebro como un rompecabezas, donde cada pieza producía una cualidad humana distinta, como la autoestima, la destructividad o el amor.

Una cámara de refrigeración, la sede del alma, un rompecabezas... todo ello son solo metáforas inventadas para ayudarnos a comprender qué son los cerebros y cómo funcionan.

Hoy seguimos rodeados de supuestos hechos sobre el cerebro que en realidad también son solo metáforas. Si el lector ha escuchado alguna vez que el lado izquierdo de su cerebro es lógico mientras que el lado derecho es creativo, eso no es más que una metáfora. También lo es la idea de que nuestro cerebro cuenta con un «Sistema 1» para dar respuestas rápidas e instintivas y un «Sistema 2» para realizar un procesamiento más lento y reflexivo, conceptos que se abordan en el libro *Pensar rápido, pensar despacio*, del psicólogo Daniel Kahneman. (Kahneman deja muy claro que los Sistemas 1 y 2 son solo metáforas sobre la mente, pero aun así a menudo se confunden con estructuras cerebrales). Algunos científicos describen la mente humana como una colección de «órganos mentales» especializados en el miedo, la empatía, los celos y otras herramientas psicológicas que evolucionaron para garantizar la supervivencia; pero el cerebro en sí no está estructurado de ese modo. Nuestro cerebro tampoco se «enciende» con la actividad, como si tuviera unas partes activadas y otras desactivadas. Ni «almacena» los recuerdos como archivos de ordenador para recuperarlos y abrirlos más tarde. Estas ideas son metáforas derivadas de creencias sobre el cerebro que hoy están obsoletas.

Si los cerebros reales no funcionan como sugiere ninguna de esas metáforas y el cerebro trino es un mito, entonces, ¿cómo es realmente el cerebro que nos convierte en la clase de animal que somos? ¿Qué tipo de cerebro nos proporciona la capacidad de cooperar, las habilidades lingüísticas y el talento para deducir lo que otras personas piensan o sienten? ¿Qué tipo de cerebro es *necesario* para crear una mente humana?

La respuesta a estas preguntas empieza con una idea importante: nuestro cerebro es una *red*^[21], un conjunto de partes que están interconectadas de tal modo que funcionan como una sola unidad. Sin duda, el lector estará familiarizado con otras redes que hay a nuestro alrededor. Internet es una red de dispositivos conectados. Un hormiguero es una red de cavidades subterráneas conectadas por túneles. Una red social es un conjunto de personas conectadas. Nuestro cerebro, a su vez, es una red de 128 000 millones de neuronas^[22] conectadas como una estructura única, masiva y flexible.

La noción de una red cerebral no es una metáfora^[23]: es una descripción derivada de los mejores estudios científicos disponibles acerca de cómo evolucionaron los cerebros, cómo están estructurados y cómo funcionan. Y, como verá el lector, el concepto de estructura reticular nos facilitará un poco más llegar a comprender qué es lo que hace que el cerebro sea capaz de crear la mente.

¿Cómo se convierten 128 000 millones de neuronas individuales en una única red cerebral? En términos generales, podemos decir que cada neurona parece un pequeño arbolito^[24], con un frondoso ramaje en la parte superior, un largo tronco y raíces en la parte inferior (¡sí, lo sé, estoy usando una metáfora!). Las ramas, denominadas dendritas, reciben señales de otras neuronas, mientras que el tronco, que se llama axón, envía señales a otras neuronas a través de sus raíces.

Los 128 000 millones de neuronas de nuestro cerebro se comunican entre sí constantemente, día y noche. Cuando una neurona se activa, una señal eléctrica recorre su tronco hasta las raíces. Esta señal hace que las raíces liberen sustancias químicas en los espacios que separan unas neuronas de otras, denominados sinapsis. Esas sustancias químicas atraviesan la sinapsis y se adhieren al ramaje de otra neurona, lo que provoca que esta también se active; he aquí cómo una neurona transmite información a otra.

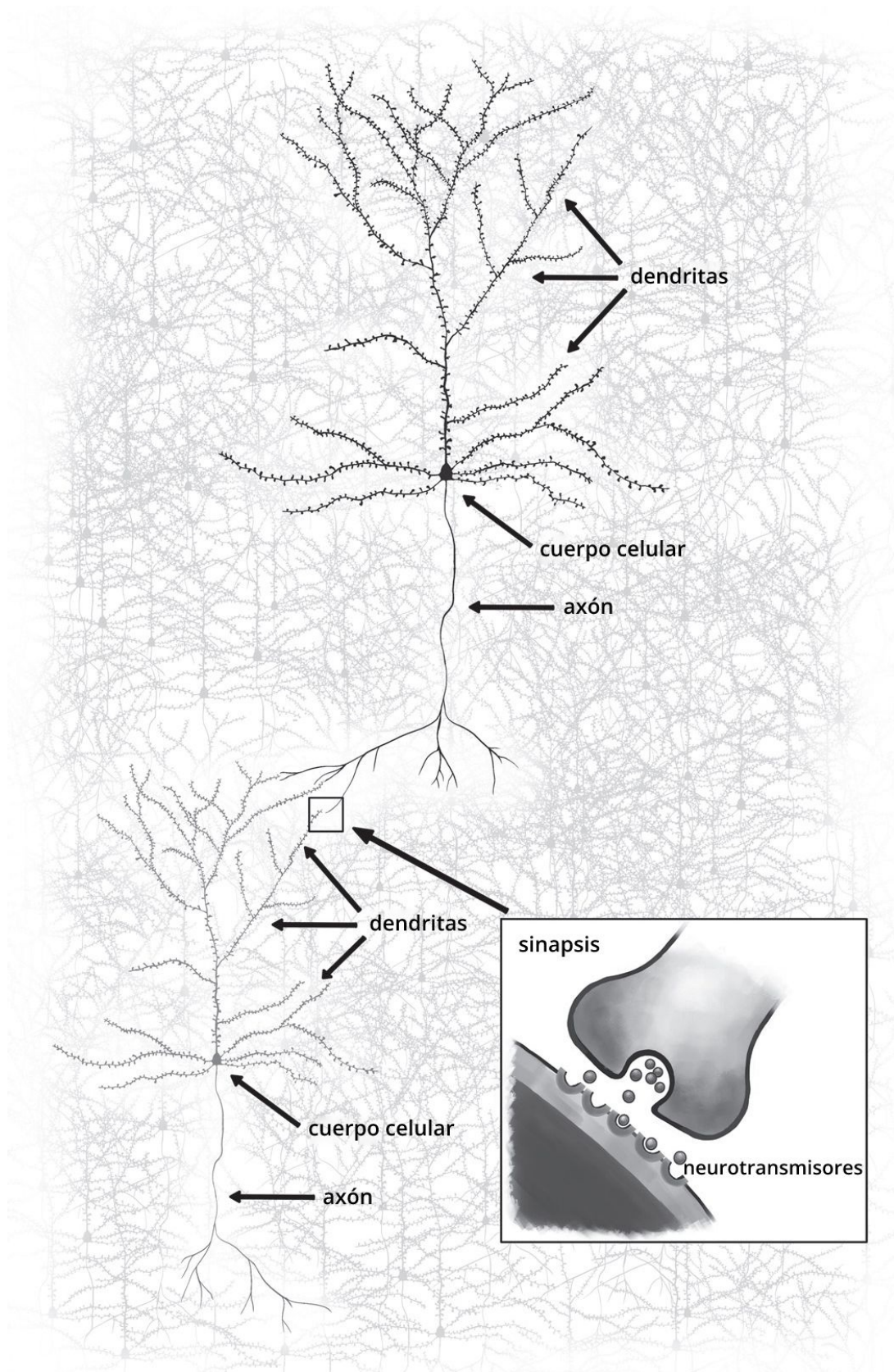
Esta disposición de dendritas, axones y sinapsis entrelaza nuestros 128 000 millones de neuronas individuales en una red. Para simplificar las

cosas, en adelante me referiré a esta estructura como el «cableado» del cerebro^[25].

Nuestra red cerebral siempre está «encendida». Las neuronas nunca permanecen ociosas esperando a que algo del mundo exterior las active. Lejos de ello, todas charlan constantemente entre sí a través de su cableado. Sus comunicaciones pueden volverse más fuertes o más débiles dependiendo de lo que esté sucediendo en el mundo exterior y en nuestro propio cuerpo, pero la conversación solo se detiene cuando nos morimos.

La comunicación que tiene lugar en nuestro cerebro es un ejercicio de equilibrio entre velocidad y coste. Cada neurona transmite información directamente a otros pocos miles de neuronas y recibe información de otros pocos miles más o menos, lo que produce más de 500 billones de conexiones directas de neurona a neurona. Esta es una cifra realmente grande, pero sería inmensamente mayor si cada neurona hablara directamente con *todas las demás* neuronas de la red. Una estructura así requeriría incrementar de tal modo el número de conexiones que el cerebro se quedaría sin recursos para mantenerlas.

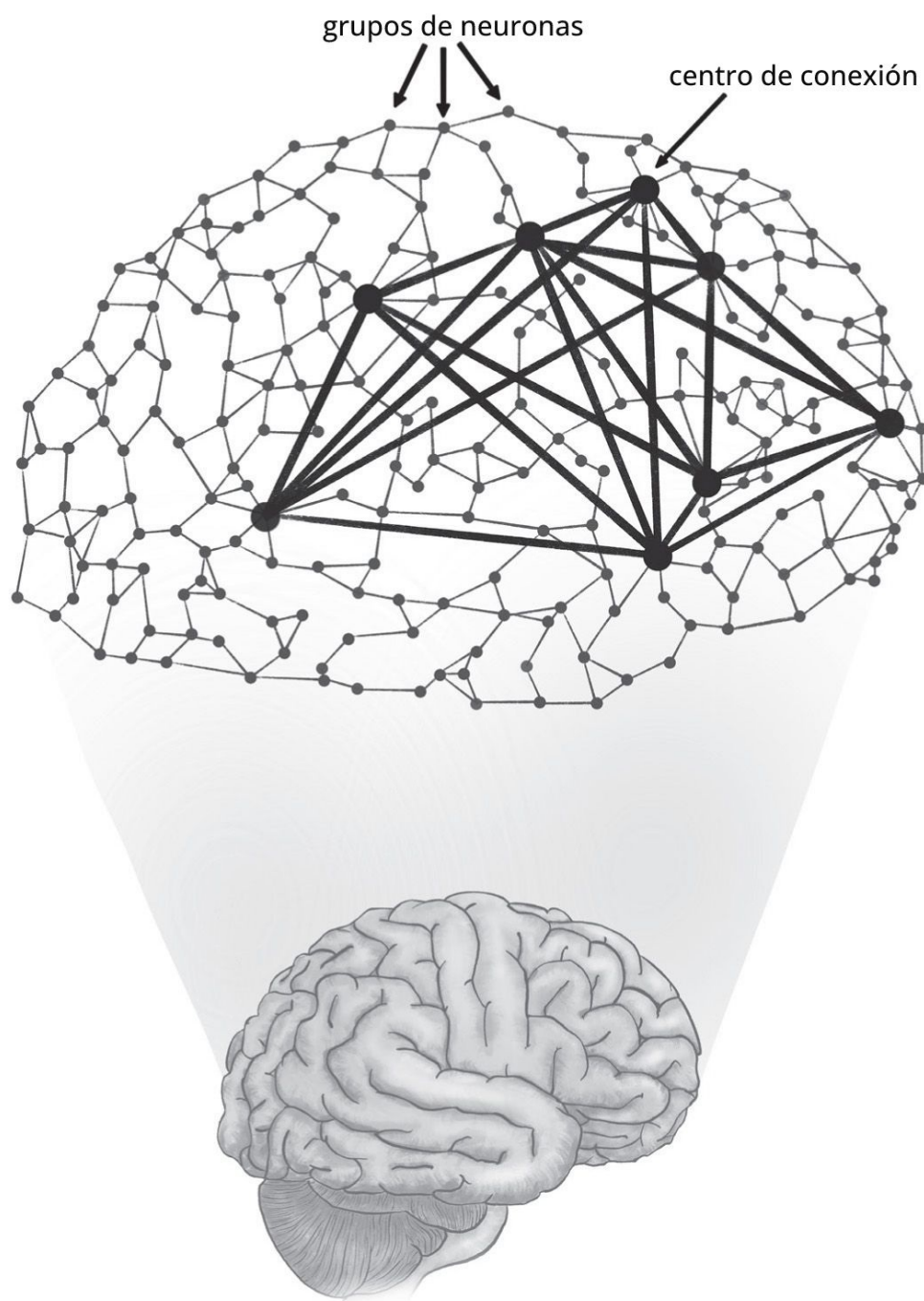
De ahí que tengamos un cableado más frugal, que se parece al sistema global de transporte aéreo (sí, aquí viene otra metáfora). El sistema de transporte aéreo es una red de unos 17 000 aeropuertos repartidos por todo el mundo. Mientras que el cerebro transporta señales eléctricas y químicas, esta red transporta pasajeros (y, con un poco de suerte, nuestro equipaje). Cada aeropuerto mantiene vuelos directos con *algunos* otros aeropuertos, pero no con *todos* los demás. Si cada aeropuerto enviara vuelos a todos los demás, el tráfico aéreo aumentaría en miles de millones de vuelos por año, todo el sistema se quedaría sin combustible, pilotos y pistas, y finalmente se colapsaría. En lugar de ello, algunos aeropuertos alivian la carga del resto actuando como centros de conexión. Por ejemplo, no hay ningún vuelo directo que vaya de Lincoln, la capital de Nebraska, a Roma, por lo que primero hay que volar de Lincoln a un centro de conexión como el Aeropuerto Internacional de Newark, en Nueva Jersey, y luego subirse a un segundo vuelo más largo de allí a Roma. Incluso es posible que haya que coger tres aviones y pasar por dos centros de conexión en un mismo viaje. El sistema de centros de conexión es flexible y escalable, y constituye la espina dorsal de los viajes internacionales. Permite que todos los aeropuertos participen a escala global, aunque muchos de ellos se centren en vuelos locales.



Las neuronas y su cableado.

Nuestra red cerebral está organizada de la misma manera. Las neuronas forman grupos que son como aeropuertos. La mayoría de las conexiones

entrantes y salientes de un grupo son de carácter local, de modo que, como haría un aeropuerto, el grupo sirve principalmente al tráfico local. Pero además algunos grupos actúan como centros de comunicación: están densamente conectados con muchos otros grupos y algunos de sus axones se extienden a través del cerebro y actúan como conexiones de larga distancia. Esos centros cerebrales, como los aeroportuarios, logran que un sistema complejo resulte eficiente. Permiten que la mayoría de las neuronas participen a escala global aunque se centren en un ámbito más local. Los centros de conexión forman la espina dorsal de la comunicación en todo el cerebro.



Grupos de neuronas vinculadas por centros de conexión.

Los centros de conexión son infraestructuras cruciales. Cuando un centro de conexión aeroportuaria importante como el de Newark o el de Heathrow deja de funcionar, los retrasos y cancelaciones de vuelos se propagan por todo el planeta. Así que imagine lo que sucede cuando deja de funcionar un centro de conexión cerebral. Las lesiones en dichos centros se asocian a la depresión, la esquizofrenia, la dislexia, el dolor crónico, la demencia, la enfermedad de Parkinson y otros trastornos. Los centros son puntos vulnerables porque son clave para la eficiencia: permiten que un cerebro humano funcione en un cuerpo humano sin agotar el presupuesto corporal.

Debemos agradecer a la selección natural que tengamos esta estructura de centros de conexión a la vez ligera y potente. Los científicos especulan con la posibilidad de que a lo largo del tiempo evolutivo las neuronas se organizaran en este tipo de red porque es potente y rápida, pero al mismo tiempo energéticamente eficiente y lo bastante pequeña para caber en el cráneo.

Nuestra red cerebral no es estática: cambia constantemente. Algunos cambios son extremadamente rápidos. El cableado del cerebro está bañado en sustancias químicas que completan las conexiones locales entre las neuronas. Estas sustancias químicas, como el glutamato, la serotonina y la dopamina, se denominan neurotransmisores, y su tarea consiste en facilitar o dificultar el paso de las señales a través de las sinapsis. Son como el personal aeroportuario —expendedores de billetes, inspectores de seguridad, personal de tierra—, que puede acelerar o ralentizar el flujo de pasajeros en un aeropuerto y sin los cuales no podríamos viajar en absoluto. Los cambios en la red se producen de manera instantánea y constante, a pesar de que la estructura física de nuestro cerebro parezca inalterada. Además, algunas de las sustancias químicas, como la serotonina y la dopamina, también pueden actuar sobre *otros neurotransmisores* para aumentar o disminuir sus efectos. Cuando las sustancias químicas del cerebro actúan de ese modo las denominamos neuromoduladores. Son como las condiciones climáticas de la ruta entre dos aeropuertos. Cuando el tiempo está despejado, los aviones vuelan deprisa; cuando hay tormenta, los vuelos se detienen o se desvían. En conjunto, los neuromoduladores y neurotransmisores permiten que la estructura única de nuestro cerebro asuma billones de patrones de actividad distintos.

Otros cambios que tienen lugar en la red son relativamente más lentos. Del mismo modo que los aeropuertos construyen o renuevan sus terminales, nuestro cerebro se halla constantemente en construcción. Las neuronas

mueren y en algunas partes del cerebro humano nacen otras. Las conexiones se vuelven más o menos numerosas y se fortalecen cuando las neuronas se activan a la vez mientras que se debilitan cuando no lo hacen. Estos cambios son ejemplos de lo que los científicos denominan *plasticidad*, y se producen a lo largo de toda nuestra vida. Cada vez que aprendemos algo —el nombre de un nuevo amigo o un dato interesante que leemos en las noticias—, la experiencia se codifica en nuestro cableado para que podamos recordarla, y con el tiempo esas codificaciones pueden modificar el propio cableado.

Nuestra red también es dinámica en otro aspecto. En la medida en que las neuronas cambian de interlocutor, una misma neurona puede asumir distintos papeles. Por ejemplo, nuestra capacidad visual se halla tan íntimamente ligada a un área concreta del cerebro —la llamada corteza occipital— que es habitual denominar también a dicha área corteza visual^[26]; sin embargo, sus neuronas frecuentemente transportan información relativa al oído y al tacto. De hecho, si durante unos días se les vendan los ojos a un grupo de personas con una visión normal^[27] y se les enseña a leer braille, las neuronas de su corteza visual incrementan su actividad dedicada al sentido del tacto. Cuando se les quita la venda el efecto desaparece al cabo de veinticuatro horas. De manera similar, cuando nace un bebé con cataratas congénitas, que impiden que su cerebro reciba información visual, las neuronas de la corteza visual se reutilizan y se ponen al servicio de sus otros sentidos.

Algunas neuronas de nuestro cerebro están conectadas de manera tan flexible que su principal función es tener muchas funciones. Un ejemplo de ello es una parte de la famosa corteza prefrontal denominada corteza prefrontal dorsomedial. Esta región del cerebro siempre está involucrada en el presupuesto corporal, pero también interviene regularmente, entre otras cosas, en la memoria, las emociones, la percepción, la toma de decisiones, el dolor, los juicios morales, la imaginación, el lenguaje y la empatía.

En general, ninguna neurona tiene una única función psíquica, aunque sí es *probable* que una determinada neurona contribuya a unas funciones más que a otras. Incluso cuando los científicos dan nombre a un área del cerebro porque la asocian a la función que realiza, como la «corteza visual» o la «red del lenguaje», el nombre tiende más a reflejar el enfoque del científico en ese momento que una función exclusiva realizada por esa parte del cerebro. No estoy diciendo que todas las neuronas puedan hacer de todo, pero sí que cualquier neurona puede hacer *más de una* cosa, al igual que un mismo aeropuerto puede gestionar despegues y aterrizajes, vender billetes y servir comida basura.

También se da el caso de que diferentes grupos de neuronas pueden producir un mismo resultado. Pruebe lo siguiente: alargue la mano para tocar algo que tenga delante, como su teléfono o una barra de chocolate; luego retire la mano y vuelva a alargarla exactamente de la misma forma. Incluso un movimiento tan sencillo como este, cuando se realiza más de una vez, puede estar guiado por diferentes conjuntos de neuronas. Este fenómeno se conoce como *degeneración*.

Los científicos sospechan que todos los sistemas biológicos tienen degeneración. En genética, por ejemplo, un mismo color de ojos puede ser el resultado de diferentes combinaciones de genes. También nuestro sentido del olfato funciona por degeneración, al igual que nuestro sistema inmunitario. La degeneración está presente también en los sistemas de transporte. Podemos volar de Londres a Roma en diferentes aerolíneas, en diferentes vuelos, en distintos modelos de avión, en diferentes asientos y con distinto personal de vuelo; asimismo, los copilotos pueden reemplazar a los pilotos. La degeneración en el cerebro implica que nuestros actos y experiencias pueden crearse de múltiples formas. Cada vez que sentimos miedo, por ejemplo, nuestro cerebro puede construir ese sentimiento con varios conjuntos de neuronas.

Hemos visto, pues, lo útil que resulta concebir el cerebro como una red. Esta perspectiva capta gran parte del comportamiento dinámico del cerebro: los cambios lentos debidos a la plasticidad, los cambios más rápidos mediados por los neurotransmisores y neuromoduladores, y la flexibilidad de las neuronas para desempeñar múltiples funciones.

La organización reticular también tiene otra ventaja: proporciona al cerebro una característica especial que es clave para crear una mente humana. Es la denominada *complejidad*. Aunque aquí ya lo hemos utilizado en un sentido amplio, en neurociencia este término designa específicamente la capacidad del cerebro para configurarse en una *enorme cantidad de patrones neuronales distintos*.

En general, un sistema dotado de complejidad se compone de muchas partes interactivas que colaboran y se coordinan para crear múltiples patrones de actividad. El sistema global de transporte aéreo es complejo porque sus diversas partes —los expendedores de billetes, los controladores de tráfico aéreo, los pilotos, los aviones, el personal de tierra, etc.— dependen unas de otras para que todo el sistema funcione. El comportamiento de un sistema complejo es más que la suma de sus partes.

La complejidad permite al cerebro actuar de manera flexible en todo tipo de situaciones. Abre una puerta que nos posibilita pensar en términos abstractos, poseer un rico lenguaje hablado, imaginar un futuro muy distinto del presente, y disponer de la creatividad y la capacidad de innovación necesarias para construir aviones, puentes colgantes y aspiradores robóticos. La complejidad también nos ayuda a concebir el mundo entero más allá de nuestro entorno inmediato, incluso el espacio exterior, y a considerar el pasado y el futuro en mayor medida que otros animales. La complejidad por sí sola no nos proporciona estas capacidades, puesto que muchos otros animales también tienen cerebros complejos, pero sí es uno de sus ingredientes fundamentales, y un ingrediente además que resulta especialmente abundante en el cerebro humano.

En el caso concreto de nuestro cerebro, ¿en qué se traduce esa complejidad? Imagine miles de millones de neuronas enviando chorros de señales a otras neuronas específicas al mismo tiempo, con la ayuda de los neurotransmisores, los neuromoduladores y toda la parafernalia dinámica. Esa imagen representa un «patrón» de actividad cerebral. La complejidad significa que nuestro cerebro puede crear enormes cantidades de patrones distintos combinando fragmentos de antiguos patrones creados anteriormente. El resultado es un cerebro que gestiona su cuerpo de manera eficiente, en un mundo lleno de situaciones en constante cambio, recordando aquellos patrones que ayudaron en el pasado, y generando y probando otros nuevos.

Un sistema tiene mayor o menor complejidad^[28] en función de la cantidad de información que sea capaz de gestionar al reconfigurarse. El sistema de transporte aéreo global resulta extremadamente complejo en ese sentido. Los pasajeros pueden viajar casi a cualquier lugar del mundo mediante diferentes combinaciones de vuelos. Si se inaugura un nuevo aeropuerto, el sistema puede reconfigurarse para darle cabida. Si un aeropuerto resulta dañado por un tornado, los vuelos se verán interrumpidos por un tiempo, pero a la larga las aerolíneas solucionarán el problema utilizando rutas alternativas. Un sistema con menor complejidad, en cambio, no podría reconfigurarse tan fácilmente. El sistema de transporte aéreo tendría una complejidad menor si para cualquier ruta dada hubiera un solo plan de vuelo, o si todos los aviones se vieran obligados a aterrizar y despegar en un único centro de conexión: si ese centro dejara de funcionar, todo el sistema de transporte aéreo se vería interrumpido.

Podemos explorar lo que supone una mayor o menor complejidad considerando dos cerebros humanos imaginarios menos complejos que el

nuestro. El primero de ellos tiene alrededor de 128 000 millones de neuronas, como el nuestro, pero cada una de dichas neuronas está conectada con todas las demás. Cuando una neurona recibe una señal para cambiar su cadencia de activación, a la larga todas las demás neuronas cambian con ella en tanto que todas están interconectadas. Llamaremos a este un cerebro «pastel de carne^[29]» debido a la uniformidad de su estructura. En términos funcionales, el cerebro «pastel de carne» es menos complejo que el nuestro, porque en cualquier momento dado sus 128 000 millones de elementos constituyen en la práctica uno solo.

El segundo cerebro imaginario también cuenta con 128 000 millones de neuronas, pero, de manera similar a un rompecabezas, está cortado en piezas que cumplen funciones específicas —ver, oír, oler, saborear, tocar, pensar, sentir, etc.—, como el cerebro imaginado por los frenólogos en el siglo XIX. Este cerebro es como un conjunto de herramientas especializadas que trabajan juntas, así que lo llamaremos cerebro «navaja suiza»^[30]. El cerebro «navaja suiza» tiene una complejidad mayor que el cerebro «pastel de carne», pero sigue siendo mucho menos complejo que el nuestro, puesto que cada herramienta contribuye poco al número total de patrones que dicho cerebro puede realizar. Una navaja suiza real con, pongamos por caso, 14 herramientas^[31] puede abrirse formando aproximadamente 16 000 patrones posibles (2^{14} , para ser exactos), y añadir una decimoquinta herramienta simplemente duplica el total. Las neuronas de nuestro cerebro, en cambio, tienen múltiples funciones que incrementan de manera exponencial el número de patrones. Si tuviéramos una navaja de 14 herramientas y añadiéramos una función adicional a cada una de ellas —por ejemplo, hacer que la hoja sirva como un tosco abridor de botellas, utilizar el destornillador para perforar agujeros, etc.—, el número total de patrones salta de 16 000 (2^{14}) a más de cuatro millones (3^{14}). En otras palabras, cuando las partes del cerebro ya existentes se vuelven más flexibles, el resultado es una complejidad *mucho* mayor que la que obtenemos acumulando nuevas partes.

Puede que el cerebro «pastel de carne» y el cerebro «navaja suiza» tengan algunas ventajas, pero un cerebro de alta complejidad los supera a ambos.

Los cerebros de mayor complejidad pueden recordar más. El cerebro no almacena los recuerdos como archivos de ordenador, sino que los reconstruye según se necesitan utilizando electricidad y amontonando sustancias químicas. Llamamos a este proceso *remembranza*, pero en realidad se trata más bien de un *ensamblaje*. Un cerebro complejo puede ensamblar muchos más recuerdos que los cerebros «pastel de carne» y «navaja suiza». Y cada

vez que tenemos un mismo recuerdo repetido, puede que nuestro cerebro lo haya ensamblado con un conjunto distinto de neuronas (es la degeneración que veíamos antes).

Los cerebros de mayor complejidad también son más creativos. Un cerebro complejo puede combinar experiencias pasadas de nuevas formas para lidiar con cosas que hasta ahora desconocía; por ejemplo, podemos subir una colina o una escalera desconocida sin tropezar porque ya hemos subido otras similares en el pasado. Los cerebros complejos pueden adaptarse con mayor rapidez a entornos cambiantes que requieren un presupuesto corporal diferente. Esa es una de las razones por las que los humanos podemos vivir en tantos climas y estructuras sociales distintos. Si uno tiene que mudarse del ecuador al norte de Europa, o de una cultura donde reina la despreocupación a otra donde imperan reglas estrictas, se adapta más rápidamente con un cerebro complejo en la cabeza.

Además de todo eso, una mayor complejidad puede hacer que un cerebro tenga una mayor capacidad de recuperación frente a las lesiones. Si un conjunto de neuronas deja de funcionar, otros conjuntos pueden ocupar su lugar. Esa es una de las razones por las que los cerebros complejos pueden verse favorecidos por la selección natural. El cerebro «navaja suiza» no tendría esta capacidad: es más probable que la pérdida de neuronas implique una pérdida de funcionalidad.

Puede que los cerebros humanos se cuenten entre los más complejos de la Tierra, pero no son los únicos dotados de alta complejidad. El comportamiento inteligente ha surgido muchas veces en diferentes especies con cerebros estructurados de manera distinta. Tomemos, por ejemplo, el caso del pulpo, cuyo cerebro complejo está distribuido por todo su cuerpo. Los pulpos son capaces de resolver rompecabezas e incluso de desmontar sus tanques en los acuarios. También los cerebros de las aves pueden ser complejos. Algunas especies de pájaros pueden utilizar herramientas sencillas y poseen cierta capacidad de lenguaje, aunque sus neuronas no están organizadas en una corteza cerebral. Recuérdelo: el cerebro humano, por muy complejo que sea, no es el culmen de la evolución; simplemente está bien adaptado a los entornos que habitamos.

Puede que la alta complejidad sea un requisito previo para muchas de las cosas que nos hacen humanos, pero por sí sola no confiere a nuestro cerebro el poder de crear una mente humana. Nuestros ancestros del Paleolítico necesitaron algo más que un cerebro muy complejo para coger un fragmento de roca e imaginar que de ahí podía salir una futura herramienta bifaz. De

manera similar, hizo falta algo más que una alta complejidad para observar un trozo de papel, un trozo de metal y un trozo de plástico, que son todos ellos físicamente distintos, y tratarlos como si tuvieran una función similar utilizándolos como dinero. La alta complejidad de nuestro cerebro nos ayuda a subir una escalera desconocida, pero necesitamos algo más para comprender lo que significa que alguien ascienda en la escala social ganando poder e influencia. También hace falta algo más que una elevada complejidad para considerar la naturaleza de un cerebro humano e inventar las numerosas y creativas metáforas que hemos ideado para describirlo, como el cerebro trino, los Sistemas 1 y 2, y los órganos mentales. Estos logros de la imaginación no solo requieren un alto nivel de complejidad incorporada en un cerebro realmente grande, sino también otros factores que el lector descubrirá en las lecciones siguientes.

Como ya hemos mencionado antes, el concepto de red cerebral no es una metáfora: en la actualidad constituye la mejor descripción científica de lo que es un cerebro. Nos permite considerar cómo una estructura física se reconfigura en un instante para integrar enormes cantidades de información de manera eficiente. Revela las similitudes y diferencias entre distintos tipos de cerebros al cuantificar su complejidad. E incluso nos ayuda a comprender cómo un cerebro compensa los posibles daños que puede sufrir.

Aun así, aquí he utilizado algunas metáforas para explicar la red. Por ejemplo, el término *cableado* es una metáfora: las neuronas no están literalmente conectadas como si fueran cables^[32]; en realidad están separadas por pequeños espacios que llamamos sinapsis, y, como ya hemos indicado, son sustancias químicas las que completan las conexiones. De manera similar, las neuronas tampoco son árboles con ramas y troncos. Y lo más probable es que nuestro cerebro tampoco tenga aeropuertos en su interior.

Las metáforas son maravillosas para explicar temas complejos en términos sencillos y familiares. Sin embargo, la propia simplicidad de una metáfora puede convertirse en su mayor defecto si se trata la metáfora como una explicación. En biología, por ejemplo, a veces se describen los genes como «programas». Si se toma esta metáfora en sentido literal, podría pensarse que cada gen concreto tiene siempre la misma función básica, pongamos por caso crear una determinada característica o parte del cuerpo (en realidad no es así). Los físicos a veces dicen que la luz viaja en ondas^[33], una metáfora que nos invita a suponer que el espacio, como un océano, contiene alguna sustancia por la que dichas ondas se desplazan (tampoco es así). Las

metáforas transmiten una falsa ilusión de conocimiento, por lo que deben utilizarse con cuidado.

Es cierto que la compleja red que albergamos en la cabeza no es una metáfora, pero mi descripción aquí resulta necesariamente incompleta. Nuestro cerebro es algo más que solo neuronas. Incluye vasos sanguíneos y varios fluidos de los que no he hablado. También incluye otros tipos de células cerebrales, llamadas células gliales, que actúan de formas que los científicos aún no comprenden del todo. Nuestra red cerebral incluso puede extenderse, sorprendentemente, a la barriga y los intestinos, donde los científicos han encontrado microbios que se comunican con el cerebro a través de neurotransmisores.

En la medida en que los científicos descubran más cosas sobre el cerebro y sus interconexiones, es posible que encontremos mejores formas de describir su estructura y función. Hasta entonces, concebir el cerebro como una red compleja nos permite reflexionar acerca de cómo un cerebro humano crea una mente humana sin necesidad de un neocórtex supuestamente racional y enorme. Si la evolución del cerebro humano tiene un logro culminante, es la complejidad de su culminación.

LECCIÓN 3

Los pequeños cerebros se conectan a su mundo

¿Alguna vez ha reparado en el hecho de que muchos animales cuando nacen son más competentes que los humanos recién nacidos^[34]? Una culebra que acaba de nacer es capaz de deslizarse por sí sola casi de manera instantánea. Los caballos pueden caminar poco después de venir al mundo y un bebé chimpancé puede aferrarse al pelaje de su madre. En comparación, los humanos recién nacidos resultan bastante patéticos. Ni siquiera son capaces de controlar sus extremidades. Pasan semanas antes de que puedan golpear algo deliberadamente con sus manitas. Muchos animales salen del huevo o del útero con cerebros cuyo cableado está más desarrollado para controlar sus cuerpos, pero los pequeños cerebros humanos nacen en construcción. No asumen plenamente su estructura y función adultas hasta que completan su cableado principal, un proceso que tarda unos veinticinco años.

¿Por qué evolucionamos de tal manera que nacemos con nuestro cableado cerebral tan solo parcialmente completado? Nadie lo sabe con certeza (aunque un montón de científicos se han mostrado encantados de especular al respecto). Lo que *sí* podemos saber es de dónde provienen esas instrucciones de cableado tras el nacimiento y qué ventajas nos brinda esa configuración.

Los estudiosos suelen tratar este tema en términos de «natura versus cultura»; es decir, dilucidando qué aspectos de nuestra humanidad se hallan integrados en nuestros genes antes de nacer y cuáles aprendemos de nuestro entorno cultural. Pero esta distinción es ilusoria. No podemos atribuir causas exclusivamente a los genes o exclusivamente al entorno, porque ambos son como amantes bailando un apasionado tango: se hallan entrelazados de tal manera que no sirve de mucho pretender separarlos con nombres como *natura* y *cultura*.

En extraordinaria medida, los genes de un bebé están guiados y regulados por el entorno circundante. Las áreas del cerebro más profundamente involucradas en la visión, por ejemplo, se desarrollan de forma normal

después del nacimiento solo si las retinas del bebé se exponen de manera regular a la luz. El cerebro del bebé también aprende a localizar sonidos en su entorno en función de la forma específica de su oreja. Y lo que aún resulta más extraño: el bebé necesita algunos genes adicionales con los que no nace, sino que se deslizan dentro de su cuerpo procedentes del mundo exterior. Esos diminutos visitantes viajan dentro de las bacterias y de otras criaturas, y afectan al cerebro de formas que los científicos apenas están empezando a entender.

Las instrucciones de cableado del cerebro de un bebé no solo proceden del entorno físico, sino también del entorno social, de los cuidadores y de personas como el lector y yo. Cuando acunamos a una niña recién nacida en los brazos, le exponemos nuestro rostro a la distancia justa para enseñar a su cerebro a procesar y reconocer caras. Cuando le ponemos cajas y bloques de construcciones al alcance de la vista, estamos entrenando su sistema visual para ver bordes y esquinas. Muchas otras actividades sociales que realizamos con un bebé, como hacerle arrumacos, hablarle y establecer contacto visual con él en momentos clave, esculpen su cerebro de formas tan necesarias como irrevocables. Los genes desempeñan un papel clave en la construcción del cableado cerebral de un bebé, pero también nos abren la puerta a configurar su cerebro recién nacido en el contexto de nuestra cultura.



Los cuidadores desempeñan un papel esencial en el cableado del cerebro del bebé.

A medida que la información viaja del mundo exterior al cerebro del recién nacido, algunas neuronas se activan a la vez con más frecuencia que otras, provocando esos cambios cerebrales graduales que hemos calificado como plasticidad. Dichos cambios predisponen al cerebro del bebé a adquirir una complejidad cada vez mayor a través de dos procesos que denominaremos *ajuste* y *poda*.

El *ajuste* implica el fortalecimiento de las conexiones entre las neuronas, en especial aquellas que se utilizan con frecuencia o que son importantes para presupuestar los recursos corporales (agua, sal, glucosa, etc.). Si pensamos de nuevo en las neuronas como pequeños arbolitos, el ajuste es el encargado de que el ramaje de las dendritas se vuelva más tupido. También es el responsable de que el axón en forma de tronco desarrolle una capa más gruesa de mielina, una «corteza» grasa similar al aislamiento que cubre los cables eléctricos, que permite que las señales viajen más deprisa. Las conexiones bien ajustadas resultan más eficientes a la hora de transportar y procesar

información que las mal ajustadas, y, en consecuencia, es más probable que se reutilicen en el futuro. Eso significa que resulta más probable que el cerebro recree ciertos patrones neuronales que incluyen esas conexiones bien ajustadas. Como les gusta decir a los neurocientíficos: «Las neuronas que se activan a la vez forjan su cableado a la vez»^[35].

Al mismo tiempo, las conexiones menos utilizadas se debilitan y finalmente mueren. Es el proceso de *poda*, el equivalente neuronal de «Lo que no se usa se descarta». La poda es fundamental en el cerebro en desarrollo, ya que los pequeños humanos nacen con muchas más conexiones de las que al final acabarán utilizando. Un embrión humano crea el doble de neuronas de las que necesita un cerebro adulto, y esas neuronas infantiles son casi el triple de frondosas que las de este último. Al principio las conexiones no utilizadas resultan útiles ya que permiten que el cerebro se adapte a entornos diversos. Pero a largo plazo dichas conexiones se convierten en una carga, metabólicamente hablando: no aportan nada de valor, por lo que mantenerlas representa un despilfarro de energía para el cerebro. Lo bueno es que la poda de esas conexiones adicionales deja margen para un nuevo aprendizaje; es decir, para ajustar otras conexiones más útiles.

El ajuste y la poda se producen de manera constante y, a menudo, simultánea, propiciados tanto por el mundo físico y social externo al cerebro del bebé como por el crecimiento y la actividad de su propio cuerpo. Ambos procesos también se prolongan durante toda la vida. Nuestras frondosas dendritas siguen generando nuevos brotes que el cerebro ajusta y poda. Los brotes que no se ajustan desaparecen en un par de días.

Veamos tres ejemplos de ajuste y poda que encaminan al cerebro del recién nacido para llegar a convertirse en un cerebro adulto normal. Estos ejemplos muestran cómo nuestro incompleto cableado termina de forjarse en los meses y años posteriores al nacimiento propiciado por las instrucciones que nos llegan del mundo exterior.

Para empezar, pensemos en cómo gestionamos nuestro presupuesto corporal: cuando tenemos hambre, podemos abrir la nevera; cuando estamos cansados, podemos acostarnos; cuando tenemos frío, podemos abrigarnos; cuando nos sentimos inquietos, podemos respirar profundamente para calmarnos. Los bebés no pueden hacer ninguna de esas cosas por sí solos. Ni siquiera pueden eructar sin ayuda.

Ahí es donde intervienen los cuidadores. Estos regulan el entorno físico del bebé y, por ende, su presupuesto corporal alimentándolo, estableciendo horarios de sueño (¡o al menos intentándolo!) y envolviéndolo en mantas y

abrazos. Estas acciones ayudan al cerebro del bebé a mantener su presupuesto corporal, lo que permite que sus sistemas internos funcionen de manera eficiente garantizando así su supervivencia y su buen estado de salud.

Si los cuidadores realizan estas actividades de manera eficaz, el cerebro del bebé se va ajustando y podando para gestionar un presupuesto corporal saludable. Poco a poco, a medida que el cerebro del bebé va siendo más capaz de controlar su propio cuerpo, el papel de los cuidadores va disminuyendo, de manera que puede quedarse dormido sin que le cojan en brazos o meterse un trocito de plátano en la boca sin embadurnarse toda la cara. Pasarán años antes de que su pequeño cerebro le permita ponerse un suéter por sí solo o prepararse su propio desayuno, pero a la larga asumirá la principal responsabilidad de su propio presupuesto corporal.

El cableado de los pequeños cerebros también se forja en función de aquello que los cuidadores *no* hacen. Si no dejamos que un bebé se duerma por sí solo y, en lugar de ello, lo acunamos todas las noches para que se quede dormido, puede que su cerebro no aprenda a dormirse sin ayuda. Si un bebé llora durante mucho tiempo y habitualmente no le hacemos caso, su cerebro puede aprender que, cuando las necesidades de su presupuesto corporal están desatendidas, el mundo se convierte en un lugar poco fiable e inseguro.

Sin embargo, las cosas cambian cuando los bebés dejan de serlo, es decir, a la edad en la que empiezan a dar sus primeros pasos. Su pequeño cerebro tiene que aprender a calmar su cuerpo después de una rabieta y, a la larga, a gestionar su presupuesto corporal sin tener que recurrir a la rabieta siquiera. Cuando mi hija era pequeña, me pareció útil darle espacio para que su cerebro pudiera aprender a relajar su cuerpo. En general, los niños pequeños aprenden a gestionar mejor su propio presupuesto corporal cuando sus cuidadores les crean oportunidades de aprendizaje en lugar de estar siempre pendientes de ellos y ocuparse de todas sus necesidades. Uno de los grandes retos de la educación de los hijos es saber cuándo hay que intervenir y cuándo hay que quedarse al margen.

Nuestro segundo ejemplo de ajuste y poda tiene que ver con la manera como aprendemos a prestar atención. ¿Alguna vez se ha encontrado rodeado de gente, sin prestar atención a las conversaciones que surgen a su alrededor, hasta que de repente alguien pronuncia su nombre y eso le hace volverse de inmediato hacia esa persona? (los científicos llaman a esto «efecto cóctel»). El cerebro adulto puede concentrarse sin esfuerzo en una cosa determinada e ignorar las demás, de forma similar a como ilumina un foco en la oscuridad. Ello se debe al hecho de que nuestra red cerebral contiene conjuntos de

neuronas más pequeños cuya principal tarea consiste en centrarse en ciertos datos que se juzgan importantes al tiempo que se ignoran otros considerados irrelevantes. Nuestro cerebro centra el «foco» de su atención de manera constante y automática, y a menudo ni siquiera somos conscientes de ello.

A veces necesitamos ayuda para centrar ese foco (de ahí que los auriculares con sistema de supresión de ruido se vendan tan bien). Pero el cerebro del recién nacido carece por completo de esa capacidad de concentración; su capacidad de atención se parece más bien a un farol^[36], que ilumina una extensa área de su entorno físico. Los cerebros de los niños recién nacidos no saben qué es importante y qué no, por lo que no pueden concentrarse como lo hacen los adultos. Todavía carecen del cableado que permite reducir el haz de luz de su farol hasta convertirlo en el de un foco.

Una vez más, el ingrediente necesario para ello proviene del mundo social, en concreto de los cuidadores. Estos guían constantemente la atención del bebé hacia cosas de interés. Una madre coge un perrito de juguete y lo mira; a continuación mira a su pequeño, y luego de nuevo al perrito, guiando así la mirada del bebé. Entonces se vuelve hacia su hijo y le dice con voz cantarina y poniendo énfasis en las palabras: «¡Mira qué perrito tan bonito!». La voz de su madre y los desplazamientos de su mirada —lo que los científicos denominan compartir la atención— alertan al bebé de que el perrito es importante; es decir, que el juguete podría afectar a su presupuesto corporal, por lo que debe prestarle atención y aprender cosas sobre él.

Poco a poco, esta actividad de compartir la atención va enseñando al bebé qué partes de su entorno son importantes y cuáles no. De ese modo, el cerebro infantil es capaz de construirse su propio entorno diferenciando lo que resulta relevante para su presupuesto corporal de lo que puede ignorarse. Los científicos denominan *nicho* a ese entorno. Cada animal tiene un nicho, que va creando a medida que percibe el mundo exterior, realiza movimientos que compensan el esfuerzo y regula su presupuesto corporal. Los humanos adultos tienen un nicho gigantesco, quizá el mayor de todas las criaturas: su nicho se extiende mucho más allá de su entorno inmediato para incluir eventos de todo el mundo, pasado, presente y futuro.

Después de meses de práctica compartiendo la atención con sus cuidadores, el niño aprenderá a solicitar su atención compartida. Los verá como una forma de preguntarse si hay algo en su nicho y qué podría significar para su presupuesto corporal. De esa forma el bebé aprende a centrar la atención de manera aún más eficaz en las cosas que importan.

Nuestro tercer ejemplo de ajuste y poda se refiere al modo como se desarrollan nuestros sentidos. En los primeros meses de vida los bebés se ven rodeados de toda clase de sonidos, incluido el habla de las personas. Los recién nacidos, con su farol de atención, asimilan todos los sonidos que les rodean. Cuando se les somete a pruebas de laboratorio, los recién nacidos son capaces de distinguir una amplia gama de sonidos de lenguaje, incluidos aquellos que no escuchan muy a menudo. Pero con el tiempo el ajuste y la poda forjarán el cableado del cerebro del bebé en función de los sonidos vocales que escuche con mayor frecuencia. Los sonidos frecuentes hacen que se ajusten ciertas conexiones neuronales, y entonces el cerebro del bebé empieza a tratar esos sonidos como parte de su nicho. Los sonidos que son raros, en cambio, se tratan como ruido que se debe ignorar y, a la larga, las conexiones neuronales relacionadas con ellos dejan de utilizarse y se podan.

Los científicos creen que este tipo de ajuste y poda puede ser una de las razones por las que a los niños les resulta más fácil aprender idiomas que a los adultos. El habla de las diferentes lenguas utiliza conjuntos de sonidos distintos: por ejemplo, el griego y el español tienen solo un puñado de sonidos vocálicos, mientras que el danés posee veinte o más (dependiendo de cómo se cuenten). Si un bebé tiene a alguien que interactúa con él en diferentes idiomas, entonces su cerebro probablemente se ajusta y poda para escuchar y distinguir los sonidos de dichos idiomas. Si, en cambio, el bebé solo oye hablar en una única lengua, de adulto necesitaría reaprender la capacidad de escuchar y distinguir sonidos ajenos a ella, lo cual no resulta fácil.

Este proceso funciona de manera similar en el reconocimiento de caras. El bebé aprende a reconocer a las personas que le rodean. Su cerebro infantil se ajusta y poda para detectar pequeñas diferencias en sus rostros a fin de poder distinguirlos. Pero hay una pega: tendemos a vivir rodeados de personas de la misma etnia, por lo que habitualmente los bebés no se ven expuestos a una gama demasiado amplia de rasgos faciales. Debido a ello, su cerebro no se ajusta para detectar esos rasgos diversos. Los científicos creen que esa es una de las razones por las que puede resultarnos más difícil recordar los rostros de personas de una etnia distinta de la nuestra o diferenciar una cara de otra. Por fortuna, podemos reajustar rápidamente nuestro cerebro y recuperar esa habilidad observando muchas caras diversas; resulta mucho más fácil que reajustarlo para detectar los sonidos de un idioma extranjero.

Estos dos ejemplos relacionados con las actividades de oír hablar y observar rostros se centran cada uno de ellos en uno solo de nuestros sentidos. Sin embargo, vivimos en un mundo multisensorial. Por ejemplo, cuando

besamos a alguien, participamos de una experiencia unificada que combina la visión de un rostro, el sonido de la respiración, el tacto, el gusto y el aroma de unos labios seductores con el latido de nuestro corazón. Nuestro cerebro reúne esas sensaciones en un todo cohesionado. Los científicos denominan a este proceso *integración sensorial*.

La propia integración sensorial se ajusta y poda a medida que crece el bebé. Al principio el recién nacido no es capaz de reconocer a su madre por su rostro, ya que todavía no ha aprendido qué es un rostro y su sistema visual no está completamente formado. Puede que ya identifique en cierta medida los sonidos que emite su madre y que reconozca también el olor de la leche materna: si pones a un recién nacido sobre el vientre de su madre, se arrastrará hasta su pecho guiándose por ese olor. Pronto aprende a reconocer a su madre empleando diferentes combinaciones de todos sus sentidos. Su pequeño cerebro absorbe cada patrón de estímulos visuales, olfativos, auditivos, gustativos y táctiles, además de las sensaciones internas de su propio cuerpo, y aprende su significado: está en presencia de la persona que regula su presupuesto corporal. La integración sensorial despierta su primer sentimiento de confianza. Forma parte del fundamento neuronal del apego.

Nuestros tres ejemplos de ajuste y poda muestran cómo el mundo social configura profundamente la realidad física del cableado cerebral. ¿Quién iba a decir que los cuidadores eran tan buenos electricistas?

Sin embargo, esta configuración comporta un riesgo. Los pequeños cerebros *requieren* un mundo social para desarrollarse de manera apropiada. Ya hemos visto que los bebés necesitan ciertos estímulos físicos —como, por ejemplo, fotones de luz bombardeando sus retinas—, ya que, de lo contrario, su cerebro nunca desarrollaría una visión normal. Pero resulta que también necesitan estímulos sociales de otros humanos que orienten su atención, les hablen o les canten, y les hagan arrumacos en momentos clave. Si no se satisfacen esas necesidades, las cosas pueden salir terriblemente mal.

Ojalá no supiéramos qué sucede cuando el cerebro de un bebé recibe muy poca información social. Nadie debería privar a los niños de lo que necesitan para prosperar. Pero, por desgracia, conocemos algunos angustiosos datos al respecto debido a un trágico hecho histórico.

En la década de 1960, el gobierno comunista de Rumanía prohibió la mayoría de los métodos anticonceptivos y el aborto. El presidente Nicolae Ceaușescu quería incrementar la población para que el país se convirtiera en una potencia económica de mayor envergadura y, por ende, en una potencia mundial. La nueva ley generó un enorme aumento del número de

nacimientos, más niños de los que muchas familias podían permitirse. Como consecuencia, cientos de miles de niños acabaron viviendo en orfanatos. Muchos de ellos fueron terriblemente maltratados. Pero los casos más relevantes para nuestra lección son los de aquellos cuyas necesidades sociales no se vieron satisfechas.

En algunos orfanatos, los bebés eran almacenados en hileras e hileras de cunas sin apenas estimulación o interacción social. Las enfermeras o los cuidadores entraban y los alimentaban, los cambiaban y volvían a meterlos en las cunas. Eso era todo. Nadie les hacía arrumacos. Nadie jugaba con ellos. Nadie les hablaba, ni les cantaba ni compartía con ellos su atención. Simplemente eran ignorados.

Como consecuencia de esta desatención social, los huérfanos rumanos crecieron con una deficiencia intelectual. Tenían problemas para aprender el idioma. Les costaba concentrarse y resistirse a las distracciones, probablemente debido a que nadie había compartido su atención con ellos, por lo que sus cerebros no habían desarrollado el cableado necesario para crear un foco de atención eficaz. También tenían dificultades para controlarse. Aparte de esas deficiencias mentales y conductuales, tenían problemas de raquitismo, seguramente porque habían crecido sin la presencia de cuidadores que mantuvieran la solvencia de sus presupuestos corporales, por lo que sus cerebros no habían aprendido a gestionar su propio presupuesto de manera eficaz. Los pequeños cerebros se conectan a su entorno y, cuando a ese entorno le faltan elementos clave para posibilitar un presupuesto corporal saludable, es posible que algunas partes cruciales del cableado cerebral terminen siendo podadas.

Estos efectos secundarios son coherentes con lo que saben los científicos sobre otros bebés criados en condiciones de pobreza social extrema. Sus cerebros alcanzan un tamaño inferior a la media. También determinadas regiones cerebrales clave son más pequeñas, y hay importantes áreas de la corteza cerebral con menos conexiones. Si estos niños son trasladados a hogares de acogida tradicionales en los primeros años de vida, algunos de esos efectos son reversibles. Asimismo, puede sufrir riesgos similares cualquier niño criado en instituciones que carezcan de cuidadores atentos y constantes, ya se trate de orfanatos, campos de refugiados o centros de internamiento de extranjeros.

Cuando se descuida a los niños de manera persistente, es muy probable que a la larga esta desatención cause efectos nocivos en ellos. Puede que dichos efectos no sean inmediatos ni espectaculares, como en los orfanatos

rumanos, sino graduales y sutiles en la medida en que diversas partes importantes del cableado cerebral sean constantemente podadas por no utilizarse. Las secuelas pueden acrecentarse con el tiempo, como el constante goteo de una cañería que a la larga perfora un agujero en la madera del suelo. Por ejemplo, un pequeño cerebro descuidado en un entorno socialmente pobre puede forjar el cableado necesario para gestionar su propio presupuesto corporal por sí solo, sin el apoyo social de los cuidadores ni las instrucciones de cableado que estos proporcionan mediante sus actos. Pero ese cableado atípico impone un pernicioso gravamen al presupuesto corporal que se acrecienta con los años, aumentando las probabilidades de sufrir más adelante graves problemas de salud tales como enfermedades cardíacas, diabetes y trastornos del estado de ánimo como la depresión, todos los cuales tienen una base metabólica.

Aclaremos que no estoy diciendo aquí que tengamos que mantener a nuestros queridos bebés libres de estrés porque de lo contrario arruinaremos su cuerpo y su cerebro. Lo que digo es que la desatención *persistente*, prolongada durante mucho tiempo sin alivio alguno, casi siempre resulta nociva para su pequeño cerebro. Las evidencias científicas son rotundas a este respecto. No basta simplemente con dar de comer y de beber a los niños y esperar que su cerebro crezca normalmente. También hay que satisfacer sus necesidades sociales con contacto visual, lenguaje y tacto. Si esas necesidades no se satisfacen, puede que muy muy pronto se plante en ellos el germen de la enfermedad.

Vemos consecuencias similares cuando los pequeños cerebros se desarrollan en la pobreza. Diversas investigaciones muestran que la exposición temprana y prolongada a la pobreza es perjudicial para el cerebro en desarrollo. La nutrición insuficiente, la interrupción del sueño debido al ruido de la calle, la escasa regulación de la temperatura debido a la falta de calefacción o ventilación y otras circunstancias relacionadas con la pobreza pueden alterar el desarrollo de la parte frontal de la corteza cerebral, la denominada corteza prefrontal. Esta área del cerebro está involucrada en una serie de funciones clave, como la atención, el lenguaje y el presupuesto corporal. Los científicos todavía están estudiando de qué formas la pobreza afecta al desarrollo del cerebro, pero sabemos que también el bajo rendimiento escolar y el menor número de años de escolarización desempeñan un papel aquí. En última instancia, estos déficits incrementan el riesgo de que el niño siga viviendo en la pobreza cuando crezca y tenga sus propios hijos. No me sorprendería descubrir que este círculo vicioso refuerza

asimismo los estereotipos negativos sobre las personas que viven en la pobreza. La sociedad se apresura a culpar a los genes cuando la pobreza perdura de generación en generación en un determinado grupo de personas; pero es perfectamente plausible que los pequeños cerebros estén siendo moldeados *por* la propia pobreza.

Algunos niños tienen la suerte de poseer cierta resistencia natural a los insidiosos efectos de la adversidad y la pobreza. Pero en general ambas son aflicciones de las que los pequeños cerebros tienen dificultades para recuperarse. Lo verdaderamente frustrante es que esta tragedia se puede *prevenir* (disculpe el lector que por un momento abandone mi papel de científica). Los políticos llevan décadas mareando la perdiz sobre el modo de evitar la pobreza infantil. Así que dejemos la política a un lado y abordemos la cuestión en simples términos financieros: la pobreza infantil constituye un desperdicio colosal de oportunidades humanas. Diversas estimaciones recientes sugieren que resulta mucho más barato erradicar la pobreza que lidiar con sus efectos décadas después^[37]. Se pueden aumentar las becas de comedor en las escuelas para los alumnos que lo necesiten, o desde los ayuntamientos se pueden promulgar ordenanzas que regulen el ruido en los barrios pobres. Este tipo de medidas no afectan únicamente a la calidad de vida, sino que también crean las condiciones que posibilitan un desarrollo cerebral saludable a fin de que todos los niños puedan convertirse en los trabajadores, ciudadanos e innovadores de la próxima generación.

Dado el potente impacto que tienen la desatención y la pobreza en un pequeño cerebro, resulta tentador preguntarse cómo la evolución llevó de entrada a nuestra especie a esa precaria situación. Es arriesgado que el cableado cerebral de un bebé dependa de manera tan crucial de los estímulos físicos y sociales para desarrollarse de una manera normal. Alguna ventaja debemos de tener los humanos que compense los riesgos de desarrollarnos de ese modo. Entonces, ¿cuál es?

No podemos saberlo con certeza, pero he aquí mi conjetura basada en los indicios de la biología evolutiva y la antropología: esta configuración ayuda a que nuestro conocimiento cultural y social fluya de manera eficiente de una generación a otra. Cada pequeño cerebro se optimiza para su entorno concreto, aquel en el que se desarrolla. Los cuidadores seleccionan el nicho físico y social del bebé, y el cerebro de este incorpora ese nicho. Cuando el bebé crece, perpetúa ese mismo nicho al transmitir su cultura a los miembros de la generación siguiente a través de sus palabras y actos, forjando así el cableado de sus cerebros. Este proceso, denominado herencia cultural, resulta

a la vez eficiente y austero porque evita que la evolución tenga que codificar todas nuestras instrucciones de cableado en los genes. En su lugar, delega una gran parte de esa tarea en el mundo que nos rodea, incluyendo el resto de los seres humanos que habitan ese mundo. Sin ser conscientes de ello, para bien o para mal, tras el nacimiento forjamos el cableado cerebral de nuestra descendencia en función de nuestro conocimiento cultural.

Cuando se trata del cerebro, las distinciones simplistas como la de «natura versus cultura» pueden resultar atractivas, pero no son realistas. Nuestra naturaleza es de tal índole que *requiere* de la cultura. Nuestros genes requieren un entorno físico y social; un nicho lleno de otros seres humanos que compartan nuestra mirada infantil, nos hablen expresamente a nosotros, establezcan nuestras pautas de sueño y controlen nuestra temperatura corporal, para producir un cerebro completo.

Todos sabemos que es importante cómo tratamos a nuestros hijos, pero el hecho es que importa más de lo que sabíamos hace unas décadas. Cuando estamos despiertos a las cuatro de la mañana tratando de calmar los berreos de nuestro angelito, o cuando este tira tranquilamente su comida al suelo por enésima vez y seguimos insistiendo en que coma, estamos guiando el ajuste y poda de su cerebro, seamos conscientes de ello o no. Los pequeños cerebros se conectan a su mundo. Nos corresponde a nosotros crear ese mundo — incluyendo un mundo social rico en instrucciones de cableado— para lograr que esos cerebros se desarrollen plenamente y de manera saludable.

LECCIÓN 4

Nuestro cerebro predice (casi) todo lo que hacemos

Hace unos años, recibí un correo electrónico de un hombre que en la década de 1970 había servido en el ejército de Rodesia^[38], en el sur de África, antes del fin del *apartheid*. Lo habían reclutado en contra de su voluntad, le habían dado un uniforme y un fusil, y le habían ordenado que fuera a la caza de guerrilleros. Para empeorar las cosas, antes de que le reclutaran había sido un defensor de aquella misma guerrilla que ahora debía tratar como el enemigo.

Una mañana se encontraba en lo más profundo del bosque, realizando ejercicios de entrenamiento con su pequeña escuadra de soldados, cuando detectó movimiento delante de él. Le dio un vuelco el corazón al descubrir una larga hilera de guerrilleros vestidos de camuflaje y equipados con metralletas. Instintivamente levantó su arma, quitó el seguro, entornó los ojos y apuntó al líder, que llevaba un fusil de asalto AK-47.

De repente notó una mano en el hombro.

—No dispaes —susurró su compañero detrás de él—. Es solo un niño.

Bajó lentamente el fusil, observó de nuevo la escena, y no pudo por menos que sentirse asombrado ante lo que ahora veía: un niño, de unos diez años, conduciendo una larga fila de vacas. ¿Y el temido AK-47? Era un simple cayado.

Durante años, aquel hombre se esforzó por entender aquel inquietante episodio. ¿Qué había ocurrido para que sus ojos vieran de forma completamente errónea lo que tenían delante y hubiera estado a punto de matar a un niño? ¿Qué le había pasado a su cerebro?

Resulta que a su cerebro no le había pasado nada en absoluto. Funcionaba exactamente tal como debía hacerlo.

Antes los científicos creían que el sistema visual del cerebro funcionaba de manera similar a una cámara fotográfica, detectando la información visual que hay «ahí fuera» en el mundo y construyendo en la mente una imagen similar a una fotografía. Hoy sabemos que no es así. Nuestra visión del

mundo no es una fotografía: es una construcción del cerebro que resulta tan fluida y convincente que nos parece exacta. Pero a veces no lo es.

Para entender por qué puede ser perfectamente normal ver un guerrillero adulto con un fusil cuando se mira a un niño de diez años con un bastón, consideremos la situación desde el punto de vista del cerebro.

Desde que nacemos hasta que exhalamos nuestro último aliento, nuestro cerebro está atrapado en una caja oscura y silenciosa llamada cráneo. Día tras día, recibe continuamente datos sensoriales del mundo exterior a través de los ojos, los oídos, la nariz y otros órganos. Esos datos no llegan en la forma de visiones, olores, sonidos y otras sensaciones significativas que la mayoría de nosotros experimentamos: lejos de ello, son solo un aluvión de ondas luminosas, sustancias químicas y cambios en la presión del aire sin un significado intrínseco.

Ante esos ambiguos fragmentos de datos sensoriales^[39], nuestro cerebro tiene que determinar de algún modo qué debe hacer con ellos. Recuerde que la función más importante del cerebro es controlar nuestro cuerpo para mantenernos vivitos y coleando. Así que nuestro cerebro ha de hallar la manera de dar sentido a la avalancha de datos sensoriales que recibe para que no nos caigamos escaleras abajo o nos convirtamos en el almuerzo de alguna bestia salvaje.

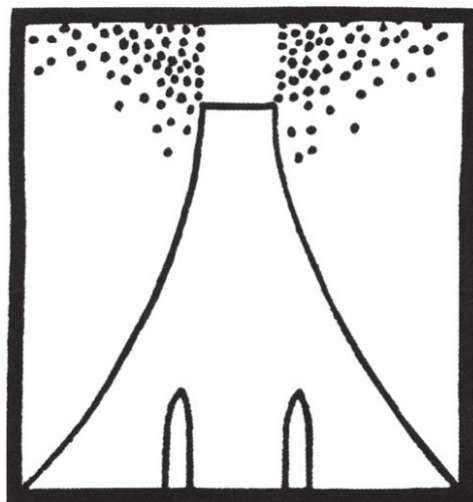
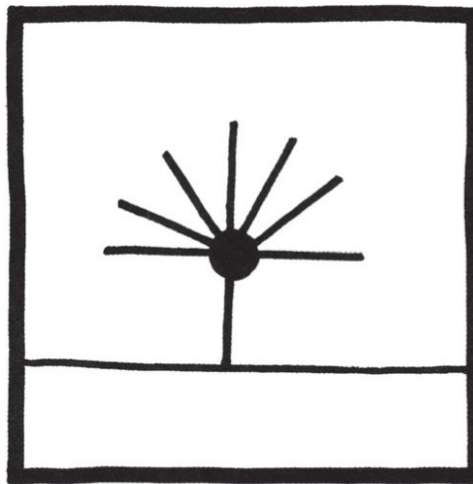
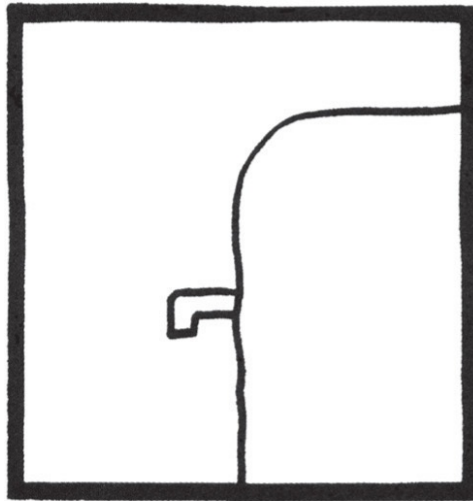
¿De qué modo descifra el cerebro los datos sensoriales para saber cómo proceder? Si utilizara solo la ambigua información que está presente de forma inmediata, nos encontraríamos nadando en un mar de incertidumbre, vacilando hasta descubrir cuál es la mejor respuesta. Por fortuna, nuestro cerebro dispone de una fuente adicional de información: la memoria. El cerebro puede recurrir a experiencias pasadas de nuestra vida; cosas que nos han sucedido personalmente y otras que hemos aprendido de amigos, maestros, libros, vídeos y otras fuentes. En un abrir y cerrar de ojos nuestro cerebro reconstruye fragmentos de experiencias pasadas a medida que sus neuronas transmiten información electroquímica de un lado a otro en una red compleja y constantemente cambiante. El cerebro ensambla esos fragmentos en forma de recuerdos^[40] para inferir el significado de los datos sensoriales y conjeturar qué hacer al respecto.

Nuestras experiencias pasadas no solo incluyen lo que ocurrió en un momento dado en el mundo que nos rodea, sino también lo que sucedió en el interior de nuestro cuerpo. ¿Nuestro corazón latía desbocado? ¿Respirábamos con dificultad? En un sentido figurado, diríamos que el cerebro se pregunta en todo momento: «La última vez que me encontré en una situación similar,

cuando mi cuerpo se hallaba en un estado similar, ¿qué hice a continuación?». La respuesta no tiene por qué encajar perfectamente en la nueva situación: basta con que se aproxime lo suficiente para proporcionar a nuestro cerebro un plan de acción apropiado que nos ayude a sobrevivir e incluso a prosperar.

Eso explica de qué modo el cerebro planifica la próxima acción de nuestro cuerpo. Pero ¿cómo logra evocar experiencias de alta fidelidad —como los guerrilleros en el bosque— a partir de fragmentos de datos en bruto del mundo exterior? ¿Cómo crea una sensación de terror a partir de un corazón que late desbocado? Una vez más, el cerebro recrea el pasado a partir de la memoria preguntándose: «La última vez que me encontré en una situación similar, cuando mi cuerpo se hallaba en un estado similar y se disponía a emprender esta acción concreta, ¿qué *vi* a continuación? ¿Qué *sentí* a continuación?». La respuesta se convierte en nuestra experiencia. En otras palabras, el cerebro combina información del exterior y *del interior* de nuestra cabeza para producir todo lo que vemos, oímos, olemos, saboreamos y sentimos.

He aquí una demostración rápida de que nuestra memoria constituye un ingrediente clave de aquello que vemos. Eche un vistazo a los tres dibujos lineales que aparecen en la página siguiente/anterior.



¿Qué ve en estos dibujos?

Dentro de su cráneo, sin que usted sea consciente de ello, miles de millones de neuronas tratan de dar sentido a esas líneas y manchas. Su cerebro busca a través de toda una vida de experiencias pasadas, formulando miles de conjeturas a la vez, sopesando probabilidades, tratando de responder a la

pregunta: «¿A qué se parecen más esas longitudes de onda luminosas?». Y todo ello sucede en menos tiempo del que tardamos en chasquear los dedos.

Entonces, ¿qué ve? ¿Un montón de líneas negras y un par de manchas? Veamos qué sucede cuando le proporcionamos más información a su cerebro. Lea la nota aquí referenciada en el apartado de Notas^[41] y luego observe de nuevo los dibujos.

Ahora debería ver objetos familiares en lugar de líneas y manchas. Su cerebro está ensamblando recuerdos a partir de fragmentos de experiencias pasadas para trascender los datos visuales que tiene delante y darles sentido. En ese proceso, el cerebro está literalmente modificando la activación de sus neuronas. Ahora reconoce sin problema objetos que quizá no haya visto nunca. Las líneas y las manchas no han cambiado; es usted quien lo ha hecho.

El arte, en particular el arte abstracto, es posible porque el cerebro humano construye lo que experimenta. Cuando vemos una pintura cubista de Picasso e identificamos figuras humanas reconocibles, eso sucede únicamente porque tenemos recuerdos de figuras humanas que ayudan a nuestro cerebro a dar sentido a los elementos abstractos. El pintor Marcel Duchamp dijo una vez que, cuando un artista crea arte, en realidad hace solo el 50 por ciento del trabajo: el otro 50 por ciento está en el cerebro del observador (algunos artistas y filósofos denominan a esta segunda mitad «la parte del espectador»^[42]).

El cerebro construye activamente nuestras experiencias. Cada mañana al despertarnos experimentamos a nuestro alrededor un mundo lleno de sensaciones. Podemos sentir el tacto de las sábanas en la piel. Puede que hayamos oído un ruido que nos ha despertado, como el zumbido de una alarma, el canto de los pájaros o el ronquido de nuestro cónyuge. Quizá percibamos olor a café. Esas sensaciones parecen penetrar directamente en la cabeza como si los ojos, la nariz, la boca, los oídos y la piel fueran ventanas transparentes al mundo. Pero en realidad no percibimos el mundo con los órganos sensoriales: lo percibimos con el cerebro.

Lo que vemos es una combinación de lo que hay ahí fuera en el mundo y lo que el cerebro construye. Lo que oímos es también una combinación de lo que hay fuera y lo que está en nuestro cerebro; y lo mismo con los otros sentidos.

De manera bastante similar, el cerebro también construye lo que sentimos en nuestro propio cuerpo. Los dolores, el nerviosismo y otras sensaciones internas son una combinación de lo que sucede en el cerebro y lo que realmente ocurre en los pulmones, el corazón, los intestinos, los músculos,

etc. El cerebro también añade información de nuestras experiencias pasadas para conjeturar qué significan esas sensaciones. Por ejemplo, cuando una persona no ha dormido lo suficiente y se siente fatigada o con poca energía, puede sentir hambre (porque ha tenido hambre anteriormente cuando su nivel energético era bajo) y pensar que un tentempié rápido aumentará su energía, cuando en realidad simplemente está cansada debido a la falta de sueño. Esta experiencia de hambre construida puede ser una de las razones por las que la gente aumenta de peso sin pretenderlo.

Ahora podemos dilucidar por qué nuestro amigo soldado vio guerrilleros en lugar de un pastorcillo con vacas. Su cerebro se preguntó: «Basándome en lo que sé sobre esta guerra, y dado que estoy en lo más profundo del bosque con mis camaradas, empuñando un fusil, con el corazón latiendo desbocado, hay siluetas moviéndose delante y tal vez un objeto puntiagudo, ¿qué es probable que *vea* a continuación?». Y el resultado fue «guerrilleros». En aquella situación, lo que había dentro y fuera de su cabeza no coincidía, y prevaleció lo de dentro.

La mayoría de las veces, cuando uno mira vacas, ve vacas. Pero casi con certeza el lector habrá tenido alguna experiencia como la del soldado, en la que la información de dentro de su cabeza triunfa sobre los datos del mundo exterior. ¿Alguna vez ha visto el rostro de un amigo entre la multitud, pero al mirar de nuevo se ha dado cuenta de que se trataba de una persona distinta? ¿En alguna ocasión le ha parecido que el teléfono móvil vibraba en su bolsillo cuando en realidad no lo hacía? ¿Alguna vez ha escuchado una canción sonando repetidamente en su cabeza sin poder deshacerse de ella? A los neurocientíficos les gusta decir que nuestra experiencia diaria es una alucinación cuidadosamente controlada, limitada por el mundo exterior y por nuestro propio cuerpo, pero finalmente construida por nuestro cerebro. No es la clase de alucinación que te lleva al psiquiatra; es un tipo de alucinación cotidiana^[43] que crea todas nuestras experiencias y guía todas nuestras acciones. Es la forma normal como el cerebro da sentido a los datos sensoriales, y casi nunca somos conscientes de que está sucediendo tal cosa.

Comprendo que esta descripción desafía el sentido común, pero espere un poco, porque aún hay más. Todo este proceso constructivo se produce de manera *predictiva*. Hoy los científicos están bastante seguros de que en realidad nuestro cerebro empieza a percibir los cambios que se producen de un instante a otro en el mundo que nos rodea *antes* de que esas ondas de luz, sustancias químicas y demás datos sensoriales lleguen a él. Lo mismo ocurre con los cambios que se producen de un instante a otro dentro de nuestro

cuerpo: el cerebro empieza a percibirlos antes de recibir los datos relevantes procedentes de los órganos, hormonas y diversos sistemas corporales. Nosotros no experimentamos nuestros sentidos de ese modo, pero así es como nuestro cerebro navega por el mundo y controla nuestro cuerpo.

Pero el lector no tiene que fiarse de mi palabra. En lugar de ello, piense en la última vez que tuvo sed y se bebió un vaso de agua. Unos segundos después de apurar las últimas gotas probablemente sintió menos sed. Este hecho puede parecer normal, pero en realidad el agua tarda unos veinte minutos en llegar al torrente sanguíneo; por lo tanto, no puede calmar la sed en unos segundos. Entonces, ¿qué alivió su sed? Fue la predicción. Mientras el cerebro planifica y ejecuta las acciones que nos permiten beber y tragar, anticipa simultáneamente las consecuencias sensoriales de ingerir agua, lo que se traduce en que sintamos menos sed mucho antes de que el agua tenga un efecto directo en la sangre.

Las predicciones transforman destellos de luz en los objetos que vemos. Convierten los cambios en la presión del aire en sonidos reconocibles, y los rastros de sustancias químicas en olores y sabores. Las predicciones nos permiten leer los garabatos que hay en esta página e interpretarlos como letras, palabras e ideas. También son la razón por la que nos sentimos insatisfechos cuando una frase está incompleta.

Los científicos tienen indicios desde hace más de un siglo de que los cerebros predicen la actividad de nuestros órganos, aunque no hemos podido descifrar esos indicios hasta hace poco. Es posible que el lector haya oído hablar de Iván Pávlov, el fisiólogo del siglo XIX que enseñó a sus perros a salivar al escuchar un sonido (habitualmente se habla de un timbre o una campana, pero en realidad era un metrónomo). Pávlov emitía ese sonido justo antes de dar de comer a sus perros, y a la larga estos empezaron a salivar cada vez que escuchaban el sonido aunque no se les diera comida. Pávlov ganó el Premio Nobel por descubrir este efecto, que pasaría a conocerse como condicionamiento pavloviano o clásico, pero no fue consciente de que en realidad estaba descubriendo cómo predicen los cerebros. Sus perros no babeaban como reacción al sonido, sino que sus cerebros predecían la experiencia de ingerir alimentos y preparaban sus cuerpos de antemano para consumirlos.

Puede probar ahora mismo un experimento similar. Imagine mentalmente su alimento favorito (en mi caso es un trocito de chocolate negro con sal marina). Imagine su olor, su sabor y su textura en la boca. ¿Ya está salivando? Yo sí estoy salivando mientras escribo esto, y sin necesidad de metrónomo. Si

los neurocientíficos escanearan mi cerebro en este momento, verían una mayor actividad en las regiones que son importantes para los sentidos del gusto y el olfato, así como en las que controlan la salivación.

Si esta demostración le ha hecho oler o saborear su alimento favorito, o se le ha hecho la boca agua aunque fuera solo un poco, eso significa que ha modificado la activación de sus propias neuronas exactamente de la misma manera que lo hacen las predicciones automáticas. Este proceso es similar al que tuvo lugar antes al observar los tres dibujos. En ambos casos he utilizado ejemplos artificiosos y calculados para poner de manifiesto lo que nuestro cerebro hace de forma natural y automática.

En un sentido muy real, las predicciones constituyen únicamente una conversación del cerebro consigo mismo. Un puñado de neuronas formulan su mejor conjetura sobre lo que sucederá en el futuro inmediato basándose en cualquier combinación de pasado y presente que nuestro cerebro esté invocando en ese momento. Luego esas neuronas anuncian su conjetura a las neuronas de otras regiones cerebrales, modificando su activación. Mientras tanto, los datos sensoriales procedentes del mundo exterior y de nuestro propio cuerpo se añaden a la conversación, confirmando (o no) la predicción que experimentaremos como nuestra realidad.

En la práctica, el proceso predictivo de nuestro cerebro no resulta tan lineal. Por regla general, el cerebro tiene varias formas de lidiar con una situación determinada y crea una serie de predicciones y estimaciones de probabilidades para cada una de ellas. ¿Ese susurro en el bosque se debe al viento, a un animal, a un combatiente enemigo o a un pastor? ¿Esa forma alargada y marrón es una rama, un bastón o un fusil? En última instancia, en cada momento hay una predicción que se impone sobre todas las demás. A menudo es la predicción que más se corresponde con los datos sensoriales entrantes, pero no siempre. En cualquier caso, la predicción ganadora se convierte en nuestra acción y nuestra experiencia sensorial.

Así pues, nuestro cerebro hace predicciones y las compara con los datos sensoriales que provienen del mundo exterior y de nuestro propio cuerpo. Lo que sucede a continuación todavía me deja perpleja, incluso como neurocientífica. Si el cerebro ha predicho acertadamente, sus neuronas se *activan* ya en un patrón que coincide con los datos sensoriales entrantes. Eso significa que los datos sensoriales en sí mismos no tienen utilidad alguna más allá de confirmar las predicciones del cerebro. Lo que vemos, oímos, olemos y saboreamos del mundo exterior y sentimos en nuestro cuerpo en ese

momento está *completamente construido en nuestra cabeza*. Mediante la predicción, nuestro cerebro nos ha preparado de manera eficiente para actuar.

Aclaro qué quiero decir. Supongamos que, cuando el cerebro del soldado predijo una hilera de guerrilleros delante de él, los combatientes realmente estuvieran allí. Desde la perspectiva de su cerebro, los guerrilleros reales no hacían sino confirmar la predicción, puesto que el cerebro ya había construido las imágenes, los sonidos y los olores de los enemigos, ajustando su presupuesto corporal y preparando a su cuerpo para actuar. En este caso, sus predicciones prepararon al soldado para levantar su fusil y disparar.

Pero en la historia real el cerebro del soldado hizo una predicción incorrecta. Predijo una partida de guerrilleros con metralletas cuando en realidad se enfrentaba a un pastorcillo con un cayado y un puñado de vacas. En esa situación, su cerebro tenía dos opciones. Una de ellas era incorporar los datos sensoriales del mundo exterior, actualizar sus predicciones y construir una nueva experiencia corregida: la de un niño con sus vacas. Esa nueva predicción predispone el cerebro del soldado a mejorar su predicción la próxima vez. Los científicos tenemos un elegante nombre para definir esta opción. Lo llamamos «aprendizaje».

Sin embargo, el cerebro del soldado eligió la otra opción: su cerebro se mantuvo fiel a su predicción pese a los datos sensoriales del mundo exterior. Esto puede ocurrir por muchas razones, una de las cuales es que su cerebro predijera que su vida estaba en juego. El cableado cerebral no está diseñado para ser un mecanismo de precisión; está diseñado para mantenernos vivos.

Cuando nuestra predicción cerebral es correcta, crea nuestra realidad. Cuando falla, aun así crea nuestra realidad y, con suerte, aprende de sus errores. En nuestro caso, la suerte fue que el amigo del soldado le diera un golpecito en el hombro, lo que le llevó a mirar de nuevo y permitió que su cerebro formulara nuevas predicciones.

Ahora vamos a darle el golpe de gracia definitivo al sentido común: resulta que toda esta predicción se produce *al revés* de como la experimentamos. Usted y yo tenemos la impresión de que primero percibimos y después actuamos: ves a un enemigo y luego levantas tu fusil. Pero en nuestro cerebro la percepción sucede de hecho en segundo lugar. El cableado cerebral está diseñado ante todo para prepararse para la acción, por ejemplo, colocando el dedo índice en el gatillo y haciendo cambios en el presupuesto corporal para sustentar ese movimiento. También está diseñado para enviar esas predicciones a nuestros sistemas sensoriales, que predicen el tacto del frío acero en la yema del dedo y la aceleración de los latidos del corazón. En

el caso de nuestro amigo soldado, su cerebro escuchó el susurro de las hojas, echó mano del arma y se decantó por ver enemigos que en realidad no estaban allí.

En efecto, el cerebro está programado para iniciar nuestras acciones *antes* de que seamos conscientes de ellas. Eso no parece nada del otro mundo. Al fin y al cabo, en la vida cotidiana hacemos muchas cosas por decisión propia, ¿no? Al menos eso es lo que parece. Por ejemplo, el lector decidió abrir este libro y leer estas palabras. Pero el cerebro es un órgano predictivo. Desencadena nuestro próximo conjunto de acciones basándose en nuestra experiencia pasada y nuestra situación actual, y lo hace sin que seamos conscientes de ello. En otras palabras: nuestras acciones están controladas por nuestra memoria y nuestro entorno. ¿Significa eso que carecemos de libre albedrío? ¿Quién es el responsable de dichas acciones?

Los filósofos y otros eruditos han debatido sobre la existencia del libre albedrío prácticamente desde la invención de la filosofía. No es probable que resolvamos ese debate aquí. Sin embargo, sí podemos poner de manifiesto una pieza del rompecabezas que a menudo se ignora.

Piense en la última vez que actuó en modo piloto automático. Quizá se mordió las uñas. Tal vez la conexión entre su cerebro y su boca estaba demasiado suelta y le murmuró algo poco acertado a un amigo. Quizá apartó por un momento la vista de una película interesante y descubrió que se había tragado una bolsa gigante de palomitas. En esos momentos, su cerebro empleó su capacidad de predicción para desencadenar sus acciones y usted no tuvo la menor sensación de intervenir. ¿Podría haber ejercido más control y cambiar su comportamiento en ese momento? Quizá, pero habría sido difícil. ¿Fue usted responsable de esas acciones? Más de lo que cree.

Las predicciones que desencadenan nuestras acciones no surgen de la nada. Si no se hubiera mordido las uñas de niño, probablemente tampoco lo habría hecho ahora. Si no hubiera aprendido las desagradables palabras que le dijo a su amigo en algún momento anterior, no podría habérselas dicho ahora. Si nunca se hubiera aficionado a las palomitas... ¿Entiende la idea? El cerebro predice y prepara nuestras acciones utilizando las experiencias pasadas. Si pudiéramos retroceder mágicamente en el tiempo y cambiar nuestro pasado, hoy nuestro cerebro predeciría de diferente manera, y como resultado podríamos actuar de manera distinta y experimentar el mundo de manera diversa.

Es imposible cambiar el pasado, pero en el presente, con un poco de esfuerzo, podemos cambiar la forma en que nuestro cerebro predecirá el

futuro. Podemos dedicar un poco de tiempo y energía a aprender nuevas ideas; podemos seleccionar nuevas experiencias; podemos probar nuevas actividades. Todo lo que aprendamos hoy predispone al cerebro a predecir de manera distinta mañana.

He aquí un ejemplo. Todos hemos experimentado cierto nerviosismo antes de un examen, pero para algunas personas esa ansiedad resulta paralizante. Basándose en sus experiencias pasadas de realización de exámenes, sus cerebros predicen y desencadenan un latido cardíaco tan fuerte y un sudor tan intenso en las manos que les impiden realizar la prueba. Si eso se repite con la suficiente frecuencia, acaban suspendiendo los cursos o incluso abandonando la escuela. Pero la cuestión es esta: un fuerte latido cardíaco no significa necesariamente ansiedad. Diversas investigaciones revelan que los estudiantes pueden aprender a experimentar sus sensaciones físicas no como ansiedad, sino como una vigorosa determinación, y cuando lo hacen obtienen mejores resultados en los exámenes. Esa determinación predispone a sus cerebros a predecir de manera distinta en el futuro, de modo que puedan controlar su nerviosismo. Si practican esta habilidad lo suficiente, pueden aprobar un examen, y quizá aprobar los cursos e incluso graduarse, lo que tendrá un gran impacto en sus potenciales ganancias futuras.

También es posible modificar nuestras predicciones para cultivar la empatía con el prójimo y actuar de manera diferente en el futuro. Una organización llamada Seeds of Peace («Semillas de Paz») intenta hacer precisamente eso reuniendo a jóvenes de culturas que están enfrentadas por graves conflictos, como palestinos e israelíes, o indios y paquistaníes. Los adolescentes invitados a participar realizan actividades conjuntas como jugar al fútbol, practicar piragüismo y desarrollar la capacitación en liderazgo, y pueden hablar sobre la animosidad existente entre sus culturas en un entorno que les brinda su apoyo. Al crear nuevas experiencias, estos adolescentes modifican sus predicciones futuras con la esperanza de construir puentes entre sus culturas y, en última instancia, crear un mundo más pacífico.

Si lo desea, puede probar algo similar a una escala más reducida. Hoy en día muchos de nosotros tenemos la sensación de vivir en un mundo extremadamente polarizado, donde las personas con opiniones opuestas ni siquiera son capaces de tratarse con cortesía. Si quiere que las cosas cambien, le propongo un reto. Elija un tema político controvertido que le interese mucho. Si, por ejemplo, vive en Estados Unidos, podría ser el aborto, las armas, la religión, la policía, el cambio climático, las reparaciones por la esclavitud o quizá un problema local que considere importante. Dedique cinco

minutos al día a considerar deliberadamente el problema desde la perspectiva de las personas que discrepan de usted sobre ese tema, no para mantener una discusión con ellas en su cabeza, sino para entender cómo alguien con una inteligencia comparable a la suya puede creer lo contrario de lo que usted cree.

No le estoy pidiendo que cambie de opinión. Ni tampoco digo que el reto sea fácil. Requiere un «reintegro» de nuestro presupuesto corporal, y puede parecer bastante desagradable o incluso inútil. Pero cuando uno intenta encarnar el punto de vista de otra persona, cuando lo intenta de verdad, puede cambiar sus predicciones futuras sobre quienes sostienen esos puntos de vista distintos. Si podemos decir honestamente: «Estoy en absoluto desacuerdo con esas personas, pero puedo entender por qué creen lo que creen», estaremos un poco más cerca de lograr un mundo menos polarizado. No estamos hablando aquí de seudociencia progresista mágica, sino de una estrategia derivada de datos científicos esenciales sobre el funcionamiento de nuestro cerebro predictivo.

Todo aquel que en un momento u otro ha aprendido una nueva habilidad, ya sea conducir un coche o atarse los zapatos, sabe que, con la práctica suficiente, lo que hoy requiere un esfuerzo mañana lo realizará de forma automática. Ello ocurre porque nuestro cerebro se ha ajustado y podado para hacer diferentes predicciones que desencadenan distintas acciones. Como consecuencia, nos experimentamos a nosotros mismos y el mundo que nos rodea de maneras diversas. Esa es una forma de libre albedrío, o al menos algo que probablemente pueda calificarse como tal. Podemos elegir a qué nos exponemos.

Lo que pretendo resaltar aquí es que, por más que en un momento de exaltación no seamos capaces de modificar nuestra conducta, hay muchas posibilidades de que podamos cambiar nuestras predicciones *antes* de que ese momento llegue. Con la práctica, podemos hacer que algunas conductas automáticas sean más probables que otras, y ejercer más control sobre nuestras acciones y experiencias futuras del que podemos llegar a imaginar.

No sé al lector, pero a mí esta idea me parece esperanzadora, aunque, como probablemente sospeche, este control adicional tiene una contrapartida. Más control significa también más responsabilidad. Si nuestro cerebro no se limita a reaccionar ante el mundo exterior, sino que de hecho lo predice activamente, e incluso forja su propio cableado, ¿quién tiene la responsabilidad cuando actuamos mal^[44]? Sin duda, nosotros mismos.

Ahora bien, cuando hablo de *responsabilidad*, no estoy diciendo que la gente tenga la culpa de las tragedias que acontecen en sus vidas o de las dificultades que experimentan como resultado. No podemos elegir todo aquello a lo que nos vemos expuestos. Tampoco estoy diciendo que las personas con depresión, ansiedad u otros trastornos graves tengan la culpa de su sufrimiento. Lo que digo es algo completamente distinto: a veces somos responsables de las cosas, no porque sean culpa nuestra, sino porque somos los únicos que podemos cambiarlas.

De pequeños, nuestros cuidadores gestionaron el entorno que forjó el cableado de nuestro cerebro. Crearon nuestro nicho. Nosotros no elegimos ese nicho, ya que no éramos más que unos bebés. Por lo tanto, no somos responsables de aquel cableado inicial. Si luego crecimos rodeados de personas que, pongamos por caso, eran muy similares entre sí, usaban el mismo tipo de ropa, coincidían en ciertas creencias, practicaban la misma religión o tenían una gama limitada de tonos de piel o formas corporales, esas similitudes ajustaron y podaron nuestro cerebro en desarrollo para predecir cómo son las personas; a nuestro cerebro en desarrollo se le trazó una determinada trayectoria en ese aspecto.

Pero las cosas cambian cuando crecemos. Entonces podemos frecuentar toda clase de personas; podemos cuestionar las creencias que nos rodearon de niños; podemos cambiar nuestro propio nicho. Nuestras acciones actuales se convierten en las futuras predicciones del cerebro, y esas predicciones guían automáticamente las acciones venideras. En consecuencia, gozamos de una cierta libertad para perfeccionar nuestras predicciones orientándolas en nuevos sentidos, y al mismo tiempo tenemos una cierta responsabilidad por los resultados que obtenemos. No todo el mundo tiene multitud de opciones con respecto a qué puede perfeccionar o no, pero todos tenemos *alguna* opción.

Como dueños de un cerebro predictivo, tenemos más control sobre nuestras acciones y experiencias del que podríamos creer, y más responsabilidad de la que podríamos desear. Pero si aceptamos esa responsabilidad, pensemos en las posibilidades que entraña. ¿Cómo sería nuestra vida? ¿En qué tipo de persona nos convertiríamos?

Nuestro cerebro colabora en secreto [...]

LECCIÓN 5

Nuestro cerebro colabora en secreto con otros cerebros

Los humanos somos una especie social. Vivimos en grupos. Cuidamos unos de otros. Construimos civilizaciones. Nuestra capacidad de cooperar ha sido una gran ventaja adaptativa: nos ha permitido colonizar prácticamente todos los hábitats de la Tierra, y sobrevivir y prosperar en más climas que cualquier otro animal, excepto tal vez las bacterias.

Resulta que uno de los factores inherentes al hecho de ser una especie social es que regulamos mutuamente nuestros presupuestos corporales, es decir, las diversas formas en que el cerebro gestiona los recursos corporales que utilizamos todos los días. Ya hemos visto cómo los cuidadores ayudan a los pequeños cerebros de sus bebés a presupuestar esos recursos de manera eficiente (o de manera errónea en el caso de los huérfanos rumanos) en la medida en que dichos cerebros se conectan a su mundo. Pues bien, esa actividad de presupuestación corporal mutua y el consiguiente recableado se prolongan hasta mucho después de que esos pequeños cerebros hayan crecido. Durante toda nuestra vida, sin ser conscientes de ello, hacemos «ingresos» y «reintegros» de uno u otro tipo en los presupuestos corporales de otras personas, al tiempo que otras personas hacen lo mismo con nosotros. Esta constante actividad inconsciente tiene sus pros y sus contras, además de profundas implicaciones en el modo como vivimos nuestras vidas.

¿Cómo influyen las personas que nos rodean en nuestro presupuesto corporal y cómo reconfiguran el cableado de nuestro cerebro adulto? Recuerde que el cerebro modifica su propio cableado tras cada nueva experiencia en un proceso conocido como plasticidad. Como ya hemos visto, partes microscópicas de las neuronas cambian gradualmente todos los días mediante el ajuste y la poda. Por ejemplo, el «ramaje» de las dendritas se vuelve más tupido, al tiempo que las conexiones neuronales asociadas se vuelven más eficientes. Esta labor de remodelado requiere energía de nuestro presupuesto corporal, por lo que nuestro cerebro predictivo necesita una

buena razón para derrocharla; y una gran razón es que esas conexiones se utilizan con frecuencia para tratar con las personas que nos rodean. Así pues, el cerebro se va ajustando y podando poco a poco a medida que interactuamos con el prójimo.

Algunos cerebros están más atentos a las personas que los rodean, y otros menos, pero todo el mundo tiene a alguien (hasta los psicópatas dependen de otras personas, solo que de una forma realmente desafortunada). En última instancia, nuestra familia, los amigos y vecinos e incluso los extraños contribuyen a la estructura y función de nuestro cerebro, y ayudan a que este mantenga funcionando nuestro cuerpo.

Esta regulación conjunta tiene efectos mensurables. Los cambios producidos en el cuerpo de una persona a menudo provocan cambios en el cuerpo de otra, tanto si entre ambas existe un vínculo amoroso como si solo son amigos o extraños que se encuentran por primera vez. Cuando uno está con alguien que le importa, su respiración puede sincronizarse con la de esa persona, al igual que los latidos de su corazón, independientemente de si mantienen una conversación informal o están enzarzados en una acalorada discusión. Ese tipo de conexión física se produce entre los bebés y sus cuidadores, entre los terapeutas y sus pacientes y entre las personas que asisten a una clase de yoga o cantan juntas en un coro. A menudo reflejamos mutuamente nuestros movimientos en un baile del que ninguno de nosotros es consciente y que está coreografiado por nuestro cerebro. Uno lleva la voz cantante, el otro le sigue, y de vez en cuando se intercambian los papeles. Por el contrario, cuando una persona no nos importa o no confiamos en ella, nuestros cerebros son como parejas de baile que se pisan los pies.

También ajustamos mutuamente nuestros presupuestos corporales mediante nuestros actos. Si uno levanta la voz, o incluso la ceja, puede influir en lo que sucede dentro del cuerpo de otras personas, como alterar su frecuencia cardíaca o las sustancias químicas que transporta su torrente sanguíneo. Si un ser querido está sufriendo, podemos aliviar su sufrimiento simplemente cogiéndole la mano.

Ser una especie social tiene toda clase de ventajas para nosotros, los *Homo sapiens*. Una de dichas ventajas es que, si mantenemos relaciones estrechas y solidarias con otras personas, vivimos más tiempo. Puede parecer obvio que las relaciones amorosas son buenas para nosotros, pero diversos estudios revelan que sus beneficios van más allá de lo que parece dictar el sentido común. Si usted y su pareja sienten que mantienen una relación íntima y cariñosa, que responden mutuamente a sus necesidades, y que cuando están

juntos la vida parece fácil y agradable, resulta menos probable que cualquiera de los dos enferme. Y en el caso de que padezca una enfermedad grave, como un cáncer o una afección cardíaca, es más probable que mejore. Estos estudios se realizaron con parejas casadas, pero parece que los resultados también valen para las amistades íntimas, e incluso para los dueños de mascotas.

Otra ventaja de ser una especie social es que realizamos mejor nuestro trabajo cuando colaboramos con compañeros y jefes en quienes confiamos. Algunos empresarios fomentan intencionadamente esa confianza y se benefician de ello. Por ejemplo, algunas empresas cuentan con un comedor gratis para sus trabajadores, no solo como un atractivo plus, sino también para alentar a los empleados a interrelacionarse e intercambiar ideas. Algunas oficinas también contienen numerosos espacios de trabajo informales para que los empleados puedan colaborar apartados de sus escritorios. Cuando se crea un entorno en el que las personas pueden trabajar juntas con una menor carga para sus presupuestos corporales, se incrementa su confianza mutua y su nivel de sincronización, lo cual engendra nuevas ideas.

En general, ser una especie social nos aporta beneficios, pero también tiene sus inconvenientes. Puede que si mantenemos relaciones estrechas estemos más sanos y vivamos más tiempo, pero también enfermamos y morimos antes cuando nos sentimos solos de forma persistente (posiblemente varios años antes, según parecen apuntar los datos). Cuando no hay nadie que ayude a regular nuestros presupuestos corporales, soportamos una carga adicional. ¿Alguna vez ha perdido a alguien cercano por una ruptura o una muerte y ha sentido que había perdido una parte de sí mismo? Pues, en efecto, eso es lo que ocurre: cuando eso sucede perdemos uno de los pilares que sustentan el equilibrio de nuestro sistema corporal. El poeta Alfred Tennyson escribió una máxima que se haría célebre: «Es mejor haber amado y perdido que no haber amado nunca». En términos neurocientíficos, puede que una ruptura nos haga sentirnos como si nos muriésemos, pero es probable que la soledad constante acelere realmente nuestra muerte. Esa es una de las razones por las que el régimen de aislamiento carcelario —la soledad forzada— vendría a ser como una pena capital a cámara lenta.

Una sorprendente desventaja de la presupuestación corporal compartida es que afecta a la empatía. Cuando sentimos empatía por otras personas, nuestro cerebro predice lo que pensarán, sentirán y harán. Cuanto más familiares nos resultan esas personas, más eficientemente predice el cerebro sus luchas internas. Todo ese proceso nos parece evidente y natural, como si leyéramos

la mente del otro. Pero aquí hay una pega: cuando no estamos tan familiarizados con otras personas, también puede sernos más difícil sentir empatía por ellas. Posiblemente ello requiera conocerlas mejor, un esfuerzo adicional que se traduce en más «reintegros» de nuestro presupuesto corporal, lo que puede resultar engorroso. Esta puede ser una de las razones por las que a veces la gente no es capaz de empatizar con quienes son físicamente distintos o tienen diferentes creencias, y por las que puede resultar incómodo intentarlo. Es metabólicamente costoso para un cerebro lidiar con cosas que son difíciles de predecir. No es de extrañar, pues, que la gente tienda a crear lo que se conoce como «cámaras de resonancia», rodeándose de noticias y opiniones que refuerzan lo que ya cree; ello reduce el coste metabólico y la incomodidad que comporta aprender algo nuevo. Desafortunadamente, también reduce las probabilidades de aprender algo que podría cambiar nuestra propia opinión.

Además de los humanos, muchas otras criaturas regulan mutuamente sus presupuestos corporales. Las hormigas, abejas y otros insectos lo hacen utilizando sustancias químicas como las feromonas. De manera similar, ciertos mamíferos, como las ratas y los ratones, emplean también sustancias químicas para comunicarse mediante el olfato, añadiendo asimismo sonidos bucales y contactos táctiles. Algunos primates, como los monos no antropomorfos y los chimpancés, también utilizan la visión para regular mutuamente sus sistemas nerviosos. Sin embargo, los humanos somos únicos en el reino animal en cuanto que también nos regulamos mutuamente mediante *palabras*. Una palabra amable puede calmarnos, como cuando un amigo nos dice algo halagador al final de un día difícil. Por el contrario, una palabra de odio de un acosador puede hacer que nuestro cerebro prediga una amenaza e inunde el torrente sanguíneo de hormonas, derrochando preciosos recursos de nuestro presupuesto corporal.

El poder de las palabras sobre nuestra biología puede cubrir grandes distancias. En este preciso momento puedo enviar un mensaje de texto con las palabras «Te quiero» desde mi residencia en Estados Unidos a una amiga íntima que vive en Bélgica, y aunque ella no pueda escuchar mi voz ni ver mi rostro, con ello modificaré su frecuencia cardíaca, su respiración y su metabolismo. O alguien podría enviarle un mensaje ambiguo como «¿Está cerrada la puerta?», y lo más probable es que afectara a su sistema nervioso de una manera desagradable.

Pero nuestro sistema nervioso no solo puede verse alterado a través de la distancia, sino también a través de los siglos. Si alguna vez se ha sentido

reconfortado leyendo antiguos textos como la Biblia o el Corán, habrá recibido ayuda para la gestión de su presupuesto corporal de personas que hace mucho que ya no están. Los libros, vídeos y pódcast pueden consolarnos o provocarnos escalofríos. Puede que esos efectos no duren mucho, pero diversas investigaciones revelan que todos podemos influir mutuamente en nuestro sistema nervioso con rapidez y usando solo las palabras de formas eminentemente físicas que van más allá de lo que uno podría sospechar.

En mi laboratorio de investigación realizamos experimentos que demuestran el poder de las palabras^[45] para influir en el cerebro. Los participantes en dichos experimentos permanecen inmóviles en un escáner cerebral mientras escuchan breves descripciones de situaciones como esta:

Va conduciendo de regreso a casa después de haber estado bebiendo toda la noche. El largo tramo de carretera que tiene delante parece no tener fin. Cierra los ojos por un momento. El coche empieza a derrapar. Se despierta de golpe. Siente que el volante resbala entre sus manos...

Cuando los sujetos escuchan estas palabras observamos una mayor actividad en las regiones de su cerebro involucradas en el movimiento, a pesar de que sus cuerpos están quietos. También observamos actividad en las regiones involucradas en la visión, aun cuando tienen los ojos cerrados. Y aquí viene la parte más interesante: también se incrementa la actividad en el sistema cerebral que controla la frecuencia cardíaca, la respiración, el metabolismo, el sistema inmunitario, las hormonas y toda una serie de procesos internos... ¡y todo ello por el mero hecho de procesar el significado de las palabras!

¿Por qué las palabras con las que nos tropezamos tienen efectos de tan amplio alcance en nuestro interior? Pues porque muchas de las regiones cerebrales que procesan el lenguaje *también controlan las entrañas de nuestro cuerpo*^[46], incluidos los principales órganos y sistemas que gestionan el presupuesto corporal. Dichas regiones cerebrales, que integran lo que los científicos denominan la «red del lenguaje», guían los altibajos de la frecuencia cardíaca, ajustan la glucosa que entra en el torrente sanguíneo para alimentar a las células y alteran el flujo de sustancias químicas que sustentan el sistema inmunitario. El poder de las palabras no es una metáfora: está inscrito en el cableado de nuestro cerebro. También vemos un cableado similar en otros animales; por ejemplo, algunas de las principales neuronas que intervienen en el canto de los pájaros también controlan los órganos de su cuerpo.

La palabra, pues, es una herramienta para regular cuerpos humanos. Las palabras pronunciadas por otras personas tienen un efecto directo en nuestra actividad cerebral y nuestros sistemas corporales, e igualmente las palabras que nosotros pronunciamos tienen el mismo efecto en los demás. Que tengamos o no la intención de provocar ese efecto resulta del todo irrelevante: así es como está cableado nuestro cerebro.

¿Hasta dónde pueden llegar esos efectos? Por ejemplo: ¿pueden las palabras dañar nuestra salud? En pequeñas dosis, no mucho. Cuando alguien dice cosas que nos disgustan, nos insulta o incluso amenaza nuestra seguridad física puede que nos sintamos muy mal porque en ese momento se pone a prueba nuestro presupuesto corporal; sin embargo, no se producen daños físicos ni en el cerebro ni en el cuerpo. Quizá el corazón se acelere, varíe la presión arterial, empecemos a sudar, etc., pero luego el cuerpo se recupera y es posible que después el cerebro incluso sea un poco más fuerte. La evolución nos ha dotado de un sistema nervioso que puede hacer frente a este tipo de cambios metabólicos temporales e incluso beneficiarse de ellos. En ese aspecto, el estrés ocasional puede ser como el ejercicio: los breves «reintegros» de nuestro presupuesto corporal seguidos de nuevos «ingresos» nos hacen mejores y más fuertes.

Pero si una persona se estresa una y otra vez, sin apenas oportunidades de recuperarse, los efectos pueden resultar mucho más graves. Si uno se debate constantemente en un mar de estrés permanente, y su presupuesto corporal acumula un déficit cada vez mayor, se produce lo que se denomina estrés crónico, y sus consecuencias van más allá de hacernos sentir momentáneamente desdichados. Con el tiempo, *cualquier cosa* que contribuya al estrés crónico puede desgastar de manera gradual el cerebro y causar enfermedades en el cuerpo. Eso incluye el maltrato físico, la agresión verbal^[47], el rechazo social, la desatención grave y todo el resto de innumerables y creativas formas en que los animales sociales nos atormentamos unos a otros.

Es importante entender que el cerebro humano no parece distinguir entre las diferentes causas de estrés crónico. Si nuestro presupuesto corporal ya está agotado por las circunstancias de la vida —como las enfermedades físicas, las dificultades económicas, las sobrecargas hormonales o simplemente no dormir lo bastante o no hacer suficiente ejercicio—, nuestro cerebro se vuelve más vulnerable a todo tipo de estrés. Eso incluye los efectos biológicos de las palabras destinadas a amenazar, intimidar o atormentarnos a nosotros o a nuestros seres queridos. Cuando el presupuesto corporal se ve constantemente

sobrecargado, los factores estresantes momentáneos se van acumulando, aunque sean del tipo de los que normalmente uno se recupera con rapidez. Es como un grupo de niños saltando sobre una cama: puede que la cama soporte a diez niños saltando a la vez, pero el undécimo rompe el armazón.

En pocas palabras, un largo período de estrés crónico puede dañar el cerebro humano^[48]. Los estudios científicos se muestran absolutamente claros en ese aspecto. Cuando, por ejemplo, somos los destinatarios de insultos y amenazas constantes, dichos estudios revelan que es más probable que caigamos enfermos. Los científicos aún no entienden bien todos los mecanismos subyacentes, pero sabemos que ocurre.

En diversos estudios sobre agresión verbal se evaluó a personas corrientes de todo el espectro político, izquierda, derecha y centro (todos somos animales sociales independientemente de nuestras preferencias políticas). Si alguien te insulta, sus palabras no dañarán tu cerebro la primera vez, ni la segunda, y puede que ni siquiera la vigésima. Pero si uno se ve expuesto a una agresión verbal constante durante meses y meses, o vive en un entorno que pone a prueba su presupuesto corporal de manera persistente e inexorable, entonces las palabras sí pueden dañar físicamente su cerebro. No porque sea débil o delicado, sino porque es humano: para bien o para mal, su sistema nervioso está ligado a la conducta de otros humanos. Podemos discutir qué implican esos datos o si son importantes, pero son los que son.

Otros dos estudios, que considero extraordinarios como científica pero inquietantes como persona, midieron los efectos del estrés en la alimentación^[49]. El primero de ellos descubrió que, si se expone a una persona a un cierto grado de estrés social durante las dos horas posteriores a una comida, su cuerpo metaboliza los alimentos de tal modo que añade 104 calorías adicionales. Si eso ocurre a diario, implica que al cabo de un año esa persona habrá ganado nada menos que 5 kilos de peso. Pero aún hay más: si uno consume grasas saturadas saludables, como las que se encuentran en las nueces, en el plazo de veinticuatro horas tras haber sufrido una situación de estrés, su cuerpo metaboliza esos alimentos como si en realidad estuvieran llenos de grasas perjudiciales. No digo que eso nos autorice a comer patatas fritas en lugar de aceite de pescado cuando estamos estresados; allá cada cual con su conciencia. Pero el estrés, literalmente, puede hacernos engordar.

Lo más beneficioso para nuestro sistema nervioso es, pues, otro ser humano; y también lo más perjudicial. Esa situación nos lleva a un dilema esencial de la condición humana. Nuestro cerebro depende de otras personas para mantener nuestro cuerpo vivo y saludable, pero al mismo tiempo muchas

culturas conceden un gran valor a los derechos y libertades individuales. Dado que la dependencia y la libertad se hallan naturalmente en conflicto, ¿cuál es para nosotros el mejor modo de respetar y cultivar los derechos individuales si somos animales sociales que necesitamos regular mutuamente nuestro sistema nervioso para sobrevivir?

Para responder a esta pregunta debo aflojarme un poco mi bata blanca de laboratorio mientras sumerjo con cautela un dedo del pie en aguas políticas. Existe una auténtica tensión entre la creencia en la libertad individual, que implica que podemos decir casi todo lo que queramos a cualquier persona, y el hecho biológico de que los seres humanos tenemos sistemas nerviosos socialmente interdependientes, lo que significa que nuestras palabras afectan al cuerpo y al cerebro de los demás. No es labor de los científicos declarar cómo resolver esa tensión, pero sí señalar que los datos biológicos son reales y alentar a la gente a abordar los problemas que surgen en nuestro mundo político y social. De modo que vamos a ello.

Para empezar, digamos que es imposible dar una solución global a este dilema en la medida en que las diferentes culturas tienen valores diversos. En Estados Unidos, por ejemplo, el discurso de odio es legal siempre que no se amenace abiertamente con dañar a alguien. En cambio, en algunas partes del mundo la simple crítica puede acarrear la pena de muerte.

Además, en mi experiencia, el dilema fundamental de «libertad versus dependencia» puede resultar difícil incluso de debatir, y no digamos ya de resolver. Si en un país como Estados Unidos alguien intenta dialogar sobre este dilema, o siquiera plantear el tema, invariablemente alguien le acusará de socialista o afirmará que está en contra de la libertad de expresión garantizada por la Primera Enmienda de la Constitución estadounidense. Sin embargo, la libertad constituye en todo el mundo una cuestión que trasciende los partidos: todos la queremos en un momento u otro, aunque siempre en función del tema concreto del que se trate. Así, por ejemplo, cuando en Estados Unidos se debate la posesión de armas, los conservadores tienden a apoyar la libertad personal, al tiempo que los progresistas tienden a abogar en favor del control; en cambio, cuando se trata del aborto ocurre justo lo contrario: los conservadores tienden a defender el control, mientras que los progresistas tienden a apoyar la libertad personal.

En el caso de las sociedades como la estadounidense, al menos, puedo afirmar que ciertamente la solución al dilema *no* pasa por limitar la libertad de expresión. Al fin y al cabo, la historia está llena de ejemplos de superación de las restricciones impuestas por la biología para poder vivir según los propios

valores. Otras personas son portadoras de gérmenes que pueden enfermarnos o incluso matarnos, por ejemplo, pero solo en los casos más extremos se legisla una solución que limite las libertades personales. Lo más habitual, en cambio, es cooperar e innovar: se inventa un nuevo jabón, se entrechocan los codos en lugar de estrecharse la mano, se buscan nuevos medicamentos y vacunas, etc. Cuando eso no basta, los expertos nos dicen que se supone que debemos aislarnos voluntariamente y practicar el distanciamiento social. Incluso en una sociedad libre, nuestras acciones nos afectan mutuamente de maneras que, como los virus, a menudo nos resultan invisibles.

Creo que un enfoque más realista para abordar el dilema —insisto: al menos en las sociedades como la estadounidense— consiste en comprender que la libertad conlleva siempre responsabilidad. Somos libres de hablar y actuar, pero no somos libres de eludir las consecuencias de lo que decimos y hacemos. Puede que dichas consecuencias no nos importen, o que no nos parezca que están justificadas, pero, aun así, tienen unos costes que todos pagamos.

Pagamos el incremento de los costes sanitarios de tratar enfermedades como la diabetes, el cáncer, la depresión, las afecciones cardíacas y la enfermedad de Alzheimer, que empeoran con el estrés crónico. Pagamos los costes que implica tener un gobierno ineficaz cuando los políticos se mofan unos de otros y se atacan personalmente en lugar de mantener el debate razonado que imaginaron los padres fundadores de la nación. Pagamos los costes derivados del hecho de que a la ciudadanía le cuesta hablar de temas políticamente sensibles de manera productiva, lo que conduce a un punto muerto que debilita la democracia.

También pagamos los costes que entraña la reducción de la innovación en la economía global, ya que, cuando las personas están constantemente estresadas, su capacidad de aprendizaje disminuye. La creatividad y la innovación a menudo implican fracasar de manera repetida y tener la tenacidad de levantarse y volver a intentarlo. Ese esfuerzo adicional requiere obviamente energía adicional. Nuestro cerebro ya quema el 20 por ciento de todo el presupuesto metabólico corporal, lo que lo convierte en el órgano más «caro» de nuestro cuerpo, y en cada instante de nuestra vida toma decisiones económicas acerca de qué energía gastar, cuándo gastarla y cuándo ahorrarla. Si uno ya está agobiado por un presupuesto corporal que está en números rojos, resulta menos probable que sea un derrochador visionario.

A menudo se les pide a los científicos que sus investigaciones resulten útiles para la vida cotidiana. Pues bien: los hallazgos científicos aquí

mencionados acerca de las palabras, el estrés crónico y las enfermedades constituyen un perfecto ejemplo de ello. Existe un beneficio biológico real cuando las personas se tratan unas a otras con un mínimo de dignidad humana. Si no lo hacen, también hay consecuencias biológicas reales y, en última instancia, ello genera un coste financiero y social para todos. El precio de la libertad personal es la responsabilidad personal por nuestro impacto en los demás. El cableado de todos nuestros cerebros garantiza que ello sea así.

A la hora de adoptar decisiones sobre la atención sanitaria, las leyes, las políticas públicas y la educación en nuestra sociedad, podemos ignorar la dependencia social de nuestro sistema nervioso o bien podemos tomárnosla en serio. Es posible que tales debates resulten difíciles, pero aún es peor evitarlos. Nuestra biología no desaparecerá sin más.

Tomar en serio la interdependencia de la especie humana no implica restringir derechos. Puede implicar simplemente comprender de qué modo nos influimos mutuamente. Cada uno de nosotros puede decidir ser el tipo de persona que hace más «ingresos» que «reintegros» en los presupuestos corporales de los demás, o el tipo de persona que representa una carga para la salud y el bienestar de quienes la rodean.

A veces es necesario decir cosas que a otras personas les resultan ofensivas o simplemente no les gustan. Esta es una parte esencial de la democracia. Pero en esas situaciones ¿solo queremos hablar, o queremos también que nos *escuchen*? En el segundo caso, nuestros mensajes pueden resultar más eficaces si prestamos más atención a cómo los transmitimos. La forma de transmisión puede hacer que un mensaje ya de por sí complicado resulte más fácil o más difícil para el presupuesto corporal del receptor. Cuando hablamos libremente, tiene sentido comunicarnos de formas que animen a los demás a escuchar.

La mayoría de la gente come alimentos cultivados por otros. Muchos viven en casas construidas por otros. Otras personas cuidan de nuestro sistema nervioso. Nuestro cerebro colabora en secreto con otros cerebros. Esta cooperación oculta nos mantiene sanos. En consecuencia, el modo como nos tratamos unos a otros reviste una importancia muy real en la medida en que forja el cableado de nuestro cerebro. Así pues, no solo somos más responsables de lo que creemos de los bebés (lección 3) y de nosotros mismos (lección 4); también somos más responsables de otros adultos de lo que pensamos. O de lo que quisiéramos. Nos guste o no, con nuestras acciones y palabras influimos en el cerebro y el cuerpo de quienes nos rodean, y ellos hacen lo mismo con nosotros.

LECCIÓN 6

Los cerebros configuran más de un tipo de mente

Cuando la población de la isla de Bali, en Indonesia, tiene miedo, se queda dormida^[50]; o al menos eso es lo que se supone que tiene que hacer.

Quedarse dormido puede parecer una reacción un tanto extraña cuando uno tiene miedo. Si eres originario de una cultura occidental, se supone que debes quedarte petrificado, abrir mucho los ojos y jadear. También puedes apretar los ojos con fuerza y gritar como una niñera adolescente en una mala película de terror. O puedes salir corriendo para huir de lo que sea que te esté asustando. Esos comportamientos son estereotipos occidentales de lo que se considera adecuado cuando uno tiene miedo. En Bali, en cambio, el estereotipo consiste en quedarse dormido.

¿Qué tipo de mente se queda dormida cuando tiene miedo? Sin duda, un tipo de mente diferente a la nuestra.

Los cerebros humanos configuran muchos tipos de mente distintos. No me refiero únicamente al hecho de que la mente de una persona sea diferente de las de sus amigos y vecinos. Hablo de mentes que tienen rasgos básicos diversos. Por ejemplo, si el lector es originario de una cultura occidental, como yo, su mente posee dos tipos de atributos denominados pensamientos y emociones que a nosotros nos parecen esencialmente distintos. Pero las personas que crecen y se educan en la cultura balinesa —o en la cultura ilynongote de Filipinas— no experimentan lo que los occidentales denominamos cognición y emoción como diferentes tipos de eventos: experimentan lo que nosotros calificaríamos como una mezcla de pensamiento y sentimiento que, sin embargo, para ellos es una misma cosa. Si le resulta difícil concebir este tipo de atributo mental, no se preocupe: simplemente es que usted no tiene una mentalidad balinesa.

Otro ejemplo: las mentes occidentales a menudo intentan adivinar lo que otras personas piensan o sienten. Esta inferencia mental constituye una habilidad tan básica y valiosa en nuestra cultura que, cuando nos tropezamos

con personas a las que no se les da muy bien, puede que las consideremos anormales en lugar de simplemente distintas. Sin embargo, hay otras culturas en las que esos intentos de escudriñar la mente de los demás se juzgan innecesarios. Los himbas de Namibia suelen evaluarse mutuamente observando su comportamiento, no infiriendo la actividad mental que subyace a dicho comportamiento. Si le sonríes a un occidental, su cerebro podría conjeturar que estás contento de verle y predecir que te dispones a decirle «hola»; si le sonríes a un himba, probablemente su cerebro solo predecirá el «hola» (*moro*, en su lengua).

Incluso dentro de una misma cultura encontramos diferentes tipos de mentes. Piense en las mentes de los grandes matemáticos capaces de concebir cálculos que otras mentes no pueden. O en la mente de Greta Thunberg, una adolescente que ha navegado por todo el mundo hablando sin rodeos del cambio climático. La mente de Thunberg se inscribe en el denominado espectro autista^[51], y dice cosas que otros no están dispuestos a decir. Ella califica su afección como un «superpoder» que la ayuda a continuar su misión cuando la gente critica sus esfuerzos.

Piense asimismo en las personas que padecen esquizofrenia y experimentan alucinaciones graves y continuas. Hoy en día, a las personas con este tipo de mente se las considera enfermos mentales, pero hace siglos podía calificárselas de profetas o santos. Hildegarda de Bingen^[52], una erudita y monja del siglo XII, experimentaba visiones de ángeles y demonios y escuchaba voces incorpóreas que se creían de procedencia divina.

Llegados a este punto del libro, esa variedad de tipos de mente ya no debería constituir una sorpresa para el lector. Hemos aprendido que la humanidad tiene una única arquitectura cerebral —una red compleja— y, sin embargo, cada cerebro individual se ajusta y poda en función de su entorno. También hemos aprendido que la mente y el cuerpo se hallan estrechamente vinculados, y que la separación entre ambos resulta difusa. Las predicciones de nuestro cerebro preparan nuestro cuerpo para la acción, y luego contribuyen a lo que percibimos y experimentamos.

En suma, un determinado cerebro humano en un determinado cuerpo humano, criado y cableado en función de una determinada cultura, producirá un determinado tipo de mente. No hay una naturaleza humana, sino muchas. Una mente es algo que surge de una transacción entre el cerebro y el cuerpo en un entorno formado por otros cerebros en otros cuerpos que están inmersos en un mundo físico y construyendo un mundo social.

Permítame aclarar las cosas. No estoy diciendo que la mente humana sea una tabla rasa y que cada uno de nosotros se convierte en lo que el entorno le dice que sea, como si no hubiera nada innato: ese es el tipo de mente que podría surgir del cerebro «pastel de carne», la estructura cerebral imaginaria que veíamos en la lección 2, en la que absolutamente todas las neuronas están interconectadas entre sí. Tampoco digo que la gente venga al mundo con su cerebro plenamente realizado de modo que haya una naturaleza humana única y universal: ese es el tipo de mente que surgiría del cerebro «navaja suiza»^[53], la otra estructura cerebral imaginaria de la que hablábamos anteriormente, integrada por distintas regiones cerebrales, cada una de las cuales está consagrada a una única función. Yo estoy describiendo una tercera posibilidad: venimos al mundo con un plan cerebral básico que puede forjar su cableado de diversas formas para construir diferentes tipos de mentes.

Es importante que los humanos tengan muchos tipos de mentes, porque la variación es fundamental para la supervivencia de una especie. Una de las ideas más importantes de Charles Darwin fue precisamente que la variación constituye un requisito previo para que funcione la selección natural^[54]. Piense en ello: si se produce un gran cambio en el entorno, como una disminución catastrófica del suministro de alimento o un fuerte aumento de las temperaturas, una especie sin apenas variación podría desaparecer por completo. En cambio, resulta más probable que una especie en la que existe una importante variación cuente con algunos supervivientes tras una catástrofe: aquellos de sus miembros que estén mejor adaptados al nuevo entorno. Darwin observó las variaciones en los cuerpos de los animales, y ese mismo principio se aplica también a las mentes humanas. Si todos tuviéramos el mismo tipo de mente —si solo hubiera una única naturaleza humana—, cuando se produjera un desastre podríamos extinguirnos. Por fortuna, nuestra especie tiene muchos tipos de mentes diversas, tanto en una misma cultura como en culturas distintas, por lo que resulta menos probable que seamos aniquilados. Esta variación preserva la capacidad de evolución de nuestra especie.

Sin embargo, aunque la variación es la norma —y una bendición para nuestra especie—, lo cierto es que provoca que la gente se sienta incómoda. La idea de una naturaleza humana única y universal resulta mucho más confortable que la variación continua. De modo que, aun cuando los científicos son conscientes de que existen diferentes tipos de mentes, intentan domeñar esa variación organizándola en categorías. Clasifican a las personas en ordenadas casillas con etiquetas. A algunas personas se les asigna la

etiqueta de tener una personalidad cordial, mientras que a otras se las tilda de frías. Algunas personas son más dominantes y otras más serviciales. Algunas culturas dan prioridad a los individuos sobre el grupo, mientras que otras hacen lo contrario. Cada casilla representa un rasgo de la mente que parece universal, y los científicos utilizan las casillas para catalogar las mentes humanas.

Es posible que el lector conozca esos test de personalidad que recopilan información sobre uno y luego le asignan a una casilla. Un buen ejemplo es el denominado Indicador de Tipo de Myers-Briggs (o MBTI, por sus siglas en inglés^[55]), que cataloga a las personas en 16 casillas etiquetadas con diferentes tipos de personalidad para clasificarlas y supuestamente ayudarlas a avanzar en su carrera profesional. Por desgracia, la validez científica del MBTI resulta bastante dudosa. Este test, y sus numerosos parientes, suelen basarse en preguntarnos por nuestras *creencias* acerca de nosotros mismos, lo cual, según sugieren diversas investigaciones, puede tener poco que ver con nuestra conducta real en la vida cotidiana. Personalmente prefiero el test de clasificación del Colegio Hogwarts, que solo tiene cuatro casillas y resulta mucho más riguroso (yo soy una Ravenclaw).

Los científicos también intentan organizar la variación de las mentes clasificando lo que es normal y lo que no. El problema es que el término «normal» es relativo. Por ejemplo, durante muchos años la homosexualidad estuvo catalogada como una enfermedad psíquica en la clasificación oficial de trastornos mentales de la Asociación Estadounidense de Psiquiatría. Hoy, en cambio, muchas personas reconocen una amplia gama de géneros, orientaciones e identidades sexuales como una variación normal (todavía seguimos encajonando la variación en montones de casillas, pero al menos es un comienzo).

Toda esta organización y etiquetado constituye un intento de identificar qué rasgos de la mente son universales en nuestra especie. Parece de sentido común que si el lector y yo formamos parte de la misma especie, junto con un granjero de Buenos Aires, un comerciante de Tokio y un pastor de cabras himba de Namibia, entonces todas nuestras mentes deberían ser similares en ciertos aspectos. Algunos científicos incluso buscan circuitos cerebrales que podrían albergar cada uno de esos supuestos rasgos universales. Y si encuentran un circuito similar en el cerebro de un animal no humano, concluyen que ese animal también tiene ese rasgo psíquico concreto, y con ello el mundo parece de repente un poco más acogedor, como si hubiéramos dado un paso hacia la comprensión de la evolucionada naturaleza humana.

Pero si algo ponen de relieve nuestras anteriores lecciones es que el sentido común no sirve de mucho a la hora de entender cómo funciona un cerebro. Los cerebros tienen numerosos rasgos comunes; las mentes no tantos, puesto que estas últimas dependen en parte de un «microcableado» que es moldeado mediante ajuste y poda por la cultura. Por ejemplo, muchas culturas occidentales trazan una clara línea divisoria entre lo físico y lo mental: si a uno le duele el estómago es probable que visite a su médico de cabecera o a un gastroenterólogo, mientras que si siente ansiedad es más probable que consulte a un psicólogo, a pesar de que los síntomas y la patología subyacente son idénticos. En cambio, en algunas culturas orientales, como las que practican el budismo, la mente y el cuerpo están mucho más integrados.

Que yo sepa, la mente humana no tiene rasgos definitorios universales. Elija cualquier rasgo mental que sea patrimonio exclusivo de los humanos, como la posesión de un rico lenguaje hablado, y siempre podrá encontrar algunos humanos que no lo tengan, como, por ejemplo, los recién nacidos. O bien elija cualquier rasgo mental que posean prácticamente todos los humanos, como la capacidad de cooperación, y encontrará que muchos otros animales también lo tienen.

Aun así, podemos encontrar rasgos mentales que están muy extendidos en tanto resultan de grandísima utilidad, aunque no sean propiamente universales. Un ejemplo es la capacidad de relacionarnos. Es útil tener una mente que se define en relación con el prójimo, en especial si uno vive en una cultura que valora al grupo sobre el individuo; y también es útil tener una mente que se diferencia de las demás, sobre todo si uno vive en una cultura que valora al individuo por encima del grupo. Pero las personas que no se preocupan ni de sí mismas ni de los demás tendrán dificultades para funcionar en *cualquier* cultura humana.

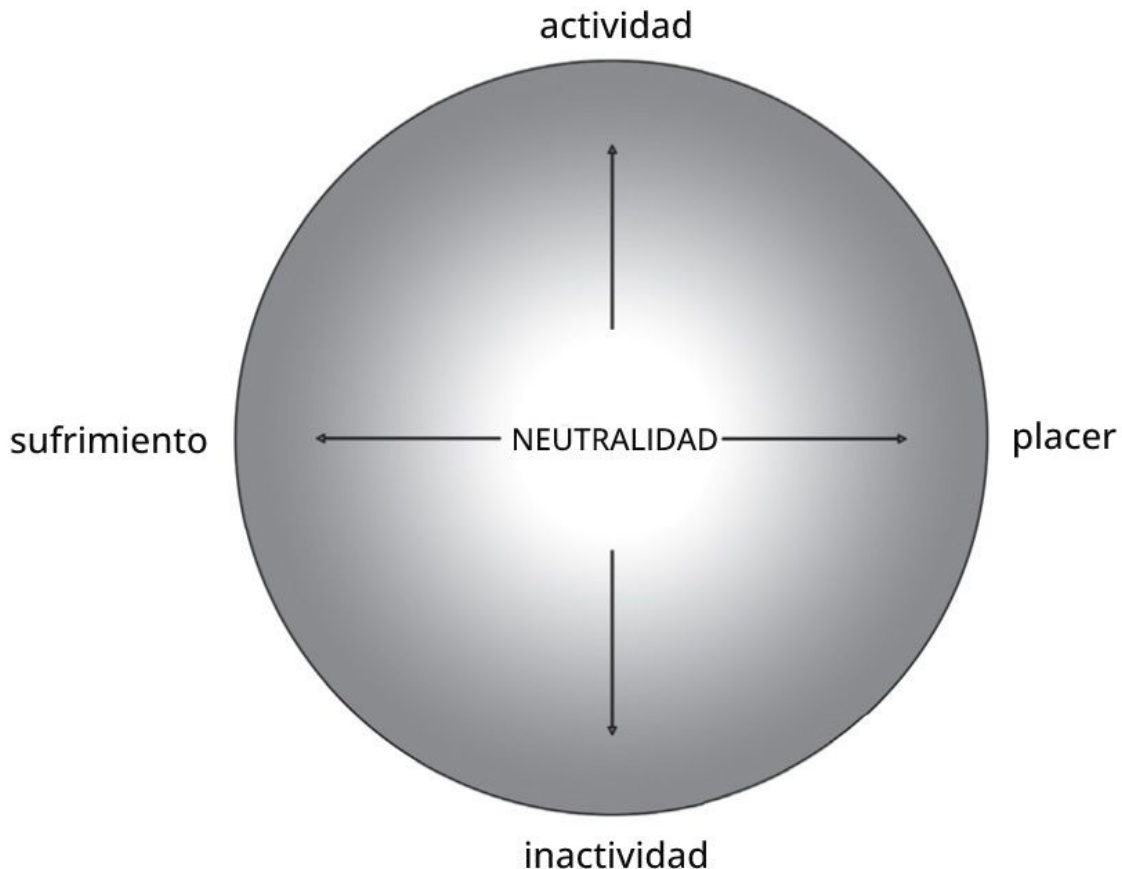
Un rasgo especialmente útil de la mente —y uno de los que más cerca están de poder considerarse universales— es lo que conocemos como estado de ánimo, un sentimiento general que proviene de nuestro cuerpo. Los científicos lo denominan *afectividad*. La gama de afectos va del placer al sufrimiento y de la actividad a la inactividad^[56]. La afectividad no es una emoción: nuestro cerebro genera afectividad constantemente, nos sentimos emocionados o no, y la percibamos o no.

La afectividad es la fuente de todas nuestras alegrías y tristezas. Hace que algunas cosas sean profundas o sagradas para nosotros, mientras que otras nos resultan despreciables o triviales. Si, por ejemplo, una persona es religiosa, la

afectividad le ayuda a sentirse conectada con Dios; si es espiritual, pero no necesariamente religiosa, se convierte en el sentimiento trascendente de formar parte de algo más grande que ella; si es escéptica, la afectividad es lo que fundamenta su certeza de que los demás están equivocados.

¿De dónde viene la afectividad? En todo momento —como ahora mismo, mientras el lector está leyendo estas palabras—, nuestros órganos, hormonas y sistema inmunitario están produciendo una auténtica tormenta de datos sensoriales, aunque apenas seamos conscientes de ello. Normalmente solo reparamos en los latidos del corazón y en la respiración cuando son intensos o nos concentramos en ellos. Casi nunca notamos la temperatura de nuestro cuerpo a menos que sea demasiado alta o demasiado baja. Sin embargo, nuestro cerebro da sentido constantemente a esta tormenta de datos para predecir la próxima acción de nuestro cuerpo y satisfacer sus necesidades metabólicas antes de que surjan. En medio de toda esta actividad interna sucede algo milagroso: el cerebro hace un resumen de lo que está sucediendo en nuestro cuerpo en ese momento, y nosotros sentimos ese resumen en forma de afectividad.

La afectividad es como un barómetro que nos indica qué tal nos va. Recuerde que el cerebro está gestionando constantemente nuestro presupuesto corporal. La afectividad delata si el presupuesto corporal está equilibrado o en números rojos. Lo ideal habría sido que la evolución nos hubiera dotado de un mecanismo más específico, como una aplicación o un reloj inteligente que regulara nuestro presupuesto corporal de una forma precisa^[57]. En ese caso oiríamos algo así: «¡Bip! Te estás quedando sin glucosa. Cómete una manzana o, mejor aún, una onza de chocolate. Y, por cierto, anoche no dormiste lo suficiente, por lo que tienes niveles bajos de una sustancia química cerebral llamada dopamina. Tómate una taza de café, preferiblemente bien tostado con un poco de crema, a fin de tomar prestada algo de la energía destinada a mañana para poder pasar el resto del día». Desafortunadamente, la afectividad no es tan precisa. Solo te dice: «¡Bip! Te sientes fatal». Entonces nuestro cerebro debe predecir qué ha de hacer a continuación para mantenernos vivitos y coleando.



Las propiedades de la afectividad o estado de ánimo.

Los científicos todavía tratan de descifrar cómo las actividades de gestión del presupuesto corporal que realiza nuestro cerebro, que son de naturaleza física, se transforman en afectividad, que es de naturaleza mental. Cientos de estudios realizados en laboratorios de todo el mundo —incluido el mío— han observado que eso es lo que sucede, pero esta transformación de señales físicas en sentimientos mentales sigue siendo uno de los grandes misterios de la conciencia. Y también reafirma el hecho de que nuestro cuerpo es parte de nuestra mente; no en un sentido místico y etéreo, sino de una forma tangible y biológica.

Aunque toda cultura humana produce mentes que sienten placer, sufrimiento, calma y agitación, no coincidimos necesariamente en *qué* es lo que nos hace experimentar esos sentimientos. Por ejemplo, algunos de nosotros podemos encontrar placentera una suave caricia, pero, en cambio, a otras personas puede resultarles insoportable, y algunas prefieren una buena zorra. Incluso aquí la variación es la norma. Puede que lo que hace el cerebro para regular el cuerpo sea universal, pero las experiencias mentales resultantes están lejos de serlo.

El tipo de mente de cada uno de nosotros es solo uno entre muchos, y no estamos condenados a seguir teniendo la mente que tenemos. Podemos modificarla. De hecho, la gente lo hace constantemente. Los estudiantes universitarios utilizan cafeína o anfetaminas para crear mentes capaces de pasar toda la noche en vela antes de un examen final. En las fiestas, la gente bebe alcohol para crear mentes más relajadas y menos inhibidas en las situaciones sociales (y, milagrosamente, las personas que les rodean se vuelven de repente mucho más atractivas). Estas modificaciones químicas son transitorias. Para lograr modificaciones más duraderas podemos probar nuevas experiencias o aprender cosas nuevas que reconfiguren nuestro cableado cerebral, tal como hemos visto en las anteriores lecciones.

Una forma especialmente estimulante de modificar una mente es trasladarla a otra cultura. Si el lector ha escuchado el relato del ratón de ciudad y el ratón de campo, o ha leído *El príncipe y el mendigo* de Mark Twain, o ha visto películas como *Lost in Translation*, ya sabe de qué hablo. Los personajes se ven inmersos en culturas que les resultan tan poco familiares que no saben cómo comportarse.

Imagínese que aterriza en una cultura de la que ignora incluso lo más básico. ¿Cuál es la forma aceptable de saludar a la gente, o incluso de mirarla? ¿Hasta dónde podemos acercarnos a otras personas sin ser groseros? ¿Qué significan esos gestos con las manos y esos movimientos faciales que nos resultan desconocidos? Nuestra mente debe aclimatarse a la nueva cultura. Los científicos denominan a esta actividad *aculturación*, y es como una versión extrema de la plasticidad. De repente nos encontramos rodeados de nuevos y ambiguos datos sensoriales, y nuestro cerebro necesita ajustarse y podarse para poder conjeturar de manera eficiente qué debe hacer.

La aculturación puede ser un auténtico reto. Si el lector alguna vez ha visitado un país donde la gente conduce por el lado opuesto de la calzada, ya conocerá por experiencia propia la dificultad mental de la aculturación. Incluso una cuestión tan sencilla como qué se considera comida y qué no puede ser una auténtica aventura en una nueva cultura. Imagine que se sienta a la mesa y se encuentra por primera vez en su vida con una cabeza de cordero hervida entera en su plato, o un cuenco lleno de larvas de abeja, o — ¡Dios no lo quiera! — uno de esos pringosos pastelitos rellenos de crema... Lo que para una cultura es comida, para otra puede resultar incomedible.

La aculturación no siempre requiere cruzar fronteras geográficas. También cambiamos de cultura cuando pasamos de la vida laboral a la vida hogareña, y viceversa, y asimismo cuando cambiamos de empleo y tenemos

que aprender las diferentes normas y la jerga propias del nuevo lugar de trabajo. Los militares deben aculturarse al menos dos veces: en el momento en que se incorporan a las fuerzas armadas y *también* cuando vuelven a casa tras un servicio activo.

Nuestro cerebro formula predicciones constantemente para gestionar el presupuesto corporal, y si esas predicciones no se hallan en sintonía con nuestra cultura actual, dicho presupuesto puede acumular un déficit, lo que favorece que caigamos enfermos. Esto resulta especialmente cierto en el caso de los hijos de los inmigrantes. Estos tienen dos culturas —la de sus padres y la de adopción— y ello les obliga a oscilar entre dos tipos de mentes, lo que añade un gravamen adicional a sus presupuestos corporales.

Ningún tipo de mente es intrínsecamente mejor o peor que otro. Algunas variaciones simplemente están mejor adaptadas a su entorno.

En lo que se refiere a las mentes humanas, la variación es la norma, y lo que llamamos «naturaleza humana» es en realidad múltiples naturalezas humanas. No necesitamos una mente universal para afirmar que todos formamos una misma especie. Lo único que necesitamos es un cerebro excepcionalmente complejo capaz de conectarse a su entorno físico y social.

LECCIÓN 7

Nuestros cerebros pueden crear realidad

La mayor parte de nuestra vida transcurre en un mundo inventado. Vivimos en una ciudad o en un pueblo cuyo nombre y cuyas lindes son obra de personas. Nuestra dirección postal está escrita con letras y otros símbolos que también fueron ideados por personas. Todas las palabras impresas en todos los libros, incluido este, utilizan esos símbolos inventados. Podemos adquirir libros y otros bienes con algo llamado «dinero», que representamos mediante trozos de papel, metal y plástico, y que también es algo completamente inventado. A veces el dinero es invisible: fluye a través de cables entre servidores informáticos o viaja por el aire en forma de ondas electromagnéticas en una red inalámbrica. Incluso podemos cambiar dinero invisible por cosas invisibles, como el derecho a ser de los primeros en embarcar en un avión o el privilegio de que otro humano nos sirva.

Todos los días participamos activa y voluntariamente en ese mundo inventado. Para nosotros es real. Tan real como nuestro propio nombre, que, por cierto, también fue inventado por personas.

Todos vivimos en un mundo de *realidad social* que existe solo dentro del cerebro humano. Ningún hecho físico o químico determina que, por ejemplo, alguien está saliendo de Estados Unidos y entrando en Canadá, o que en una extensión de agua rijan ciertos derechos de pesca, o que un determinado arco de la órbita de la Tierra alrededor del Sol se llame «enero». Pero aun así, todo eso es real para nosotros. Socialmente real.

La Tierra en sí, con sus rocas, árboles, desiertos y océanos, es una realidad física. Pero la realidad social implica que imponemos nuevas funciones a las cosas físicas, y lo hacemos colectivamente. Nos ponemos todos de acuerdo, por ejemplo, en que una determinada porción de la Tierra es un «país», y en que un determinado humano es su «líder», como un presidente o una reina.

La realidad social puede cambiar drásticamente, en momentos concretos, si la gente simplemente cambia de opinión. En 1776, por ejemplo,

desapareció un conjunto de trece colonias británicas que fue reemplazado por los Estados Unidos de América. Asimismo, el mundo de la realidad social es tremendamente serio. En Oriente Próximo la gente discrepa acerca de si una determinada parcela de tierra pertenece a Israel o a Palestina, e incluso se mata por ello. Aunque no abordemos explícitamente el hecho de la realidad social, nuestros actos la hacen real.

El límite entre la realidad social y la realidad física resulta difuso^[58], y podemos utilizar experimentos científicos para poner de relieve este hecho. Diversos estudios revelan que el vino sabe mejor cuando la gente cree que es caro. De manera similar, el café etiquetado como *de cultivo ecológico* también le sabe mejor a la gente que el café idéntico sin etiquetar. Las predicciones de nuestro cerebro, impregnadas de realidad social, cambian la forma en que percibimos lo que comemos y bebemos.

El lector y yo podemos crear realidad social con otras personas sin siquiera intentarlo, por la simple razón de que tenemos un cerebro humano. Que sepamos, ningún otro cerebro animal puede hacer eso: la realidad social es una habilidad exclusivamente humana. Los científicos no sabemos con certeza cómo desarrolló nuestro cerebro esta capacidad, pero sospechamos que tiene algo que ver con un conjunto de habilidades que denominaré las «Cinco C»^[59]: creatividad, comunicación, copia, cooperación y condensación.

Para empezar, necesitamos un cerebro *creativo*. La misma creatividad que nos permite realizar obras de arte y música también nos permite trazar una línea en el suelo y calificarla como la frontera de un país. Ese acto requiere que inventemos una realidad social (es decir, países) e impongamos nuevas funciones a una extensión de tierra, como la ciudadanía y la inmigración, que no existen en el mundo físico. Piense en ello la próxima vez que pase por una aduana, o incluso cuando salga de un pueblo o ciudad y entre en otro. Nuestras fronteras son inventadas.

A continuación necesitamos un cerebro capaz de *comunicarse* de manera eficiente con otros cerebros para compartir ideas, como el concepto de «país» y sus «fronteras». En nuestro caso, la comunicación eficiente generalmente incluye el lenguaje. Por ejemplo, si yo le digo que necesito gasolina, no tengo que explicarle que estoy hablando de mi coche, no de mi sistema digestivo, ni que en un futuro inmediato tengo la intención de conducir hasta una gasolinera, bajar de mi automóvil, insertar una tarjeta de plástico en un surtidor para realizar el pago, etcétera, etcétera. Tanto mi cerebro como el suyo evocan todos esos elementos, lo que nos permite comunicarnos de

manera eficiente. En un sentido estricto, las palabras no son necesarias para la realidad social a pequeña escala. Si su automóvil y el mío se encuentran en un cruce, y yo le hago señas para que pase primero, usted puede observar el movimiento de mi mano, adivinar su significado y utilizarlo a su vez en el futuro. Pero para que la realidad social se difunda y persista el lenguaje suele ser más eficiente que otros símbolos. Imagine cómo sería tratar de establecer y enseñar las leyes de conducción de un país sin emplear palabras.

También necesitamos cerebros capaces de aprender *copiando*, es decir, imitándose unos a otros de manera fiable con el fin de establecer leyes y normas que nos permitan vivir en armonía. Enseñamos esas normas a nuestros hijos cuando conectamos sus pequeños cerebros a su mundo. Se las enseñamos asimismo a los recién llegados, no solo para facilitar las interacciones cotidianas, sino también para ayudarles a sobrevivir. He leído relatos sobre exploradores decimonónicos^[60] que se aventuraron en lugares ignotos e inhóspitos del planeta, donde muchos de ellos murieron. Las expediciones que sobrevivieron fueron aquellas cuyos miembros trabaron conocimiento con los nativos de aquellas regiones; estos les enseñaron qué comer, cómo preparar la comida, qué ropa llevar y otros secretos para sobrevivir en aquellas latitudes desconocidas. Si todos los seres humanos tuvieran que resolverlo todo por sí mismos, sin copiar lo que han hecho otros, nuestra especie se extinguiría.

Necesitamos cerebros que *cooperen* a una amplia escala geográfica. Incluso el acto más trivial, como coger una lata de alubias del armario de la cocina, solo es posible gracias a otros humanos. Fueron otros humanos quienes plantaron y regaron esas alubias, quizá a miles de kilómetros de distancia de nosotros. Fueron otros humanos quienes extrajeron el metal con el que se fabricó la lata. Y también fueron otros quienes transportaron las alubias a nuestra tienda local, que a su vez construyeron otros humanos con madera, clavos y ladrillos fabricados y transportados asimismo por otros humanos, utilizando técnicas y herramientas inventadas por otros humanos muertos hace mucho tiempo. Cuando pagamos la lata de alubias, lo hicimos con dinero inventado y avalado por un gobierno de otros humanos. Gracias a la existencia de una realidad social compartida, todos esos miles de personas estaban en el lugar adecuado y en el momento oportuno haciendo lo necesario para que nosotros pudiéramos coger la lata y preparar la cena.

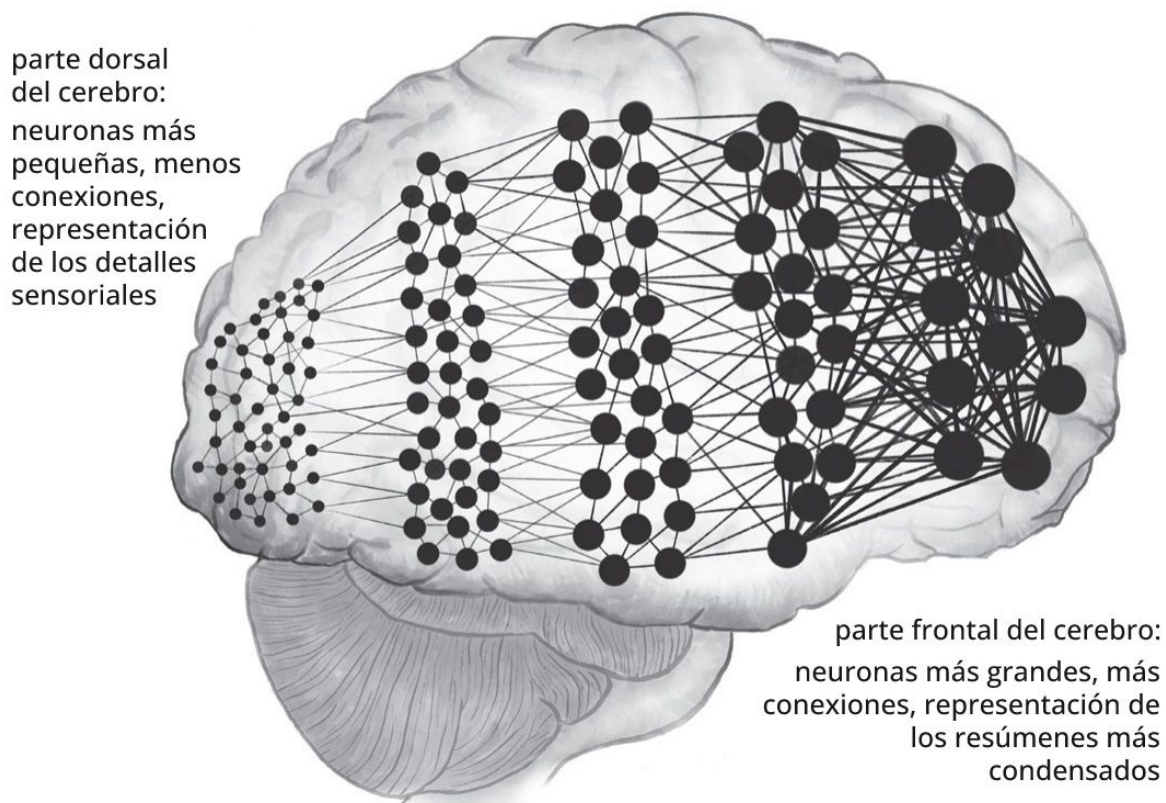
La creatividad, la comunicación, la copia y la cooperación —cuatro de las «Cinco C»— surgieron a partir de cambios genéticos que dotaron a nuestra especie de un cerebro grande y complejo. Pero tener un cerebro de gran

tamaño y elevada complejidad no basta para crear y mantener una realidad social. Necesitamos también la quinta C, la *condensación*^[61], una intrincada habilidad que los humanos tienen en un grado que no se encuentra en ningún otro cerebro animal. Para explicar la condensación, empezaré utilizando una analogía.

Imagine que es un inspector de policía que investiga un delito y está interrogando a diferentes testigos. Escucha el relato de un testigo, luego el de otro, y así sucesivamente hasta interrogar a un total de veinte personas. Algunos de los relatos tienen similitudes: mencionan a los mismos individuos involucrados o el mismo escenario del delito. Otros presentan también diferencias: quién tuvo la culpa de lo ocurrido o de qué color era el coche en el que huyó. A partir de este conjunto de historias podemos sintetizar las partes repetitivas para crear un resumen de cómo podrían haber ocurrido los hechos. Más tarde, cuando el jefe de policía le pida una descripción de lo sucedido, podrá transmitirle ese resumen de manera eficiente.

Algo similar ocurre con las neuronas de nuestro cerebro. Puede haber una gran neurona (el inspector) que reciba de manera simultánea señales de montones de otras neuronas más pequeñas (los testigos) que se activan a ritmos distintos. La neurona grande no expresa todas las señales de las neuronas más pequeñas: las resume, o *condensa*, reduciendo la redundancia. Tras esa condensación, la neurona grande puede transmitir de manera eficiente ese resumen a otras neuronas.

Este proceso neuronal de condensación se ejecuta a gran escala en todo el cerebro. En nuestra corteza cerebral, la condensación se inicia con pequeñas neuronas que transportan datos sensoriales procedentes de los ojos, los oídos y otros órganos^[62]. Es posible que nuestro cerebro ya haya predicho algunos de esos datos, mientras que otros serán nuevos. Los nuevos datos sensoriales pasan de las neuronas pequeñas a otras mayores y mejor conectadas, que condensan los datos en forma de resúmenes. Esos resúmenes se transmiten a otras neuronas aún mayores y mejor conectadas, que a su vez condensan *los resúmenes* y los transmiten a otras neuronas todavía mayores y aún mejor conectadas. Esta actividad se repite hasta llegar a la zona frontal del cerebro, un área densamente cableada donde las neuronas de mayor tamaño y dotadas de un mayor número de conexiones crean los resúmenes más generales y más condensados de todo el proceso.



El proceso de condensación cerebral, que posibilita la abstracción (este diagrama es conceptual, no anatómicamente preciso).

De acuerdo: nuestro cerebro puede hacer un resumen de resúmenes de resúmenes a la vez voluminoso y condensado. Pero ¿qué tiene eso que ver con la realidad social? Bueno, el hecho es que esa condensación permite que el cerebro piense en términos *abstractos*^[63], y la abstracción, junto con el resto de las «Cinco C», posibilita que nuestro grande y complejo cerebro pueda crear realidad social.

Por regla general, cuando la gente habla de abstracción se refiere a cosas como el arte abstracto; por ejemplo, cómo hay que mirar un cuadro de Picasso y ver una cara en los cubos. O habla de matemáticas abstractas, como el uso del álgebra para rotar un objeto sobre sus ejes. O hace referencia al uso de símbolos abstractos, como utilizar un garabato de tinta en un papel para representar un número y una columna de números para representar nuestros gastos mensuales.

Sin embargo, en su sentido psicológico el concepto de abstracción adopta un enfoque distinto. No tiene que ver con detalles de cuadros ni con el uso de símbolos, sino con nuestra *capacidad* de percibir significado en ellos. Más concretamente, poseemos la habilidad de ver las cosas según su función, y no solo basándonos en su forma física. La abstracción nos permite ver una serie de objetos que no se parecen en nada, como una botella de vino, un ramo de

flores y un reloj de pulsera de oro, y concebirlos todos ellos como «regalos para celebrar un éxito». Nuestro cerebro condensa las diferencias físicas de esos objetos y, al hacerlo, comprende que tienen una función similar.

La abstracción también nos permite imponer múltiples funciones a un mismo objeto físico. Una copa de vino significa una cosa cuando nuestros amigos gritan: «¡Enhorabuena!», y otra muy distinta cuando un sacerdote salmodia: «La sangre de Cristo...».

Así es como funciona la abstracción. A medida que el cerebro condensa los datos de todos nuestros sentidos, los va integrando en un todo cohesionado, una actividad a la que anteriormente nos hemos referido como integración sensorial. Cada vez que una de nuestras neuronas condensa los estímulos que recibe para hacer un resumen, ese resumen multisensorial constituye una abstracción de dichos estímulos. En la parte frontal de nuestro cerebro, las neuronas más grandes y mejor conectadas son las que producen los resúmenes multisensoriales más abstractos. Así es como podemos asociar objetos que son físicamente distintos, como las flores y los relojes de oro, con una misma función o distinguir diferentes funciones en un mismo objeto, como la copa de vino en una celebración o en una ceremonia sagrada.

Decíamos en la lección 2 que tenemos un cerebro muy complejo, pero no basta una alta complejidad para crear una mente humana. La complejidad puede ayudarnos a subir una escalera desconocida, pero se necesita algo más para entender la idea de ascender en la escala social a fin de ganar poder e influencia. La abstracción es otro ingrediente necesario para ello. Permite a nuestro cerebro resumir fragmentos de experiencias pasadas para comprender que diversas cosas físicamente distintas pueden ser similares en otros aspectos. La abstracción nos da la capacidad de reconocer cosas que no habíamos visto nunca antes, como una mujer con serpientes en lugar de cabello: puede que nunca haya visto una de verdad, pero sin duda el lector (como los antiguos griegos) podría ver una imagen de Medusa y comprender al instante lo que es, puesto que, milagrosamente, su cerebro es capaz de ensamblar ideas familiares como *mujer*, *cabello revuelto*, *serpiente reptante* y *peligro* en una sola imagen mental coherente. La abstracción también permite al cerebro ensamblar sonidos para formar palabras y ensamblar palabras para formar ideas, lo que posibilita aprender el lenguaje.

En suma: el cableado de nuestra corteza cerebral hace posible la condensación; la condensación, a su vez, posibilita la integración sensorial; la integración sensorial hace posible la abstracción, y la abstracción permite que nuestro cerebro, altamente complejo, formule predicciones flexibles basadas

en la función de las cosas en lugar de en su forma física. Eso es la creatividad. Y podemos compartir esas predicciones mediante la comunicación, la cooperación y la copia. Así es como las «Cinco C» facultan al cerebro humano para crear y compartir realidad social.

Cada una de esas «Cinco C» se encuentra también en otros animales en diferentes grados. Los cuervos, por ejemplo, son capaces de solucionar problemas de forma creativa utilizando ramitas como herramientas. Los elefantes se comunican mediante ruidos sordos que pueden oírse a kilómetros de distancia. Las ballenas imitan mutuamente sus cantos. Las hormigas cooperan para encontrar comida y defender su nido. Las abejas utilizan la abstracción moviendo su trasero para informar a sus compañeras de colmena de dónde encontrar néctar.

En los humanos, sin embargo, las «Cinco C» interactúan y se refuerzan mutuamente^[64], lo que nos permite llevar las cosas a otro nivel. Los pájaros cantores aprenden sus cantos de tutores adultos. Los humanos no solo aprenden a cantar, sino también la realidad social del canto; por ejemplo, qué canciones son apropiadas para las festividades. Los suricatos enseñan a matar a sus crías llevándoles presas medio muertas para que practiquen. Nosotros no solo aprendemos qué significa matar, sino también la diferencia entre el homicidio accidental y el asesinato, e inventamos diferentes sanciones jurídicas para cada uno de esos dos casos. Las ratas se informan unas a otras de qué alimentos pueden ingerir de forma segura marcando los que resultan apetitosos con un determinado olor. Nosotros no solo aprendemos qué podemos comer, sino que además dividimos los alimentos en primeros o segundos platos y postres en función de nuestra cultura, además de aprender qué utensilios usar en cada caso.

Otros animales, como los perros, los grandes simios y algunas aves, también tienen cerebros capaces de condensar relativamente las señales que reciben, lo que a su vez les permite comprender las cosas en términos abstractos hasta cierto punto. Pero, que sepamos, los humanos somos el único animal cuyo cerebro posee la suficiente capacidad de condensación y abstracción para crear realidad social. Un perro concreto puede asimilar sus propias reglas sociales, como que una determinada zona de césped es para jugar con humanos o que no se permite hacer caca dentro de casa. Pero el cerebro de un perro no puede comunicar esos conceptos de manera eficiente a los cerebros de otros perros del modo en que los cerebros humanos transmiten conceptos con palabras para crear realidad social. Los chimpancés pueden observar e imitar mutuamente sus prácticas, como meter un palo en los nidos

de termitas para obtener sabrosos tentempiés; pero este aprendizaje se basa en una realidad física, a saber, que los palos encajan en las bocas de los termiteros. Eso no es realidad social. Si un grupo de chimpancés acordara que quien saque un determinado palo del suelo se convierte en el rey de la jungla, eso sí sería realidad social, porque impone al palo una función soberana que va más allá de lo físico^[65].

La mayoría de los animales tienen adaptaciones evolutivas que los convierten en especialistas en sus propios nichos, como la cornamenta del alce o la lengua del oso hormiguero. Pero los humanos nos hicimos generalistas: la evolución mezcló las «Cinco C» en una poción que nos espolea a hacer que el mundo ceda a nuestra voluntad (o al menos a intentarlo). Todos los cerebros animales prestan atención a aquellos elementos de su entorno físico que son relevantes para su bienestar y supervivencia, mientras que ignoran el resto. Pero nosotros los humanos no solo seleccionamos cosas del mundo físico para crear nuestro nicho: *acrecentamos* el mundo al imponer colectivamente nuevas funciones, y vivimos en función de ellas. La realidad social es la construcción del nicho humano.

La realidad social es un don maravilloso. Podemos inventar cualquier cosa, como un meme, una tradición o una ley, y si otras personas la tratan como algo real, se volverá real. Nuestro mundo social es como una especie de parachoques que construimos en torno al mundo físico. La autora Lynda Barry escribe: «No creamos un mundo de fantasía para escapar de la realidad. Lo creamos para poder quedarnos en ella»^[66].

La realidad social también entraña una enorme responsabilidad. Es tan potente que puede alterar la velocidad y el curso de nuestra evolución genética. Un ejemplo de ello es la tragedia de los orfanatos rumanos, cuando las normas impuestas por un gobierno crearon una generación de humanos a los que en la práctica se apartó del acervo genético. Otro ejemplo es la política china del hijo único, que, en el contexto de una cultura que valora a los niños por encima de las niñas, propició que hubiera mucha más descendencia masculina que femenina, y en última instancia que en China hubiera millones de hombres que no pudieran encontrar mujeres con las que casarse. Este tipo de selección artificial se produce en todas las sociedades donde la riqueza, la clase social o la guerra potencian a un determinado grupo por encima de otro, en la medida en que con ello se alteran las probabilidades de que determinadas poblaciones se reproduzcan entre sí o no puedan hacerlo en absoluto. La realidad social incluso cambia el curso de la evolución

humana simplemente por el hecho de compartir nuestras ideas creativas, como la tecnología para quemar combustibles fósiles, que ha producido un mundo físico que ahora escapa un poco más a nuestro control.

Un aspecto realmente sorprendente de la realidad social es que a menudo no somos conscientes de que la creamos. Nuestro cerebro se malinterpreta a sí mismo y confunde la realidad social con la realidad física, lo que puede causar todo tipo de problemas. Por ejemplo, ya hemos dicho antes que en los humanos, como en todas las especies animales, existe una enorme variación. Pero a diferencia del resto del reino animal, nosotros clasificamos algunas de esas variaciones en casillas a las que asignamos etiquetas tales como «raza», «género» o «nacionalidad»; y luego tratamos esas casillas etiquetadas como si formaran parte de la naturaleza, cuando en realidad las construimos nosotros. Me explicaré. El concepto de raza suele incluir rasgos físicos como el tono de la piel^[67]. Pero en realidad el tono de la piel es un rasgo biológico continuo, y son las personas en el contexto de una sociedad quienes establecen y mantienen las diferencias que separan un conjunto de matices de otro. Hay quien trata de justificar esas diferencias apelando a la genética; pero si bien es cierto que los genes pueden tener una enorme influencia en el tono de la piel, también la tienen en el color de los ojos, el tamaño de las orejas o la curvatura de las uñas de los pies. Como cultura, elegimos colectivamente los rasgos de la discriminación y trazamos líneas divisorias que magnifican las diferencias entre el grupo al que llamamos «nosotros» y el grupo al que denominamos «ellos». Dichas líneas no son aleatorias, pero tampoco están estipuladas por la biología. Y una vez trazadas, la gente interpreta el tono de piel como un símbolo de otra cosa. Eso *sí* es realidad social.

Sustentamos la realidad social mediante nuestro comportamiento cotidiano. Lo hacemos cada vez que tratamos los relucientes diamantes como si tuvieran valor, cada vez que idolatramos a una celebridad, cada vez que votamos en unas elecciones y cada vez que *no* lo hacemos. Nuestras conductas también pueden cambiar la realidad social. A veces esos cambios son relativamente pequeños, como cuando al escribir optamos por utilizar un lenguaje inclusivo. Otras veces tienen consecuencias catastróficas, como la desintegración de la antigua Yugoslavia, que se llevó a cabo tras años de guerra y genocidio; o la Gran Recesión de 2007, cuando unas cuantas personas vestidas con trajes elegantes decidieron que un puñado de hipotecas habían perdido valor, con lo que de hecho lo perdieron, sumiendo al mundo en una catástrofe.

La realidad social tiene sus límites; para empezar, está restringida por la realidad física. Todos podríamos ponernos de acuerdo en que agitar los brazos como si fueran alas nos permitiría elevarnos por los aires, pero eso no hará que suceda. Sin embargo, lo cierto es que la realidad social es más maleable de lo que podría parecer a primera vista. La gente podría ponerse de acuerdo en que los dinosaurios nunca existieron, ignorar todas las evidencias que demuestran lo contrario y construir un museo en el que se evocara un pasado libre de dinosaurios. Puede haber un líder que diga cosas terribles, todas ellas grabadas en vídeo, pero los medios de comunicación de su país podrían ponerse de acuerdo en que esas palabras jamás se pronunciaron; de hecho, eso es lo que sucede en una sociedad totalitaria. Es posible que la realidad social sea uno de nuestros mayores logros, pero también es un arma que podemos esgrimir unos contra otros. Es vulnerable a la manipulación. La propia democracia es una realidad social.

La realidad social es un superpoder que surge de un conjunto de cerebros humanos. Nos da la posibilidad de trazar nuestro propio destino e incluso influir en la evolución de nuestra especie. Podemos inventar conceptos abstractos, compartirlos, ensamblarlos para formar una realidad y conquistar casi cualquier entorno —natural, político o social— siempre y cuando trabajemos juntos. Tenemos más control sobre la realidad del que creemos; y también más responsabilidad sobre la realidad de la que creemos.

Toda realidad social es una línea divisoria. Algunas líneas divisorias ayudan a la gente, como las leyes de conducción que previenen las colisiones frontales. Otras benefician a algunas personas mientras perjudican a otras, como la esclavitud y las clases sociales. La moralidad de tales líneas divisorias es objeto de debate, pero, nos guste o no, todos nosotros tenemos una cierta responsabilidad cada vez que las reforzamos. Un superpoder funciona mejor cuando uno sabe que lo tiene.

EPÍLOGO

Hubo un tiempo en el que tan solo éramos un pequeño estómago en un palo flotando en el mar. Poco a poco fuimos evolucionando. Desarrollamos sistemas sensoriales y descubrimos que formábamos parte de un mundo más grande que nosotros. Desarrollamos sistemas corporales para navegar por ese mundo de manera eficiente. Y nos creció un cerebro que gestionaba el presupuesto de nuestro cuerpo. Aprendimos a vivir en grupos con todos los demás pequeños cerebros en sus respectivos cuerpos. Nos arrastramos fuera del agua y llegamos a tierra firme. Y a lo largo de un extenso período de tiempo evolutivo, con la innovación derivada del método de ensayo y error y la muerte de billones de animales, acabamos teniendo un cerebro humano. Un cerebro capaz de hacer muchas cosas impresionantes, pero que a la vez se malinterpreta seriamente a sí mismo:

- Un cerebro que construye experiencias mentales tan ricas que nos parece que la emoción y la razón luchan en nuestro interior.
- Un cerebro tan complejo que lo describimos con metáforas que luego confundimos con conocimiento.
- Un cerebro tan hábil para reconfigurar su propio cableado que nos da la impresión de que nacemos con toda una serie de cosas que en realidad aprendemos.
- Un cerebro que es capaz de alucinar con tanta eficacia que creemos que vemos el mundo objetivamente, y tan rápido a la hora de predecir que confundimos nuestros movimientos con reacciones.
- Un cerebro que regula a otros cerebros de una forma tan invisible que nos lleva a suponer que somos independientes unos de otros.
- Un cerebro que crea tantos tipos de mentes que damos por sentado que hay una única naturaleza humana que las explica todas.
- Un cerebro al que se le da tan bien creer en sus propios inventos que confundimos la realidad social con el mundo natural.

Actualmente sabemos mucho sobre el cerebro, pero todavía nos quedan muchas más lecciones por aprender. Sin embargo, al menos por el momento hemos aprendido lo suficiente para perfilar el fantástico viaje evolutivo de nuestro cerebro y considerar sus implicaciones para algunos de los aspectos más esenciales y estimulantes de nuestras vidas.

Nuestro cerebro no es el más grande del reino animal ni tampoco el mejor en términos objetivos. Pero es el nuestro. Es la fuente de nuestras fortalezas y debilidades. Nos da la capacidad de construir civilizaciones y también la de destruirnos unos a otros. Nos permite ser sencilla, imperfecta y maravillosamente humanos.

AGRADECIMIENTOS

Este libro debe su existencia a muchas personas, en particular a los neurocientíficos que me enseñaron su oficio, orientaron mis lecturas y respondieron pacientemente a mis interminables preguntas con inquebrantable generosidad y buen ánimo. Ante todo debo mencionar a la incomparable Barbara Finlay. Barb es una experta en neurociencia evolutiva del desarrollo. Habitualmente me deja atónita con su conocimiento enciclopédico, al tiempo que me instruye en los aspectos más sutiles de la embriología y me plantea constantemente una heterogénea mezcla de temas de neuroanatomía y neurociencia desde la perspectiva de la evolución y el desarrollo. La media lección y la lección 1 de este libro no existirían sin Barb, y también pueden encontrarse sus huellas en otras lecciones. Actualmente Barb y yo estamos trabajando conjuntamente en una obra académica sobre la evolución y el desarrollo de la motivación y la emoción en los vertebrados, que publicará MIT Press.

También le estoy sumamente agradecida al neurólogo Brad Dickerson, colega y amigo desde hace mucho tiempo. Ambos hemos colaborado en diversos estudios de imágenes cerebrales realizados a lo largo de más de una década en el Hospital General de Massachusetts, en Boston, y hemos publicado conjuntamente más de treinta artículos de investigación. Le agradezco en especial su predisposición a consentir mis especulaciones científicas a veces un tanto eufóricas. También le estoy especialmente agradecida a Michael Numan, el primer neurocientífico que me alentó y apoyó cuando inicié mi formación en esta disciplina.

Deseo expresar asimismo mi permanente agradecimiento a la alegre pandilla de colaboradores en neurociencia, pasados y presentes, a los que todavía no he mencionado, y de quienes tanto he aprendido. Son (por orden alfabético): Joe Andreano, Shir Atzil, Moshe Bar, Larry Barsalou, Marta Bianciardi, Kevin Bickart, Eliza Bliss-Moreau, Emery Brown, Jamie Bunce,

Ciprian Catana, Lorena Chanes, Maximilien Chaumon, Sarah Dubrow, Wim van Duffel, Wei Gao, Talma Hendler, Martijn van den Heuvel, Jacob Hooker, Ben Hutchinson, Yuta Katsumi, Ian Kleckner, Phil Kragel, Aaron Kucyi, Kestas Kveraga, Kristen Lindquist, Dante Mantini, Helen Mayberg, Yoshiya Moriguchi, Suzanne Oosterwijk, Gal Raz, Carl Saab, Ajay Satpute, Lianne Scholtens, Kyle Simmons, Jordan Theriault, Alexandra Touroutoglou, Tor Wager, Larry Wald, Mariann Weierich, Christi Westlin, Susan Whitfield-Gabrieli, Christy Wilson-Mendenhall y Jiahe Zhang. Y sigo estando profundamente agradecida a mis intrépidos colaboradores en ingeniería e informática teórica, que siguen instruyéndome sobre sistemas dinámicos, complejidad y otros temas de computación que hacen de mí una mejor neurocientífica; a saber: Dana Brooks, Sarah Brown, Jaume Coll-Font, Jennifer Dy, Deniz Erdogmus, Zulqarnain Khan, Madhur Mangalam, Jan-Willem van de Meent, Sarah Ostadabbas, Misha Pavel, Sumientra Rampersad, Sebastian Ruf, Gene Tunik, Mathew Yarossi y el resto del grupo PEN de la Universidad del Nordeste de Boston. Gracias también a los estadísticos Tim Johnson y Tom Nichols.

Este libro tampoco existiría de no haber sido por el ilimitado entusiasmo y el experto asesoramiento de mi editor en Houghton Mifflin Harcourt, Alex Littlefield. Le estoy especialmente agradecida por su atenta lectura y por alentarme a combinar observaciones complejas sobre el cerebro con grandes ideas acerca de lo que significa ser humano. En ese sentido, también estoy en deuda con James Ryerson, del *New York Times*, por su orientación a la hora de desarrollar mi propia voz mientras navegaba por aguas turbulentas entre la neurociencia, la psicología y la filosofía.

El libro también se ha beneficiado enormemente de las habilidades artísticas y la naturaleza inquisitiva de Van Yang: debo a su equipo las ingeniosas ilustraciones que aquí vivifican los conceptos científicos, y agradezco especialmente su intenso deseo de transmitir la ciencia a un público amplio. Gracias también a Aaron Scott por su asesoramiento en materia de diseño; durante más de una década, su experiencia, su atenta mirada y su creatividad me han ayudado a traducir ideas científicas complejas en imágenes comprensibles.

Vaya mi agradecimiento a los equipos de producción y comercialización de HMH, incluyendo a Olivia Bartz, Chloe Foster y Tracy Roe, y en especial a Michelle Triant, extraordinaria experta en relaciones públicas. Doy las gracias también a mi agente, Max Brockman, por su constante entusiasmo y

apoyo, y a su equipo en Brockman Inc., Thomas Delaney, Evelyn Chavez, Breana Swinehart y Russell Weinberger.

El contenido de este libro mejoró notablemente gracias a los valiosos comentarios, críticas e ideas aportados por quienes fueron sus primeros lectores, muchos de los cuales son apreciados amigos y extraordinarios científicos por derecho propio. Son (por orden alfabético): Vanessa Kane Alves, Eliza Bliss-Moreau, Dana Brooks, Lindsey Drayton, Sarah Dubrow, Peter Farrar, Barb Finlay, Ludger Hartley, Katie Hoemann, Ben Hutchinson, Peggy Kalb, Tsiona Lida, Micah Kessel, Ann Kring, Batja Mesquita, Karen Quigley, Sebastian Ruf, Aaron Scott, Scott Sleek, Annie Temmink, Kelley Van Dilla y Van Yang. Asimismo, agradezco especialmente la minuciosa revisión de los datos científicos incluidos en algunas de estas lecciones a Olaf Sporns y Sebastian Ruf (lección 2), Dima Amso (lección 3), y Ben Hutchinson y Sarah Dubrow (lección 4).

También deseo expresar mi más sincero agradecimiento a mis colegas y estudiantes en prácticas del Laboratorio Interdisciplinar de Ciencias Afectivas de la Universidad del Nordeste y el Hospital General de Massachusetts, en Boston. Gran parte del material de estos ensayos ha sido tema de discusión e investigación constante en nuestra comunidad de jóvenes científicos de talento. Todos sus miembros (pasados y presentes) se enumeran en el sitio web afective-science.org. Le estoy especialmente agradecida a Sam Lyons por la ultrarrápida localización de un interminable torrente de trabajos de investigación a instancias mías, y también a Karen Quigley, codirectora de nuestro laboratorio. Karen tiene una gran experiencia en fisiología periférica del cuerpo, interocepción y alostasis. Nos gusta bromear diciendo que, con su conocimiento del cuerpo y mi conocimiento del cerebro, entre las dos formamos una persona completa.

También le estoy especialmente agradecida a los miembros del Departamento de Psicología de la Universidad del Nordeste de Boston, en particular a nuestra presidenta, Joanne Miller. Son su apoyo y su paciencia los que me permiten ser a la vez neurocientífica y psicóloga, por no hablar de divulgadora científica.

Este libro ha sido posible gracias a una beca de la Fundación John Simon Guggenheim y una subvención editorial de la Fundación Alfred P. Sloan. Estoy profundamente agradecida a ambas instituciones por su generoso apoyo.

Y, sobre todo, mi más sincero y constante agradecimiento e ilimitado aprecio a los dos cerebros que más quiero: mi hija, Sophia, y mi esposo, Dan;

por su inspiración, tolerancia y equilibrio general de mi presupuesto corporal.

APÉNDICE

La ciencia detrás de la ciencia

En este apéndice se añaden ciertos detalles científicos clave en relación con algunos de los temas que abordo en mis ensayos, se aclara qué cuestiones son todavía objeto de debate entre los científicos y se reconoce la autoría de aquellos cuyas ideas y expresiones he incorporado en la obra. Pueden consultarse las referencias completas del libro en mi sitio web sevenandahalflessons.com. Asimismo, la mayoría de las notas de este apéndice incluyen al final un enlace a la correspondiente página donde pueden consultarse los diferentes términos en inglés.

El mayor reto que plantea escribir sobre ciencia es tener que decidir qué omitir y qué no. Un escritor de divulgación científica, como un escultor, va tallando y desechando material complejo hasta que en su interior toma forma algo convincente y comprensible. El resultado final es necesariamente incompleto desde una perspectiva científica estricta, pero (al menos es lo que uno espera) sigue siendo lo bastante correcto como para no ofender a la mayoría de los expertos.

Un ejemplo de «bastante correcto» es afirmar que el cerebro humano está formado por unos 128 000 millones de neuronas. Puede que esta estimación difiera de algunas otras que haya visto el lector, puesto que yo incluyo las neuronas que forman el cerebelo, una estructura cerebral que es importante, entre otras cosas, en tanto nos permite utilizar sensaciones como las táctiles o las visuales para coordinar nuestros movimientos físicos. Por otra parte, algunos trabajos de investigación pueden subestimar asimismo el número de neuronas del cerebelo. Aun así, mi estimación sigue siendo incompleta, ya que el cerebro también está compuesto por otros 69 000 millones de células que no son neuronas, llamadas células gliales, que tienen una sorprendente cantidad de funciones biológicas. Pero la cifra de 128 000 millones sirve para subrayar el hecho de que el cerebro es una red compleja integrada por diversas partes, que es uno de los conceptos fundamentales de la lección 2.



El reto de escribir divulgación científica.



Dra. Lisa Feldman Barrett (n. 1963) es profesora distinguida de psicología de la Universidad de Northeastern University, donde se centra en el estudio de la emoción. Es directora del Laboratorio Interdisciplinario de Ciencias Afectivas. Junto con James Russell, es la editora en jefe fundadora de la revista *Emotion Review*.

Además del libro *La vida secreta del cerebro*, ha publicado más de 200 artículos científicos revisados por pares que aparecen en *Science*, *Nature Neuroscience* y otras publicaciones destacadas en psicología y neurociencia cognitiva, así como seis volúmenes académicos publicados por *Guilford Press*.

Notas

[1] Estas ancestrales criaturas (también conocidas con otros nombres como acranios, cefalocordados o leptocardios) todavía existen actualmente. Los anfioxos son nuestros parientes evolutivos del siguiente modo: los humanos somos vertebrados, lo que significa que tenemos una espina dorsal a la que denominamos columna vertebral, y un cordón nervioso al que denominamos médula espinal. Los anfioxos no son vertebrados, pero tienen un cordón nervioso que recorre su cuerpo de arriba abajo; y también tienen una especie de espina dorsal denominada notocorda, hecha de material fibroso y músculo en lugar de hueso. Tanto los anfioxos como los vertebrados pertenecemos a un grupo más amplio de animales conocidos como cordados (filo *Chordata*) y compartimos un ancestro común (en breve diremos algo más sobre ese ancestro).

Los anfioxos carecen de toda una serie de características que distinguen a los vertebrados de los invertebrados. No tienen corazón, hígado, páncreas o riñones, ni los sistemas corporales internos que acompañan a esos órganos. En cambio, sí tienen algunas células que regulan un ritmo circadiano y producen un ciclo de vigilia y sueño.

Estas criaturas tampoco tienen una cabeza diferenciada, ni ninguno de los órganos sensoriales que podemos ver en la cabeza de un vertebrado, como los ojos, los oídos, la nariz, etc. En uno de los lados de su extremo más anterior, el anfioxo tiene un pequeño grupo de células que se conoce como ocelo. Dichas células son fotosensibles y pueden detectar cambios generales en los niveles de luz y oscuridad, de modo que, si se proyecta una sombra sobre el animal, este se aleja. Las células de este ocelo comparten algunos genes con la retina de los vertebrados, pero los anfioxos no tienen ojos propiamente dichos y, por lo tanto, no pueden ver.

Además, los anfioxos tampoco tienen gusto ni olfato. Tienen algunas células en la piel que detectan determinadas sustancias químicas presentes en el agua, y esas células contienen algunos genes similares a los que se encuentran en el bulbo olfatorio de los vertebrados, pero no está claro que dichos genes actúen del mismo modo. Un anfioxo también posee un grupo de células con pelos que le permiten orientar y equilibrar su cuerpo en el agua y tal vez sentir la aceleración cuando nada, pero, en cambio, carece de un oído interno con células ciliadas que le permitan oír, como tienen los vertebrados.

Los anfioxos tampoco pueden localizar la comida y acercarse a ella; en cambio, se alimentan de cualquier flujo de pequeñas criaturas que les suministren las corrientes marinas. Tienen células que detectan la *ausencia* de comida, y cuando eso ocurre se desplazan serpenteando en una dirección aleatoria que, con suerte, les llevará a donde hay alimento (en la práctica, lo que dichas células les indican es: «Cualquier lugar es mejor que aquí»). Véase 7half.info/amphioxus. <<

[2] Los científicos siguen debatiendo acerca de si los anfioxos tienen cerebro. Todo se reduce a dónde se sitúa la línea divisoria entre qué se considera un «cerebro» y qué no. El biólogo evolutivo Henry Gee resume muy bien la situación: «No se ve nada parecido al cerebro de los vertebrados ni en los tunicados [ascidiáceos] ni en el anfioxo, aunque sí pueden detectarse indicios de su plano de construcción... si uno observa con la suficiente atención».

En general los científicos coinciden bastante en que, en efecto, se puede encontrar un bosquejo de los contornos genéticos del cerebro de los vertebrados en el extremo anterior de la notocorda del anfioxo, y dichos contornos tienen al menos quinientos cincuenta millones de años de antigüedad. Eso no significa necesariamente que los genes que se encuentran en el extremo anterior de la notocorda actúen del mismo modo o produzcan las mismas estructuras que en el cerebro de un vertebrado (para obtener más detalles acerca de qué significa que dos especies tengan genes similares, consulte la nota 8 de la Lección 1). Y ahí es donde empieza el debate científico. Los anfioxos tienen algunos de los patrones moleculares que organizan el cerebro de los vertebrados en grandes segmentos, pero los científicos discrepan acerca de qué segmentos están esbozados y qué instrucciones de dichos segmentos están ausentes. También es discutible si en los anfioxos están presentes los segmentos como tales. De manera similar, un anfioxo posee los fundamentos genéticos rudimentarios necesarios para formar una cabeza, aunque no tenga una cabeza propiamente dicha.

Encontrará una exploración más detallada de los anfioxos en *Across the Bridge: Understanding the Origin of the Vertebrates*, de Henry Gee, y *Brains Through Time: A Natural History of Vertebrates*, de los neurocientíficos evolutivos Georg Striedter y Glenn Northcutt. Véase también 7half.info/amphioxus-brain. <<

[3] Los científicos creen que el ancestro que tenemos en común con los anfioxos se parecía mucho a los anfioxos modernos, dado que el entorno de estos (su nicho) casi no ha cambiado en los últimos quinientos cincuenta millones de años, por lo que apenas habrían necesitado nuevas adaptaciones (en cambio los vertebrados han experimentado tremendos cambios evolutivos, al igual que otros cordados, como los ascidiáceos). En consecuencia, los científicos suponen que estudiando los anfioxos modernos podemos aprender cosas sobre el ancestro común de todos los cordados.

No obstante, algunos científicos siguen discutiendo tal suposición, alegando que es poco probable que los anfioxos no hayan cambiado *en absoluto* en quinientos millones de años. Por ejemplo, la notocorda del anfioxo (su sistema nervioso central) se extiende a lo largo de todo su cuerpo, de extremo a extremo, mientras que en los vertebrados la médula espinal termina donde empieza el cerebro. Los científicos discuten acerca de si nuestro ancestro común tenía una notocorda similar a la del anfioxo que luego se acortó al desarrollarse el cerebro de los vertebrados, o bien una notocorda más corta que se alargó durante la evolución. Existen debates similares en torno a otros órganos (por ejemplo, sobre la evolución del olfato).

Encontrará un estudio más detallado sobre nuestro antiguo ancestro similar al anfioxo en la ya citada *Across the Bridge*, de Henry Gee. Véase también 7half.info/ancestor. <<

[4] Las proposiciones como «Nuestro cerebro es para *tal o cual cosa*» o «Nuestro cerebro ha evolucionado para hacer *esto o aquello*» son ejemplos de *teleología*, un término derivado de la palabra griega *telos*, que significa ‘fin’, ‘propósito’ u ‘objetivo’. En ciencia y filosofía se abordan varios tipos de teleología. El más común, que generalmente desaconsejan tanto los científicos como los filósofos, es la proposición de que algo *fue intencionadamente diseñado para un determinado propósito con un fin último*. Un ejemplo de ello sería sugerir que los cerebros han evolucionado en una u otra clase de progresión ascendente, pongamos por caso, de instintivo a racional, o de animales inferiores a animales superiores. Esa no es la forma de teleología que estoy utilizando en esta lección.

Un segundo tipo de teleología, que sí he empleado aquí, es la proposición de que algo constituye *un proceso que encarna un objetivo sin un fin último*. Al afirmar que el cerebro no está hecho para pensar, sino para regular un cuerpo en un determinado nicho, no estoy insinuando que el presupuesto corporal — la *alostasis*— tenga un estado final. La *alostasis* es un proceso que anticipa y aborda estímulos ambientales en constante cambio. Todos los cerebros gestionan la *alostasis*: no hay una progresión ordenada de una forma peor a otra mejor de hacerlo.

Los psicólogos Bethany Ojalehto, Sandra R. Waxman y Douglas L. Medin estudian cómo las personas de diferentes culturas razonan sobre el mundo natural. Su investigación sugiere que las proposiciones teleológicas del tipo empleado en esta lección reflejan una cierta comprensión de las relaciones entre los seres vivos y su entorno. Ellos lo llaman «cognición relacional contextual». Una proposición como «El cerebro no está hecho para pensar» es intrínsecamente relacional (es decir, que hace referencia a la relación entre el cerebro, los diversos sistemas corporales y lo que sea que contenga el entorno), y, en cambio, no refleja la idea de que el cerebro haya sido intencionadamente diseñado para un determinado propósito con un fin último.

Las expresiones concretas que yo utilizo (por ejemplo, «Nuestro cerebro no está hecho para pensar») se sitúan asimismo en un determinado contexto, esto es, en un ensayo de carácter divulgativo que describe diversos aspectos de la función cerebral. Dichas expresiones adquieren su pleno significado solo en el contexto en el que se emplean. Si se elimina el contexto, es fácil confundir

esta clase de proposición con el primer tipo de teleología, el que hemos definido como problemático. La alostasis, obviamente, no es la única causa de la evolución del cerebro, y no impulsó dicha evolución de una manera ordenada. La evolución del cerebro vino impulsada en gran medida por la selección natural, que es caprichosa y oportunista; y también es posible que haya estado influenciada por la evolución cultural, de la que tratamos en la lección 7. Véase 7half.info/teleology. <<

[5] La alostasis no es el único factor que influye en la evolución y el funcionamiento de los cerebros, pero sí uno de los más importantes. La alostasis es un proceso de equilibrado predictivo en el tiempo, no un proceso que busca un único punto estable para que el cuerpo lo mantenga (es decir, no actúa como un termostato). Cuando hablamos de buscar un único punto estable nos estamos refiriendo a la denominada *homeostasis*. Véase 7half.info/allostasis. <<

[6] El concepto de un movimiento que compensa el esfuerzo está bien estudiado en el ámbito de la economía, donde se denomina *valor*. Véase 7half.info/value. <<

[7] Los órganos internos de nuestro cuerpo, como el corazón, el estómago y los pulmones, se denominan *vísceras* y forman parte de una serie de sistemas viscerales más amplios que tenemos bajo el cuello, como son, respectivamente, los sistemas cardiovascular, gastrointestinal y respiratorio. Los movimientos que se producen dentro del corazón, los intestinos, los pulmones y otros órganos se denominan movimientos *visceromotores*. El cerebro controla nuestros sistemas viscerales (es decir, ejerce el control visceromotor). Del mismo modo que nuestro cerebro tiene una corteza motora primaria y todo un sistema de estructuras en la subcorteza para controlar los movimientos musculares, también tiene una corteza visceromotora primaria y todo un sistema de estructuras subcorticales para controlar las vísceras. Algunas vísceras, como los pulmones, requieren del cerebro para funcionar. En cambio, el corazón y el intestino tienen sus propios ritmos intrínsecos, y el sistema visceromotor del cerebro se limita a reajustarlos. Una última observación: nuestro cuerpo tiene otros sistemas que no están vinculados a una víscera concreta, como el sistema inmunitario y el sistema endocrino, y en general los cambios producidos en dichos sistemas también se califican como visceromotores.

Del mismo modo que los movimientos motores de los brazos, las piernas, la cabeza y el torso producen datos sensoriales que se transmiten al cerebro (concretamente, al sistema somatosensorial), los movimientos visceromotores generan cambios sensoriales denominados datos sensoriales *interoceptivos*, que también se transmiten al cerebro (en este caso, al sistema interoceptivo). Todos esos datos sensoriales ayudan al cerebro a controlar mejor sus movimientos motores y visceromotores.

Las estimaciones científicas actuales más precisas sugieren que la evolución de los sistemas viscerales y visceromotores en los vertebrados vino acompañada de la evolución de los sistemas sensoriales. Tras la concepción, cuando se va formando el cuerpo y el cerebro del embrión, los sistemas viscerales y sensoriales surgen ambos del mismo grupo temporal de células, denominado cresta neural. También lo hace el segmento del cerebro de los vertebrados que alberga los sistemas visceromotores e interoceptivos, que se conoce como prosencéfalo. La cresta neural es exclusiva de los vertebrados y se encuentra en todas las especies vertebradas, incluidos los humanos.

Los sistemas visceromotores e interoceptivos desempeñan un papel clave a la hora de determinar el valor de cualquier movimiento, pero no podemos decir que hayan evolucionado por esa razón. Otras presiones selectivas contribuyeron a la evolución de los sistemas viscerales del cuerpo y del sistema visceromotor del cerebro, como la aparición de cuerpos de mayor tamaño que requerían nuevos tipos de cuidados y mantenimiento. La mayoría de los animales de nuestro planeta, por ejemplo, tienen un diámetro pequeño, con solo unas pocas células que se extienden desde el interior del cuerpo hasta el mundo exterior. Esta configuración facilita determinadas funciones fisiológicas, como el intercambio de gases (mediante la respiración) y la eliminación de productos de desecho. Pero en un animal más grande el interior del cuerpo está más alejado del mundo exterior, lo que ha provocado que evolucionaran nuevos sistemas, como el que bombea agua en las branquias para facilitar el intercambio de gases, o el constituido por los riñones y un largo intestino para excretar los desechos. Esos nuevos sistemas permitieron a los vertebrados convertirse en nadadores más hábiles y, en consecuencia, en depredadores más exitosos. Véase 7half.info/visceral. <<

[8] Platón escribió sobre la *psique*, que difiere de nuestro moderno concepto de mente. Aquí sigo la tradición coloquial de emplear *psique* y *mente* como sinónimos. Véase 7half.info/plato. <<

[9] La idea del cerebro trino fusionaba la neurociencia con los escritos de Platón sobre la psique humana. A principios del siglo xx, el fisiólogo Walter Cannon postuló que las emociones eran desencadenadas y expresadas por dos regiones cerebrales distintas, el tálamo y el hipotálamo respectivamente, que se sitúan justo bajo la corteza supuestamente racional (hoy sabemos que el tálamo constituye la puerta de entrada principal por la que todos los datos sensoriales, salvo las sustancias químicas que se convierten en olores, llegan a la corteza; el hipotálamo, por su parte, es fundamental para regular la presión arterial, la frecuencia cardíaca, la frecuencia respiratoria, la sudoración y otros cambios fisiológicos). En la década de 1930, el neuroanatomista James Papez postuló la existencia de un «circuito cortical» dedicado a la emoción. Su circuito iba más allá del tálamo y el hipotálamo para incluir regiones corticales limítrofes con las subcorticales (el córtex cingulado) y, en consecuencia, se supuso que era más antiguo. Cincuenta años antes, el neurólogo Paul Broca había denominado lóbulo límbico a este segmento de la corteza (el término *límbico* proviene de la palabra latina *limbus*, ‘borde’, ya que este tejido linda con los sistemas sensoriales del cerebro y el sistema motor que mueve los brazos, las piernas y otras partes del cuerpo; Broca pensaba que el lóbulo límbico albergaba facultades de supervivencia primitivas, como el sentido del olfato). A finales de la década de 1940, el neurocientífico Paul MacLean transformó el «circuito cortical» de Papez en un sistema límbico de pleno derecho y lo incrustó en un cerebro de tres capas al que denominó *cerebro trino*. Véase 7half.info/triune. <<

[10] Las numerosas áreas cerebrales que incluyen los términos *corteza* o *córtex* pueden llevar a confusión. La corteza o córtex cerebral es una lámina de neuronas dispuestas en capas que cubre las partes subcorticales (esto es, situadas «bajo la corteza») del cerebro. Popularmente existe la creencia de que una parte de la corteza cerebral es evolutivamente antigua y pertenece al sistema límbico (por ejemplo, el córtex cingulado), mientras que otra es evolutivamente reciente, por lo que se la denomina neocórtex. Esta distinción se deriva de un malentendido acerca de cómo evolucionó la corteza, que es justamente el tema de esta lección. <<

[11] Normalmente los científicos intentan evitar decir que algo es un hecho cierto o que es definitivamente verdadero o falso. En el mundo real, los hechos tienen una determinada probabilidad de ser verdaderos o falsos en un contexto concreto. (Como sostiene Henry Gee en su libro *The Accidental Species: Misunderstandings of Human Evolution*, la ciencia es un proceso de cuantificación de la duda). En el caso del cerebro trino, sin embargo, está justificado utilizar un lenguaje más contundente. Cuando en 1990 MacLean publicó su obra magna, *The Triune Brain in Evolution: Role in Paleocerebral Functions*, ya existían claros indicios de que la idea del cerebro trino era errónea. El hecho de que desde entonces haya seguido siendo popular obedece más a la ideología que a la investigación científica. Los científicos nos esforzamos todo lo posible en evitar la ideología, pero también somos personas, y a veces las personas se dejan guiar por las creencias antes que por los datos (en ese sentido, véase *Biology as Ideology: The Doctrine of DNA*, de Richard Lewontin). Los errores forman parte del proceso normal de la ciencia y cuando los científicos saben reconocerlos se convierten en grandes oportunidades de descubrimiento. Para obtener más información al respecto, puede consultar las obras *Failure: Why Science Is So Successful*, e *Ignorance: How It Drives Science*, ambas de Stuart Firestein. Véase 7half.info/triune-wrong. <<

[12] Este supuesto depende de que no haya habido muchos cambios evolutivos en las células de los animales que estamos comparando.

En términos más generales, los genes no son el único factor que hay que tener en cuenta a la hora de inferir si dos animales tienen rasgos cerebrales cuyo origen se puede atribuir a un ancestro común, a pesar de que dichos rasgos parezcan distintos a simple vista. A veces, los genes pueden inducir a error y algunos científicos utilizan también otras fuentes de información biológica, como las conexiones entre las neuronas, para determinar si dos estructuras cerebrales tienen o no un ancestro común. Encontrará un análisis más detallado de este ámbito de investigación, que se conoce como homología, en *Principles of Brain Evolution*, de Georg Striedter, y *Brains Through Time*, de Striedter y Northcutt. Véase 7half.info/homology. <<

[13] Esta idea proviene del neurobiólogo Georg Striedter, quien comparaba los cerebros con empresas que se reorganizan para ampliar su negocio (véase su obra *Principles of Brain Evolution*). También es posible que los cerebros pierdan complejidad a lo largo del tiempo evolutivo o durante su desarrollo; un ejemplo de ello son los tunicados (ascidiáceos). Véase 7half.info/reorg. <<

[14] He aquí una analogía para reforzar mi comparación de la corteza somatosensorial primaria en ratas y en humanos. El autor y chef Thomas Keller explica que, si cocinas un puñado de verduras en una olla, la mezcla tendrá un sabor único y homogéneo: no destacará ningún ingrediente individual. Sin embargo —explica Keller—, hay una forma mejor y más sabrosa de preparar este plato: cocinar cada verdura por separado y juntarlas en la olla al final. Ahora cada cucharada será una mezcla de sabores distinta y compleja. La diferencia entre estas dos técnicas viene a ser básicamente como la diferencia entre la corteza somatosensorial primaria en ratas y en humanos. La región única de la rata es como una sola olla que contiene todos los ingredientes mezclados, mientras que las cuatro regiones humanas son como cuatro ollas con ingredientes separados. En el lenguaje empleado en la lección 2, diremos que la técnica de las cuatro ollas tiene una mayor complejidad. Véase 7half.info/keller. <<

[15] Con esto me refiero a que las neuronas tienen una misma identidad molecular —un gen específico o una secuencia de genes— que realiza las mismas actividades genéticas (por ejemplo, producir las mismas proteínas). Un gen determinado no produce necesariamente las mismas proteínas en todos los animales que poseen dicho gen. Puede que dos animales tengan los mismos genes, pero estos pueden actuar de manera distinta o producir estructuras diversas. E incluso en un mismo animal una red de genes puede realizar actividades genéticas distintas en diferentes momentos de su desarrollo (puede ver una clara explicación al respecto, junto con varios ejemplos, en *Across the Bridge*, de Henry Gee). La observación importante aquí es que dos criaturas pueden tener neuronas con algunos de los mismos genes, que actúen de la misma forma en ambas, y, sin embargo, dichas neuronas pueden diferir en su organización, lo que da como resultado cerebros de aspecto muy distinto. Véase 7half.info/same-neurons. <<

[16] Esta investigación se originó con el trabajo de la neurocientífica evolutiva del desarrollo Barbara Finlay, que denomina a su modelo «tiempo de traducción». Finlay construyó un modelo matemático que predice los tiempos en los que se producen un total de 271 eventos distintos en el desarrollo del cerebro de los animales. Algunos de dichos eventos son: cuándo se crean las neuronas, cuándo empiezan a crecer los axones, cuándo se establece y refina la conectividad, cuándo comienza a formarse la mielina en los axones, y cuando el volumen cerebral empieza a cambiar y aumentar. El modelo de Finlay calcula el número equivalente de días para cualquier evento de desarrollo en las 18 especies de mamíferos estudiadas, e incluso en algunas especies de animales no incluidas en el modelo original. Si se comparan los tiempos que predice su modelo con los tiempos reales de la formación del cerebro, la correlación es de un asombroso 0,993 (en una escala de -1,0 a 1,0); eso significa que el orden de los eventos resulta ser casi idéntico en todas las especies estudiadas, dado que todas se ajustan a un mismo modelo.

Además, los genes detectados en las células cerebrales de diversos mamíferos proporcionan evidencias genéticas moleculares coherentes con el modelo del tiempo de traducción. También contienen esos mismos genes las células cerebrales de los peces dotados de mandíbula. El origen de algunos de dichos genes se remonta al anfioxo, y muy probablemente a su ancestro común con los humanos. En consecuencia, y basándonos únicamente en las evidencias genéticas, es razonable inferir que todos los vertebrados dotados de mandíbula comparten un mismo «plan de fabricación» común (o parte de él). Véase 7half.info/manufacture. <<

[17] Como neurocientífica, las evidencias que respaldan la hipótesis de Finlay acerca de un «plan de fabricación» común del cerebro me parecen convincentes. El lector interesado en el tema debe saber, no obstante, que algunos científicos siguen sosteniendo la idea de que ciertas áreas del cerebro humano, como la corteza prefrontal, han evolucionado haciéndose mayores de lo que en teoría corresponde a un cerebro de primate a escala ampliada. Mi opinión es que algunas de las capacidades distintivas del cerebro humano provienen de la combinación de una gran corteza cerebral (no mayor de lo esperado para el tamaño total del cerebro, téngalo en cuenta, sino simplemente grande en términos absolutos) y unas conexiones mejoradas entre las neuronas en ciertas partes de la corteza, incluidas las capas superiores de la corteza prefrontal. Algunos científicos, como yo misma, planteamos la hipótesis de que esas características otorgan a los humanos la capacidad de interpretar las cosas según su función en lugar de por su forma física, tal como explico en la lección 7 y en mi anterior libro *La vida secreta del cerebro. Cómo se construyen las emociones*. Véase 7half.info/parts. <<

[18] Aunque la idea de un sistema límbico consagrado a las emociones es un mito, nuestro cerebro contiene de hecho un conjunto de estructuras que, en general, se conocen colectivamente como «sistema límbico», si bien, para evitar la confusión derivada del uso de un término hoy considerado obsoleto, se tiende a emplear cada vez más la denominación alternativa de «circuito límbico». Las neuronas del circuito límbico se conectan a los núcleos del tallo cerebral que regulan el sistema nervioso autónomo, el sistema inmunitario, el sistema endocrino y otros sistemas cuyos datos sensoriales crean la interocepción, esto es, la representación que hace el cerebro de las sensaciones de nuestro cuerpo. El circuito límbico no está relacionado exclusivamente con la emoción y se distribuye en múltiples sistemas cerebrales. Incluye estructuras subcorticales como el hipotálamo y el núcleo central de la amígdala; estructuras allocorticales como el hipocampo y el bulbo olfatorio; y diversas partes de la corteza cerebral como el córtex cingulado y la parte anterior de la ínsula. Véase 7half.info/limbic. <<

[19] El cerebro trino forma parte de una larga historia de mitos arraigados en la ciencia. He aquí algunos más para entretenimiento del lector. En el siglo XVIII había eruditos serios que creían que el calor era generado por un mítico fluido llamado calórico y que la combustión la causaba una sustancia imaginaria llamada flogisto. Los físicos del siglo XIX insistían en que el universo estaba lleno de una sustancia invisible llamada éter luminífero, que permitía que se propagaran las ondas luminosas. Al mismo tiempo, sus colegas médicos atribuían enfermedades como la peste a unos vapores malolientes llamados miasmas. Cada uno de estos mitos sobrevivió y sustituyó a la realidad científica durante cien años o más antes de ser desbancado. Véase 7half.info/myths. <<

[20] Esta idea proviene del libro de Henry Gee *The Accidental Species*. Véase 7half.info/interesting. <<

[21] Nuestra red cerebral está hecha de redes más pequeñas, o subredes, de neuronas interconectadas. Cada subred es un conjunto difuso de neuronas que constantemente entran y salen del grupo en virtud del propio funcionamiento de la red. Piense en un equipo de baloncesto, que suele tener entre doce y quince jugadores, aunque en cada momento solo cinco de ellos participan en el juego; los jugadores entran y salen de la pista, pero nosotros seguimos viendo a quienes juegan como un mismo equipo. De manera similar, una determinada subred cerebral se mantiene a pesar de que las neuronas individuales que la forman entran y salen del grupo. Esta variabilidad es un ejemplo de la denominada degeneración (véase un poco más adelante en esta misma lección): cuando diversos elementos estructuralmente distintos — como, por ejemplo, grupos de neuronas— realizan una misma función. Véase 7half.info/network. <<

[22] Mi recuento de 128 000 millones de neuronas en un cerebro humano medio es más alto del que el lector puede encontrar en otras fuentes, que habitualmente hablan de unos 85 000 millones. La diferencia se debe al hecho de que las neuronas pueden contarse mediante diferentes métodos. En general, los científicos calculan la cantidad de neuronas de un cerebro utilizando métodos estereológicos, que emplean la probabilidad y la estadística para estimar la estructura tridimensional de las neuronas a partir de imágenes bidimensionales de tejido cerebral. La cifra de 128 000 millones proviene de un artículo científico en el que, empleando un método estereológico denominado fraccionador óptico, se obtenía un recuento de unos 19 000 millones de neuronas en el telencéfalo humano —incluyendo la corteza cerebral, el hipocampo y el bulbo olfatorio— y alrededor de otros 109 000 millones de células granulosas en el cerebelo, más unos 28 millones de neuronas de Purkinje también en el cerebelo. La cifra más común, 85 000 millones de neuronas, proviene de otro método denominado fraccionador isotrópico, que resulta más sencillo y rápido, pero omite algunas neuronas de manera sistemática. Véase 7half.info/neurons. <<

[23] No es que el cerebro sea simbólicamente *como* una red, sino que *es* una red de hecho, lo que significa que funciona de manera similar a otras redes. Así pues, el término *red* es aquí un concepto, no una metáfora. Nos ayuda a evocar otras redes que conocemos para entender mejor qué es una red cerebral y cómo funciona. <<

[24] El cerebro humano tiene diferentes tipos de neuronas de diversas formas y tamaños. El tipo de neurona que describo en esta lección es una neurona piramidal de la corteza cerebral. <<

[25] El sencillo término de *cableado*, tal como yo lo utilizo, resume en realidad una serie de detalles estructurales más específicos. En general, una neurona está integrada por un cuerpo celular, unas estructuras en forma de rama en la parte superior llamadas dendritas (piense en la copa de un árbol) y una proyección larga y delgada con una estructura radicular en la parte inferior, llamada axón. El axón es mucho más fino que un cabello humano, y en su extremo tiene unas bolitas, llamadas terminales axónicos, llenas de sustancias químicas. Las dendritas, por su parte, están plagadas de receptores de dichas sustancias químicas. Normalmente los terminales axónicos de una neurona están cerca de miles de dendritas de otras neuronas, pero no llegan a tocarse, y esos pequeños espacios intermedios que las separan se denominan sinapsis. Cuando las dendritas de una neurona detectan la presencia de sustancias químicas, la neurona se «activa» (a veces se dice también que se «dispara» o se «enciende»), enviando una señal eléctrica a través de su axón hasta los terminales axónicos, que liberan sus neurotransmisores en las sinapsis; entonces los neurotransmisores se unen a los receptores dendríticos de las otras neuronas (otras células, llamadas células gliales, contribuyen a este proceso y previenen las fugas de sustancias químicas). Así es como los denominados neuroquímicos excitan o inhiben las neuronas receptoras y modifican su velocidad de activación. A través de este proceso, una neurona individual influye en miles de otras neuronas, al tiempo que miles de neuronas pueden influir en una sola, todo ello de manera simultánea. Tal es el funcionamiento del cerebro. Véase 7half.info/wiring. <<

[26] ¿Qué significa «ver»? Nuestra experiencia consciente de los objetos del mundo exterior —como cuando, por ejemplo, observamos nuestra propia mano o un teléfono— la generan en parte las neuronas de la corteza occipital. Sin embargo, es posible navegar por el mundo si esas neuronas están dañadas. Si colocamos un obstáculo delante de una persona que ha sufrido daños en la corteza visual primaria, esa persona no verá conscientemente el obstáculo, pero, sin embargo, lo rodeará. Este fenómeno se denomina visión ciega. Véase 7half.info/blindsight. <<

[27] Este estudio científico con personas a las que se les vendaron los ojos y luego se les enseñó braille constituye una nueva demostración del hecho de que las neuronas tienen múltiples funciones. Cuando los científicos interrumpieron la activación neuronal en la corteza visual primaria utilizando una técnica denominada estimulación magnética transcraneal, los sujetos del estudio con los ojos vendados tuvieron más dificultades para leer braille, aunque esa dificultad desapareció veinticuatro horas después de que se les quitara la venda y la corteza visual primaria dispusiera de nuevo de información visual que procesar. Véase 7half.info/blindfold. <<

[28] La complejidad no implica la existencia de una progresión ordenada de cerebros en algún tipo de escala filogenética, o *scala naturae*, de menos complejo a cada vez más complejo hasta culminar en el cerebro humano. Los cerebros de otros animales, como los monos y los gusanos, también están dotados de complejidad. Véase 7half.info/complexity. <<

[29] Se me ocurrió esta expresión inspirándome en el libro *La tabla rasa* del psicólogo Steven Pinker, donde al autor describe la mente uniforme —tipo «pastel de carne»— como «un orbe homogéneo dotado de poderes unitarios». Véase 7half.info/meatloaf. <<

[30] Esta expresión se inspira en los psicólogos evolutivos Leda Cosmides y John Tooby, que describían la mente humana como una especie de navaja suiza. Véase 7half.info/pocketknife. <<

[31] He aquí unos cuantos detalles matemáticos más con respecto a la complejidad de una navaja suiza de 14 herramientas. En una determinada configuración de las herramientas de la navaja, que aquí he denominado «patrón», cada herramienta tiene dos estados posibles: utilizada o no utilizada. Catorce herramientas con dos estados cada una producen alrededor de 16 000 patrones posibles para todo el conjunto de la navaja:

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^{14} = 16\,384$$

Añadir una decimoquinta herramienta duplica el número de patrones:

$$2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 2^{15} = 32\,768$$

Si se asigna a cada herramienta una función adicional, tendrá tres estados posibles en lugar de dos: utilizada en su primera función, utilizada en su segunda función, o no utilizada. Esto produce un total de patrones mucho mayor para la navaja:

$$3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 3 = 3^{14} = 4\,782\,969$$

Un conjunto de herramientas con cuatro funciones producirían 4^{14} o 268 435 456 patrones; y así sucesivamente. <<

[32] Esta observación es cortesía de mi colega Dana Brooks, del Departamento de Ingeniería Eléctrica e Informática de la Universidad del Noreste de Boston.
<<

[33] En esta metáfora no me estoy refiriendo a la dualidad onda-partícula, sino al mito del éter luminífero, del que ya hemos hablado anteriormente. Véase 7half.info/wave. <<

[34] Obviamente, muchos animales recién nacidos son menos competentes que los recién nacidos humanos, como esas pequeñas bolitas ciegas y calvas que paren las ratas, los conejillos de Indias y otros roedores. <<

[35] Esta frase (que también puede formularse como «las neuronas que se activan a la vez permanecen conectadas») se atribuye al neurocientífico Donald Hebb, y el fenómeno se conoce en términos más formales como postulado de Hebb o plasticidad hebbiana. Estrictamente hablando, la activación neuronal no es simultánea, ya que en realidad una neurona se activa justo antes que la otra. Encontrará más información en la obra de Hebb *The Organization of Behavior: A Neuropsychological Theory*. Véase 7half.info/hebb. <<

[36] La maravillosa metáfora del «farol de atención» es cortesía de la psicóloga Alison Gopnik, que estudia el desarrollo cognitivo de los niños. Véase su libro *El filósofo entre pañales: Revelaciones sorprendentes sobre la mente de los niños y cómo se enfrentan a la vida*.

Aparte de la atención compartida, es probable que otras habilidades también revistan especial importancia para desarrollar un foco de atención. Una de ellas es el control cerebral de la cabeza, una habilidad que se desarrolla durante los primeros meses de vida del niño. Otra es el control de los músculos oculares, el denominado control oculomotor, que también mejora durante los primeros meses de vida.

Debo señalar asimismo que los científicos todavía siguen debatiendo acerca del nivel de atención con el que nacen los bebés y de qué tipo de capacidades de atención podría tratarse. Muchos científicos que estudian el desarrollo creen que los bebés están genéticamente programados para prestar atención a ciertas características del mundo (como si algo está vivo o no) y que el desarrollo posterior se basa en esas habilidades innatas. Véase 7half.info/lantern. <<

[37] Solo en Estados Unidos, la pobreza infantil le cuesta a la sociedad cerca de un billón de dólares al año, según un informe publicado en 2019 por las Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina estadounidenses con el título de «Una hoja de ruta para reducir la pobreza infantil». El coste de sacar a los niños de la pobreza —sostiene el informe— es mucho menor que el precio que entrañan las consecuencias de esta una vez que esos niños han crecido. Mi colega el psicólogo Isaiah Pickens señala la ironía de que en nuestra cultura empezamos a exigir a las personas una mayor responsabilidad por sus actos más o menos en el momento en que los efectos nocivos de la pobreza y la adversidad se manifiestan de manera más grave. Véase 7half.info/poverty. <<

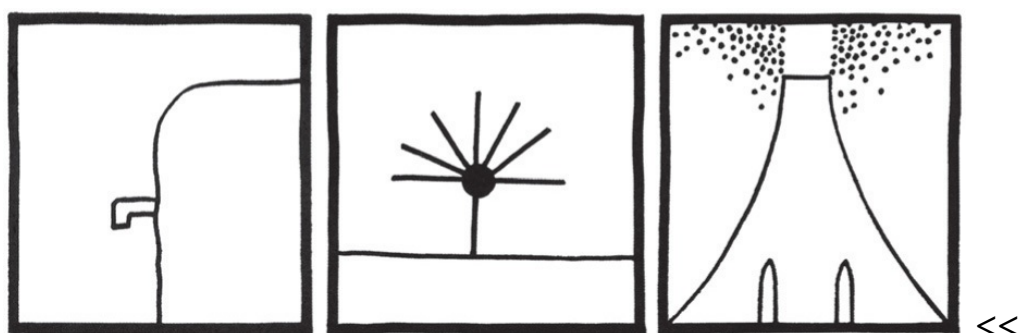
[38] Hay otra versión de esta historia en mi charla TEDx de 2018 «Cultivating Wisdom: The Power of Mood» (vídeo original en inglés), que puede verse en 7half.info/tedx. <<

[39] Los datos sensoriales no solo son ambiguos, sino también incompletos. Parte de la información sobre el mundo exterior y nuestro propio cuerpo se pierde cuando la retina, la cóclea y otros órganos sensoriales la procesan y la envían al cerebro. Los científicos todavía siguen debatiendo qué porcentaje se pierde, pero todos coinciden en que las neuronas transmiten menos datos sensoriales del mundo y del cuerpo de los que es posible percibir. Véase 7half.info/incomplete. <<

[40] La idea de que nuestro cerebro utiliza experiencias pasadas para dar sentido a los datos sensoriales entrantes es en cierto modo similar a la propuesta del inmunólogo y neurocientífico Gerald Edelman de que nuestra experiencia consciente actual es el «presente recordado». Véase 7half.info/present. <<

[41] Las tres figuras representan respectivamente un submarino cayendo por una cascada, una araña haciendo el pino y un saltador de esquí observando a los espectadores que están abajo desde lo alto de la rampa antes de darse impulso.

Las figuras son acertijos visuales extraídos de la obra *The Ultimate Doodles Compendium: The Absurdly Complete Collection of All the Classic Zany Creations of Roger Price* (© 2019 Tallfellow Press, Inc.; reproducido con permiso; todos los derechos reservados). Los pies que acompañan a los dibujos en la obra original rezan literalmente: «Submarino cruzando una cascada», «Araña haciendo el pino» y «Salto de esquí y espectadores vistos por el saltador». Véase Tallfellow.com.



[42] Esta idea sobre la percepción de la obra de arte se debe al historiador del arte Alois Riegl, que la denominó «la participación del espectador». El término posterior *parte del espectador* fue acuñado por el historiador del arte Ernst Gombrich. Véase 7half.info/art. <<

[43] Durante varios años me he estado refiriendo a la percepción y la experiencia consciente como una alucinación cotidiana antes de descubrir que el filósofo Andy Clark sostiene de manera elocuente el mismo argumento, calificando la experiencia consciente de «alucinación controlada». Véase su libro *Surfing Uncertainty: Prediction, Action, and the Embodied Mind*. Actualmente otros científicos describen también la experiencia de ese mismo modo, en especial el neurocientífico Anil Seth en su interesante charla TED «Cómo el cerebro alucina tu realidad consciente» (en Internet puede encontrarse el vídeo subtulado en español). Véase 7half.info/hallucination. <<

[44] Parte del material sobre este tema proviene de mi charla TED de 2018 «No estamos a merced de nuestras emociones; nuestros cerebros las crean» (en Internet puede encontrarse el vídeo subtulado en español). Véase 7half.info/ted. <<

[45] La investigación de mi laboratorio sobre el poder de las palabras, en la que los participantes escuchaban la descripción de diversas situaciones y las imaginaban mientras se les escaneaba el cerebro, se aborda en varios artículos científicos. Véase 7half.info/words. <<

[46] Las regiones cerebrales que los científicos califican como «red del lenguaje» se solapan en gran medida con una red conocida como «red neuronal por defecto», especialmente en el lado izquierdo del cerebro. La red neuronal por defecto forma parte de un sistema más amplio que a su vez controla los sistemas internos de nuestro cuerpo, incluyendo el sistema nervioso autónomo (que controla los sistema cardiovascular y respiratorio y otros sistemas orgánicos), el sistema inmunitario y el sistema endocrino (que controla las hormonas y el metabolismo). Véase 7half.info/language-network.
<<

[47] La agresión verbal, al menos la del tipo más leve, depende del contexto. No todas las groserías son agresiones verbales. Por ejemplo, en algunas culturas a veces las mujeres se llaman *zorras* unas a otras como una expresión de afecto o incluso de empoderamiento. Asimismo, las palabras que son positivas en un contexto pueden resultar agresivas en otro. Si le dices algo romántico a tu pareja y esta te responde: «Ven aquí a decírmelo», tu cerebro puede predecir que se avecina un beso. En cambio, si te enfrentas a un matón y este te responde: «Ven aquí a decírmelo», lo más probable es que tu cerebro prediga una agresión. Véase 7half.info/aggression. <<

[48] Diversos estudios revelan que el estrés crónico desgasta el cerebro y el cuerpo a largo plazo, independientemente de que dicho estrés provenga del maltrato físico continuo, del abuso sexual o de la agresión verbal. Este tipo de hallazgos científicos resultan tan sorprendentes como ingratos, por lo que merece la pena considerar las evidencias con cierto detalle. Compartiré aquí solo una pequeña parte; el resto puede verse en 7half.info/chronic-stress.

Para empezar, el estrés crónico provoca atrofia cerebral. Reduce el tejido cerebral, especialmente en diversas áreas del cerebro que son importantes para el presupuesto corporal (alostasis), el aprendizaje y la flexibilidad cognitiva.

¿Qué causa exactamente la atrofia en un cerebro estresado? ¿Y de qué modo se relacionan esos cambios cerebrales con una mayor probabilidad de contraer una enfermedad física y de vivir menos? Los científicos todavía están estudiando los detalles biológicos. Un importante obstáculo en este aspecto es que no podemos observar la microarquitectura de un cerebro humano vivo con suficiente detalle para saber exactamente qué cambios se producen. De ahí que los científicos estudien el impacto del estrés en animales no humanos y luego extrapolen cautelosamente los resultados a los humanos cuando es posible. En ese sentido pueden consultarse, por ejemplo, las investigaciones del neuroendocrinólogo Bruce McEwen.

El maltrato verbal crónico en la infancia tiene efectos persistentes. Por ejemplo, en un estudio realizado con 554 adultos jóvenes, los científicos pidieron a los participantes que evaluaran el grado de maltrato verbal que habían sufrido en la infancia por parte de sus padres y compañeros. Los científicos descubrieron que aquellas personas que declaraban haber sufrido maltrato verbal en la infancia tenían más probabilidades de experimentar ansiedad, depresión e ira en la edad adulta. Aunque pueda parecer increíble, esta correlación era mayor que la observada en las personas que declaraban haber sufrido maltrato físico por parte de otro miembro de la familia, y comparable a la observada en las personas que declaraban haber sido víctimas de abuso sexual por parte de alguien ajeno a su familia. Estos hallazgos son coherentes con la hipótesis de que el maltrato verbal crónico en la infancia predispone a la gente a sufrir trastornos del estado de ánimo en la fase juvenil de la edad adulta. Sin embargo, una interpretación alternativa es que las

personas que padecen trastornos del estado de ánimo recuerdan más maltratos, incluido el maltrato verbal. De ahí la importancia de contar con otros estudios que nos ayuden a determinar cuál de estas dos hipótesis es más probable que sea la correcta.

En uno de los estudios mencionados, los científicos midieron el impacto biológico de crecer en una familia severa o caótica con abundantes críticas verbales y conflictos. Los investigadores midieron concretamente los niveles de un marcador de inflamación (interleucina 6) y un marcador de disfunción metabólica (resistencia al cortisol) en 135 mujeres adolescentes. Se entrevistó a las participantes cuatro veces durante un período de dieciocho meses. Las que declararon estar expuestas a un entorno familiar más severo y con mayor agresión verbal mostraron un aumento de la disfunción inmunitaria y de la disfunción metabólica a lo largo del tiempo, mientras que las que sufrían un grado de exposición intermedio a ese tipo de situación no mostraron cambios en dichos marcadores, y en el caso de las sometidas a un menor grado de exposición su salud incluso mejoró. Otros estudios han detectado resultados similares: nadar en un mar de agresión constante sitúa a los adolescentes en una trayectoria de desarrollo que puede desembocar en enfermedades físicas y mentales.

Un creciente número de estudios revelan sistemáticamente la existencia de un vínculo entre el estrés social sostenido, que generalmente implica agresión verbal, y una mayor incidencia de trastornos psiquiátricos y físicos. Por ejemplo, hay indicios de que la agresión verbal puede alterar lo suficiente la respuesta inmune como para reactivar virus del herpes latentes, reducir los beneficios de las vacunas comunes y retrasar la cicatrización de las heridas. Estos estudios no se han realizado con personas vulnerables, sino con ciudadanos corrientes provenientes de todo el espectro político. También debo señalar aquí que estos hallazgos son válidos independientemente de si los sujetos estudiados declaran o no haber *experimentado* un intenso estrés. Véase 7half.info/chronic-stress. <<

[49] Con respecto a estos dos estudios sobre el estrés y el modo como nuestro cuerpo metaboliza los alimentos, diré que ambos han sido realizados por la psicóloga Janice K. Kiecolt-Glaser y sus colegas. La cifra de 5 kilos al año presupone que uno está estresado todos los días antes de empezar una de sus comidas: 104 calorías multiplicado por 365 días y dividido por 7700 calorías/kilo. Me gusta comentar estas curiosidades científicas cuando estoy en una cena y veo que el ambiente flojea y se necesita un poco de animación. Véase 7half.info/eat. <<

[50] He tomado prestado este ejemplo de los psicólogos Batja Mesquita y Nico Frijda, que a su vez lo refieren a un estudio etnológico publicado en 1942 con el título de *Balinese Character*, en el que los antropólogos Gregory Bateson y Margaret Mead observaban que los habitantes de Bali a menudo se quedaban dormidos cuando se enfrentaban a sucesos desconocidos o aterradores. Su interpretación era que con ello los balineses evitaban lo que les asustaba de manera similar a como podemos hacer nosotros cuando cerramos los ojos durante una película de terror o de suspense. Según Bateson y Mead, dormir era una respuesta socialmente aceptada ante el miedo; los balineses lo llamaban *takoet poeles*, que significa «en un sueño asustado». Véase 7half.info/sleep. <<

[51] Greta Thunberg dice de sí misma que tiene el síndrome de Asperger, pero actualmente el término diagnóstico correcto es trastorno del espectro autista. Véase 7half.info/thunberg. <<

[52] Hildegarda de Bingen creía que sus visiones, a las que ella se refería como «la Sombra de la Luz Viviente», eran instrucciones directas de Dios. Durante años documentó dichas visiones en escritos y obras de arte. Aclaremos aquí que no estoy diciendo que Hildegarda de Bingen padeciera esquizofrenia ni ninguna otra enfermedad mental; más bien postulo el argumento general de que la experiencia mística de una persona puede ser el síntoma de la enfermedad de otra dependiendo del contexto histórico o cultural. Varios estudiosos han atribuido retrospectivamente diversos trastornos a Hildegarda de Bingen, pero este tipo de diagnóstico retrospectivo debe realizarse con extrema cautela. Véase 7half.info/bingen. <<

[53] Cuando hace referencia a la mente (y no al cerebro), probablemente esta oposición entre la «navaja suiza» y el «pastel de carne» es más conocida como «nativismo versus empirismo». Se trata de un debate filosófico en torno a la cuestión de si el conocimiento es innato o se aprende de la experiencia, y se ha prolongado durante miles de años. A veces, los psicólogos se refieren a este debate como «psicología de las facultades versus asociacionismo». Véase 7half.info/nativism. <<

[54] En su obra *El origen de las especies*, Charles Darwin postuló que la variación entre individuos de una misma especie constituye un requisito previo para que actúe la selección natural en el curso de la evolución. Una especie es un grupo diverso de individuos, y aquellos que se adaptan mejor a un determinado entorno tienen más probabilidades de sobrevivir y de transmitir sus genes a su descendencia (que, a su vez, también tendrá más probabilidades de sobrevivir y de reproducirse). Según el biólogo evolutivo Ernst Mayr, este concepto de variación de Darwin —que Mayr denomina *pensamiento poblacional*— constituye una de sus mayores innovaciones científicas. Encontrará una introducción al tema en el libro de Mayr *Por qué es única la biología*, y un estudio más completo en *Toward a New Philosophy of Biology*, también del mismo autor. Véase 7half.info/variation. <<

[55] El MBTI y varios otros test de personalidad no tienen más validez científica que los horóscopos. Años de evidencias demuestran que el MBTI no cumple su pretendida función ni predice de manera coherente el futuro éxito laboral. Pese a ello, este tipo de test de personalidad inducen a directivos por lo demás bien capacitados a tomar decisiones que no benefician ni a sus empleados ni a su empresa. ¿Por qué los resultados de estas pruebas parecen tan acertados cuando uno los recibe? Sencillamente porque lo que en ellas se pregunta es qué *creemos* sobre nosotros mismos; luego los resultados resumen esas creencias y nos las devuelven, y, claro, ¡encajan de maravilla! Este es el quid de la cuestión: no se puede medir el comportamiento de la gente preguntando a la gente qué opina sobre su propio comportamiento. Hay que *observar* dicho comportamiento y hacerlo en múltiples contextos (además, las mismas personas pueden mostrarse honestas en unos contextos y deshonestas en otros, introvertidas en unos y extrovertidas en otros, etcétera). Véase 7half.info/mbti. <<

[56] La afectividad se representa mediante la estructura matemática reproducida en la figura «Las propiedades de la afectividad o estado de ánimo», conocida como *circumplejo*, y utilizada inicialmente por el psicólogo James A. Russell. Un circumplejo representa relaciones utilizando la geometría del círculo; en este caso, las relaciones entre los diferentes afectos. El término *circumplejo* significa «orden de complejidad circular» e indica que los afectos en cuestión se caracterizan simultáneamente por al menos dos rasgos psicológicos básicos. El círculo representa el grado de similitud existente entre los diversos afectos, y sus dos dimensiones describen las propiedades de dicha similitud. Véase 7half.info/circumplex. <<

[57] Esta analogía también aparece en mi charla TEDx de 2018 «Cultivating Wisdom: The Power of Mood» (vídeo original en inglés), que puede verse en 7half.info/tedx. <<

[58] Este difuso límite se revela fácilmente mediante diversos experimentos sobre el sentido del gusto, como los estudios que menciono en esta misma lección sobre el vino y el café. Puede encontrarse un ejemplo de mayor trascendencia en la lección 3, donde trato del círculo vicioso de la pobreza. Las actitudes sociales hacia las personas que están en situación de pobreza — que constituyen una realidad social— afectan a la realidad física del desarrollo cerebral en la infancia, lo que a su vez incrementa la probabilidad de que al crecer esos pequeños cerebros se conviertan en adultos que sigan viviendo en la pobreza. Véase 7half.info/porous. <<

[59] Las «Cinco C» es una expresión de cosecha propia que utilizo para referirme a una serie de características que evolucionan a la vez reforzándose unas a otras y proporcionan a los humanos la capacidad de crear realidad social a gran escala. Cuatro de estas «C» (creatividad, comunicación, copia y cooperación) se inspiran en la investigación del biólogo evolutivo Kevin Laland, y mi descripción se basa en gran medida en su libro *Darwin's Unfinished Symphony: How Culture Made the Human Mind*. Laland no aborda el papel de la realidad social en la evolución humana, pero sí el concepto relacionado de evolución cultural. Véase 7half.info/5C. <<

[60] El ejemplo de los exploradores que cooperaron con las poblaciones indígenas para sobrevivir procede de la obra *The Secret of Our Success: How Culture Is Driving Human Evolution, Domesticating Our Species, and Making Us Smarter*, del antropólogo Joseph Henrich. Véase 7half.info/explore. <<

[61] La condensación tiene lugar en numerosas áreas del cerebro. Aquí abordamos concretamente la que se produce en la corteza cerebral, especialmente en las capas 2 y 3. El cerebro humano ha mejorado su cableado en estas capas clave, lo cual potencia la condensación.

Sin embargo, probablemente un cerebro grande y complejo con capacidad de condensar no baste por sí solo para cohesionar pequeños fragmentos de realidad social en esa unidad que denominamos civilización. También se requieren las condiciones metabólicas adecuadas, incluida la agricultura, a fin de proporcionar suficiente energía para construir y mantener un cerebro humano con su cableado mejorado. Encontrará una provechosa exposición del tema en el libro ya mencionado de Kevin Laland, *Darwin's Unfinished Symphony*. Véase también *En llamas: Cómo la cocina nos hizo humanos*, del biólogo evolutivo Richard Wrangham. Véase 7half.info/metabolic. <<

[62] Los datos sensoriales son recopilados por los diversos órganos sensoriales del cuerpo —los ojos, los oídos, la nariz, etc.— y convertidos en señales neuronales que el cerebro puede utilizar. Generalmente dichos datos pasan por varias etapas antes de llegar al cerebro. Por ejemplo, en el caso de la visión, hay unas células en la retina (la fina membrana que recubre la parte posterior del globo ocular) llamadas fotorreceptores que convierten la energía luminosa en señales nerviosas. Estas señales viajan a través de un haz de fibras nerviosas denominado nervio óptico. La mayoría de las fibras del nervio óptico llegan a un grupo de neuronas conocido como núcleo geniculado lateral, que a su vez forma parte de una estructura cerebral llamada tálamo. La principal función de esta estructura es transmitir los datos sensoriales del mundo circundante y de nuestro propio cuerpo a la corteza cerebral; desde allí, las señales nerviosas se dirigen a las neuronas de la parte posterior de la corteza, en el lóbulo occipital, la denominada corteza visual primaria. Asimismo, una pequeña cantidad de axones se ramifican desde el nervio óptico y se extienden a otras partes de la subcorteza, como el hipotálamo, que es una estructura cerebral subcortical de especial importancia para regular los sistemas internos del cuerpo.

La mayoría de nuestros sistemas sensoriales funcionan de manera similar, salvo en el caso del que nos proporciona el sentido del olfato, conocido como sistema olfativo. Las células que convierten las sustancias químicas del aire en señales nerviosas se hallan en una estructura llamada bulbo olfatorio. Estas células envían información directamente a la corteza cerebral, sin pasar por el tálamo. Las señales nerviosas transmiten los datos sensoriales olfativos a la corteza olfatoria primaria, que forma parte de una región de la corteza cerebral denominada ínsula, situada entre los lóbulos temporal y frontal. Véase 7half.info/sense-data. <<

[63] Los científicos todavía están investigando los detalles de cómo el cerebro condensa la información y cómo dicha condensación posibilita la abstracción. Existe un prolongado y vigoroso debate acerca de cuánta información sensorial y motora se conserva en las abstracciones altamente condensadas. Algunos científicos postulan que las abstracciones son *multimodales*, lo que significa que incluyen información procedente de todos los sentidos; otros postulan que son *amodales*, lo que quiere decir que no incluyen datos sensoriales. Mi opinión es que las evidencias se inclinan en favor de la hipótesis multimodal. Por ejemplo, los resúmenes más condensados se crean en áreas de la corteza cerebral que los neurólogos y neuroanatomistas denominan *heteromodales*, lo que significa que dichas áreas manejan información de múltiples sentidos, además de información motora.

Presumiblemente, un cerebro puede lograr la abstracción por otros medios distintos de la condensación, puesto que hay otros animales que no tienen un cerebro enorme (como los perros) o carecen de corteza cerebral (como las abejas) y, sin embargo, son capaces de tratar dos cosas distintas como similares basándose en su función; es decir, que poseen cierta capacidad de abstracción. Véase 7half.info/abstract. <<

[64] Actualmente esta idea y su relevancia para la evolución humana es objeto de debate científico. Una perspectiva evolucionista conocida como «síntesis evolutiva moderna» combina la ciencia de los genes (iniciada con la genética mendeliana) con la teoría darwiniana de la selección natural, y postula que los genes son la única forma estable de transmitir información de una generación a la siguiente. Un ejemplo sería la hipótesis del gen egoísta del biólogo evolutivo Richard Dawkins. La otra perspectiva, conocida como «síntesis evolutiva ampliada», involucra las «Cinco C» y se basa en hallazgos que identifican otras fuentes igualmente estables de transferencia de información entre generaciones (por ejemplo, los datos sensoriales del entorno visual que forjan el cableado cerebral durante el desarrollo o la transmisión cultural de información). La síntesis evolutiva ampliada, que tiene en cuenta los hallazgos de la neurociencia evolutiva del desarrollo, plantea la existencia de otros medios de transferencia, como la epigenética y la construcción de nichos, además de la evolución cultural y la coevolución genético-cultural. Ejemplos de ello son los postulados de Barbara Finlay y Kevin Laland. La amplitud de este debate científico se halla fuera del alcance de nuestras presentes lecciones, pero encontrará una lista de lecturas recomendadas en 7half.info/synthesis. <<

[65] Los chimpancés y muchos otros animales no humanos tienen jerarquías de dominio, pero esas jerarquías no se establecen ni mantienen en virtud de una realidad social. Si todos los chimpancés de un grupo aceptan que un determinado miembro es el macho alfa, es porque el alfa matará a cualquier animal que lo desafíe. Matar es una realidad física, no social. Actualmente la mayoría de los líderes humanos ostentan el poder sin asesinar a sus oponentes. Véase 7half.info/sticks. <<

[66] Esta cita sobre los mundos de fantasía de la autora e ilustradora Lynda Barry proviene de su libro *What it is*. Véase 7half.info/barry. <<

[67] La pigmentación de la piel ha evolucionado y ha vuelto a evolucionar en relación con la cantidad de luz ultravioleta presente en el entorno. Los tonos de piel más claros se adaptan mejor a entornos con menos luz ultravioleta y producen más vitamina D, que es importante para el crecimiento óseo, la resistencia de los huesos y la buena salud del sistema inmunitario. En cambio, los tonos de piel más oscuros se adaptan mejor a entornos con más luz ultravioleta, dado que la pigmentación oscura evita que la piel absorba demasiada luz. Esto, a su vez, ralentiza la destrucción de la vitamina B9, o ácido fólico, una vitamina que es importante para el crecimiento y el metabolismo celular y que resulta vital al principio del embarazo (dado que la luz del sol descompone el folato). La intensidad de los rayos ultravioleta viene determinada por lo cerca que nos encontremos del ecuador, pero la cantidad de luz ultravioleta que realmente penetra en nuestra piel depende de la pigmentación de esta. Encontrará una exposición más detallada en *Living Color: The Biological and Social Meaning of Skin Color*, de la antropóloga Nina Jablonski. Véase 7half.info/skin.

¡Más detalles en sevenandahalflessons.com! <<