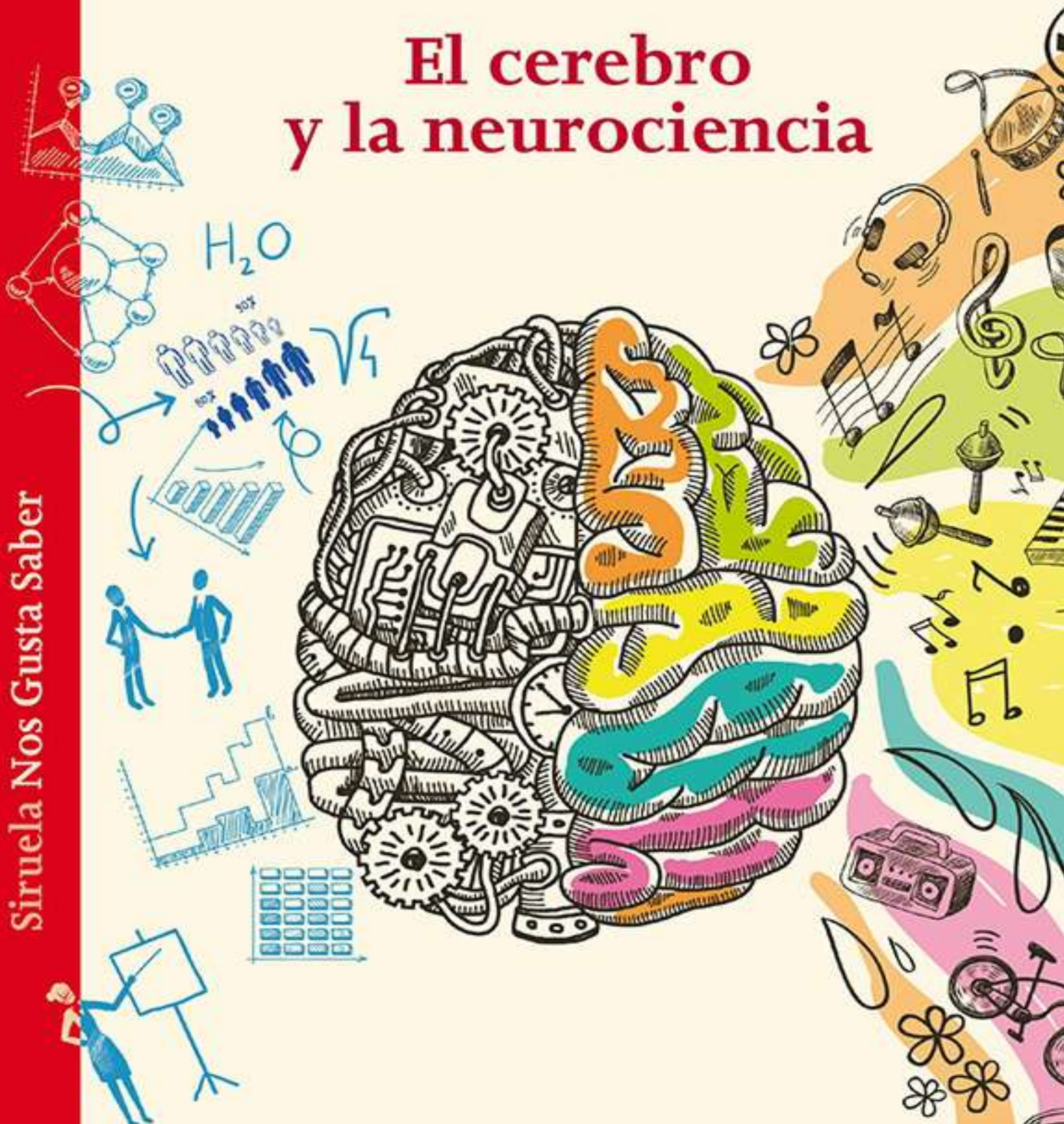
Sara Capogrossi · Simone Macrì

¿Qué pasa en tu cabeza?

El cerebro y la neurociencia



Siruela Nos Gusta Saber

Sara Capogrossi · Simone Macrì

¿Qué pasa en tu cabeza?

El cerebro y la neurociencia

Traducción del italiano de Sara Cano
Ilustraciones de Fabio Magnasciutti



Siruela

Las Tres Edades / Nos Gusta Saber

Índice

Cubierta

Portadilla

Prefacio

Introducción

Capítulo 1 – EN EL MUNDO ANTIGUO

Capítulo 2 – DENTRO DEL CEREBRO

Capítulo 3 – LOS 5 FANTÁSTICOS

Capítulo 4 – ¿CUESTIONES DE CEREBRO O DE CORAZÓN?

Capítulo 5 – PROCESOS COGNITIVOS Y MEMORIA

Capítulo 6 – NEUROCIENCIA DE HOY Y DE MAÑANA

Apéndice

Índice de personajes

Créditos

Prefacio

Este breve libro de neurociencia está dirigido a vosotros, chicos y chicas, con la ambición de introduciros en el descubrimiento de la complejidad y los misterios del cerebro.

A ojos de los adultos, los jóvenes de vuestra edad a menudo parecen aburridos o dispersos, en ocasiones en Babia, a veces enfadados, pequeños alienígenas en plena metamorfosis cuya atención es difícil de captar. Pero si los adultos supieran ponerse en vuestra frecuencia de onda sin cometer el imperdonable error de simplificar demasiado cosas que en realidad son complicadas, descubrirían que frente a ellos tienen un público atento. Porque vosotros también tenéis pensamientos complejos y preguntas de adultos, y, con razón, exigís respuestas adecuadas.

Este libro cumple ese pequeño milagro: contar con simplicidad y ligereza, siempre con intención de arrancar una sonrisa, pero con términos rigurosos y «científicos», de qué se compone, cómo funciona y para qué sirve el cerebro, el órgano del pensamiento. Sara Capogrossi, bióloga y divulgadora científica, y Simone Macrì, psicólogo experimental, son los jóvenes autores de este pequeño manual de neurociencia, magníficamente ilustrado por Fabio Magnasciutti.

Combinando un lenguaje riguroso, metáforas divertidas y entrevistas imaginarias a sabios del pasado, descubriréis de qué se compone una neurona y cómo funciona la transmisión de los impulsos nerviosos, para qué sirven las circunvoluciones cerebrales, y comprenderéis cómo una corriente eléctrica que viaja a través de una célula nerviosa puede corresponder al recuerdo de un acontecimiento o a una emoción.

En el texto se describen extensamente los cinco sentidos (vista, oído, olfato, tacto y gusto) y los extraordinarios mecanismos neuronales que permiten que el cerebro integre informaciones múltiples procedentes del mundo externo: hasta los conceptos más complicados se vuelven fácilmente comprensibles gracias a un flujo de ejemplos concretos que pretenden despertar la curiosidad del lector y hacerlo reflexionar sobre sus experiencias diarias. Se pasa a niveles de mayor complejidad de manera gradual cuando se explica cómo el cerebro controla o se somete a las emociones, la contigüidad entre enamoramiento y locura, las drogas y la dependencia y los mecanismos biológicos relacionados con estos procesos. En los últimos capítulos, los autores se aventuran a explicar las nuevas fronteras de la neurociencia: las técnicas de *neuroimaging* para observar en directo el cerebro en acción, la biorobótica aplicada a la comprensión de los comportamientos animales, las inteligencias múltiples de Gardner y las bases neurales de la memoria.

Cuestiones complejas, sin duda, pero este libro pretende ser un instrumento dinámico para haceros conocer mejor el pensamiento científico, promover vuestra curiosidad y vuestras preguntas, entusiasmaros por el estudio del cerebro y, esperamos, animaros –por qué no– a convertiros en los neurocientíficos del mañana.

GEMMA CALAMANDREI

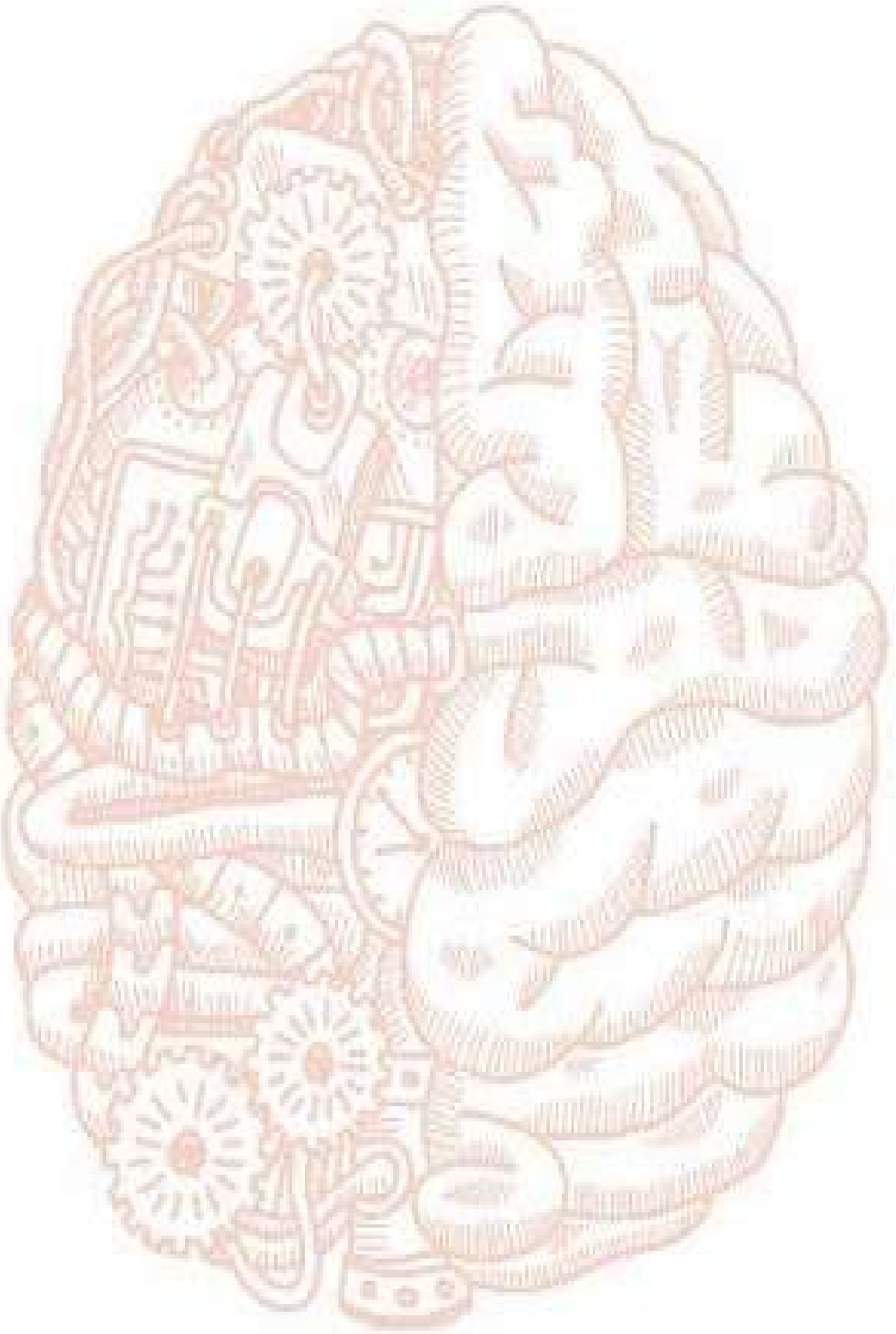
Miembro del Consejo Directivo de la Sociedad Italiana de Neurociencia

Introducción

No sabemos si a vosotros os pasa lo mismo, pero a nosotros el cerebro siempre nos ha suscitado una fascinación increíble. Al fin y al cabo, ahí dentro se oculta el secreto más profundo de cada animal humano y no humano. Nuestros pensamientos, nuestros recuerdos, nuestros sentimientos, todo está allí, en ese denso retículo de células que forma el sistema nervioso.

Las neurociencias, las disciplinas que se ocupan del estudio del cerebro, nos permiten penetrar en esta maquinaria misteriosa hecha de neuronas, sinapsis y neurotransmisores. Gracias a las nuevas tecnologías a nuestra disposición, se abren nuevos y cada vez más inesperados horizontes para el estudio del cerebro. Por eso hemos decidido escribir este libro en esa línea: para que tengáis la sensación de estar viviendo una aventura increíble, pero que apenas está en sus comienzos.

En el transcurso de nuestras carreras hemos conocido a muchos investigadores apasionados y apasionantes, y hemos querido volver a encontrarnos con ellos en las páginas de este libro. La mayoría de las veces se trata de personajes del pasado que no hemos tenido la suerte de conocer. Hay otros, sin embargo, con los que hemos podido hablar y trabajar, que nos han inspirado a nivel profesional, pero también vital. Particularmente, Rita Levi Montalcini, una gran mujer italiana que consagró su vida a la investigación. Esperamos que estos encuentros, reales o imaginarios, puedan serviros de inspiración y despertar esa curiosidad que es la mayor cualidad de cualquier gran científico.



Capítulo 1

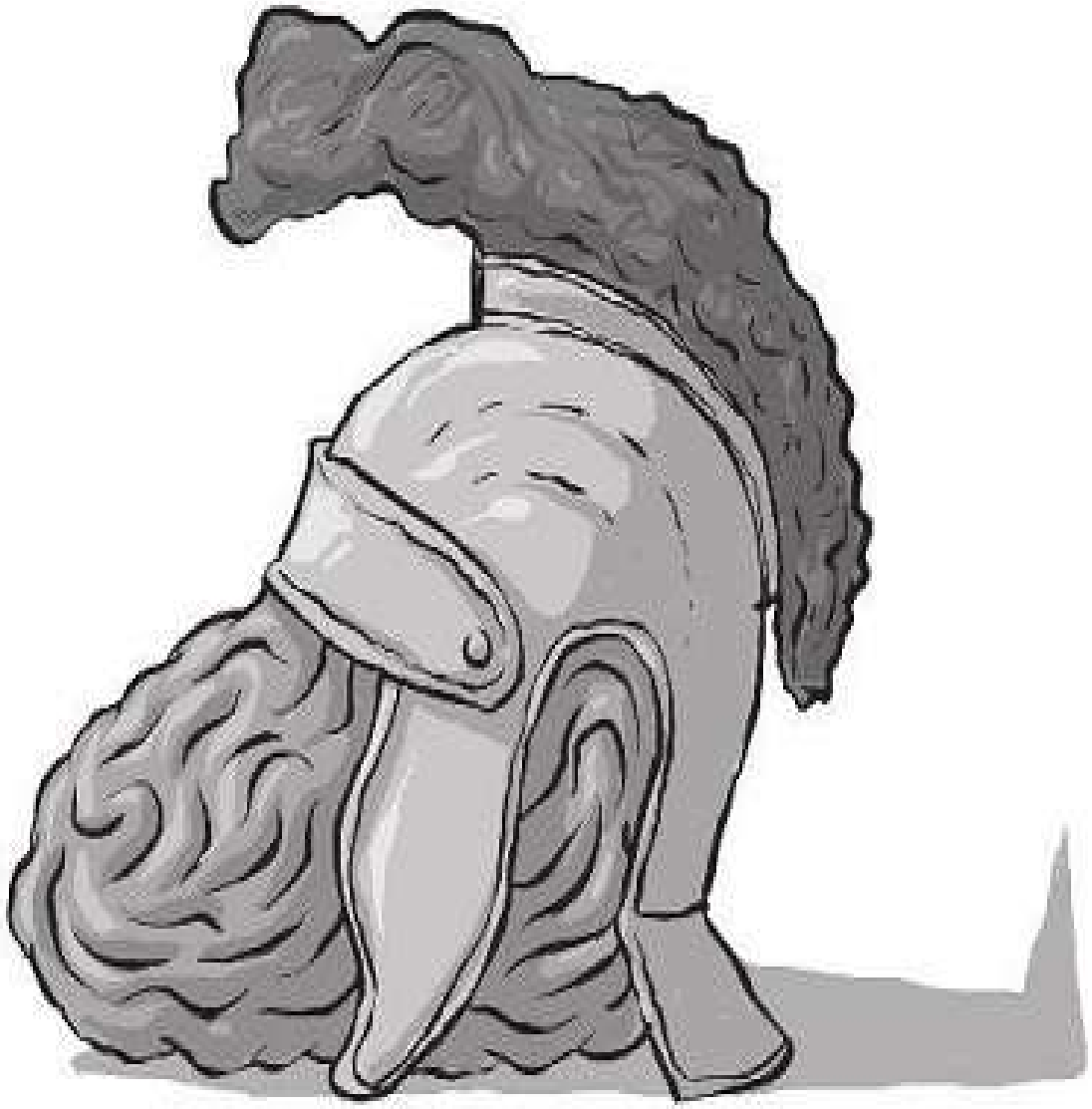
EN EL MUNDO ANTIGUO

Hoy sabemos muchas cosas sobre el cerebro, pero el camino para conocer a fondo esta parte tan valiosa de nuestro organismo ha sido largo y arduo, y recorre desde los más rudimentarios sistemas de los antiguos hasta las modernas tecnologías que nos permiten observarlo en acción.

EN ESTE CAPÍTULO SE HABLA DE…

…, pero también de

¡CEMENTERIOS Y CADÁVERES!



Donde nacen las ideas y los deseos



Escuchar y reconocer una buena canción, aprender un nuevo paso de baile, escribir una poesía. ¿Cuántas cosas podemos hacer, imaginar, sentir, comunicar? ¿Cuántas experiencias distintas hemos vivido hasta el día de hoy, y cuántas habilidades increíbles hemos adquirido? Cuesta creer que todo eso dependa de poco más de un kilo de tejido nervioso encerrado en nuestra cabeza: ¡el cerebro!

¿Qué es exactamente **el cerebro**?, ¿qué hace?, y, sobre todo, ¿cómo lo hace? No es fácil comprender el funcionamiento de este órgano tan especial, porque, al intentarlo, se entra en un campo de investigación un tanto particular.

Pensémoslo bien: **el cerebro nos permite pensar, memorizar, recordar,** y,

por tanto, debemos utilizarlo para adentrarnos en el conocimiento del… ¡propio cerebro!

El hecho mismo de concebir el cerebro como sede del pensamiento y centro de control de otras muchas funciones fundamentales para nuestra existencia no es una información que el ser humano posea desde los albores de su historia. Ahora damos por sentado que es él quien alberga las ideas y los deseos, pero no siempre ha sido así. Nuestros antepasados invirtieron mucho tiempo y usaron técnicas de lo más extravagantes para llegar a esta conclusión.

Cuando la cabeza se abría con el escalpelo

En diversos yacimientos neolíticos (que se remontan, por tanto, a hace menos de 10.000 años), se han hallado cráneos con signos de trepanación. ¿Tú qué crees que significan estas perforaciones? En muchos casos se trata de la prueba de que, desde su pasado más remoto, el ser humano ha intentado operar el cráneo y su valioso contenido.

Nada de bisturíes, láseres ni quirófanos. Nuestros antepasados abrían el cráneo de las personas que sufrían de la cabeza usando piedras afiladas, conchas o berbiquíes manuales de piedra y de madera. Es una imagen impactante, pero tratemos de no desmayarnos, porque apenas estamos en el primer epígrafe del libro. Hagamos como si estuviéramos en una película animada de los Picapiedra y, quizá, con un poco de suerte, la situación nos parecerá más tolerable…

Quizá los pacientes no vieran curados sus males, pero, increíblemente, ¡conseguían sobrevivir (aunque no siempre) a estas rudimentarias intervenciones!

¿Cómo lo sabemos? Nos lo dicen los restos arqueológicos: los huesos del cráneo de las personas operadas (¡y que sobrevivían a dichas operaciones!) volvían a crecer. Efectivamente, se han encontrado restos que muestran signos de esta regeneración y, en algunos casos, se pueden incluso observar orificios secundarios resultantes de operaciones posteriores a la primera.



En Perú, por ejemplo, se han encontrado restos arqueológicos de civilizaciones precolombinas que muestran que aproximadamente el 84% de los pacientes a los que se trepanaba el cráneo conseguían sobrevivir, y esto, sin duda, ¡ya es en sí un gran logro!

Demonios en el cerebro

¿Por qué se arriesgaban nuestros antepasados a practicar procedimientos

tan complicados y dolorosos a sus pacientes?

Probablemente, las **craneotomías** (como se denominan las trepanaciones de los huesos del cráneo) se realizaran para curar trastornos mentales, convulsiones y fuertes dolores de cabeza. En el pasado, los conocimientos médicos aún eran escasos y confusos, y la creencia de que dichos estados de alteración dependían del influjo de demonios que habitaban en el cerebro estaba muy extendida.

Sí, has leído bien: ¡demonios!, ¡espíritus malvados! De ahí el porqué de las perforaciones: ¡quizá un diablillo se había quedado atrapado dentro de la cabeza del paciente y se la martilleaba! Por tanto, la mejor solución era abrir un orificio para hacerlo salir y, si te he visto, no me acuerdo. Como ves, los diagnósticos aún no eran demasiado avanzados, pero, al fin y al cabo, ¡la ciencia avanza gracias a los errores!



¿Qué pasa en tu cabeza?

–¿Sabías que tú, que eres joven, habrías sido el paciente ideal para una

craneotomía?

–¡Mi cabeza no se toca, mucho menos para hacerme una craneotomía! Pero ¿quién habla? –Perdona, qué maleducado, ni siquiera me he presentado: me llamo Paul Broca (1824-1880) y soy antropólogo. ¿Sabes?, en el Neolítico abrían sobre todo las cabezas de los jóvenes…

–¿Por qué precisamente las de los jóvenes? ¿A qué se debe esa injusticia?

–Parece que, en aquella época, cuando decían: «Me gustaría meterme en tu cabeza para ver qué te pasa por el cerebro», ¡los adultos no se quedaban en las palabras!

–¡Ja, ja! Qué gracioso…

–Bromas aparte, la verdad es que es más fácil perforar el cráneo de una persona joven que el de un anciano.

–Y eso ¿cómo lo sabe?

–Porque lo comprobé en persona, ¡con un instrumento primitivo hecho de cristal!

–Por cómo lo dice, parece que le cogió el gustillo a la cosa. Apuesto a que abrió muchísimos cráneos.

–No, no tantos. Pero aquellos experimentos bastaron para llegar a la conclusión de que las operaciones se realizaban en jóvenes porque la intervención era más sencilla.

–¿Y tenía razón?

–Parece que sí. Es más, te diré algo: casi, casi me entran ganas de ver qué te está pasando por la cabeza ahora mismo…

–¡Eh! ¡Ni se le ocurra abrírmela!

–¡Estaba bromeando!



Corazón contra cerebro: primer asalto

Salvo por algunas pinturas prehistóricas, los primeros que pusieron por escrito sus conocimientos médicos fueron los egipcios, para variar… Al

descifrar sus jeroglíficos, podemos leer cómo curaban diferentes enfermedades y descubrimos que existían médicos especializados en el tratamiento de determinadas partes del cuerpo.

No obstante, a pesar de sus estudios y sus conocimientos, aquel pueblo antiguo pasó por alto la importancia del cerebro.

Sí, los egipcios observaron algunos casos en los que una herida en la cabeza podía derivar en problemas en la coordinación de los ojos y de las manos: ¡era la demostración evidente de que un daño en el sistema nervioso podía tener consecuencias en otras partes del cuerpo! Pero aquella prueba no fue suficiente, para ellos el órgano más importante era el corazón, aquel que gobernaba todos los demás… ¡Qué sentimentales!

Los egipcios pensaban incluso que el corazón registraba todas las acciones, tanto buenas como malas, realizadas durante la vida. Cuando alguien moría, se colocaba su corazón sobre una balanza y se lo equiparaba con una pluma, precisamente para comprobar si estaba cargado con el peso de los pecados o si era ligero como esta última. El cerebro, en lugar de ser conservado junto con el resto de órganos que se consideraban importantes, simplemente, se desechaba.





En el resto del mundo antiguo, en Mesopotamia, India, China, los médicos también trataban de curar a sus pacientes como mejor creían. A medida que iban ejerciendo su profesión, identificaban remedios más o menos eficaces.Y, así, poco a poco, enfermo a enfermo, fueron acumulando conocimiento sobre cómo enfrentarse a diferentes tipos de molestias: desde un dolor de estómago a una herida sangrante. Los fármacos utilizados no siempre eran los más eficaces, y, a menudo, los ritos religiosos formaban parte del método de curación. En Mesopotamia, por ejemplo, las oraciones y las ofrendas se consideraban indispensables para la curación de los enfermos.

En cualquier caso, afortunadamente para los pacientes, también se identificaron sustancias naturales capaces de reducir la presión sanguínea, atenuar el dolor de cabeza, la ansiedad y otro tipo de molestias. Pensemos por

ejemplo en el ginseng, que en China se usa desde la Antigüedad y en la actualidad se sigue utilizando por su capacidad para mejorar la circulación de la sangre y el metabolismo. Además, esta raíz parece tener incidencia sobre el sistema nervioso central, y consigue, por ejemplo, reducir el estrés.

En general, sin embargo, **el corazón seguía siendo considerado el órgano más importante, quizá por su posición central dentro del cuerpo,** o por la red de «canales» que lo rodea. La idea de que el corazón era donde habitaba el alma parecía extenderse desde el Antiguo Egipto hasta China, así como la idea de que, de algún modo, era un órgano ligado a la actividad mental.

Corazón contra cerebro: segundo asalto

Para poner en duda esta convicción tan arraigada hay que retroceder al siglo V a. C., a la Grecia de Alcmeón, un estudioso de la naturaleza y de los organismos vivos.

–¿Cómo descubrió que el cerebro era más importante de lo que se pensaba?

–Se me ocurrió que la mejor manera de comprender qué era el cerebro consistía en… ¡abrirlo! Creo que fui uno de los primeros que diseccionó el cerebro de algunos animales.

–¿A qué se refiere con «diseccionar»?

–A reducirlo a secciones, es decir, cortarlo en lonchas muy finas, como se cortaría por ejemplo un calabacín o una berenjena.

–Pero no estamos hablando de verduras, ¡sino de un cerebro! ¿No le parece un poco macabro?

–Quizá un poco, sí. Pero así pude comprobar con exactitud los distintos vínculos que existen entre sus diferentes partes.

–¿Y fue útil?

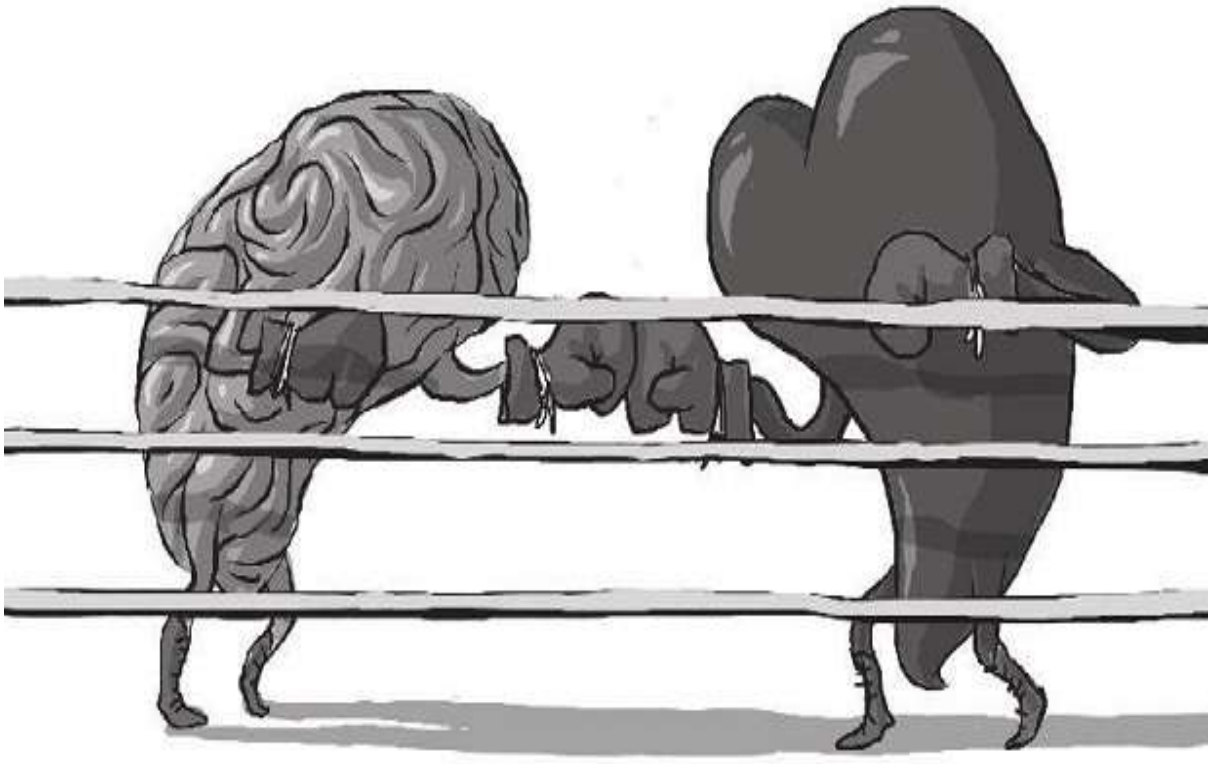
–¡Sin duda! Por ejemplo, identifiqué los nervios ópticos: fui yo el primero que los describió. También fui yo quien descubrió los filamentos que comunican los ojos con el cerebro.

–Y, así, su descubrimiento lo llevó a afirmar que el principal órgano de las sensaciones no era el corazón, como pensaban sus contemporáneos.

–¡El corazón aquí no pinta nada! Si los ojos están ligados al cerebro por filamentos, eso significa que el cerebro es el que rige la vista… ¡Pero no es lo único que rige!

–Sí, por supuesto. Un descubrimiento revolucionario para su época.

–Mi colega Anaxágoras era de la misma opinión que yo, ¿sabes? De hecho, ¡él era bastante más extremista que yo, porque afirmaba que el cerebro era el órgano de la mente!



Hoy sabemos que **Anaxágoras** (500 a. C.-428 a. C.) era todo un visionario, pero, en la Antigua Grecia, las viejas creencias eran duras de superar: con frecuencia seguía atribuyéndose al corazón la función principal en las actividades de la mente; además, los demonios seguían poblando el ámbito de la medicina…, ¡al igual que tantos otros!

And the winner is…

–Yo, en cambio, de demonios y esas cosas no quiero ni oír hablar. Soy el padre de la medicina, querido aspirante a neurocientífico, y te digo que el cerebro fue uno de mis objetos de estudio.

Pero ¿quién habla con tanta autoridad? Quizá ya hayas escuchado su nombre en algún momento, porque hoy en día, los médicos, cuando empiezan a ejercer su profesión, realizan un juramento que toma su nombre de este personaje.



Se trata, efectivamente, de Hipócrates (460 a. C.-377 a. C.), que nació en la isla de Cos, situada frente a la costa de la actual Turquía. Estudió durante muchos años en Atenas, y hoy se le considera el padre de la medicina: gracias a él, esta área de saber se convirtió en una disciplina científica en sí misma, bien diferenciada de la filosofía y de las prácticas religiosas de la época.

–Te explicaré rápidamente cuál era mi idea y la de los estudiosos que me ayudaron a elaborar el *Corpus Hippocraticum*.

–¿*Corpus Hippocraticum?* Pero ¿en qué idioma está hablando?

–Es latín, cenutrio. Quiere decir, en lenguaje llano, *El cuerpo según Hipócrates*. Se trata de una colección de más de setenta obras en las que se recogen todas las prácticas médicas conocidas hasta mi época.

–Entonces, ¡usted recopiló todo lo que otros habían descubierto!

–Pues claro que no, insolente. Obviamente, la obra también recopila los resultados de mis propios estudios, que me atrevería a calificar de fundamentales. De hecho, yo llegué a la conclusión de que el cerebro era el centro de control del cuerpo.

–¿En qué sentido?

–En el sentido que en él se originan la alegría, el placer, la felicidad y la vivacidad, el dolor y los disgustos, la tristeza y las quejas.Y, concretamente, a través de él adquirimos el deseo y el conocimiento, y vemos y sentimos y diferenciamos lo que está equivocado de lo que es correcto, el bien del mal, las alegrías de las tristezas…

¿Un radiador para el corazón?

Pero, en la Antigua Grecia, no todos compartían el mismo parecer. Importantes filósofos como Demócrito (460 a. C.-360 a. C.) y Platón (428 a. C.-348 a. C.) creían en la existencia de una triple alma; una parte residiría en la cabeza y se asociaría al intelecto; una segunda se encontraría en el corazón y se asociaría a la rabia, al miedo, al orgullo y al coraje; la tercera parte se encontraría en el hígado y los intestinos y regiría las pasiones más bajas, como la libido, la codicia y el deseo.

Quizá sea hora de detenernos un momento en el término «alma», que es un concepto amplio, aunque bastante vago. Encierra ideas relacionadas con la religión, la filosofía y la mitología más que con la ciencia propiamente dicha. Sería, en cierto modo, la esencia de cualquier ser animado (algunos incluyen también en ese concepto a los inanimados), y, como en este caso, los filósofos del pasado se referían a ella para indicar algunas funciones biológicas o cognitivas de nuestro organismo.

–Dejando aparte el tema del alma, yo tampoco estoy muy convencido de que se deba dar tanta importancia al cerebro.

–¿Y esta vez con quién tenemos el placer de hablar?

–Pero cómo que con quién, ¡con Aristóteles (384 a. C. o 383 a. C.322 a. C.) en persona! ¡El mayor filósofo de la Antigua Grecia, me atrevería añadir, sin falsa modestia!

–Sí, la verdad es que no parece usted muy modesto.

–Al fin y al cabo, hoy en día se sigue hablando de mis estudios y de mí. Pues bien, yo sigo pensando que el corazón es donde residen el intelecto y la percepción.



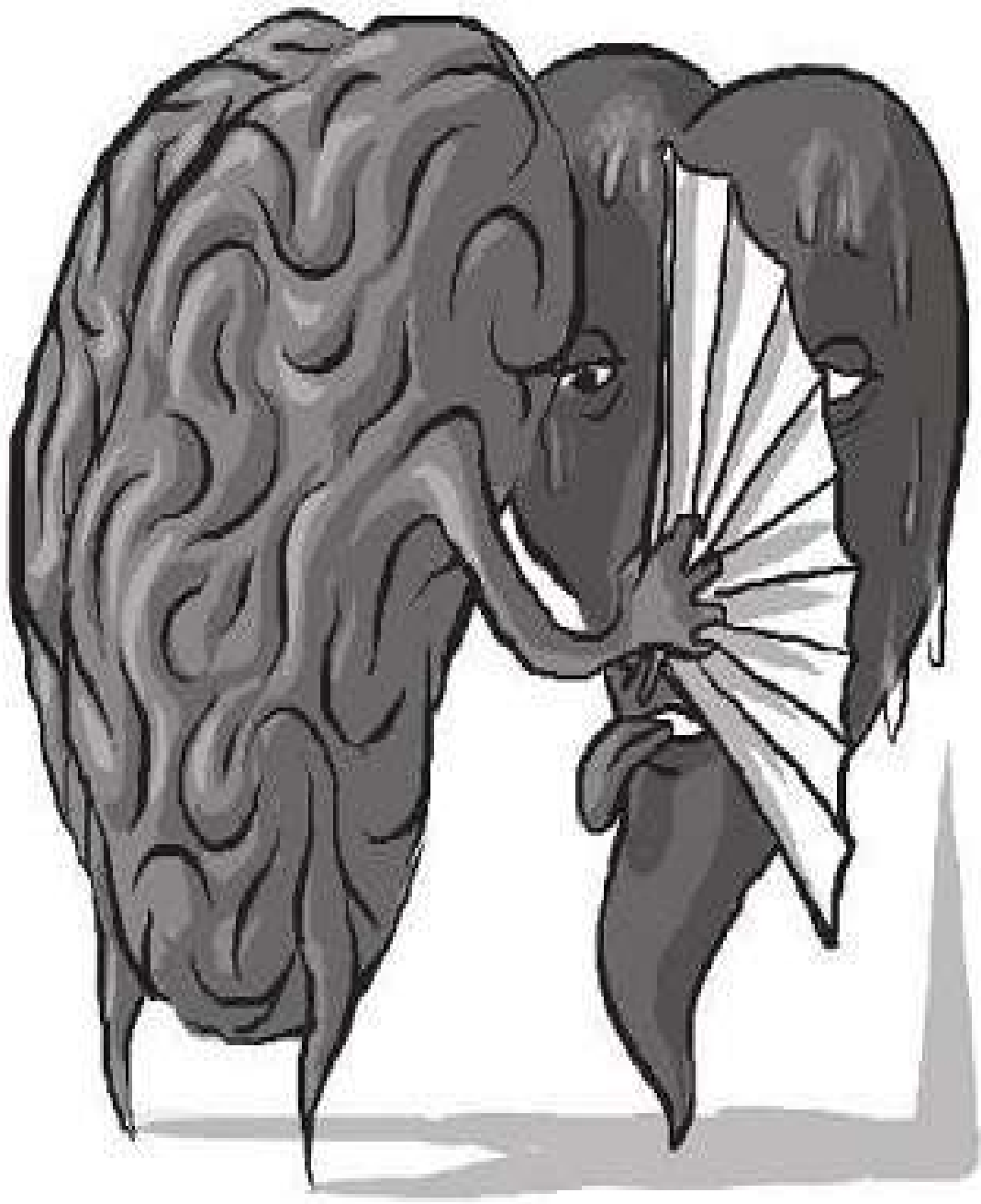
–Y el cerebro, entonces, ¿para qué serviría?

–Bueno, te diré una cosa: yo lo veo simplemente como algo que actúa

cuando el corazón se sobrecalienta demasiado; en esas ocasiones, el cerebro lo enfría un poco.

–Pero ¡no estamos hablando del radiador de un coche!

–¿Coche? Ten en cuenta que en mis tiempos se iba a caballo, ¡pero el caballo también tenía que refrescarse cuando estaba demasiado sudado y acalorado!



Un cerebro que siente y razona

Ha llegado el momento de dejar Grecia y a sus filósofos y desplazarnos a la

Antigua Roma (ya estamos entre el 130 d. C. y el 200 d. C.). En este traslado, ¿quién mejor para ayudarnos que Galeno (129 d. C.-216 d. C.)? Un gran médico nacido en Grecia que, después de viajar mucho, trabajó para los emperadores romanos durante gran parte de su vida.

–Es verdad, me llamo Galeno, ¡y puedo decir que soy una verdadera superestrella! El médico más importante del Imperio romano.

–¿Y por qué fue usted tan importante?

–Porque llevé a cabo estudios fundamentales. Y, además, porque, gracias a que trabajé durante largo tiempo en la escuela de gladiadores, llegué a ser un gran experto en traumatismos y heridas. Escribí cientos y cientos de tratados; desgraciadamente, hoy no pueden leerse porque mi biblioteca se quemó en el gran incendio de Roma del año 191 d. C.

–¡Una verdadera lástima! Pero quizá pueda contarnos algunas de sus ideas.

–Por supuesto. Ante todo, me gustaría aclarar que no estoy en absoluto de acuerdo con Aristóteles.

–¿Usted no piensa que el cerebro solo sirve para enfriar las pasiones del corazón?

–En absoluto; ¿cómo podría creer esa tontería? Piénsalo bien: por qué entonces los dos órganos, es decir, el corazón y el cerebro, iban a encontrarse tan lejos el uno del otro.

–Bueno, mmm, efectivamente…

–Yo estudié a fondo el sistema nervioso, aunque en mi época, en Roma estaba prohibido realizar autopsias y no me resultaba fácil saber cómo somos los seres humanos por dentro.

–¿Y qué hizo, entonces? ¿Se colaba de noche en los cementerios para robar cadáveres y poder abrirlos?

–¡Por supuesto que no! ¿Por quién me tomas? Lo máximo que hice fue centrarme en otros sujetos para llevar a cabo mis investigaciones; por ejemplo, los monos, que son quizá los animales que más se nos parecen.



–¡Pobres monos! Pero ¿al menos sirvió de algo? ¿Hizo descubrimientos interesantes?

–Yo diría que sí. Llegué a la conclusión de que el alma racional se ubicaba en el cerebro y que esta es la parte con la que razonamos.

–¿Y profundizó más?

–Sí, opino que existe una parte del cerebro que está destinada a las funciones sensoriales; esto es, que nos permite ver, oler, sentir, etcétera.

–¡Interesante! ¿Y qué más?

–Además describí parcialmente el sistema nervioso autónomo y destaqué la importancia de algunas facultades humanas, como la imaginación, la cognición y la memoria, que son la base de la inteligencia misma.

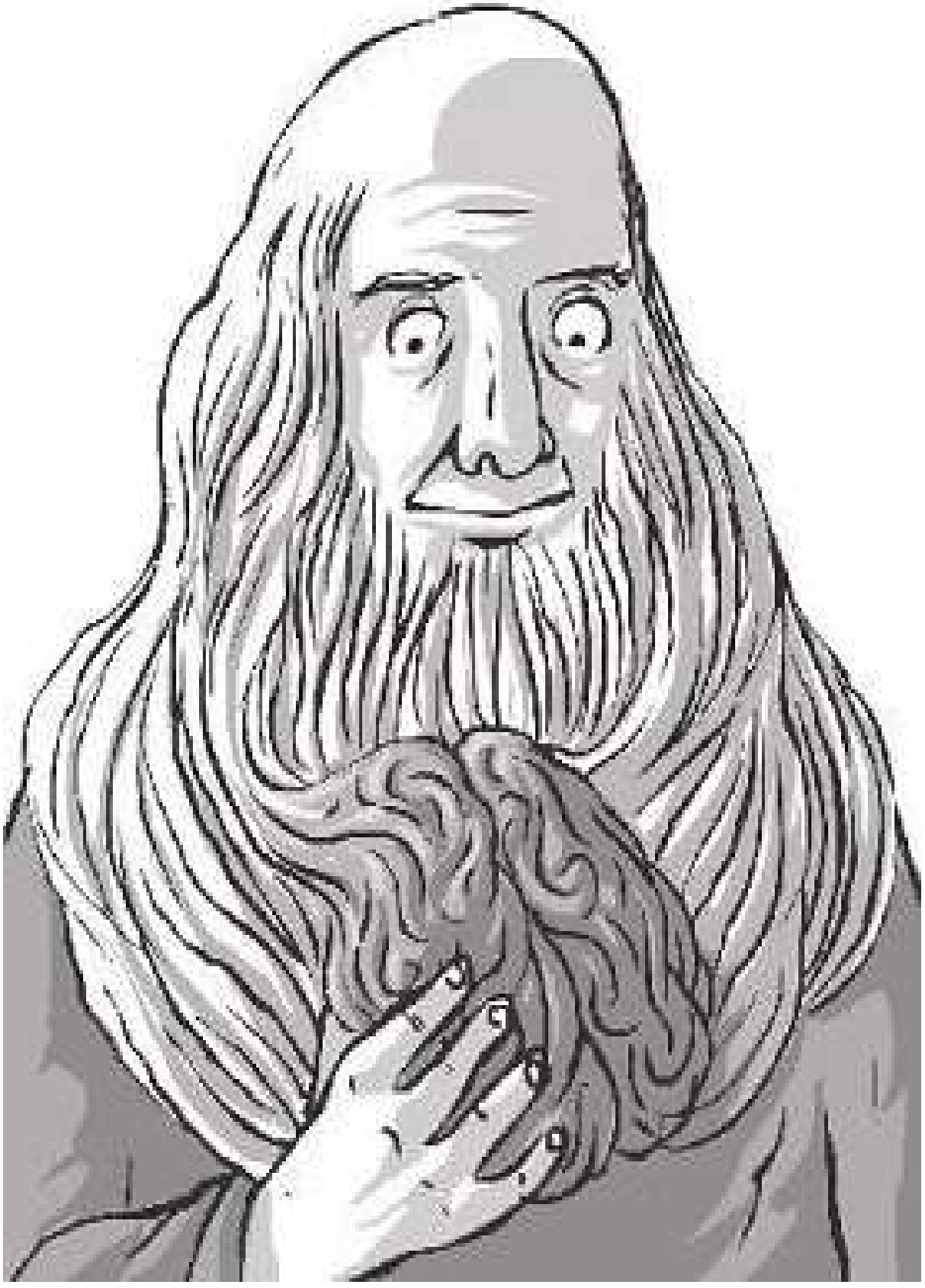
–¡Entonces descubrió varias cosas sobre el cerebro!

–Sí, pero no conseguí descubrir si las diferentes funciones estaban ligadas a áreas específicas del cerebro, aunque quizá algún científico posterior a mí consiguiera ahondar en estos conocimientos.



A la caza de cadáveres

Efectivamente, muchos otros investigadores sintieron curiosidad por los misterios del intelecto: dónde se forma nuestra inteligencia y cómo nacen y se desarrollan las ideas. Leonardo da Vinci (14521519) tiene algo que decir al respecto.



–Yo, por ejemplo, me apasioné por el ser humano, en todas sus partes.

–¡Señor Leonardo! ¿También usted por aquí? ¡La verdad es que lo conocía por sus cuadros y sus inventos!

–Sí, es cierto, a lo largo de mi vida tuve intereses muy variados, qué le voy a hacer, por algo me llaman genio.

–Y entre sus intereses estaba también el ser humano…

–Sí, por supuesto. No podía pasar por alto al ser humano. Aunque, como podrás imaginar, no fue fácil estudiar todos los detalles.

–¿Por qué no?

–Porque en mi época estaba prohibido realizar autopsias. Las vetó el papa Bonifacio VIII con la bula *De sepulturis*.

–Ya estamos otra vez con las prohibiciones. ¿Y usted también tuvo que conformarse con los pobres monos?

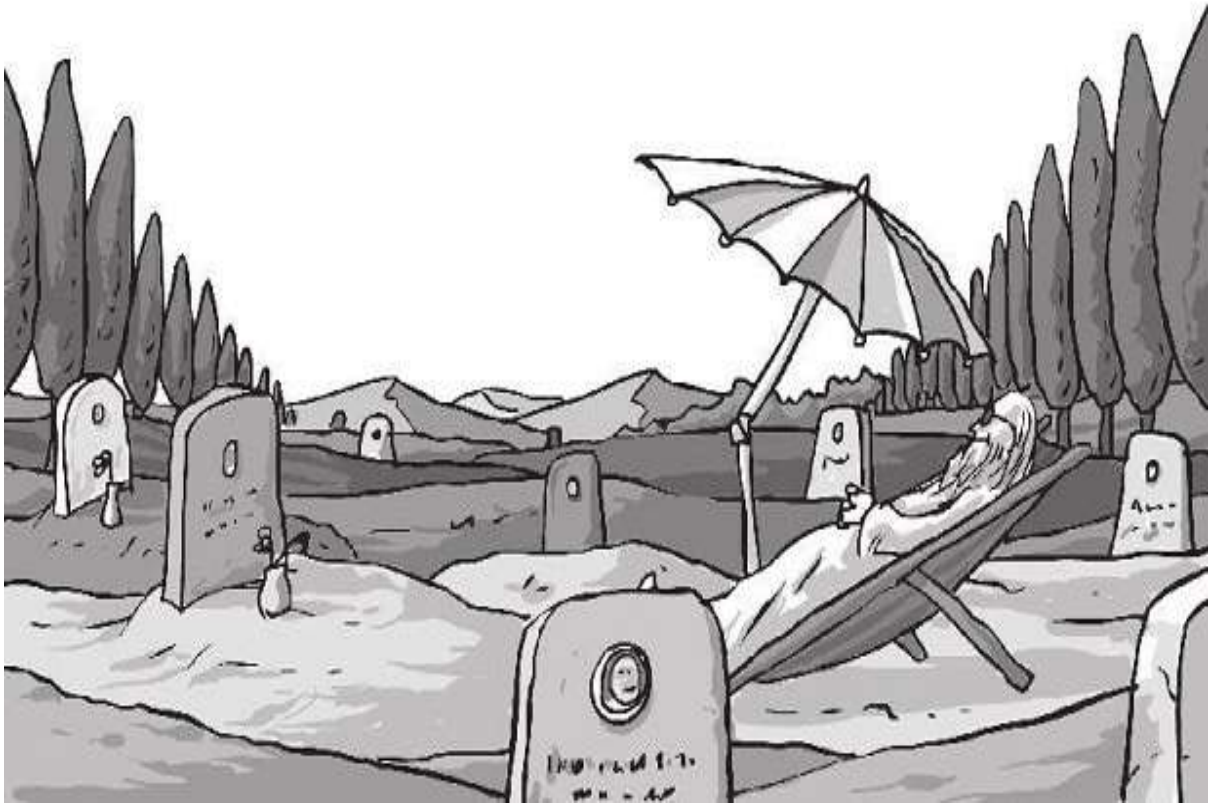
–La verdad es que yo me empeciné en el ser humano y, a escondidas, diseccioné cientos de cadáveres.

–Un gran amante de los cementerios, ¿eh?

–Puede parecer horrible, pero, sin observar directamente el cuerpo, no es posible inventar de la nada la forma y la posición de los músculos, de los órganos y de las estructuras internas.

–Y, así, usted las observó en detalle.

–¡Claro! Y de dichas observaciones obtuve unos 1.500 dibujos en los que reflejé lo que, poco a poco, iba observando.



–¡Impresionante!

–Sí, pero era necesario. Imagínate mi sorpresa cuando descubrí que lo que veía no se correspondía con los dibujos en los que nos basábamos los investigadores. Entonces, traté de encontrar un equilibrio entre lo que observaba con mis propios ojos y la doctrina tradicional.

–¿A qué doctrina se refiere?

–Me refiero a la doctrina relacionada con los ventrículos del cerebro; es decir, las cavidades que se observan al analizar el cerebro del ser humano y de otros animales.

–¿Y qué decía esa doctrina ventricular?

–Por ejemplo, asignaba a las distintas cavidades las facultades más diversas, como la capacidad de imaginar, la capacidad cognitiva y la memoria.

–Y, así, usted no rompió completamente con la tradición… Una postura equilibrada, nada que objetar.

–Sí, al menos en comparación con otros investigadores. Paracelso (1493-1541), por ejemplo, quemó frente a sus estudiantes los trabajos de Avicena (980-1037), el médico más famoso de la Antigua Persia, que precisamente defendía la localización ventricular.

–Quizá un gesto un poco extremo para declarar su disconformidad.

–Sí, definitivamente; otros obtuvieron resultados revolucionarios sin necesidad de acciones tan radicales.

–¿Qué otros?

–Otros como Andrés Vesalio (1514-1564), un médico flamenco (nació en Bruselas) al que se considera el padre de la anatomía.

–¿Qué hace un anatomista?

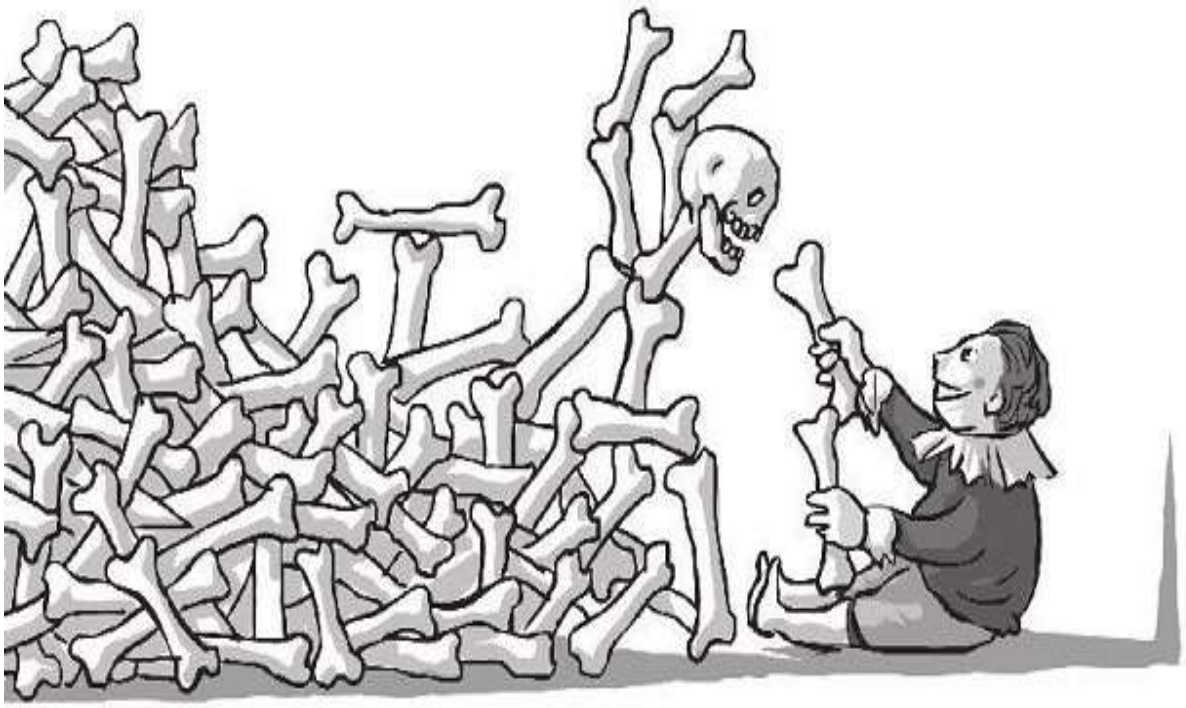
–Un anatomista observa cómo se configuran las estructuras internas de un ser vivo.

–Pero ¿aquí son todos aficionados a los cadáveres?

–Es la única manera de poder estudiar nuestro cuerpo, ¿o preferirías que utilizaran a alguien que aún estuviera vivo?

–¡No, no, por favor! ¡Mejor limitarse a estudiar a los que ya están muertos!

–En su texto más importante, *De Humani Corporis Fabrica*, Vesalio habla del Cementerio de los Inocentes, de donde podía recabar muchísimos huesos y reconstruir esqueletos enteros.



–Así que se le daba bien reconocer los distintos huesos…

–Y no solo huesos. Con la disección y la observación de los cadáveres,

descubrió algunas incoherencias en las descripciones de los órganos y de los nervios heredadas del pasado. Gracias a él se arrojó luz sobre lo que se podía concluir de la observación directa y lo que era fruto de ideas lanzadas al aire.

Un puzle de un millón de piezas

Demos un salto de casi un siglo. Fue en 1664 cuando **Thomas Willis** (1621-1675) publicó uno de los libros más importantes de la historia de la investigación sobre el cerebro: *Cerebri anatome*.

No todas sus intuiciones sobrevivieron a la prueba del paso del tiempo, pero algunos descubrimientos fueron fundamentales para investigaciones posteriores. Gracias a estudios clínicos y de anatomía comparada (es decir, la comparación entre organismos de diferentes especies), sostuvo con pruebas concretas la teoría según la cual **las diversas áreas del cerebro cumplen diferentes funciones.**

La primera área reconocida por toda la comunidad científica fue el centro de respiración. El descubrimiento, realizado en 1700, fue obra del fisiólogo francés **Julien Jean César Legallois** (1770-1814). ¿Cómo lo hizo? Bueno, el experimento del estudioso, en realidad, no dejaba lugar a demasiadas dudas. Legallois observó que, si se cortaban los **nervios** en un punto concreto del cerebro, ¡la actividad respiratoria cesaba por completo!



En el mismo periodo en que Legallois realizó sus investigaciones, se conocieron la estructura y las funciones de la médula espinal. De momento podemos aludir al hecho de que la médula espinal representa la parte del sistema nervioso central que discurre más allá del cráneo, a lo largo de la columna vertebral. Está formada por un denso haz de nervios: por un lado, dichos nervios transmiten mensajes procedentes de los órganos de los sentidos al cerebro, y, por otro, permiten al cerebro ordenar a los músculos lo que tienen que hacer. Pero sobre esta cuestión profundizaremos más en el próximo capítulo.

En el siglo XIX, la idea de la **localización de las funciones corticales,** es decir, que **diferentes partes del cerebro controlaban sobre todo algunas funciones** (movimiento, memoria, emociones…), fue tomando fuerza. Se intentó comprender quién hacía qué, ofreciendo, no obstante, algunas soluciones no demasiado precisas y errores graves.

–Yo me autoinculpo el primero, ¡cometí un error garrafal! **–¿Y usted quién es?**

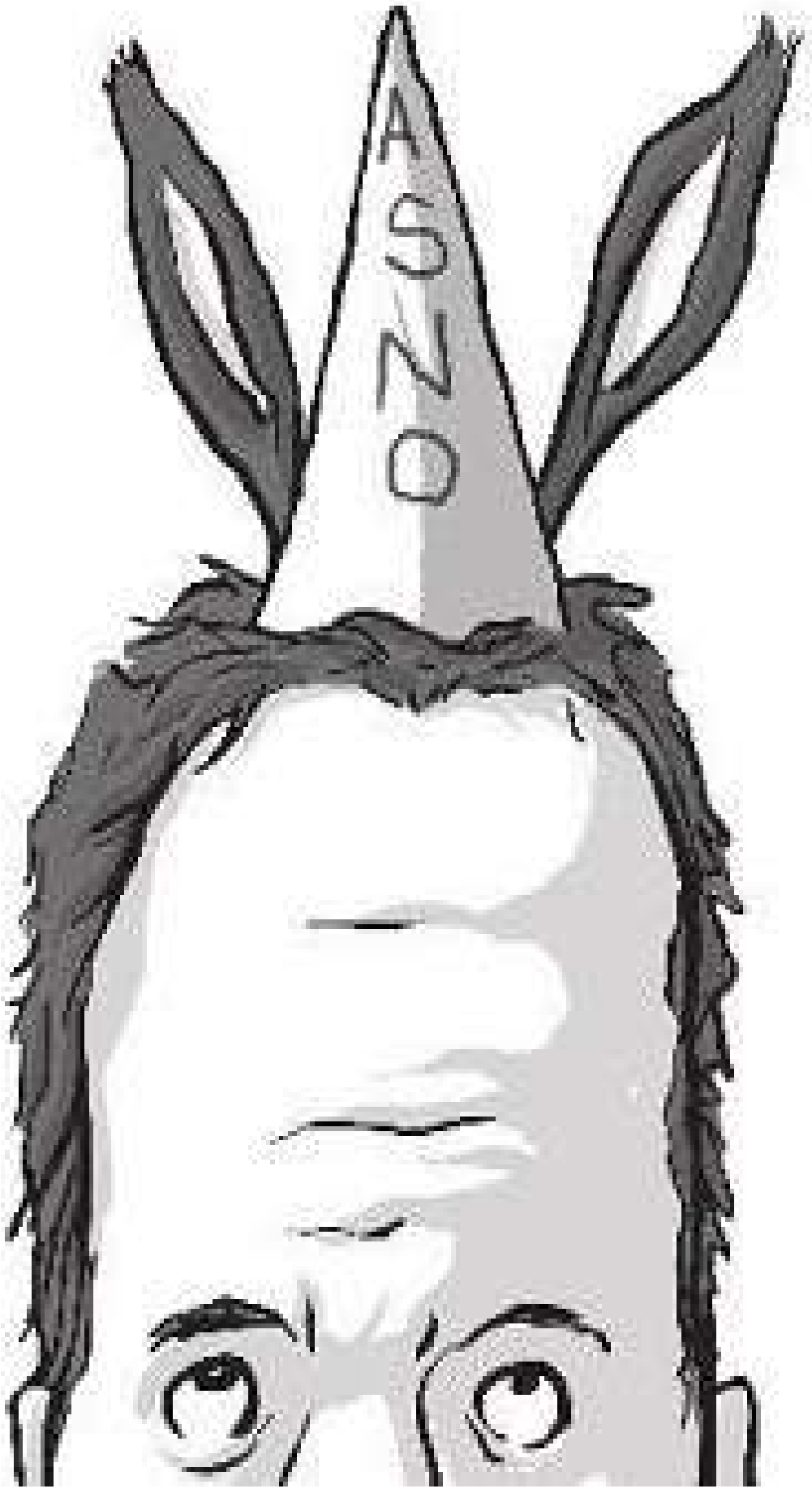
–Me llamo Franz Joseph Gall (1758-1828), y de mis ideas surgió la escuela frenológica.

–¿Frenológica?

–Sí, la frenología es una teoría según la cual las características externas reflejan algunas de las cualidades de una persona. De tal modo, por la forma y las dimensiones de las distintas estructuras craneales, se podrían determinar atributos y habilidades de un ser humano.

–Interesante: así que, si tengo la nariz grande, soy un mentiroso, y si tengo la frente ancha, ¿soy una persona muy inteligente?




A
S
N
O

–Sí, algo así. Pero no te emociones demasiado con estas ideas, porque se ha demostrado que son completamente falsas, carentes de cualquier fundamento científico.

–¡Ups!

Muchas gracias, señor Tan

A pesar de estos rodeos, el estudio de las funciones específicas de las diferentes áreas cerebrales prosiguió. En el año 1861, Paul Broca –sí, el mismo Broca al que tanto le interesaban las operaciones del cráneo que efectuaban los antiguos incas– tuvo la oportunidad de examinar el cerebro de un paciente que falleció tras una larga hospitalización de más de veinte años.

–Pobrecillo, era un paciente muy desgraciado…, pero poder estudiarlo fue una gran suerte para los científicos.

–¿Por qué dice eso, profesor Broca?

–Porque el suyo era un caso muy conocido: un hombre que únicamente decía «tan».

–¿Tan?

–Sí, sí, yo conocía muy bien la historia clínica de este enfermo. Y, entonces…

–¿Entonces? ¿Qué pasó?

–Entonces el paciente murió.

–Vaya, ¡qué buen final!

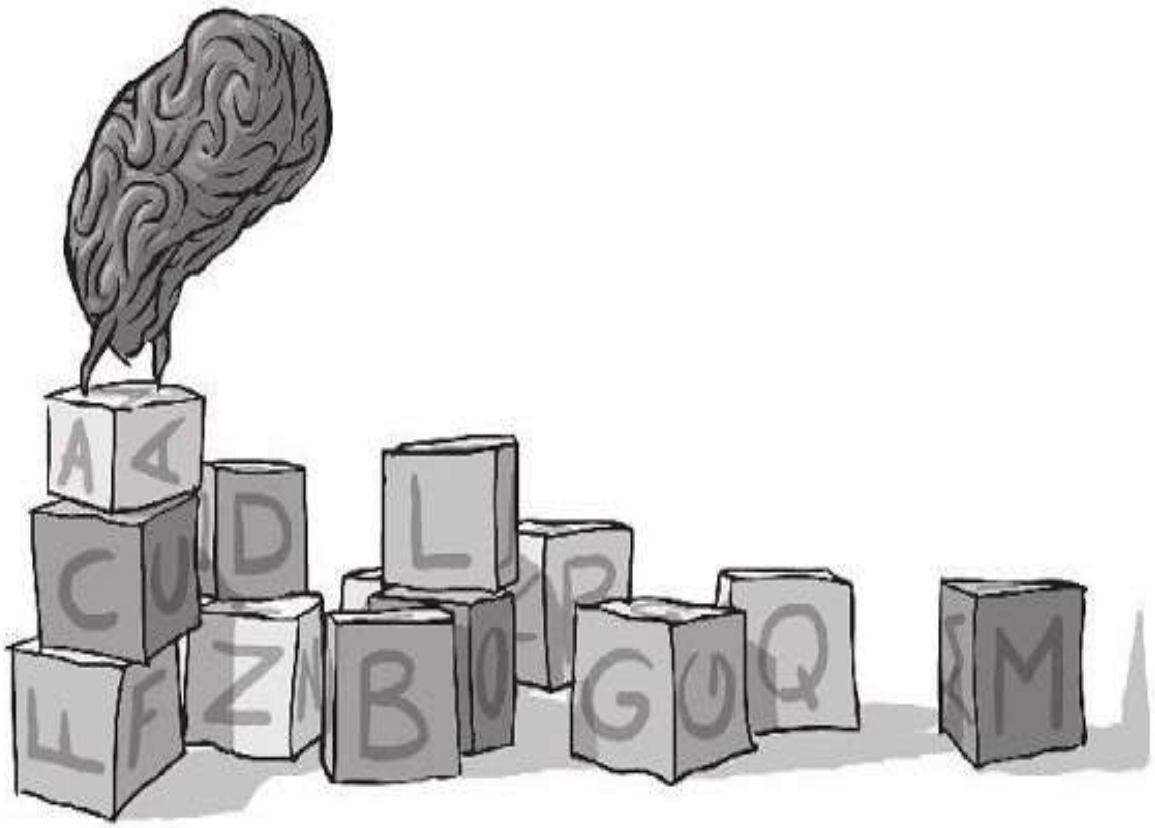
–Para él no tanto. Pero, para los investigadores, he de admitir que fue una bendición, porque pudimos abrir su cráneo y ver qué había pasado allí dentro.

–¿Y qué había pasado?

–Bueno, había anomalías en una región muy concreta del cerebro, en la corteza frontal del hemisferio izquierdo.

–¿Y entonces?

–Entonces sumamos dos más dos. Si una persona no consigue hablar con normalidad, y observamos algún daño en el cerebro, entonces es probable que sea dicho daño el que haya bloqueado la función del lenguaje.



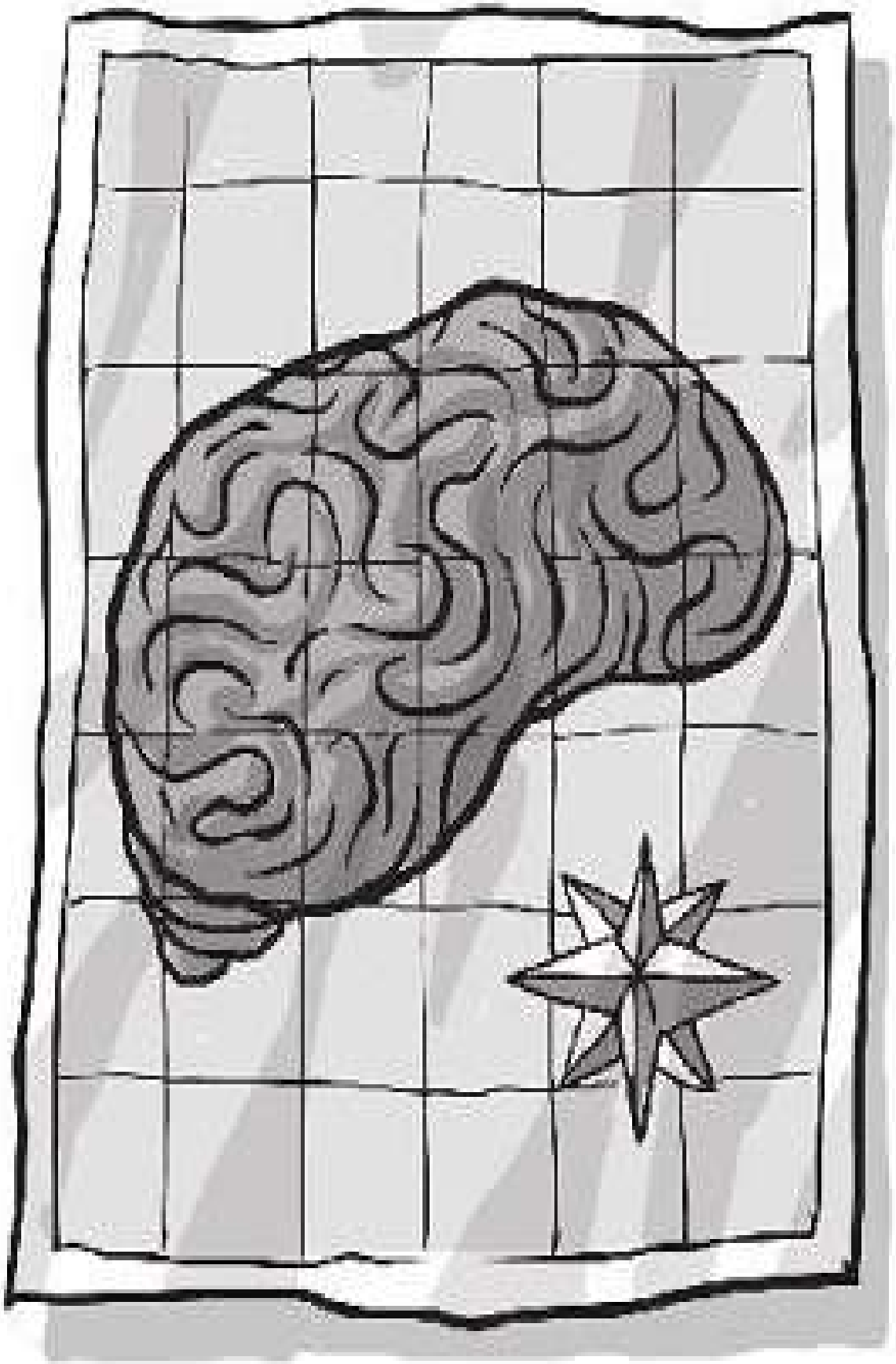
Los resultados publicados por Broca después de esta experiencia son quizá los más importantes de la historia de la localización de las funciones corticales, y ubican en el hemisferio izquierdo de la corteza frontal el área destinada al lenguaje, que, posteriormente, tomó su nombre del apellido de este aclamado científico.

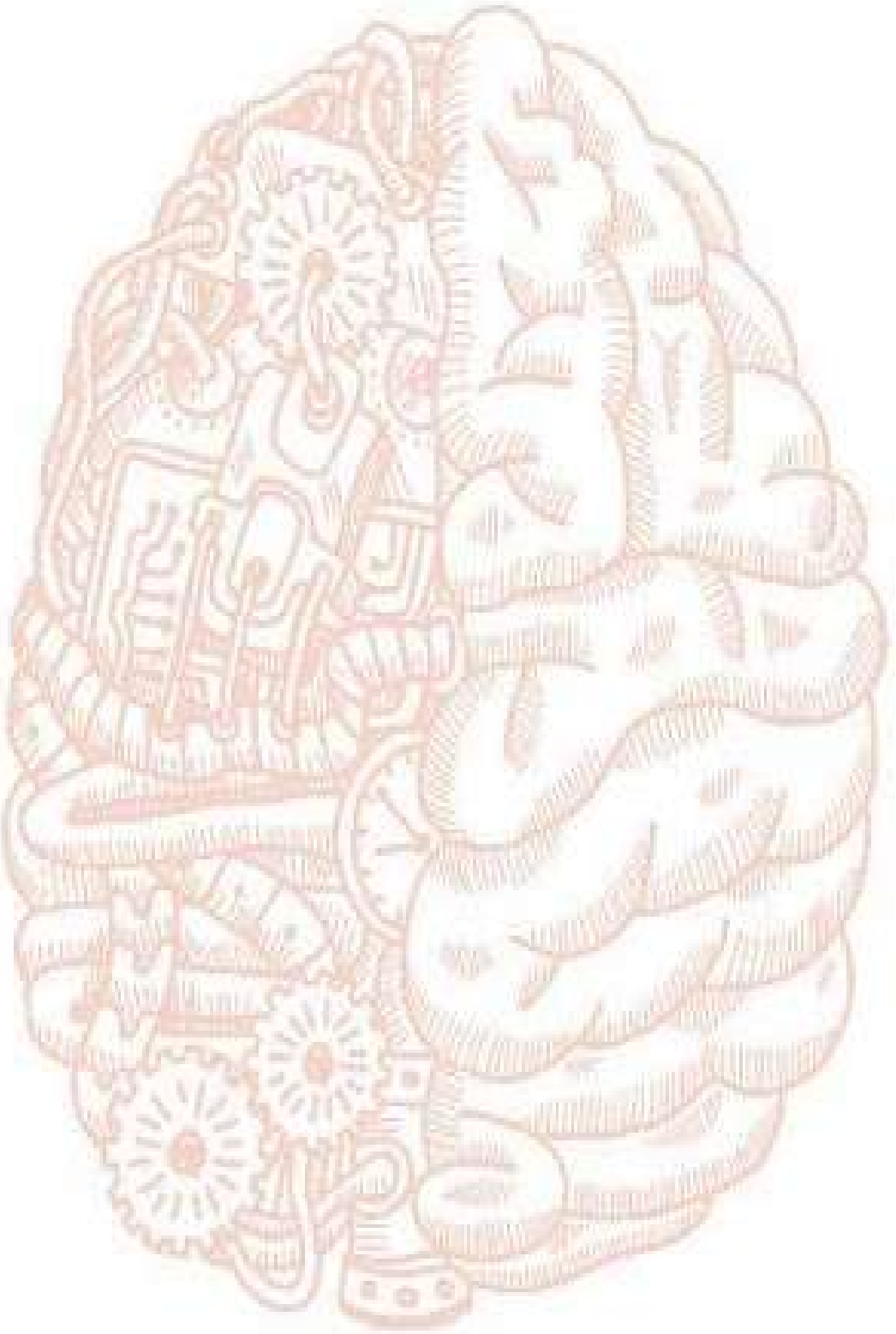
Con el tiempo fueron aumentando los instrumentos de indagación y los investigadores consiguieron delimitar las distintas regiones especializadas del cerebro, empezando por la corteza motora, identificada por **Gustav Fritsch** (1838-1927) y **Eduard Hitzig** (1839-1907) en 1870.

Sin embargo, como demuestra el debate que continúa aún en nuestros días, no es posible conocer el cerebro y su funcionamiento asociando simplemente una función a cada una de sus regiones. Más bien, todo lo contrario: es importante recordar que este órgano increíble no es solo la suma de diferentes partes que operan independientemente unas de otras.

En los próximos capítulos na-

vegaremos entre axones y dendritas, y comprenderemos, por ejemplo, cómo consigue un área que normalmente se ocupa de una cierta actividad encargarse de una función completamente distinta.





Capítulo 2

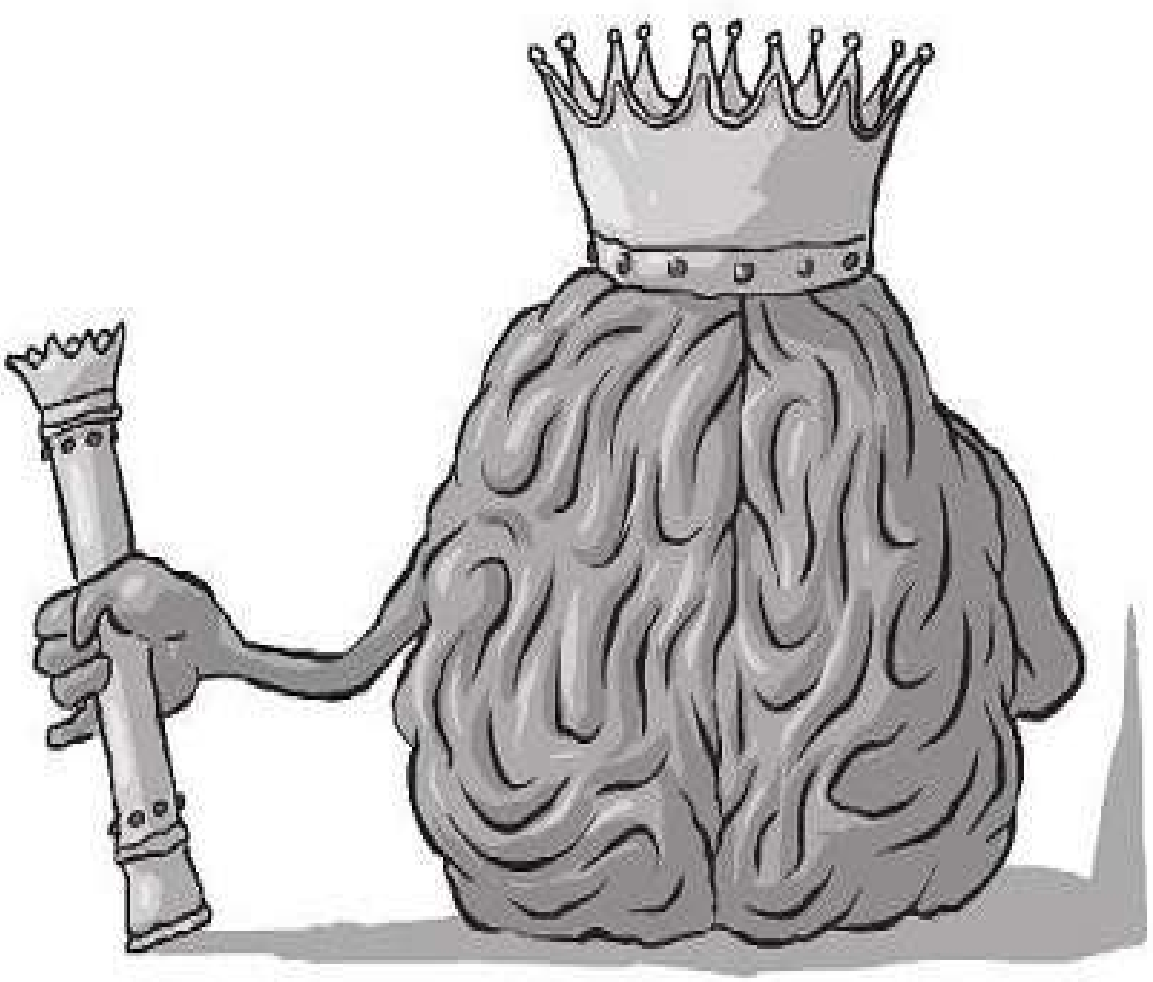
DENTRO DEL CEREBRO

He aquí a su majestad el cerebro. Quizá cabría esperar que el «ordenador central» que dirige todas nuestras acciones y pensamientos fuera algo más imponente, pero, por el contrario, todo se reduce a poco más de un kilo de tejido nervioso: aproximadamente el 2% del peso corporal de una persona.Y la médula espinal, que es la parte que se prolonga fuera del cráneo entre 43 y 45 centímetros, apenas pesa 35 gramos.

EN ESTE CAPÍTULO
SE HABLA DE…

…, pero también de

¡CALAMARES GIGANTES!



A todo azúcar



El cerebro humano pesa aproximadamente entre 1,3 y 1,4 kilos, es decir, ¡poco más que una botella de agua de litro y medio! Sin embargo, al analizar su consumo energético, intuimos la importancia de esta incansable «centralita». El cerebro consume un 20% de la energía que usa todo el cuerpo: ¡más que cualquier otro órgano! Y, como es un goloso sin remedio, prefiere consumir la energía en forma de azúcares: ¿cuántos azucarillos, por favor? Naturalmente, también se nutre de oxígeno, siempre en una proporción del 20% con respecto al consumo general. Además, por esos lares se trabaja a destajo, ¡incluso cuando dormimos!

Pero ¿adónde va a parar toda esta energía? ¿Quién trabaja tanto? Como sucede con todos los demás tejidos de los organismos vivos, debemos pensar que el cerebro no es una masa de materia cualquiera, sino que está constituido por muchísimas células con diferentes funciones: ellas son las que se alimentan de oxígeno y energía.

Las verdaderas protagonistas, claramente, son las células nerviosas: **las neuronas. Las neuronas transmiten las señales que llegan al cerebro y que parten de él**. ¡Qué vaivén; aquí el tráfico es peor que en una estación de tren o de autobuses! Y, para ayudarlas en su importante labor, aportando apoyo y protección, están las **células gliales.** Su papel es fundamental porque garantizan el correcto funcionamiento del cerebro.

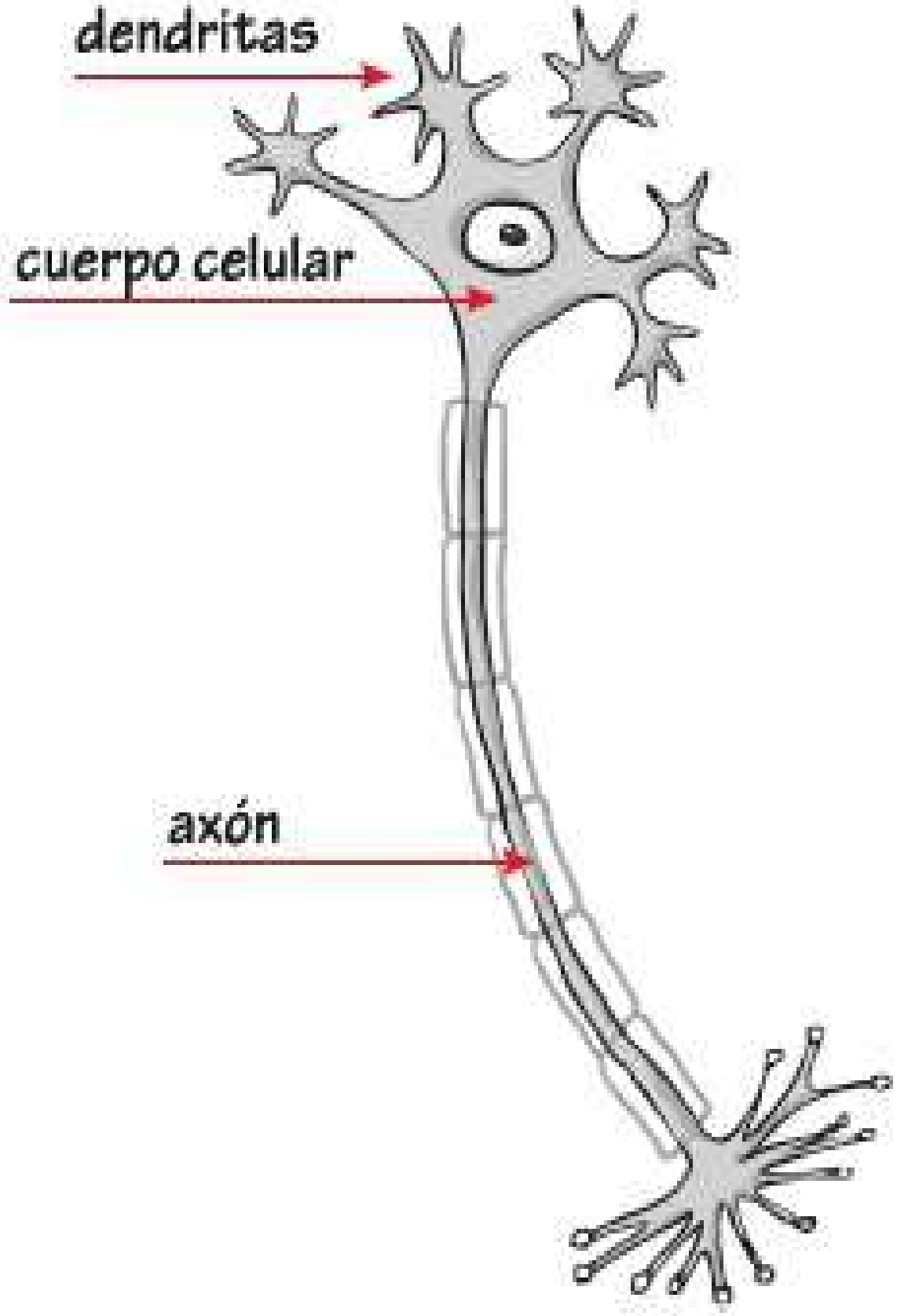
El ser humano tiene cerca de 100.000 millones de neuronas. ¿Te haces una idea de cuántas células son 100.000 millones? Cuesta imaginar una cantidad tan grande: se puede visualizar, quizá, ¡al pensar en las estrellas que forman una galaxia! Sí, efectivamente, toda una galaxia de neuronas a nuestra disposición para pensar, para movernos, para hablar. Y el número de células gliales es aún mayor y ocupan casi todo el espacio (de hecho, el 90% del cerebro). Pero ¿cómo funcionan los distintos tipos de células y cómo permiten realizar todas estas acciones?

Una telaraña de… ¡neuronas!

Las neuronas son muy diferentes de las células que se encuentran en el resto del cuerpo, y es precisamente esta particularidad la que, desde el principio, complica la vida a los investigadores.

Hoy sabemos que una neurona está compuesta por:

- un **cuerpo celular;**
- una prolongación única que se denomina **axón;**
- varias ramificaciones que reciben el nombre de **dendritas.**


dendritas
cuerpo celular
axón

A simple vista, parece casi una extraña planta, una especie de arbolito que se eleva sobre sus raíces y extiende sus ramas en todas direcciones. Los primeros investigadores del cerebro, sin embargo, aún no conocían la existencia de las neuronas: lo único que ellos veían era una especie de enorme tela de araña con intrincados filamentos en los que no se distinguía un inicio o un final.



Camillo Golgi (1843-1926), un médico italiano que vivió entre los siglos XIX y XX estudió a fondo las neuronas. ¿Quién mejor que él para ayudarnos a resolver esta intrincada cuestión?

–Sí, exacto. Debo decir que yo traté de arrojar un poco de luz sobre aquella maraña de fibras que se veía a través del microscopio en mis tiempos. Era difícil determinar si se trataba de un único retículo o eran elementos diversos.

–¡A saber en qué clase de laboratorio llevó a cabo análisis tan complicados!

–Pero de qué laboratorio hablas… Utilicé la cocina del hospital de Abbiategrasso, donde trabajaba. Aunque he de admitir que era una cocina con algunas modificaciones.

–¿Y aun así consiguió obtener resultados interesantes?

–Por supuesto; quien tiene voluntad consigue lo que se proponga, aunque los medios a su disposición no sean los mejores.Yo, por ejemplo, di con una solución química que me permitía observar las diferentes partes de una neurona.

–¿Y así comprendió finalmente que la famosa telaraña estaba en realidad formada por las prolongaciones de las neuronas?

–Exactamente, así fue. Gracias a mis resultados me concedieron el Premio Nobel, que compartí con otro investigador.

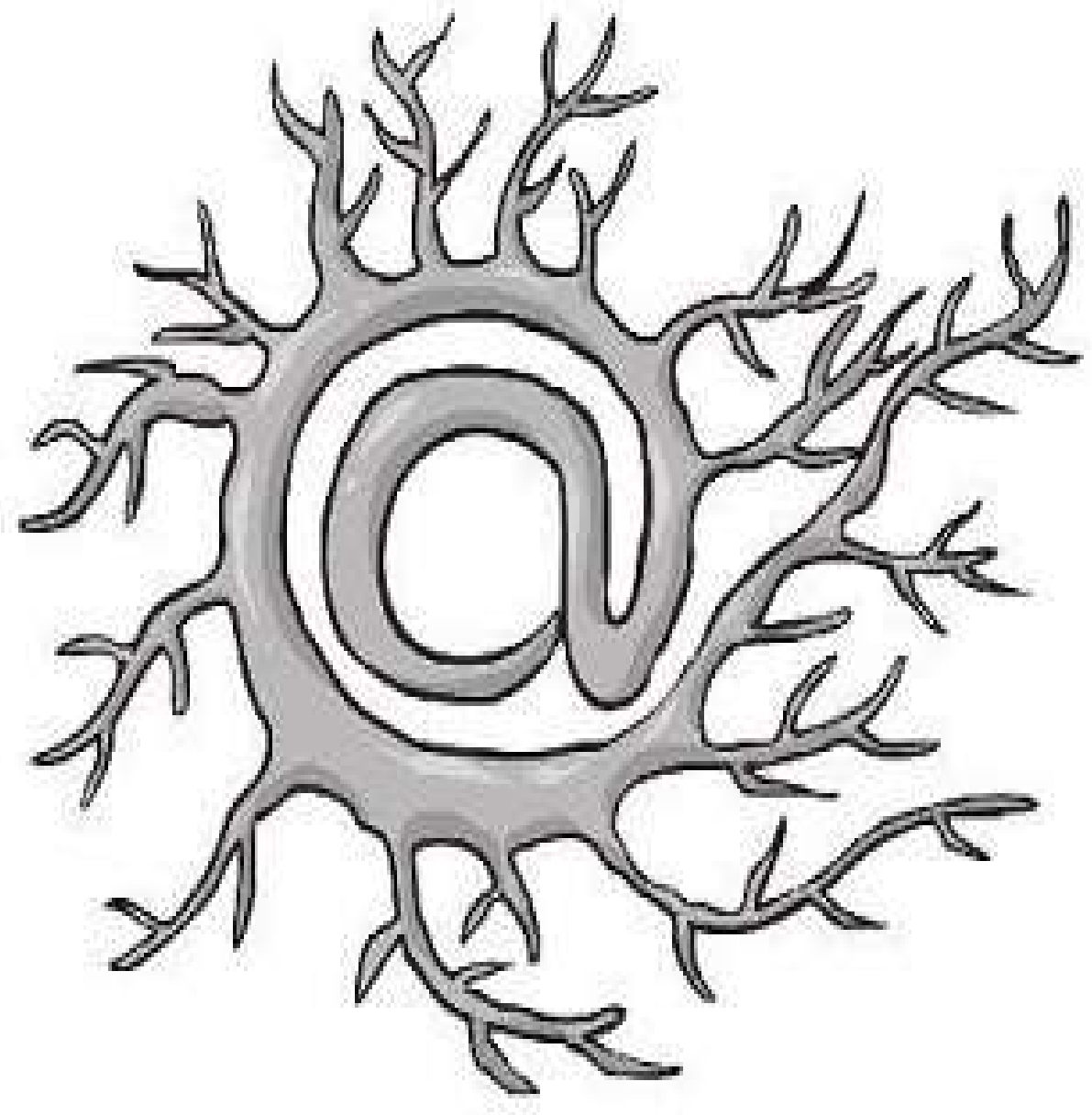
–¿Y quién fue el afortunado?

–Fue Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), un científico español que perfeccionó mi técnica de investigación y concluyó que las neuronas son entidades independientes unas de otras. Posteriormente, *sir* Charles Scott Sherrington (1857-1952) ganó el Nobel por identificar los espacios entre dos neuronas (y entre una neurona y un músculo), a los que denominó sinapsis.

Una célula un tanto especial

Las neuronas son células muy particulares: tienen tamaños y formas muy diferentes, y son las únicas que poseen prolongaciones que sirven para transmitir información a una velocidad altísima. Al fin y al cabo, precisamente esta es la función esencial de las neuronas: ¡enviar mensajes! Dichos mensajes contienen las sensaciones, las emociones, los recuerdos…

Evidentemente, las neuronas no escriben correos electrónicos ni se mandan mensajes con el móvil, pero la eficiencia de su comunicación está más que garantizada. ¿Cómo consiguen las neuronas comunicar información tan rápido? Veamos cuál es el mecanismo con un poco más de detalle.



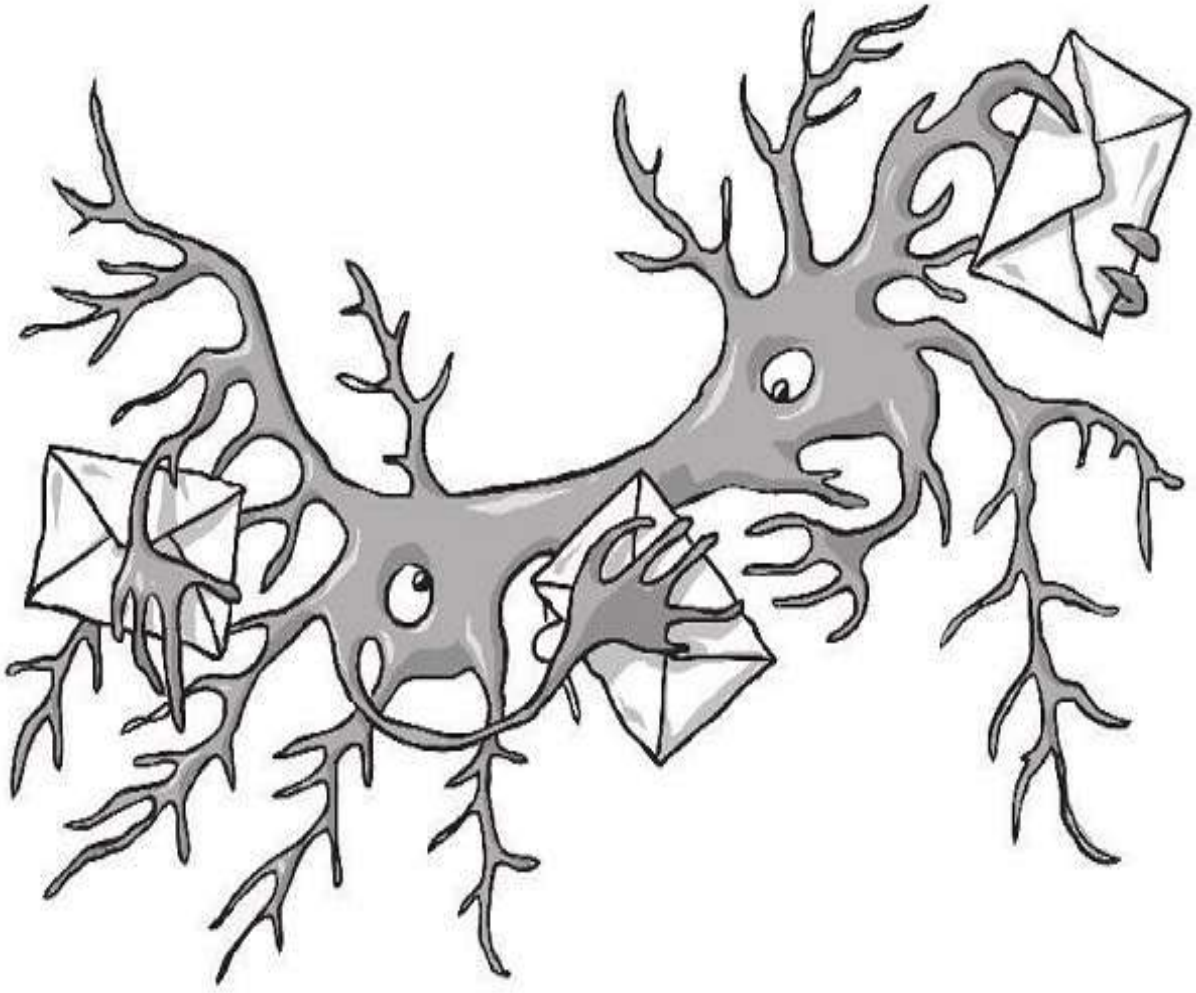
¿Cómo se comunican las neuronas?

Fase 1: intercepción

Los «mensajes» son recogidos en un primer momento por las dendritas. ¿Te acuerdas de esas prolongaciones del cuerpo de las neuronas que se parecían a las ramas de un árbol? Extendiéndose en el espacio, las dendritas pueden entrar en contacto con diferentes células y, de ese modo, recibir señales muy variadas, que ellas canalizan hacia el cuerpo celular, al igual que las hojas que brotan de las ramas captan los rayos del sol que aportan energía a toda la planta.

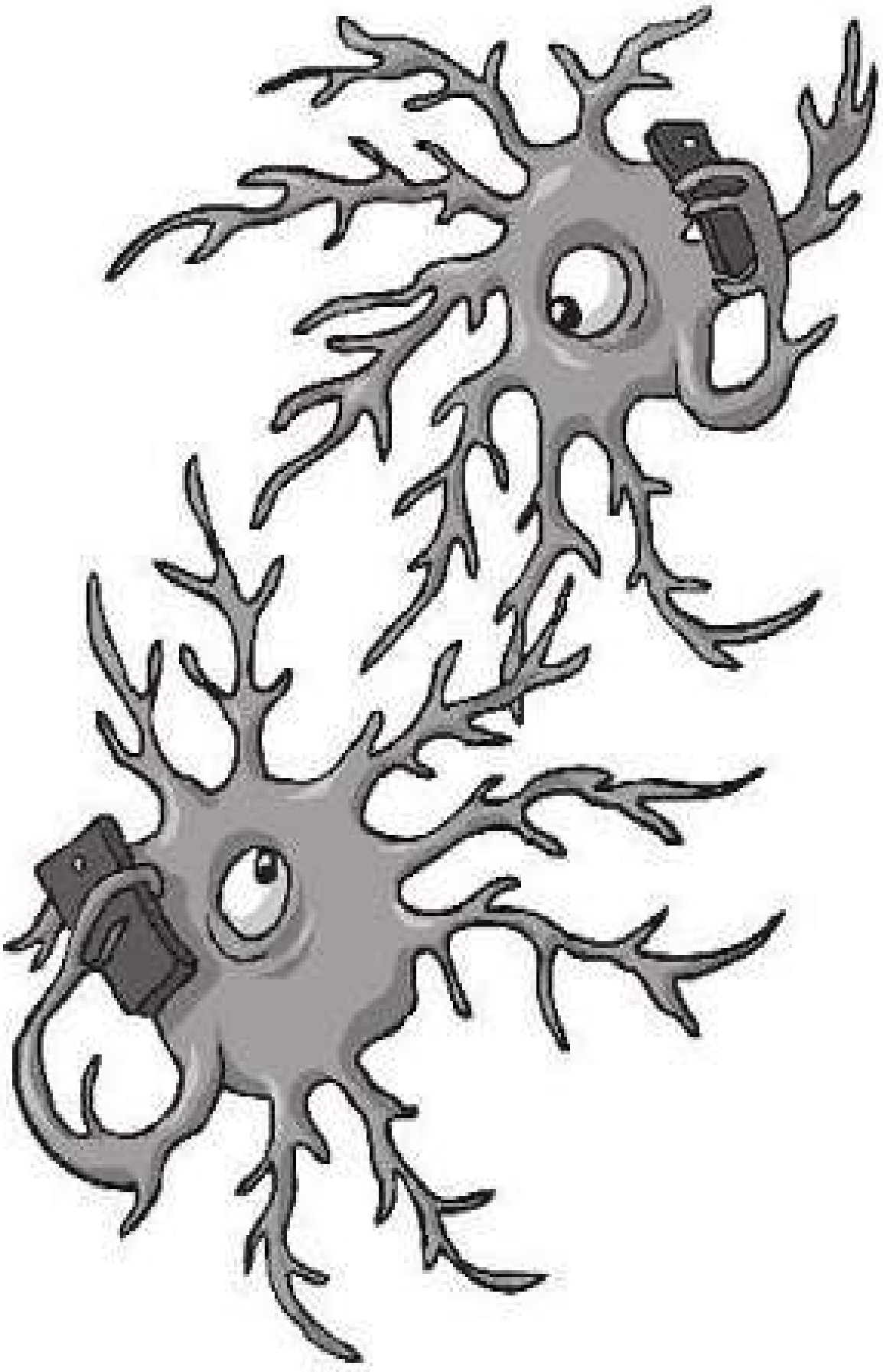
Las dendritas no ocupan mucho espacio: su conjunto equivale a aproximadamente un quinto de milímetro. Pero son muy numerosas, y, como bien es sabido, ¡la unión hace la fuerza! Gracias a ellas la célula nerviosa

puede recibir 200.000 informaciones procedentes de otras tantas neuronas.



Fase 2: propagación

Una vez que la señal ha sido recibida por las dendritas, su viaje continúa por el axón: el tronco de nuestro «arbolito». En el tramo final, el axón se ramifica en varias partes, exactamente igual que las raíces de un árbol. Estas ramificaciones se llaman **terminaciones presinápticas;** permiten que el axón alcance y se comunique con un gran número de células.

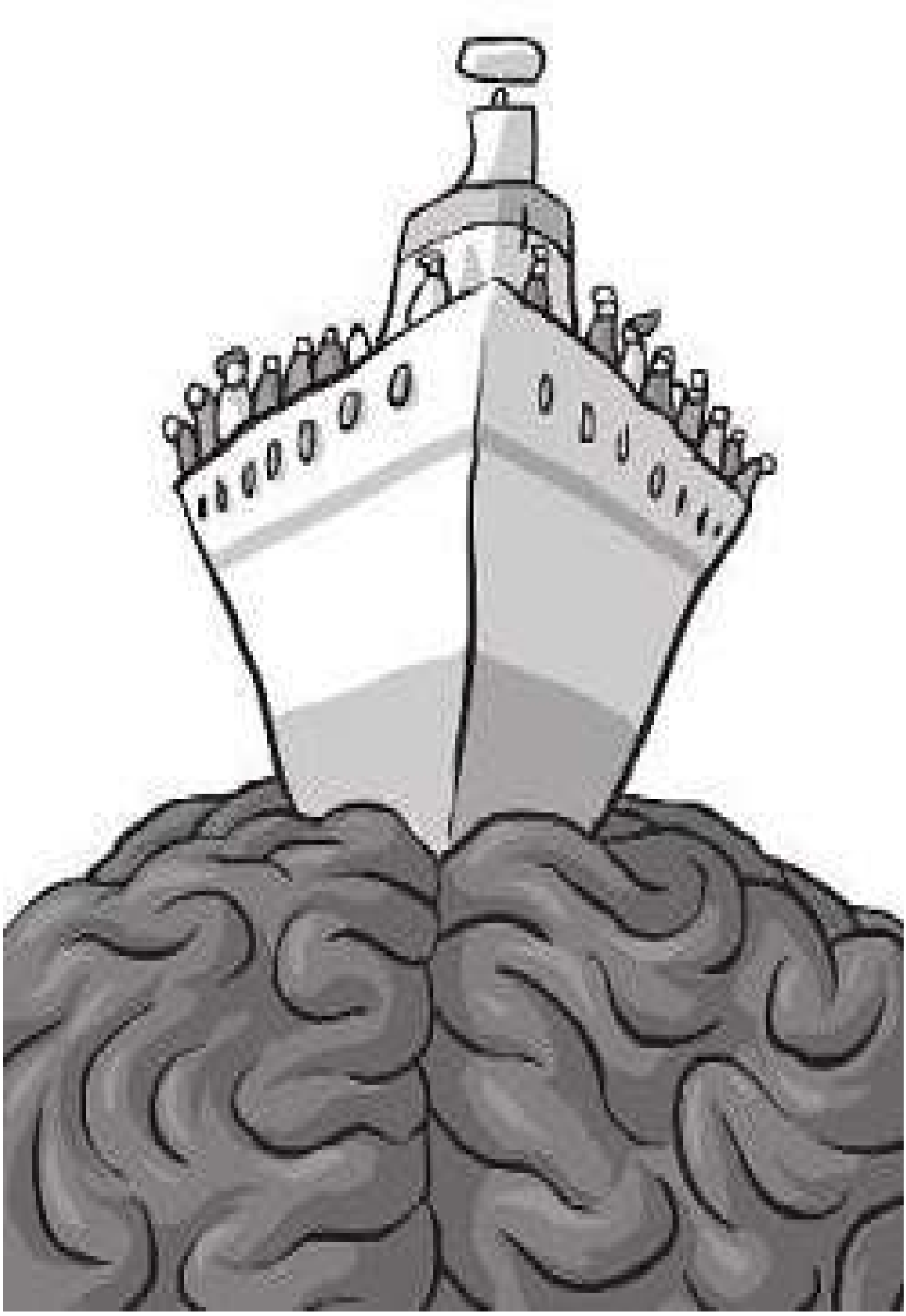




Fase 3: paso intermedio

¿Qué pasa con el **mensaje** cuando llega a las ramificaciones terminales del axón? Debe atravesar el espacio que separa a neuronas contiguas, es decir, la **sinapsis.** En la terminación presináptica, que se encuentra al final del axón, hay **neurotransmisores:** moléculas químicas cuya función es transmitir el mensaje entre una célula y otra, permitiendo así que las neuronas se comuniquen entre sí.

Podemos imaginar que los neurotransmisores son como un barco que debe llevar a sus pasajeros (el mensaje) al extranjero (es decir, a otra neurona) atravesando un tramo de mar (la sinapsis) para llegar a su destino y entregar su valiosa «mercancía». El destino del neurotransmisor, para ser más precisos, se encuentra en las dendritas o en el cuerpo celular de la neurona más cercana: en esta terminación postsináptica hay **receptores,** moléculas que se «adhieren» a los neurotransmisores. Retomando la imagen del barco, si pensamos en el momento de la llegada, el barco (el neurotransmisor) tiene que ser reconocido por la capitanía del puerto (los receptores), que le permite atracar y descargar a sus pasajeros. Efectivamente, ¡así es como sucede la comunicación entre las células!



Ah, una última cosa antes de pasar al siguiente epígrafe, ¡un cerebro

humano tiene casi 1.000 millones de sinapsis por centímetro cúbico! Increíble, ¿verdad? Las sinapsis son de vital importancia y su número varía dependiendo de las experiencias que vayamos teniendo a lo largo de nuestra vida.

¿Cómo piensa un calamar?

Puede que te cueste creerlo, pero algunos de los estudios que más luz arrojan sobre la transmisión nerviosa se han realizado con calamares gigantes.Y tú que pensabas que solo aparecían en las películas de ciencia ficción, ¿eh? Por el contrario, los calamares gigantes existen de verdad, y quizá no tengan 30 metros de largo, aunque suelen alcanzar la decena: ¡para un buen atracón de chipirones, bastan y sobran!

Pero dejémonos de gastronomía, porque estos enormes moluscos son más del interés de los científicos que del de los cocineros, ya que los axones de sus neuronas también son «gigantes», llegando a medir, de hecho, un milímetro de diámetro: se extienden de la cabeza a la cola y sirven precisamente para que esta última se mueva.

Así, ya en la década de los cuarenta y los cincuenta del siglo pasado, cuando aún no existían instrumentos suficientemente precisos que permitieran observar los procesos celulares por su reducido tamaño, los investigadores pudieron comprender qué pasaba cuando una neurona era excitada (es decir, cuando se transmitía un mensaje).Y la ventaja es que este sistema funciona de la misma manera en los calamares, en los ratones, en el ser humano…, en resumen, en las especies más diversas. Con ayuda de Andrew y Alan comprenderemos cómo lo hace.

Andrew Huxley (1917-2012) y Alan Lloyd Hodgkin (1914-1998) fueron dos fisiólogos que ganaron el Premio Nobel de Medicina gracias a su investigación de las **corrientes eléctricas** mediante las que se comunican las neuronas. Llegaron a dicha conclusión examinando, precisamente, el axón de un calamar gigante.



–¿Electricidad en el cerebro? Señores, esta idea me provoca cierta inquietud…

–Para nada, no hay de qué preocuparse, porque estamos hablado de moléculas.

–Moléculas que podrían fulminarme si pienso demasiado.

–¡Qué idea tan estrafalaria! Si fuera como tú dices, a todos los grandes pensadores de la historia debería de haberles echado humo el cerebro, literalmente, ¿no te parece? ¡Ja, ja!

–Qué graciosos…

–Bueno, pero ¿quieres o no quieres saber qué tiene que ver la electricidad con el cerebro?

–Me muero de la curiosidad…

–Es muy sencillo: debes saber que, en tu cerebro, los mensajes nerviosos viajan dentro de las neuronas en forma de señales eléctricas que se propagan a lo largo de la membrana celular. Algo parecido a lo que sucede con la corriente que recorre los cables eléctricos de tu casa y te permite encender las bombillas.

–¡Hala! Entonces, ¿eso quiere decir que todas las sensaciones que experimento se traducen en el cerebro en señales eléctricas?

–Exacto. Pero las señales eléctricas que recorren una neurona son breves y duran una milésima de segundo.

–Entonces, son rapidísimas.

–La verdad es que sí. Para que nuestro organismo funcione de manera adecuada, las señales deben viajar rápidamente; ¡piensa que pueden recorrer unos cuantos cientos de metros al segundo! Y, gracias a esta rapidez, el cerebro consigue ordenar a la mano que atrape una pelota de tenis al vuelo, o nos hace esquivar un balón que va directo a nuestra cara. Además de las conexiones neurona-neurona, existen también interacciones entre las neuronas y las células motoras, que hacen que nuestros músculos se muevan y nos permiten reaccionar con rapidez en respuesta a estímulos procedentes del exterior.

–Entonces voy a tener que hablar seriamente con mis neuronas, porque últimamente recibo bastantes balonazos en la cara…

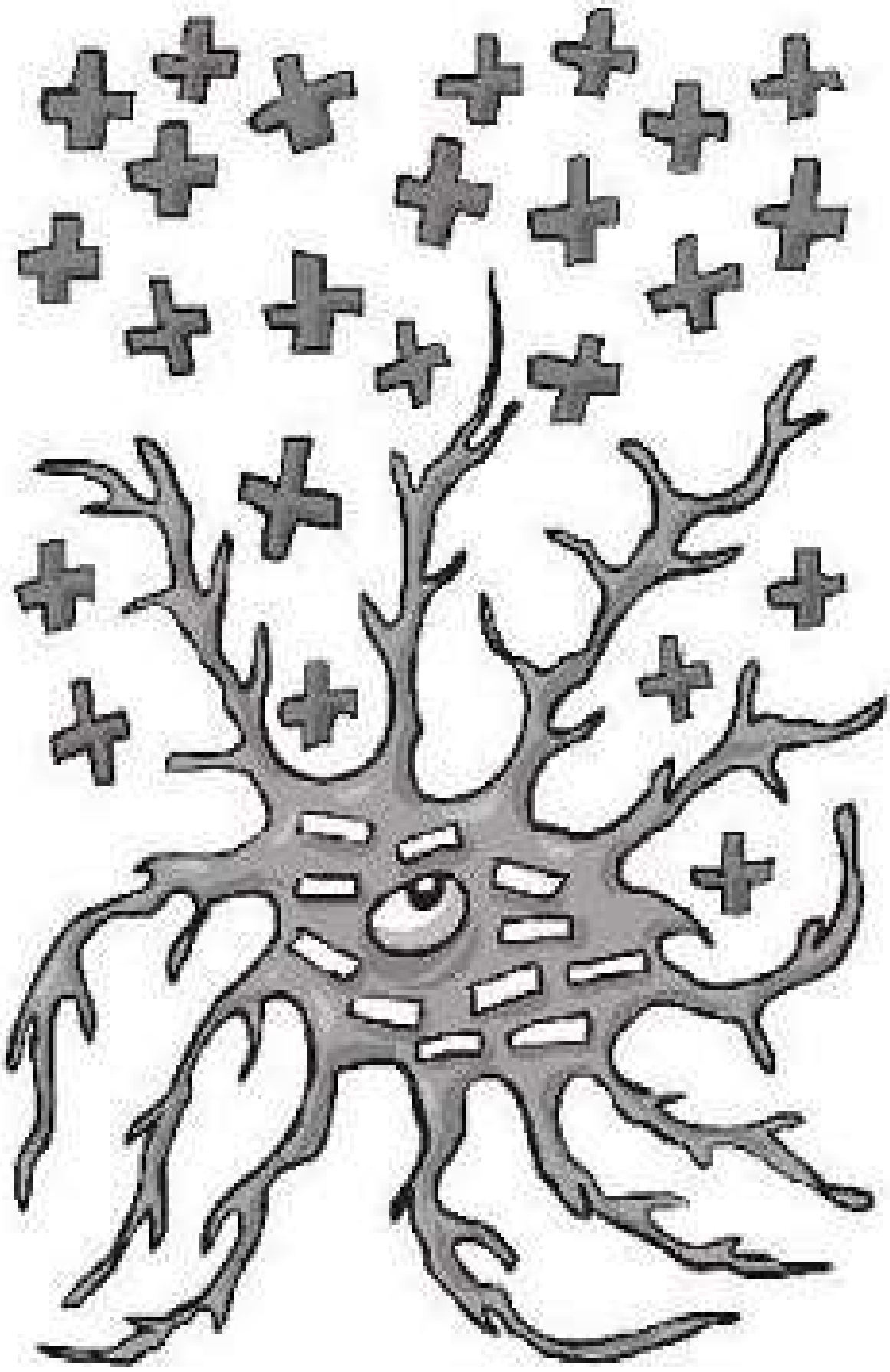
Cuestión de potencial

–Pero ¿cómo funcionan exactamente estas corrientes eléctricas?

–Debes saber que las moléculas que circulan dentro y fuera de las células tienen una carga eléctrica que puede ser positiva o negativa.

–¿Como los dos polos de un imán, que pueden ser positivos o negativos?

–Sí, algo así. Cuando una neurona está en reposo, es decir, no está transmitiendo ninguna señal, el ambiente celular interno tiene



carga negativa (porque hay más moléculas con signo negativo) respecto al ambiente externo.

–¿Y por qué?

–Porque la membrana celular puede, de algún modo, seleccionar las moléculas que la atraviesan en un sentido y en el contrario.

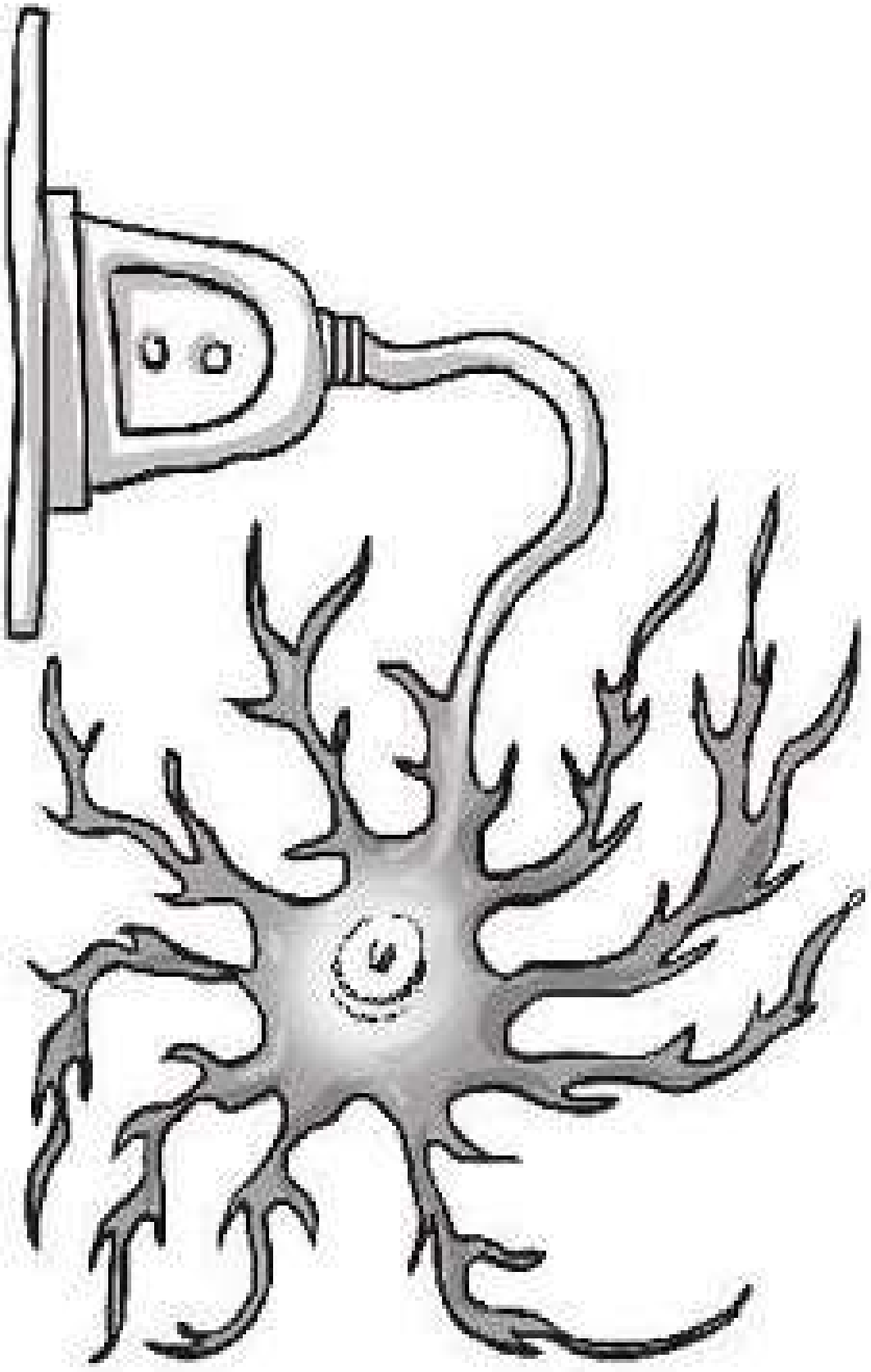
–¿Como un guardia de tráfico?

–Más o menos… Si medimos el valor de esta diferencia de carga entre el interior y el exterior, que se llama potencial, obtenemos un valor de casi 70 mV (70 milivotios): ese es el potencial en reposo.

–Hasta aquí, les sigo.

–¡Ahora viene lo mejor! Cuando una neurona envía un mensaje a otra neurona, ahí se produce el «pico».

–¿Qué pico? ¿El pico de la montaña? –No, no, es el potencial de acción. Quiere decir que la neurona está activa y comunicando. En la práctica, significa que se han abierto unos canales especiales en la membrana que permiten que algunas moléculas la atraviesen y cambien la diferencia de carga entre el interior y el exterior. Cuando el potencial cambia lo suficiente como para llegar a -55 m V, ¡ahí se produce el pico! La neurona se activa y el mensaje se transmite. **–Entonces, este potencial discurre por la membrana conforme los canales se abren y las moléculas la atraviesan…** –Exacto, e, inmediatamente después,



los canales especiales vuelven a cerrarse. Las bombas que se encuentran en la membrana proceden a restablecer el equilibrio habitual entre las moléculas del interior y el exterior de la célula, y todo vuelve a estar en orden.

–**Pero ¡es mucho trabajo!**

–Sí, es un trabajo que requiere energía (para activar las bombas de la membrana, por ejemplo). Además, es un trabajo que se desarrolla muy rápidamente, porque es necesario que las señales viajen muy deprisa, ¿recuerdas? ¡Pueden recorrer cientos de metros en un segundo!

Los picos, entonces, viajan a lo largo del axón como corrientes eléctricas, y, cuando alcanzan el final de la célula, se activa otro mecanismo para continuar la transmisión de la información más allá de los límites de la neurona, aunque ya deberías saber cuál es. ¿Te acuerdas del ejemplo del barco?



Un barco cargado de… ¡neurotransmisores!

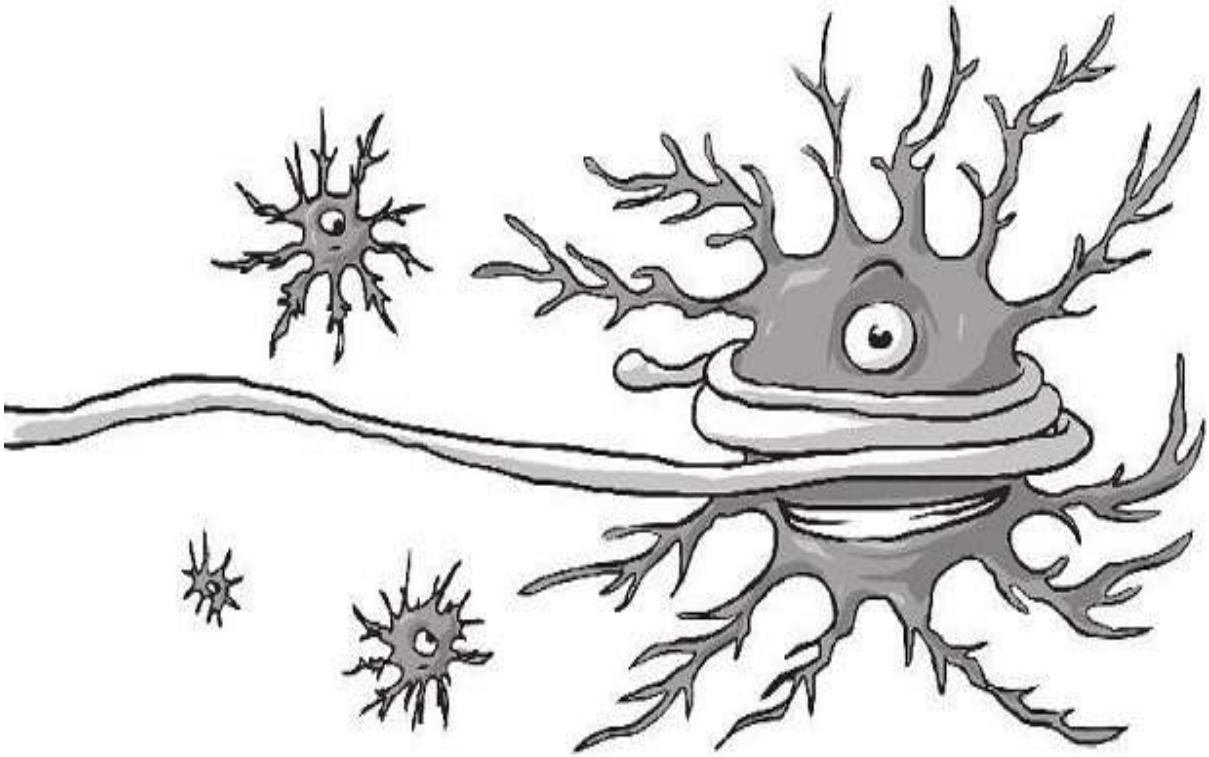
Veamos ahora cómo se comportan los neurotransmisores.

Como ya hemos visto, cuando la señal llega al final de un axón, se liberan al exterior unas moléculas: los neurotransmisores.

Estas moléculas químicas atraviesan el espacio sináptico y se fijan a otras que las reconocen, los receptores, que se encuentran, más concretamente, en las dendritas o en el cuerpo celular de una neurona cercana.

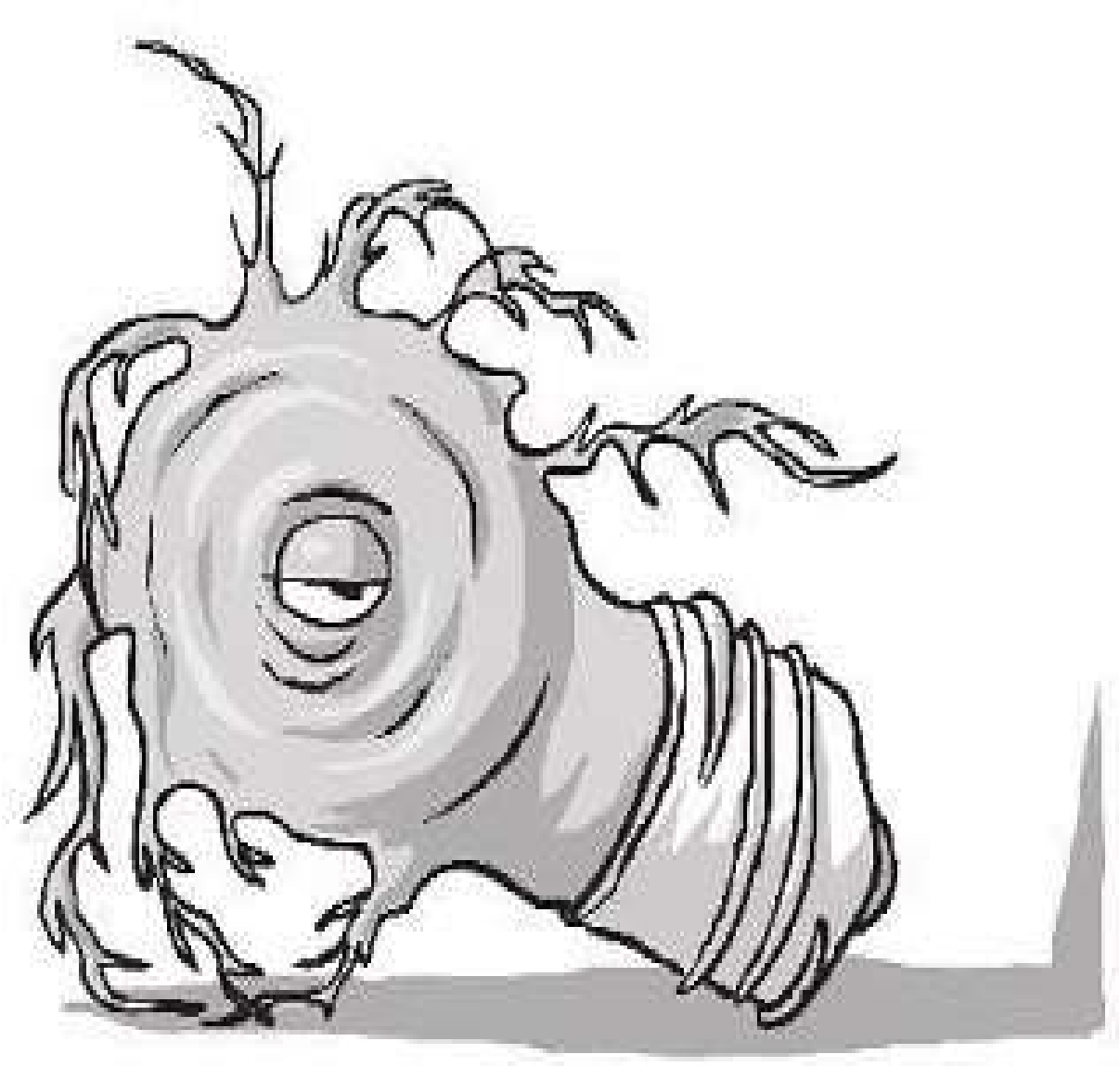
Si no te ha convencido el ejemplo del barco, podemos tratar de modernizarlo un poco e imaginar los neurotransmisores como si fueran pequeñas naves espaciales que deben llegar a la nave nodriza: cada una debe aterrizar en el lugar adecuado, pero previamente deben someterse a un reconocimiento. Solo así el acoplamiento será correcto y las puertas de la nave se abrirán, permitiendo descender al piloto.

Cuando el neurotransmisor se adhiere al receptor de una neurona, esta adhesión altera la excitabilidad de la célula. ¡Pero no pienses mal! Se trata solo de la señal que permite que se produzcan en la membrana los cambios que a su vez alteran el potencial eléctrico de la misma.



Las sinapsis pueden tener una acción excitante o inhibidora sobre una neurona. Por tanto, no siempre se genera un potencial de acción, es más, a menudo sucede que a una neurona le llegan varios neurotransmisores a la vez, procedentes de las diferentes sinapsis dispersas por su superficie. De la suma de señales entrantes surgirá una respuesta, que puede ser de excitación o de inhibición (encendido o apagado, si queremos usar términos menos sugerentes). Si la neurona se excita, esto se traduce en un nuevo potencial de acción que recorrerá la célula y permitirá que la transmisión del mensaje prosiga.

Existen muchas sustancias (fármacos y drogas) que tienen la capacidad de alterar las características de un neurotransmisor, interfiriendo con su liberación, o con su adhesión al receptor (ver pág. 97). Nunca se debe ingerir una sustancia química a la ligera, porque podría tener efectos irreversibles sobre la actividad del cerebro. **Las sinapsis son elementos fundamentales del sistema nervioso: su fuerza, su número y su posición determinan nuestras capacidades cognitivas y son la base de nuestras habilidades individuales.** Además, a lo largo de nuestra vida, sufren cambios según las experiencias que vivamos.



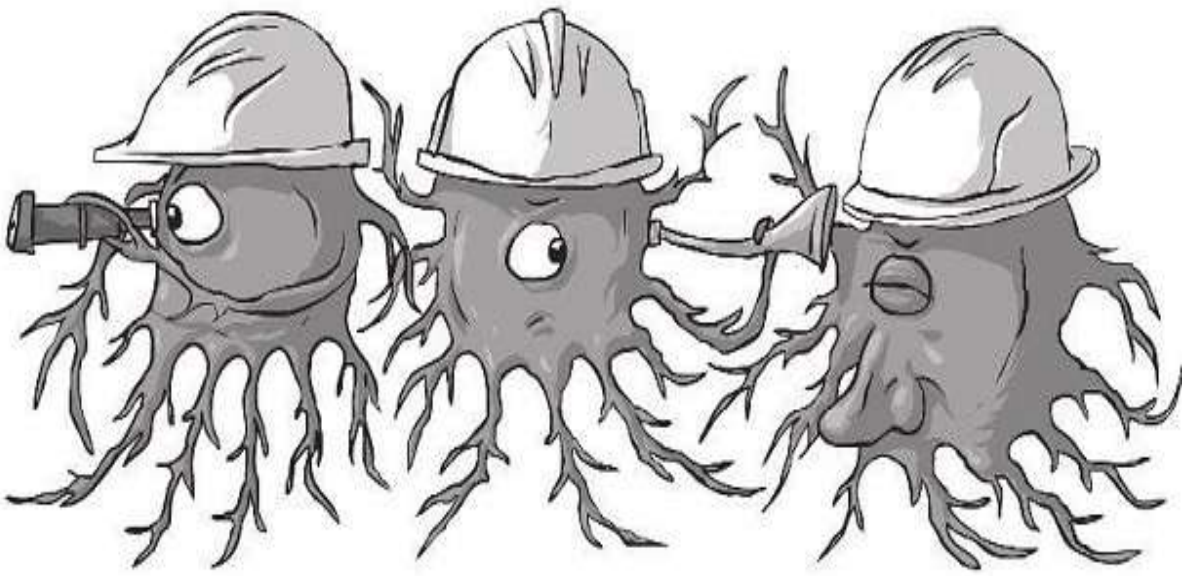
Debemos señalar también que, además de las **sinapsis de naturaleza química** que acabamos de describir (acuérdate: el impulso eléctrico viaja dentro de la neurona, pero a nivel de las sinapsis el mensaje se confía a los neurotransmisores, que son moléculas químicas), existen también **sinapsis eléctricas.** En este caso, se ha verificado que hay una transmisión directa de corrientes eléctricas de una célula a otra.

Este tipo de transmisión es, obviamente, más rápida y, por tanto, un tipo de conexión particularmente idónea cuando entran en juego los reflejos: ¿has visto alguna vez un gato cayendo de una silla y dándose la vuelta a mitad de la caída para aterrizar a cuatro patas? Exactamente de ese tipo de señales de impulso estamos hablando.

A cada cual, su tarea

Para que todo funcione como debe, como en cualquier comunidad que se

precie, cada neurona debe asumir un papel específico.Y, por tanto, están las neuronas que «escuchan» los sonidos, las que «ven» a las personas, las que «inspiran» los aromas… En resumen, las funciones están subdivididas para poder llevarlas a cabo de la mejor manera. Por eso, las neuronas de todos los animales están organizadas en grupos de trabajo con el fin de desarrollar en con-



junto una función compleja. Cada sector del cerebro del ser humano puede contener miles de millones de neuronas; los de una rata, millones; los de un insecto, miles, pero el esquema es más o menos el mismo para todos: cada zona contiene neuronas específicas que se conectan con las demás estructuras del cerebro.

Durante las primeras fases del desarrollo de un organismo vivo, el cerebro crece a gran velocidad: en el ser humano, ¡las neuronas aumentan aproximadamente unas 250.000 unidades por minuto! Cuando naciste, tu dotación de células nerviosas estaba prácticamente completa.Tu cerebro siguió creciendo aún durante un tiempo: con 2 años había alcanzado el 80% del tamaño del de un adulto, y con 6 años, casi el 90% de su tamaño final.

–Pero, si prácticamente tenemos todas las neuronas desde que nacemos, ¿cómo sigue creciendo el cerebro?

–Quizá yo pueda explicarte este misterio. Me llamo Theodor Schwann (1810-1882), y soy fisiólogo. Descubrí algunas células que reciben su nombre gracias a mí (células de Schwann, más concretamente), que forman parte de las células gliales. Ya deberías conocerlas (ver pág. 38).

–Sí, pero no sabía que hubiera

células específicas entre las células

gliales.

–Las hay de varios tipos y con diferentes funciones. Son precisamente las células gliales las que siguen dividiéndose y multiplicándose durante el desarrollo. En resumidas cuentas, son capaces de aumentar de número, haciendo así que el cerebro crezca.

–Pero ¿sirven para algo esas células gliales?

–¡Claro que sí! Si piensas que son prescindibles, te equivocas de lleno. ¡Sin ellas las neuronas no podrían funcionar!

–¿En serio?

–Totalmente. Se comportan como padres entregados, que apoyan y nutren a las neuronas. Además, pueden ayudarlas a recuperarse si sufren algún tipo de «accidente» y regulan el ambiente en el que se encuentran. Si las cosas se ponen realmente feas, se encargan de dar digna sepultura a las neuronas que no consiguen sobrevivir… ¡engulléndolas!

–*Ups,* ¡espero que a mi madre no se le ocurra nada parecido!

–Y, además, las células gliales son las encargadas de producir la mielina.

–Y eso ¿qué es? ¿Se come?



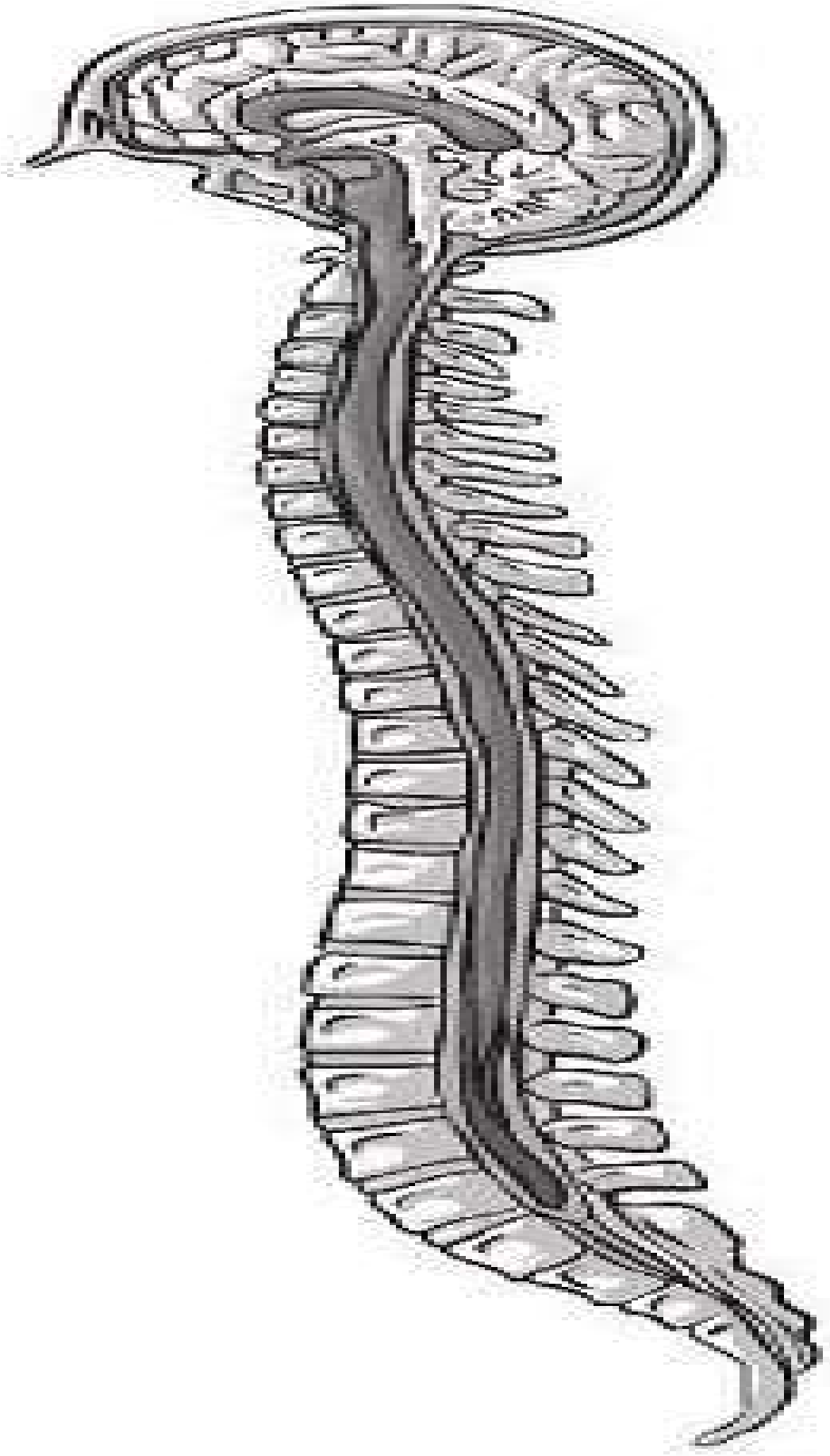
–No, yo diría que no. Es una sustancia que recubre los axones de las neuronas. Este proceso, que se llama mielinización, permite que los mensajes recorran el axón mucho más rápidamente.

–¿En serio? ¿Y cuánto se tarda en recubrir todos los axones?

–Efectivamente, no es un proceso inmediato. Esta fase avanzada del desarrollo cerebral termina más o menos cuando se llega a la edad adulta. La última parte del cerebro en que tiene lugar la mielinización es la corteza prefrontal, responsable de inhibir algunos comportamientos y promover otros.

–¡Entonces, si alguna vez tengo una reacción exagerada puedo echarle la culpa a mi cerebro, que aún no ha terminado de madurar!

El cerebro, un mapa para orientarse mejor

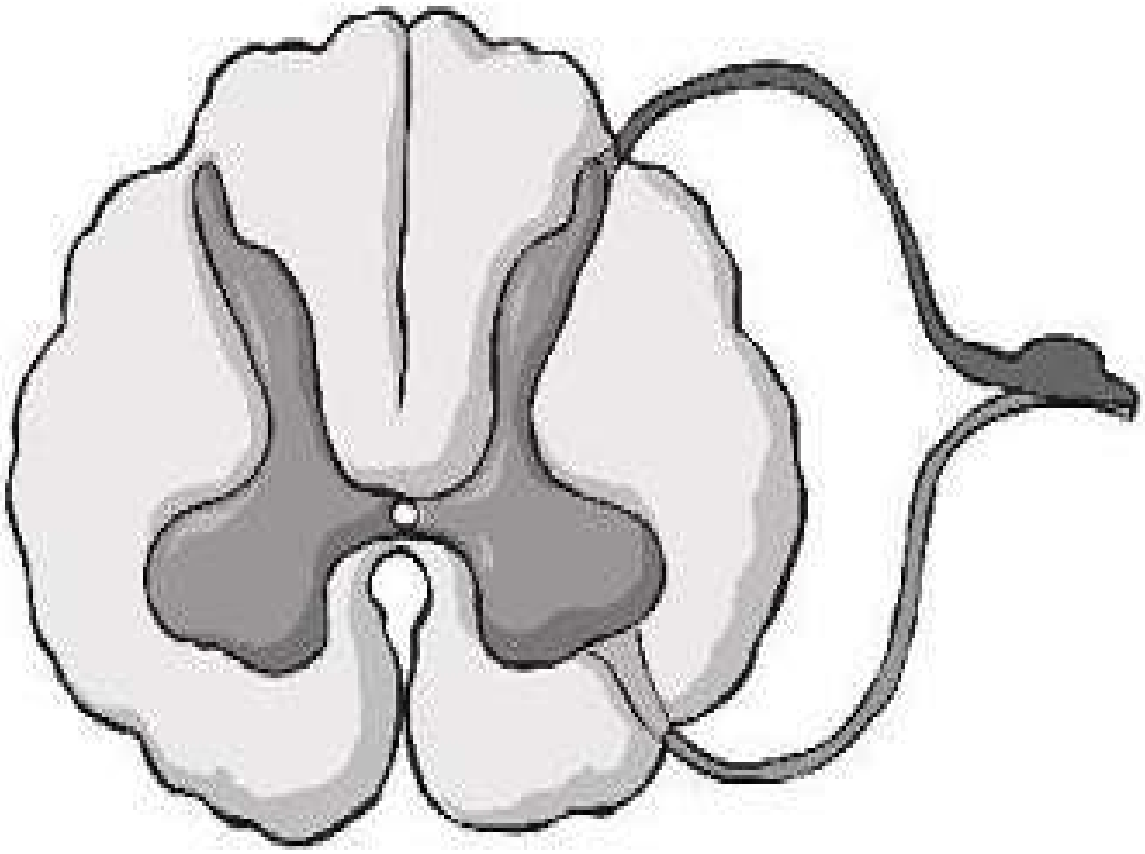


Ahora que acabamos de mencionar la corteza prefrontal, hay que hacer un recorrido por el resto de regiones en las que está subdividido el cerebro. Empezaremos nuestra visita guiada por la «periferia», es decir, por la parte del **sistema nervioso central** que discurre por fuera del cráneo: la **médula espinal.** Como hemos aprendido anteriormente, la médula está compuesta por un haz de fibras nerviosas que discurren, muy protegidas, por el interior de la columna vertebral. Dicho sistema de protección es importantísimo, porque si este haz sufriera algún tipo de interrupción (como desgraciadamente sucede a consecuencia de algunos accidentes graves), las señales procedentes de los órganos de los sentidos no llegarían al cerebro, y este tampoco podría enviar órdenes a la musculatura. En consecuencia, no sería posible mover las extremidades ni tener ningún tipo de sensibilidad en las mismas. De estas fibras dependen tanto la percepción sensorial como la respuesta motriz de un organismo.

Esta especie de mariposa que ves aquí abajo es la médula espinal. Si tomamos una de las alas, por ejemplo la de la derecha, vemos que hay una parte superior (o dorsal, porque si estamos de pie se encuentra del lado de la espalda) y una parte inferior (o ventral, es decir, del lado del vientre). De estas alas entran y salen **fibras nerviosas** que conectan la médula con los músculos y los órganos de los sentidos. Las que conectan con los músculos y señalan si es el momento de con-

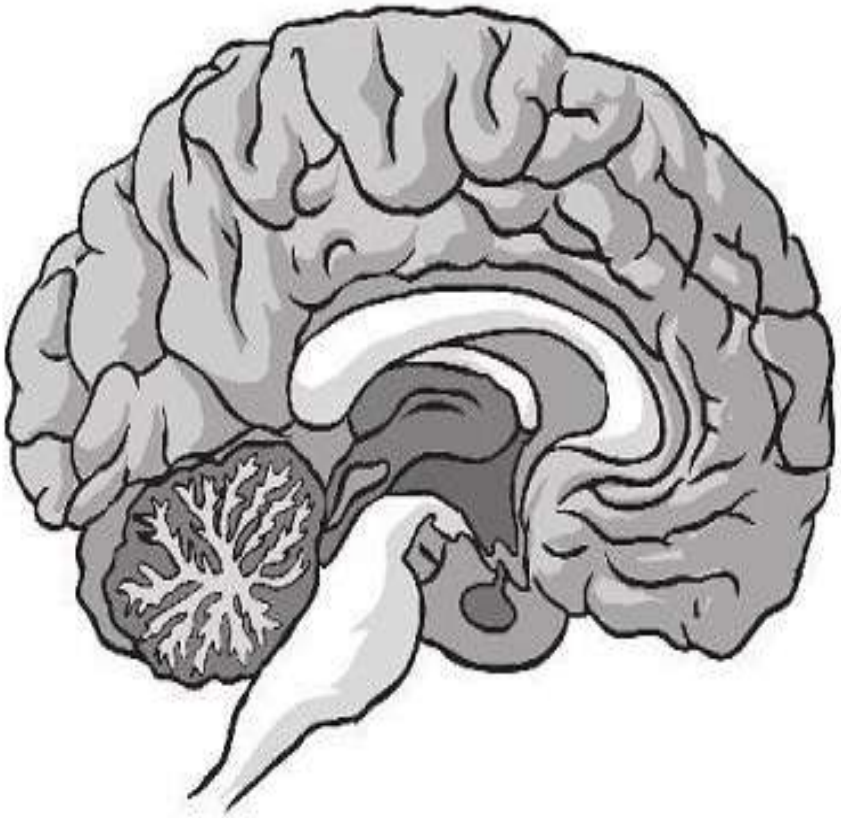
traerse o expandirse se llaman, precisamente, «motrices». Las fibras motrices atraviesan nuestra mariposa por la parte ventral. Las fibras que, por el contrario, llevan al cerebro los mensajes que llegan de los órganos de los sentidos se denominan «sensitivas» y pasan por la parte dorsal de la mariposa.

Una vez entran en la médula, las fibras la recorren, y, protegidas por los huesos de la columna, se dirigen hacia el cerebro. Podemos seguirlas por este trayecto, recorriendo la médula de abajo arriba salimos por la columna vertebral y penetramos en el cráneo, donde la médula se torna más gruesa y forma el **tronco encefálico.** Esta área del cerebro es de gran importancia porque regula funciones fundamentales para la vida, como, por ejemplo, la respiración, el latido cardiaco o la presión sanguínea. ¡Imagina qué cantidad de trabajo! A menos que seas un vampiro, tu corazón late constantemente y tus pulmones inhalan aire cada segundo. Hay que darle las gracias al tronco encefálico por el esfuerzo…



Sobre esta estructura encontramos el **cerebelo.** El cerebelo no es un cerebro de segunda categoría, si eso es lo que estabas pensando (aunque es cierto que parece un cerebro en miniatura). ¿Alguna vez te han dicho que no te encorves y que te pongas derecho cuando estás sentado en la mesa? Si consigues obedecer y enderezar la espalda es gracias al cerebelo. Aquí llegan algunas informaciones de los órganos de los sentidos (señales auditivas y visuales, por ejemplo) que se comparan con indicaciones sobre la posición y el movimiento.

De este modo, el cerebelo controla la coordinación de los movimientos, el equilibrio y la postura.



Cerca del tronco encefálico y del cerebelo, más o menos en el centro del cerebro, se ubica el **tálamo.** Las informaciones sensoriales (la suavidad de una pluma o la picadura de un mosquito, por ejemplo) que se reciben a través de los distintos órganos de los sentidos se trasladan hasta aquí para luego proseguir su viaje hacia la corteza.

Junto al tálamo, en la base del cerebro, se encuentra el **hipotálamo.** Es una zona del tamaño de un guisante, pero desarrolla funciones de gran importancia para la vida: controla el hambre, la sed y los ciclos diarios de sueño y vigilia.

Regula también la temperatura del cuerpo. Y el hipotálamo es el encargado de liberar las hormonas sexuales y del estrés.

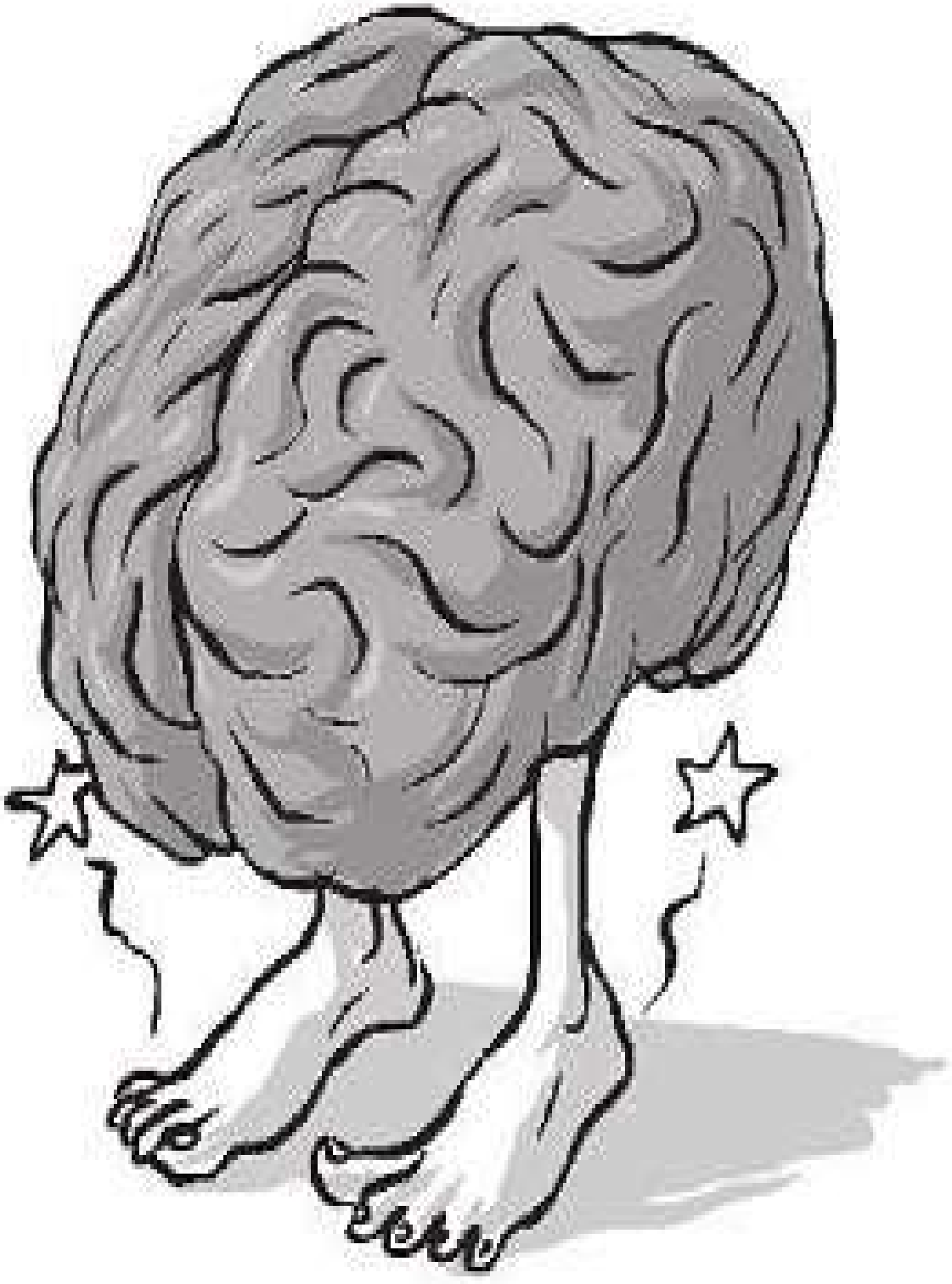
Sobre cada oreja se encuentra la **amígdala,** una pequeña porción del cerebro

con forma de almendra (*amígdala*, en griego, significa precisamente «almendra»), que, junto con otras estructuras, como por ejemplo, el **hipocampo** (del griego «caballo de mar»; en este caso el nombre también deriva de su forma), constituye el **sistema límbico.**

Puede parecer un poco extraño, con tanta almendra y caballito de mar, pero este sistema no vaguea ni un poquito: sus funciones son múltiples, y, más concretamente, se ocupa de las emociones y de la memoria.

Algunas de estas respuestas fueron esenciales en el transcurso de la evolución para la supervivencia de nuestros antepasados, y, en ciertos casos, lo siguen siendo hoy en día. Por ejemplo, en la amígdala se originan las reacciones instintivas que nos permiten responder del modo adecuado a una amenaza, huyendo o, por el contrario, combatiéndola.

Todo esto no podría suceder, obviamente, sin la corteza, con la que el sistema límbico, al igual que el resto de las demás estructuras examinadas hasta ahora, está estrechamente vinculado. La **corteza cerebral** es la capa más externa del cerebro, y recubre su zona superior y ambos lados. La corteza se divide en dos hemisferios: el derecho y el izquierdo, conectados por un haz de fibras nerviosas que se denominan «cuerpo calloso». ¡Lo que nos faltaba! ¡Callos, estarás pensando! Como si no tuviéramos ya suficientes problemas con todo lo que tenemos que hacer, ¡pobre cerebro! Quién sabe qué estaría pensando quien lo llamó así… Afortunadamente, no tiene nada que ver con los callos de los pies. La corteza es importantísima: piensa que hizo aparición en el transcurso de la evolución humana hace unos ciento treinta millones de años, con el surgimiento de los primeros mamíferos, y, gradualmente, ha ido ampliándose hasta alcanzar en el ser humano tres cuartas partes del peso total del cerebro. Los surcos y las irregularidades que la caracterizan han ido aumentando poco a poco en los distintos grupos de animales, hasta alcanzar su máxima expresión en nuestra especie.





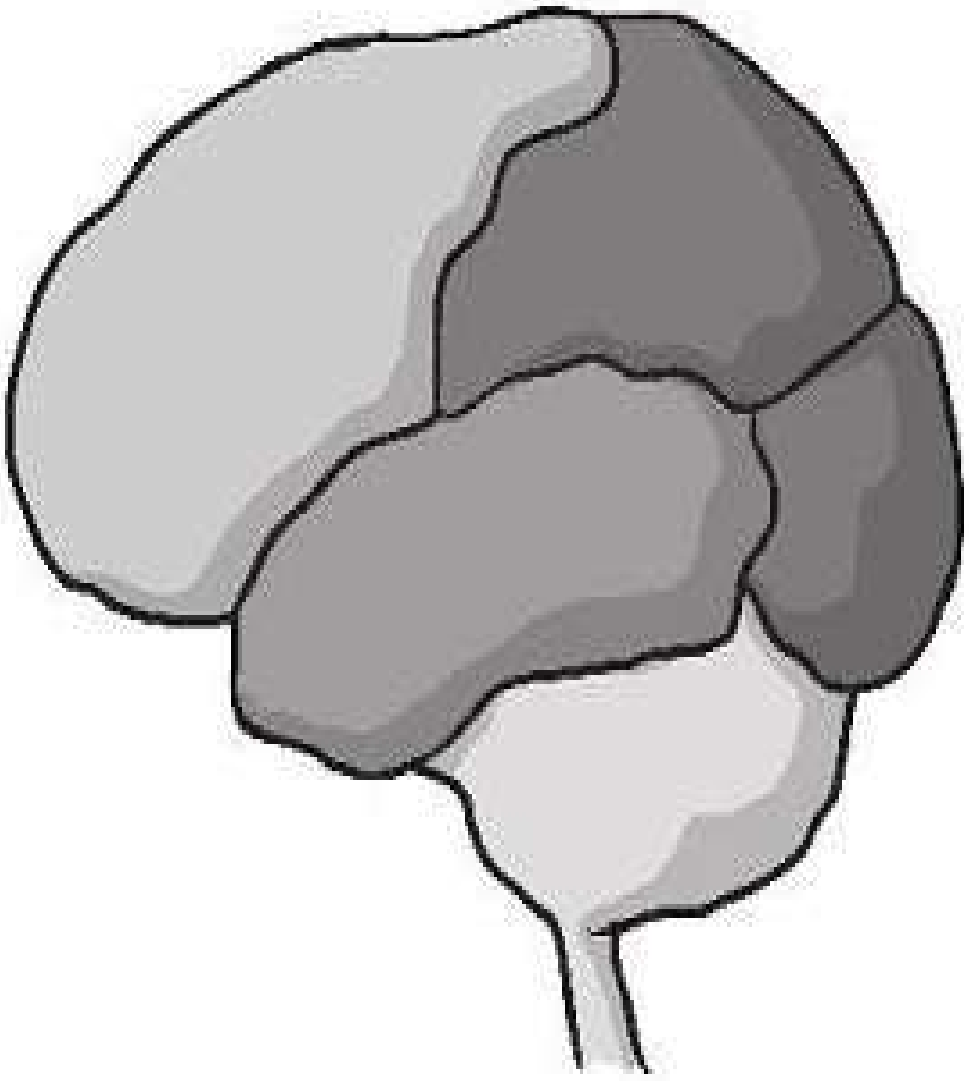
Experimento

Hagamos un experimento: coge un trozo grande de gomaespuma e intenta introducirlo en una caja pequeña. Para conseguirlo, tendrás que comprimirlo. Y, al hacerlo, se formarán circunvoluciones (contorsiones del tejido) similares a las que se aprecian en el cerebro.

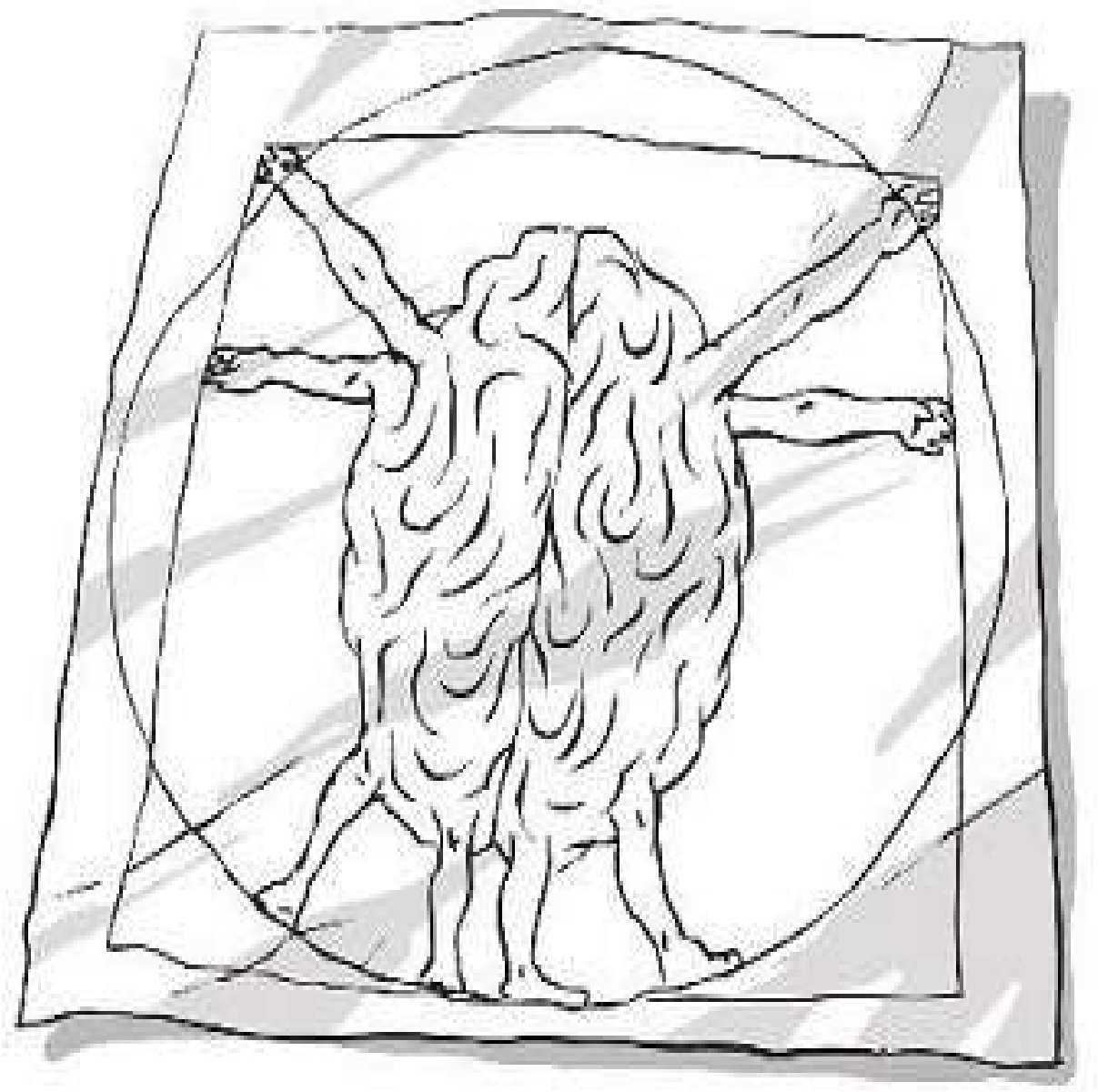
Si lo piensas detenidamente, es una especie de truco que usa la naturaleza para aumentar la superficie de la corteza y que, aun así, siga cabiendo dentro del cráneo.

Los investigadores dividen cada hemisferio de la **corteza** en cuatro partes denominadas **lóbulos:** frontales, occipitales, temporales y parietales. Cada una de estas áreas es responsable de tareas específicas. Los **lóbulos occipitales** se ocupan principalmente de la interpretación visual; cada parte gestiona un aspecto distinto de las imágenes recibidas, como el color, el movimiento o la forma. En los **lóbulos temporales,** en cambio, es donde reside la **corteza auditiva,** pero también nos permiten reconocer rostros y otras imágenes, estableciendo la conexión con las emociones apropiadas (ayudados, obviamente, por la amígdala, ¿recuerdas?).

En la parte superior del lóbulo temporal izquierdo se encuentra el área de Wernicke, que es exclusiva de nuestra especie, ¡gracias a ella comprendemos el significado del lenguaje! Los **lóbulos parietales** consiguen interpretar las informaciones procedentes del tacto, de los músculos y de las articulaciones, combinándolas con las señales que llegan de los ojos y de los oídos. Y así conseguimos hacernos una imagen del ambiente externo y de nuestro propio cuerpo, lo que nos permite movernos adecuadamente en el espacio que nos rodea. Si, por casualidad además, en nuestro interior habitara un apasionado de la aritmética o un gran lector, debemos dar las gracias en particular al lóbulo parietal izquierdo.



Llegamos por fin a los **lóbulos frontales.** Aquí, una parte se ocupa de los estímulos motores, enviando órdenes a la musculatura. Otras partes de estos lóbulos nos permiten programar acciones y recordar objetivos: es aquí donde se encuentra la denominada «memoria de trabajo», o «memoria a corto plazo», de la que hablaremos más adelante. Un poco más allá se encuentra la **corteza prefrontal,** y las cosas se ponen más serias. Esta es, quizá, el área más interesante, pero también la más complicada de descifrar de todo el cerebro. Parece que aquí residen algunas de las características que distinguen al ser humano, como la empatía, el sentido de la moralidad, la dignidad, la ambición. Es asombroso pensar cómo en un espacio relativamente pequeño se puedan gestionar funciones tan complicadas, aquellas que, en el fondo, son la base de nuestra «humanidad».



Hemisferios

Como ya hemos visto, **ambos hemisferios se comunican a través de 250 millones de fibras nerviosas que constituyen el cuerpo calloso.** Además, cada hemisferio parece estar especializado en una serie de tareas:

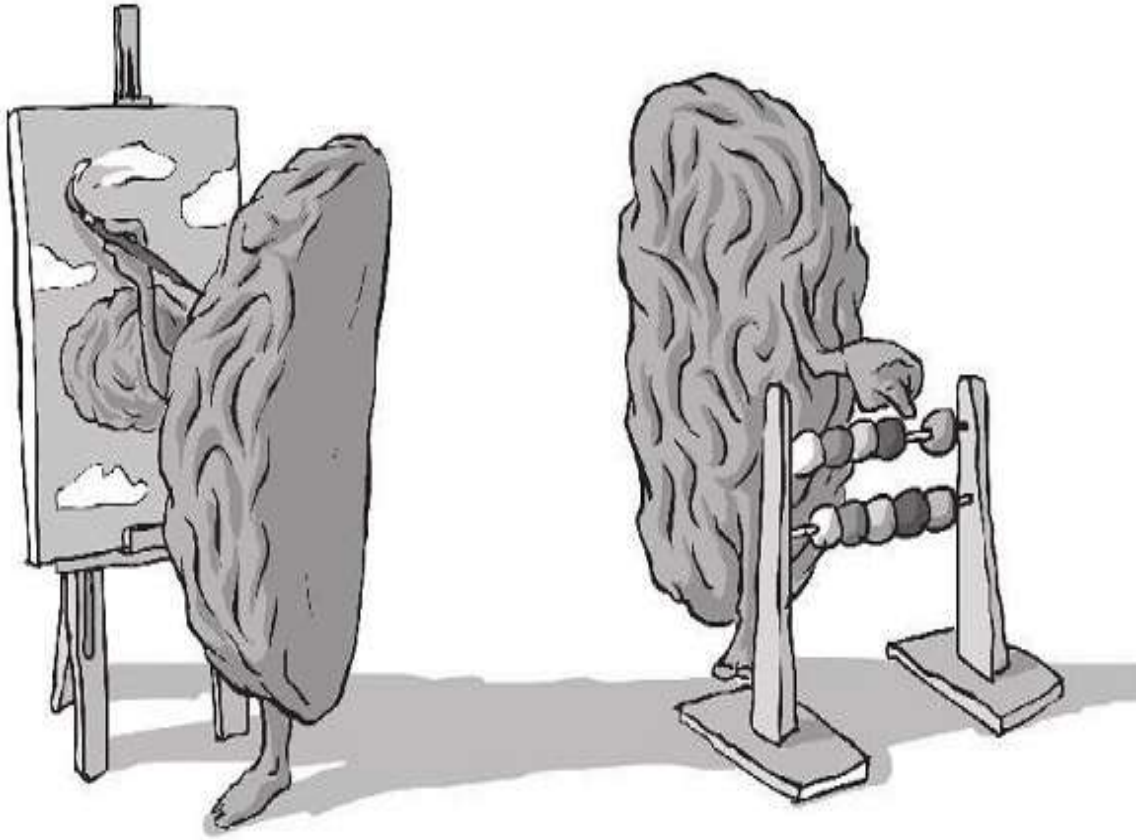
• La parte derecha del cerebro controla los músculos de la parte izquierda del cuerpo.

• Por el contrario, el hemisferio izquierdo controla la musculatura de la parte derecha.

• Lo mismo sucede con los estímulos sensoriales: los que llegan de los órganos de la derecha se transmiten a la parte izquierda del cerebro, y viceversa.

• El hemisferio derecho parece dominar todo lo relacionado con las habilidades espaciales, el reconocimiento de rostros, las imágenes visuales y la música.

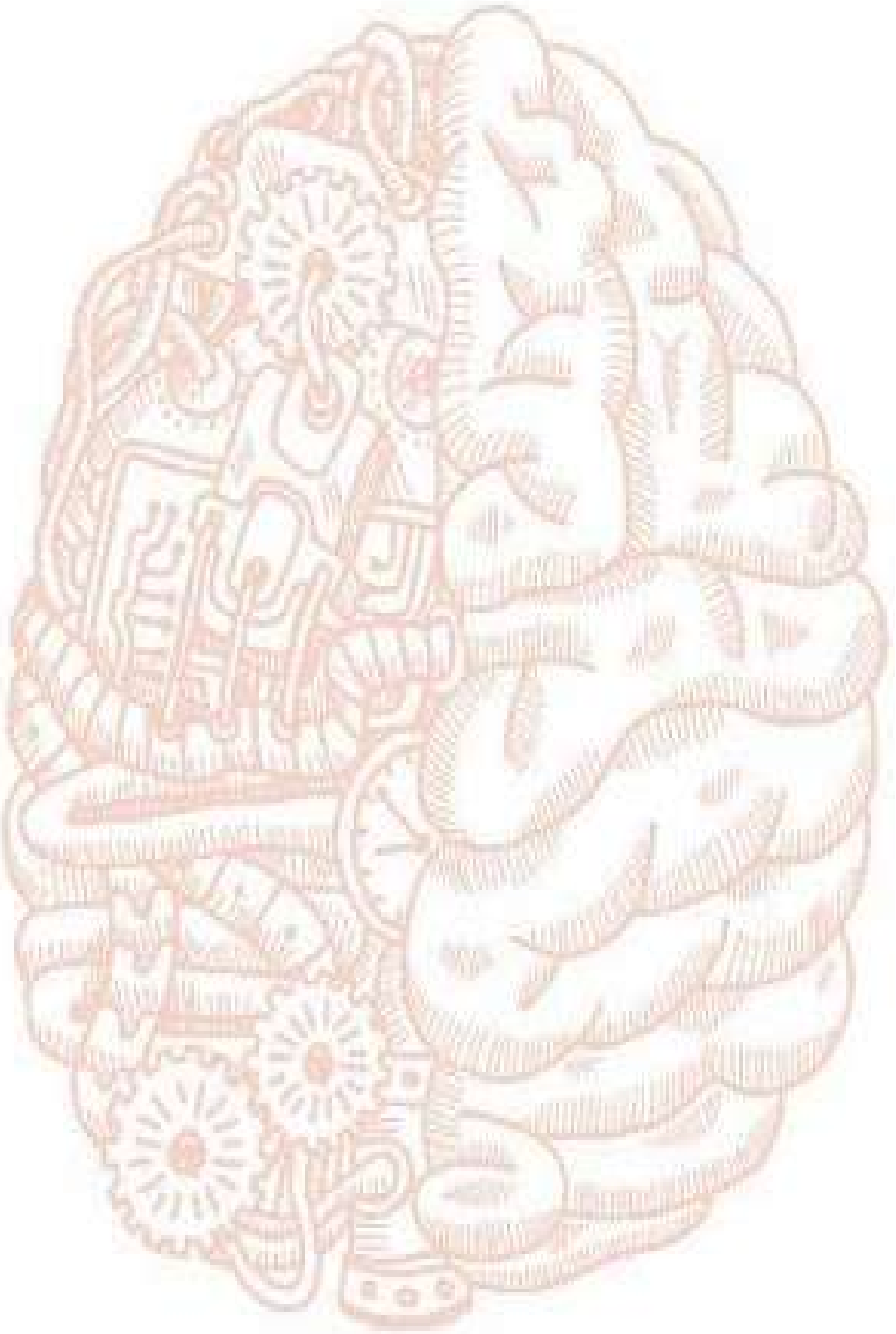
• El izquierdo podría estar, por el contrario, más involucrado en las habilidades matemáticas y lógicas.



De todos modos, todo esto son generalizaciones: si todo funciona como debe, ¡ambos hemisferios trabajan juntos con el máximo nivel de colaboración!

Por último, es necesario recordar que cada uno de nosotros tiene una parte del cuerpo dominante, que se refleja en una mano de preferencia (el 90% de la población privilegia la derecha, en contraposición con un 10% de zurdos), un pie de preferencia, un ojo y hasta un oído de preferencia.

En el 95% de los diestros, la parte izquierda del cerebro es la que se ocupa del lenguaje; lo mismo, sin embargo, sucede para el 6070% de los zurdos… Esto demuestra que las cosas no son siempre tan previsibles como podría esperarse, y que el cerebro, a veces, ¡encuentra soluciones inesperadas para desarrollar las mismas tareas!

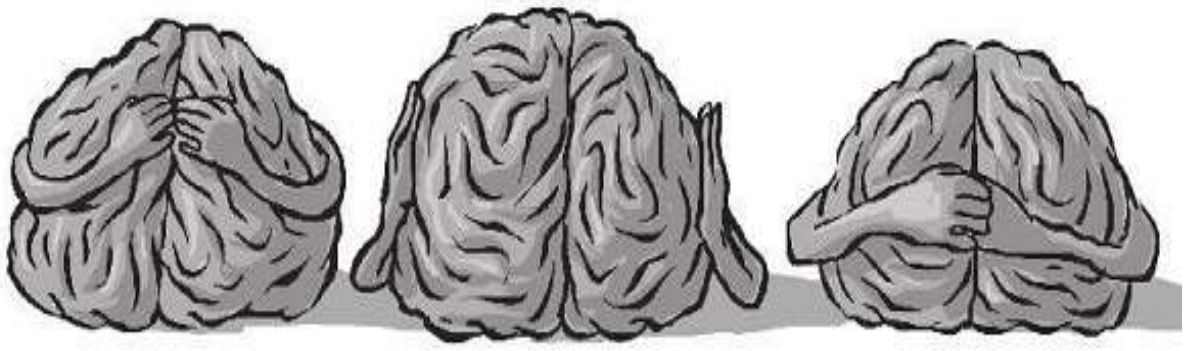


Capítulo 3

LOS 5 FANTÁSTICOS

¿Cómo consigue tu mano sentir la suavidad de una pluma, o tu nariz distinguir el perfume de una rosa o de un ciclamen? Es todo mérito del cerebro, que interpreta las informaciones procedentes de los órganos de los sentidos y que nos hace entrar en contacto con lo que es ajeno a nosotros. ¡Descubramos cómo!

EN ESTE CAPÍTULO SE HABLA DE…



Ver entre conos y bastones

Comencemos por la **vista** y dejemos algo claro desde el principio: con respecto a otras especies, ¡los humanos no somos precisamente los campeones de este sentido!

El ser humano, de hecho, solo consigue ver una pequeña porción del espectro electromagnético, es decir, del conjunto de ondas electromagnéticas que alcanzan nuestro planeta. La luz que nosotros vemos es una radiación comprendida entre los 380 y los 780 nanómetros. Existen, sin embargo, animales, como por ejemplo algunas serpientes, capaces de detectar la radiación infrarroja (es decir, inferior a los 380 nm) y usarla para cazar a sus

pobres presas; y otros, como los pingüinos, que ven la radiación ultravioleta (es decir, a frecuencias superiores a 780 nm).

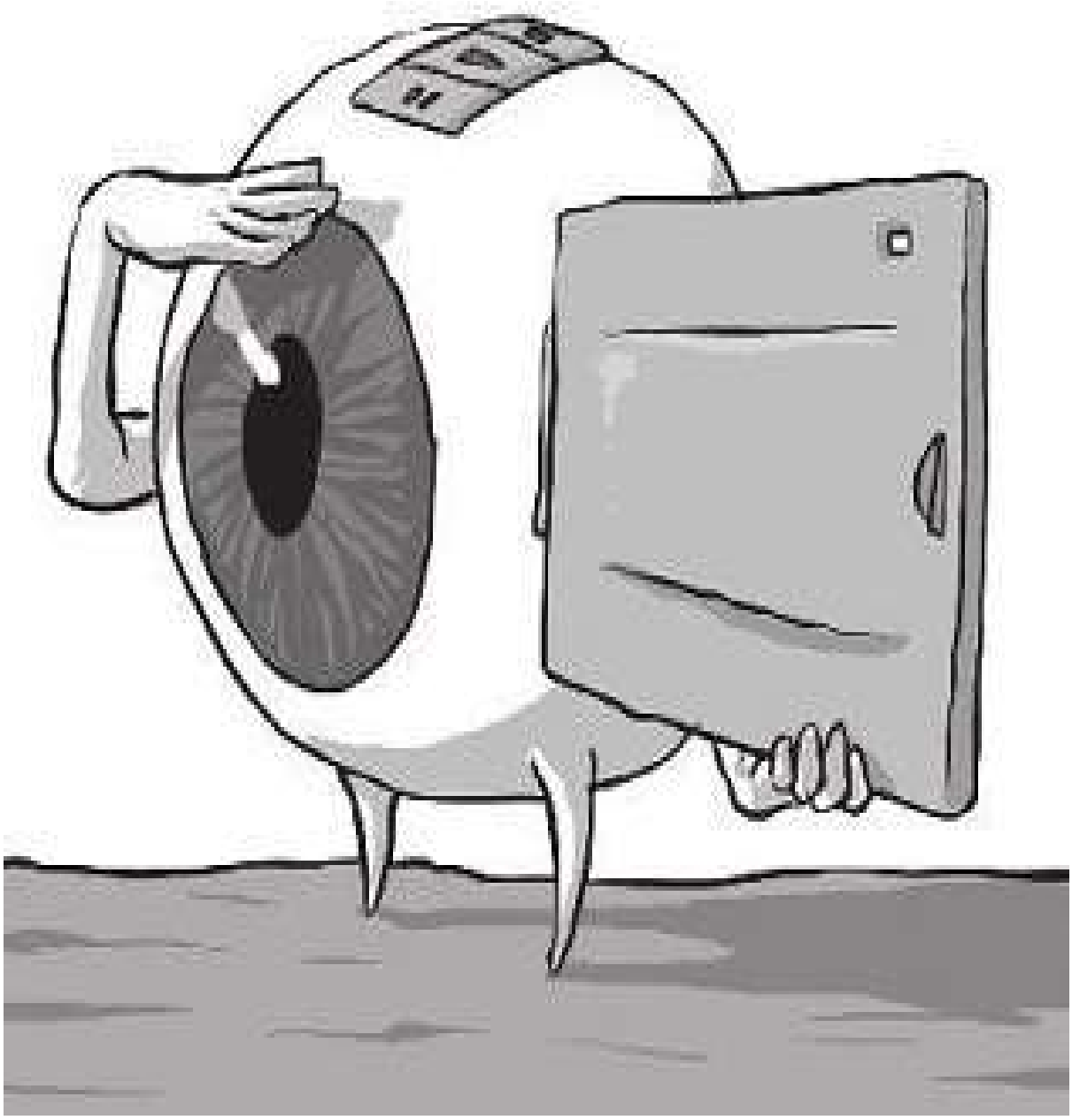


Esto quiere decir, entonces, que el color no depende tanto del objeto que se mira como del cerebro que lo observa: ¡el mundo de un pingüino o de una serpiente debe de parecer muy distinto del nuestro! Y no solo eso, sino que existen animales que poseen más de un par de ojos (¡algunas medusas tienen

miles!); otros que ven a una distancia el cuádruple de la nuestra (como algunos pájaros), o insectos como las abejas que pueden ver la luz polarizada, cosa que resulta imposible para nuestro ojo en estado natural. Afortunadamente, hemos inventado instrumentos ópticos que nos permiten superar nuestras limitaciones físicas y, en algunos casos, ¡aventajar a los que, por naturaleza, están mejor dotados que nosotros!

El ojo humano se parece un poco a una cámara de televisión (y no es casualidad, ya que las cámaras de televisión, en el fondo, se fabrican inspirándose en algunos de los mecanismos del ojo humano). Cuando la luz llega al ojo, atraviesa la córnea y la pupila. Esta última es una apertura controlada por el iris, esa circunferencia coloreada de azul, marrón o verde, dependiendo del tono de tus ojos. El iris es… ¡un músculo!, y su función es regular la cantidad de luz que se deja pasar al ojo. Una vez dentro de la cavidad ocular, la luz atraviesa una sustancia gelatinosa (que es la responsable de mantener una presión adecuada dentro del ojo), se filtra a través de una lente y, por último, llega a la retina. La retina es una membrana situada en la parte trasera de la cavidad ocular, formada por células que perciben la intensidad de la luz en todos los puntos del campo visual. Un buen viaje, ¿no te parece?

Las células de la retina se denominan **fotorreceptores.** A lo largo del siglo XIX, los investigadores descubrieron que existían fotorreceptores de dos tipos: **conos y bastones.** ¡Pero la diferencia no solo está en la forma!



Empezaremos por los conos: son menos sensibles a la luz, pero gracias a ellos podemos percibir el mundo en color. Las señales eléctricas generadas por los conos a través del nervio óptico son enviadas al cerebro, que, de este modo, puede traducir estos impulsos en colores.

Estas células funcionan bien cuando la luz es abundante, precisamente por esto no se pueden distinguir los colores cuando está oscuro. Hay, sin embargo,

quien no identifica demasiado bien los colores ni siquiera a plena luz. Preguntemos al químico inglés John Dalton (1766-1844) qué puede decirnos al respecto.



–Efectivamente, yo estudié este fenómeno, que toma su nombre de mí: el daltonismo.

–¿Y por qué se interesó precisamente en este trastorno?

–Porque yo mismo lo sufría, querido amigo. Todo surgió por un geranio. Mis amigos afirmaban que sus flores eran rojas. A mí, en cambio, sus flores me parecían celestes de día y de un rosa amarillento por la noche.

–¡Qué raro!

–Sí, la verdad es que es extraño, pero no es un fenómeno tan excepcional. Hay muchas personas daltónicas, y a menudo el trastorno se transmite entre los miembros de una misma familia.



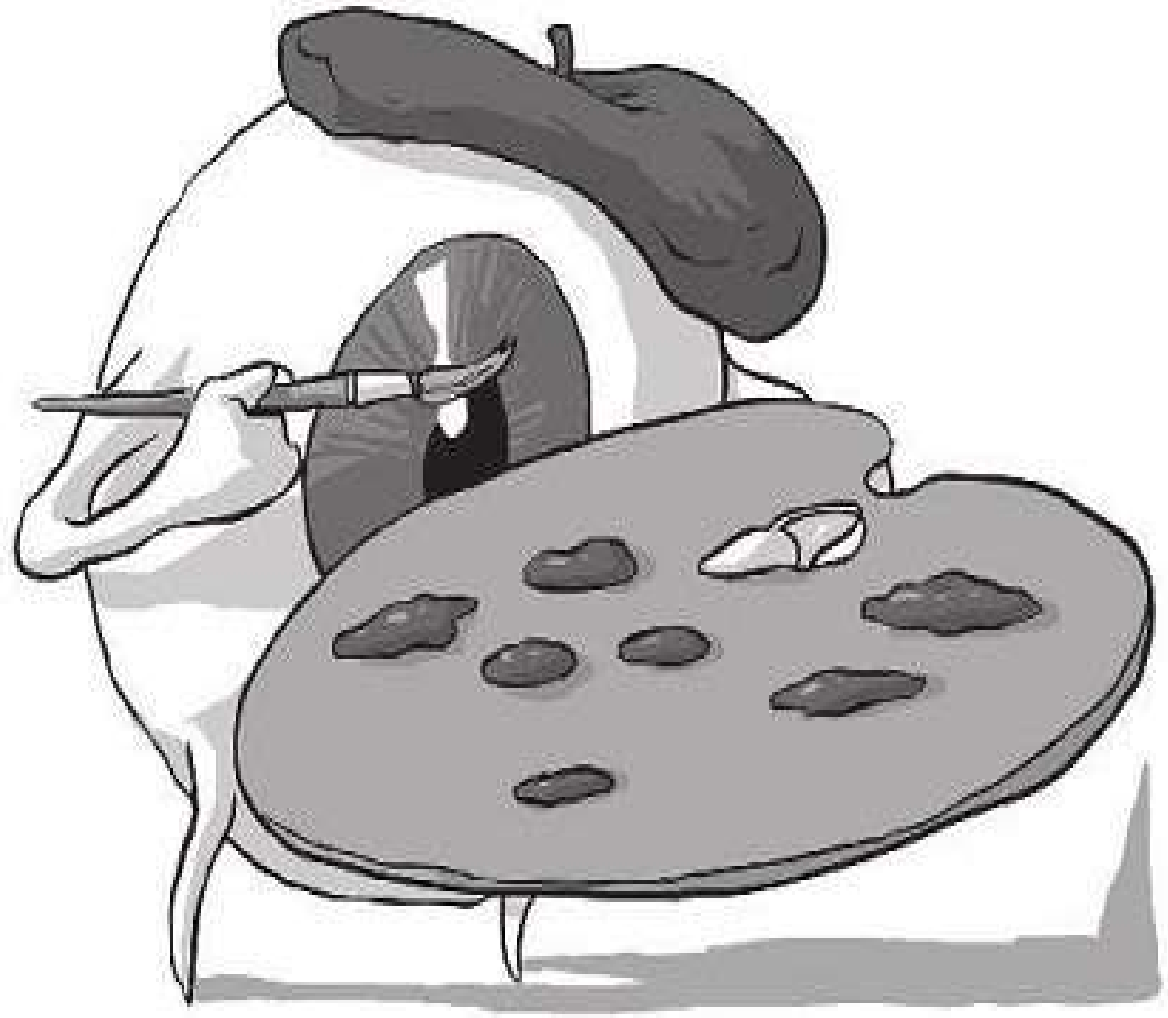
–¿Es cierto que tras su muerte sus ojos fueron analizados por los científicos?

–Humildemente he de reconocer que sí. Incluso fueron objeto de estudio de un equipo de investigadores de las universidades de Londres y Cambridge.

–¿Querían descubrir la causa de su daltonismo?

–Exacto, querido amigo.Y descubrieron que mi retina carecía de fotorreceptores sensibles a algunos colores, por decirlo de alguna manera. En mis tiempos, yo había dado una explicación distinta, pero resultó ser errónea al ser sometida a verificaciones científicas.

Los bastones, en cambio, son más sensibles que los conos a los cambios de luz y penumbra, a las sombras y al movimiento, y contienen un único tipo de pigmento sensible a la luz. Su número es superior al de los conos, y el ser humano posee cerca de 120 millones.



Experimento

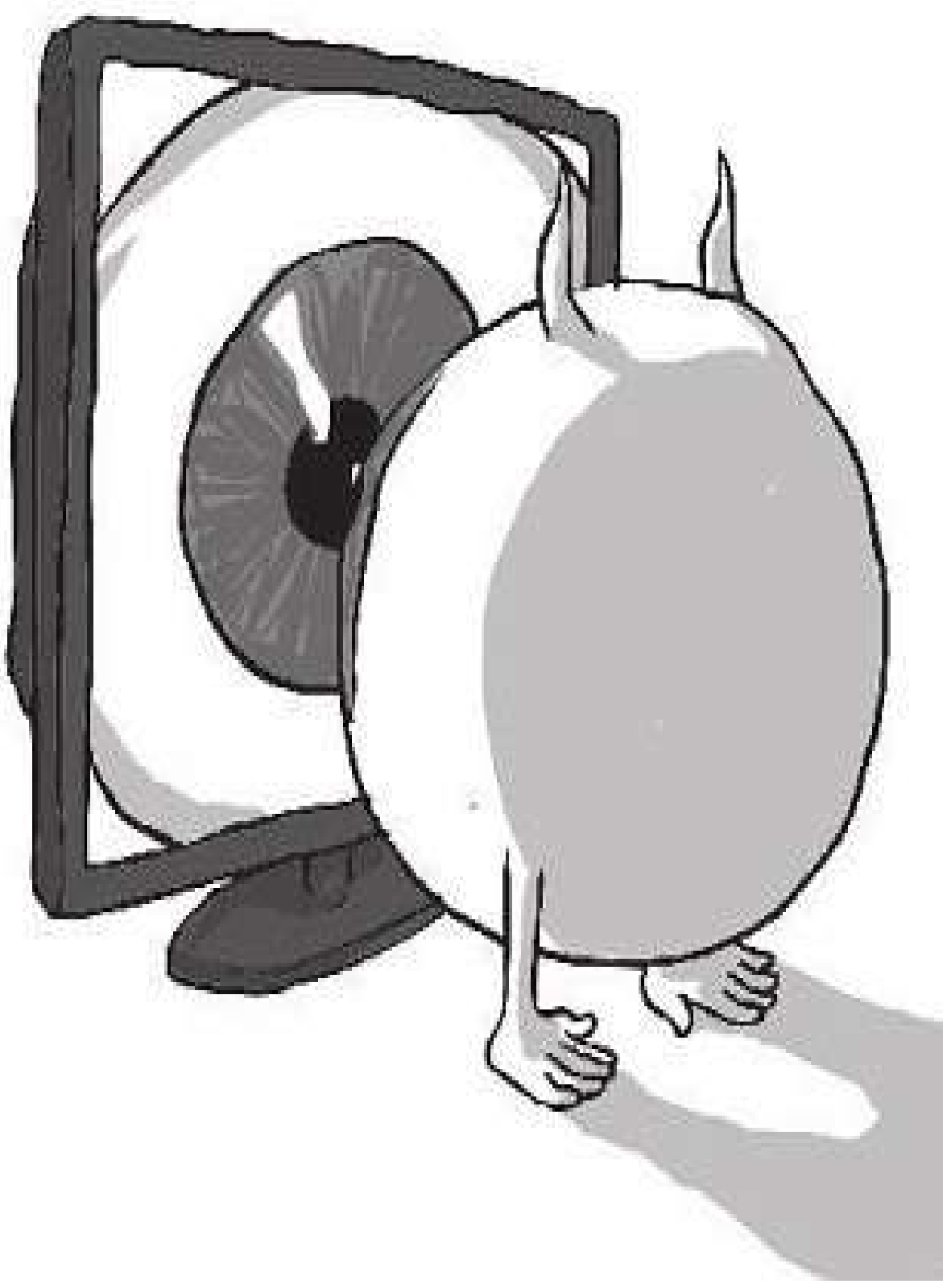
Podemos experimentar las diferencias entre conos y bastones entrando rápidamente en una habitación oscura. En un primer momento no se verá casi nada, pero (como se suele decir), poco a poco, el ojo se acostumbra.

¿Por qué? ¿Qué pasa? Cuando la luz desaparece, los bastones (que son las células que nos permiten ver en la oscuridad) se activan y toman el relevo de los conos; pero, para ello, necesitan unos segundos. Pasado el primer momento de desconcierto, los bastones empiezan a activarse y nosotros podemos finalmente distinguir las formas de los objetos y las personas que nos rodean en la oscuridad, sin poder, por el contrario, diferenciar los colores, ¿recuerdas? Los colores son tarea de los conos, ¡que a oscuras no funcionan bien! Lo contrario sucede cuando la luz se enciende de repente. En ese

momento, los bastones se saturan, ¡para ellos hay demasiada luz! Y nosotros no vemos nada… Pero pronto todo vuelve a la normalidad, porque los conos empiezan a funcionar de nuevo y a hacerse cargo de la situación.

En la retina hay otras neuronas que interactúan con los fotorreceptores y, posteriormente, transforman la imagen antes de enviarla al cerebro. Lo que se proyecta en la retina, sin embargo, es un mundo bastante extraño: primero, es bidimensional (un poco como aparece sobre una pantalla de televisión), luego, está del revés, pero, afortunadamente, nuestro cerebro es capaz de interpretarlo incluso estando boca abajo.

Por último, existe un punto ciego en el que no hay fotorreceptores, porque es el lugar en el que los nervios ópticos, ubicados uno al lado del otro, salen del ojo para dirigirse al cerebro. Existe, por tanto, un punto del ojo que no puede ver: podemos experimentar este fenómeno muy fácilmente.



Experimento

Prueba a taparte el ojo derecho con una mano y, con el izquierdo, mira la cruz que ves aquí abajo. Acércate lentamente a la página. En un cierto momento, la bolita desaparecerá como por arte de magia: ¡ese es el punto ciego! El experimento se puede hacer al contrario, cubriendo el ojo izquierdo y observando la bolita: en un cierto momento, será la cruz la que desaparecerá.





Los nervios que surgen de ambos ojos se entrecruzan luego en el quiasma óptico, que permite que las informaciones se mezclen, al menos en parte.A continuación, las fibras llegan a tres áreas distintas del cerebro: dos se encuentran en el tronco encefálico y producen reflejos inconscientes, como algunos movimientos rápidos de las pupilas; la tercera se encuentra en el tálamo, que posteriormente envía señales a la corteza visual, en el lóbulo occipital del cerebro. Llegados a este punto, el cerebro debe trabajar para decodificar la información que se le proporciona. No es una operación fácil, debe establecer la luminosidad de las distintas partes del objeto observado, la distancia a la que se encuentra, analizar el movimiento, etcétera. En resumen, cada imagen se interpreta del modo correcto y, por lo general, ¡es una operación que se desarrolla muy deprisa! Por ejemplo, al bajar una cuesta en bicicleta, el paisaje cambia muy rápido frente a tus ojos y tienes que tener agilidad para calcular las distancias y reconocer los obstáculos si no quieres encontrarte en el suelo lleno de arañazos y moratones…



Detrás de una mirada

Hay trastornos muy particulares que nos permiten comprender más o menos cuál es la magnitud del trabajo que hay detrás de una mirada, incluso la más simple. Por ejemplo, hay personas que no son capaces de reconocer rostros conocidos, ni siquiera los de sus propios hijos, a causa de lesiones que, por lo general, están relacionadas con un área cerebral denominada «giro fusiforme», especializada en la interpretación de las caras.

Hay personas que ven el mundo como a saltos: se ven afectados por una ceguera motora. Para ellos, los objetos, las personas, los animales no se desplazan a lo largo de un continuo, sino como en una película en la que se salta de un fotograma a otro.

También hay personas que no son capaces de calcular la profundidad de campo, porque su cerebro no ha aprendido a interpretar de modo simultáneo las informaciones procedentes de ambos ojos.

Para nosotros, que hacemos todas estas operaciones sin darnos cuenta, son cosas que damos por sentado, pero basta detenerse un momento a reflexionar sobre estos fenómenos para comprender la complejidad de la maquinaria que hay tras ellos.

Escuchar entre caracol y martillo

Al igual que la luz, el sonido se transmite a través de ondas, cuya forma y frecuencia determinan la altura y la intensidad del sonido. El oído humano es capaz de percibir frecuencias comprendidas entre los 20 y los 20.000 Hz (magnitud que se lee «hercio»). Pero en este sentido también hay ejemplos del reino animal que nos superan con creces: los delfines pueden escuchar hasta los 100.000 Hz de frecuencia, y los elefantes parten de sonidos más bajos, son capaces de percibir sonidos inexistentes para nosotros, ¡de apenas 1 Hz!

Los ratones y las ratas tampoco están nada mal dotados de oído y abarcan rangos muy amplios (desde los 1.000 a los 90.000 o 100.000 Hz). Luego están los murciélagos, que no solo escuchan hasta los 120.000 Hz de frecuencia, sino que además usan sofisticados radares para cazar.

Las serpientes, a diferencia de lo que afirman los famosos «encantadores» con sus flautas, no pueden escuchar esos «mágicos» sonidos porque no tienen oído externo.



¡Pero volvamos a nosotros, los humanos! **Para el ser humano, el oído, como es natural, tiene una gran importancia, aunque para suplir la ausencia de este sentido se hayan desarrollado lenguajes y culturas que no tienen nada que envidiar a los de los oyentes.**

Comprender el mecanismo a través del cual se decodifican los sonidos no ha sido fácil. De hecho, desde la Antigüedad, son muchos los que se han dedicado al estudio del oído y de todas las estructuras internas que nos permiten oír.

Podríamos pedirle más información al respecto al gran fisiólogo americano Hallowell Davis (18961992), ¡al fin y al cabo fue uno de los padres de la investigación moderna en el campo audiológico! –¡Encantado de responderos! Desde siempre me han interesado el oído y los mecanismos a través de los que se interpretan los sonidos.



–¿No es un poco aburrido?

–Al contrario, se trata de un fenómeno extremadamente fascinante, prácticamente se pueden ver con los ojos las ondas sonoras que penetran a través del oído externo y llegan al tímpano.

–¿Tímpano? ¿Es una especie de tambor?

–Efectivamente, se trata de una membrana muy delgada que vibra con las ondas.

–Como si las ondas sonoras fueran las baquetas de un batería y el tímpano… ¡un tambor!

–Exacto. Esta vibración se transmite más internamente a una serie de huesecillos: el martillo, el estribo y el yunque.

–¿Y dónde se encuentran?

–Se encuentran en una cavidad interna del oído que, a través de la trompa de Eustaquio (que toma su nombre de Bartolomeo Eustachio, el primer estudioso que describió este canal), desemboca en la faringe.

–¡Quizá por eso con la gripe y los resfriados a veces también duelen los oídos!

–Eso es, como ves, ambos aparatos están conectados. Pero no nos perdamos en este laberinto. De los tres huesecillos de los que hablábamos antes, las vibraciones pasan a la cóclea, una estructura cuyo nombre deriva del latín y que significa «caracol», en referencia a su forma enroscada.

–¿Y en la cóclea las ondas se propagan por el aire?

–Buena pregunta: la respuesta es… ¡no! La cóclea está llena de líquido. En su interior, en el denominado «órgano de Corti», se encuentran las células ciliadas.

–Y eso ¿qué son? ¡¿Células con pestañas?!

–Bonitas, ¿verdad? Estas células cumplen más o menos el mismo tipo de función que los conos y los bastones que hemos visto en el ojo.

–Entonces, cuando son estimuladas por un sonido, estas células envían una señal eléctrica al cerebro.

–¡Exactamente! Del órgano de Corti, el impulso eléctrico se transmite a las demás neuronas. Las informaciones procedentes de ambos oídos se acoplan en el tronco encefálico.

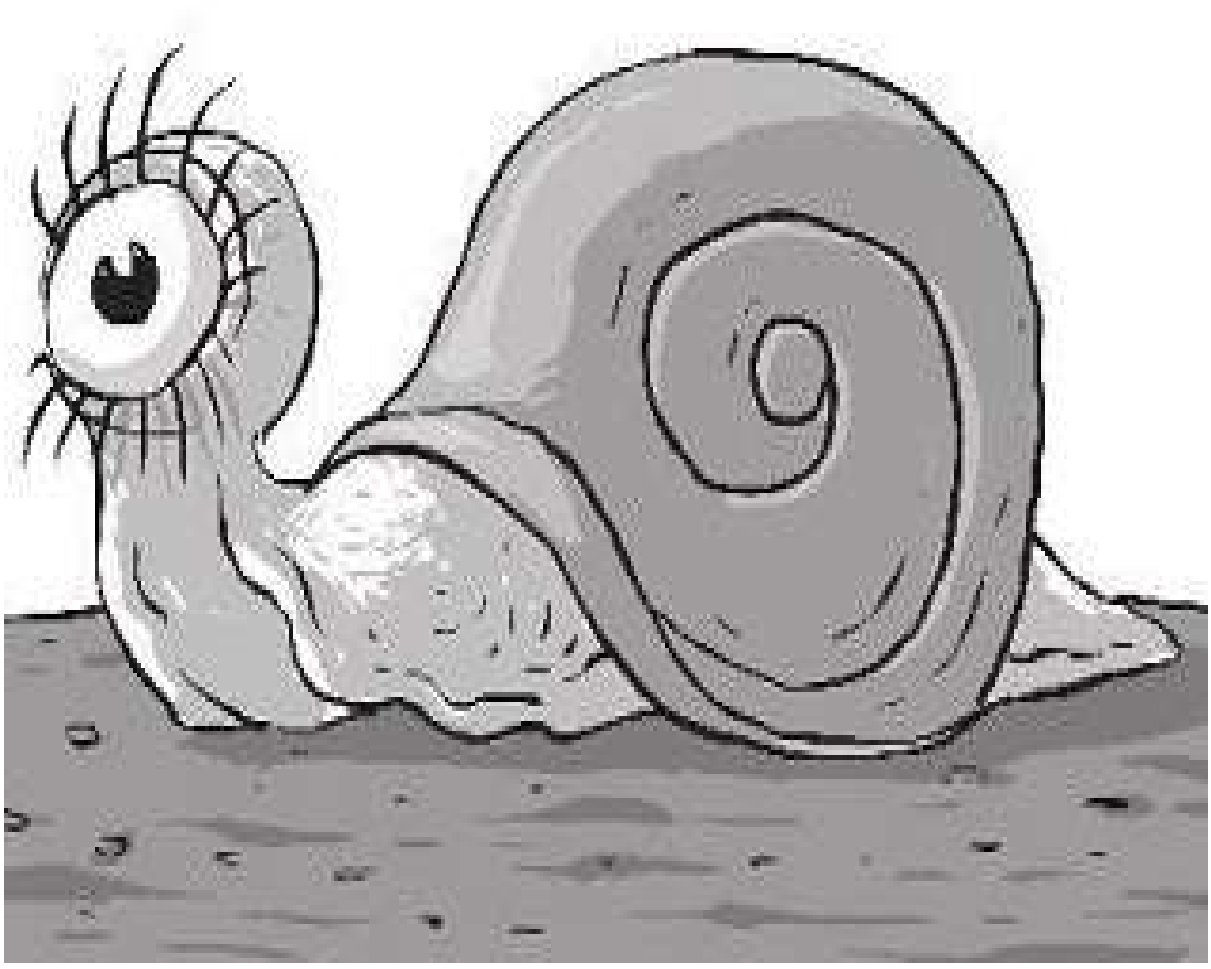
–¿Qué pasa con el mensaje una vez llega al cerebro?

–Que debe ser interpretado, naturalmente.

–Eso ya lo tengo claro, quería saber qué tipo de operaciones realiza el cerebro…

–El cerebro debe decidir qué tipo de sonido ha escuchado y de dónde procede. Estas dos operaciones se desarrollan en regiones distintas y se concluyen independientemente la una de la otra.

–Entonces, ¿podría darse que mi cerebro fuera capaz de indicarme de dónde proviene un sonido pero no supiera de qué tipo de sonido se trata?





–¡Exacto! Por ejemplo, podrías ser capaz de identificar de dónde proviene el rugido de un león, pero no identificar qué tipo de sonido es. ¡Ja, ja! No me gustaría estar en tu pellejo en ese caso…

–¿Cómo logra el cerebro es-

tablecer la procedencia del so-

nido?

–Se basa en la diferencia en los tiempos de escucha entre los dos oídos: si un sonido procede de delante o de detrás, alcanza a la vez ambos lados de la cabeza; pero si llega de la derecha o de la izquierda…

–¡Claro! ¡Llegará primero a un oído y luego al otro!

–Verás, ese intervalo de tiempo casi imperceptible permite al cerebro decidir de qué parte proviene el sonido. Para los sonidos agudos, hay además una diferencia de intensidad: un sonido procedente de la derecha resulta más intenso en el oído derecho que en el izquierdo, y la conclusión se extrae rápidamente.

–¿Y para descifrar la naturaleza del sonido?

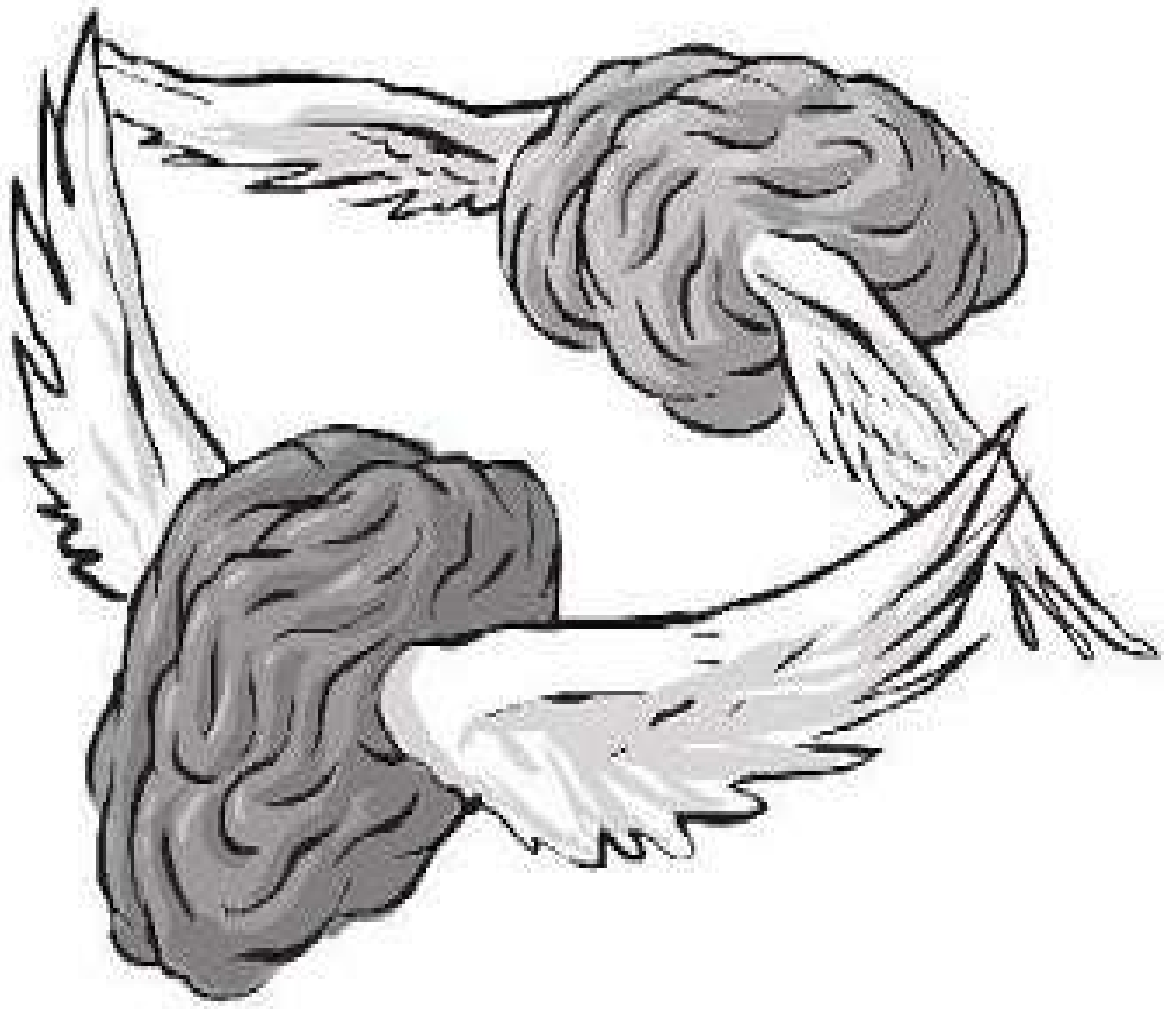
–Ese es un tipo de tarea completamente distinta. Entran en juego neuronas especializadas en identificar señales de máxima importancia: piensa por ejemplo en el canto de los pájaros. Cada canto tiene un significado específico, esencial para encontrar un compañero

con el que reproducirse o para

delimitar un territorio.

–¿Hay, entonces, neuronas en el cerebro de los pájaros que reaccionan solo cuando escuchan ciertas melodías?

–Así es.

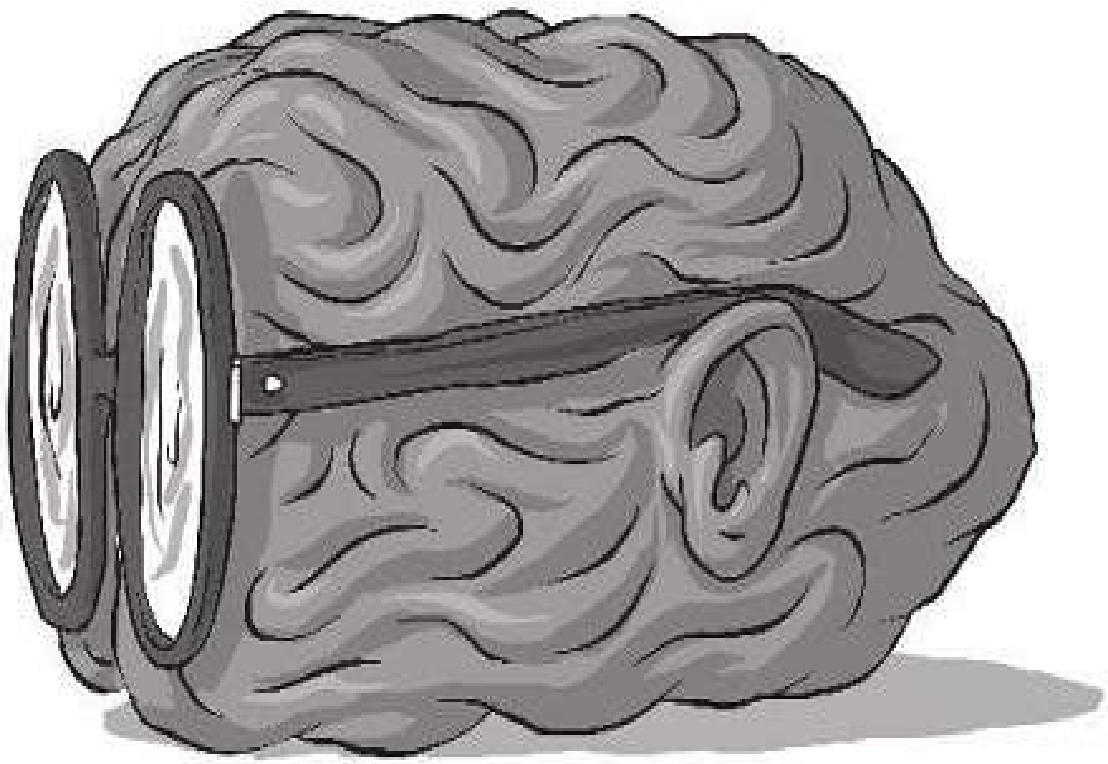


–¿Y en el ser humano?

–El cerebro del ser humano posee áreas específicas destinadas al reconocimiento del lenguaje, y las experiencias vitales de cada individuo pueden modular esta capacidad. Los recién nacidos, por ejemplo, son capaces de reconocer los sonidos de cualquier idioma. En teoría, se podría decir que un recién nacido –¡afortunadamente para él!– entiende mejor que tú el japonés, porque distingue sonidos que desde hace mucho, muchísimo tiempo, tú tiendes a ignorar.

Para terminar con el tema del oído, es interesante recordar que un estudio reciente destaca una característica de nuestro cerebro de la que ya hemos hablado y sobre la que profundizaremos más adelante: la plasticidad. Es un hecho demostrado que las personas sordas de nacimiento experimentan una mejora considerable de la visión periférica. Estas personas, por tanto, ven

mejor los objetos que se encuentran en los límites de su campo visual, porque algunos de los circuitos neurales que han quedado inutilizados a causa de la sordera se dedican a desarrollar una función distinta de aquella a la que estaban destinados en un primer momento.



Tener olfato…

Quizá en nuestro pasado evolutivo el **olfato** fuera un sentido que gozara de mayor consideración, por algo son muchas las especies cuya existencia y supervivencia se fundamentan en él. No obstante, en nuestra sociedad evolucionada el olfato conserva una cierta importancia: pensemos, por ejemplo, en el mercado de la perfumería o, por el contrario, en cómo la contaminación resulta tóxica también por los olores que emana.

Las moléculas químicas que conforman los distintos olores penetran en nuestra nariz, y las pobrecillas se disuelven en la mucosa que recubre una membrana que se llama epitelio olfativo. Sobre esta membrana se encuentran unas células ciliadas que perciben los olores gracias a unos receptores a los que se adhieren las moléculas del olor. El ser humano tiene 40 millones de **receptores olfativos.** ¿Te parecen muchos? ¡Pues piensa que un pastor alemán tiene 2.000 millones! **Los receptores son de diferentes tipos y cada olor puede activar varios simultáneamente.**

C

Estas células, para variar, mandan impulsos eléctricos al cerebro: de cada una de ellas surge una fibra que llega hasta el bulbo olfativo. En ese momento, la señal se envía a otras áreas del cerebro, entre las

que se cuentan la **corteza olfativa,** el hipocampo, la amígdala y el hipotálamo. Algunas de estas regiones forman parte del sistema límbico, que está involucrado en la producción de las emociones y la memoria, por eso, a veces, un olor puede sobresaltarnos al recordarnos, quizá, un momento

concreto de nuestra vida.



Sin embargo, cuando la nariz está «cerrada», es decir, cuando pillamos un buen resfriado, no somos capaces de percibir olores, ni buenos ni malos. Esto sucede porque su medio de transporte, esto es, las moléculas químicas que viajan por el aire, no llegan a los receptores del epitelio olfativo a causa de la obstrucción de los canales.

¡… y tener gusto!

El sentido del **gusto** tiene un mecanismo muy similar al que acabamos de ver para el olfato. Efectivamente, este sentido está relacionado con moléculas que representan distintos sabores.

Más concretamente, se han llegado a definir cinco sabores básicos: ¿sabes cuáles son? Piensa sobre ello y, al final de este epígrafe, encontrarás la respuesta. En cualquier caso, de la combinación de estos sabores básicos surge una infinidad de variantes que pueden ser más o menos de nuestro agrado.



Como nos hace ver Luigi Luciani (1840-1919), un destacado investigador italiano cuyos estudios abarcan desde el corazón al cerebro, en lo que respecta al gusto no es posible un paso gradual entre los diferentes sabores.

–Al contrario de lo que sucede para la vista con los colores, o para el oído con los sonidos, los sabores no se pueden distribuir en una escala de tonos ascendentes o descendentes. **–¡Es verdad! ¡No me había dado cuenta!**

–Acuérdate de esto: los diferentes sabores no tienen una conexión entre sí. Es más, durante mucho tiempo los investigadores afirmábamos que en la lengua existían diversas zonas destinadas a percibir únicamente un tipo de sabor.

–¿Y es así?

–¿Por qué me lo preguntas? En realidad, lo puedes descubrir tú mismo.

–¿Cómo?

–Según el mapeo de la lengua aceptado tradicionalmente, el sabor salado solo es perceptible en los lados. En realidad, si te fijas, te darás cuenta de que la punta de la lengua también es capaz de percibir el sabor salado.

–Entonces, ¡el mapeo estaba equivocado! Y el salado es uno de los cinco sabores, pero eso era fácil de adivinar. Gracias de todas maneras por insinuarlo.

Las estructuras capaces de percibir los sabores son las denominadas **papilas gustativas.** Tienen forma de bulbo, se parecen a una cebolla, y el ser humano posee unas 10.000 distribuidas por la lengua. Cada papila está constituida por entre 50 y 150 células, cada una de las cuales manifiesta una preferencia por uno de los sabores de base.

De la lengua parten dos nervios craneales que, junto con un tercero procedente de la parte trasera de la boca, transportan la información al tronco encefálico. Desde aquí, el mensaje va al tálamo y, posteriormente, a la corteza cerebral. En este caso, el sistema límbico también está parcialmente involucrado, junto con el hipotálamo y la amígdala, y, de hecho, los olores no son los únicos capaces de provocar emociones y recuerdos, el sabor de una comida que nos gusta puede tener el mismo efecto.

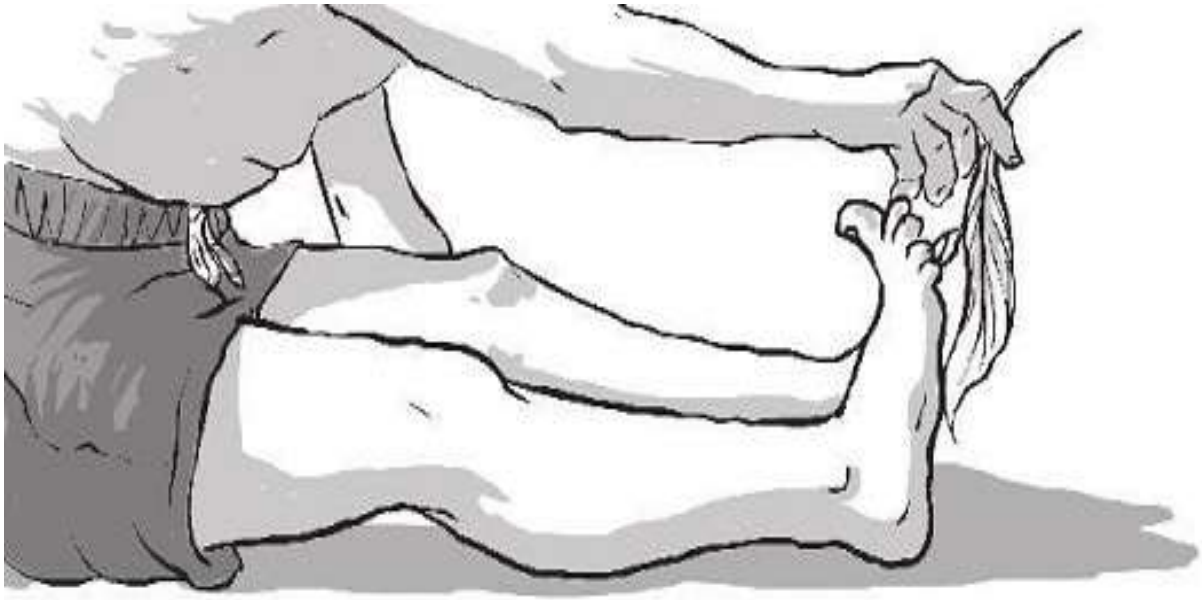


Ups… El epígrafe ha terminado, y es momento de desvelar cuáles son los cinco sabores fundamentales. Pues bien, además del salado, como hemos aprendido antes, están el dulce, el amargo, el agrio y el *umami*. ¿Habías escuchado alguna vez hablar del *umami*? Probablemente lo hayas experimentado muchas veces, porque esta palabra es el término japonés que se utiliza para describir el sabor característico de la carne cocinada, o de las setas, o del glutamato monosódico (que es un aditivo presente en muchos alimentos).

¿Habías adivinado, al menos, los cuatro primeros sabores?

Toque mágico

¿Alguna vez has intentado hacerte cosquillas a ti mismo? ¿Lo has conseguido? Si alguien apostara algo a que no, sin duda alguna, ganaría. No es posible hacerse cosquillas a sí mismo, porque una parte del cerebro consigue prever las consecuencias sensoriales de los movimientos que efectuamos.





Ya en su día Charles Darwin (18091882), el gran naturalista inglés, famoso por la teoría de la evolución a través de la selección natural, se interesó por el estudio de las cosquillas.

–Sí, es cierto. Me di cuenta de que la reacción a las cosquillas es un tanto especial: si no sabes exactamente dónde vas a ser «atacado», te entran

aún más ganas de reír.

–Es verdad, si alguien finge que va a hacerme cosquillas en el cuello y luego, a traición, me las hace en la tripa… ¡es el fin!

–Quizá precisamente por esto uno no pueda hacerse reír a sí mismo con las cosquillas, ¡porque siempre sabe con antelación dónde va a hacérselas!

–Sí, uno no se puede autoengañar.

–Imagínate, en mí época no existía nada parecido, pero en los últimos años, algunos investigadores han conseguido construir una máquina para hacerse cosquillas uno mismo.

–¡Qué bromistas estos investigadores!

–Querían saber exactamente cómo conseguimos gestionar un estímulo de este tipo. De este modo, fueron capaces de observar que un retraso de un quinto de segundo entre el momento en el que se pulsa el botón y el momento en el que se acciona la máquina es suficiente para engañar al propio cerebro y sentir las cosquillas.

–La verdad es que hace falta muy poco para restablecer el efecto sorpresa.

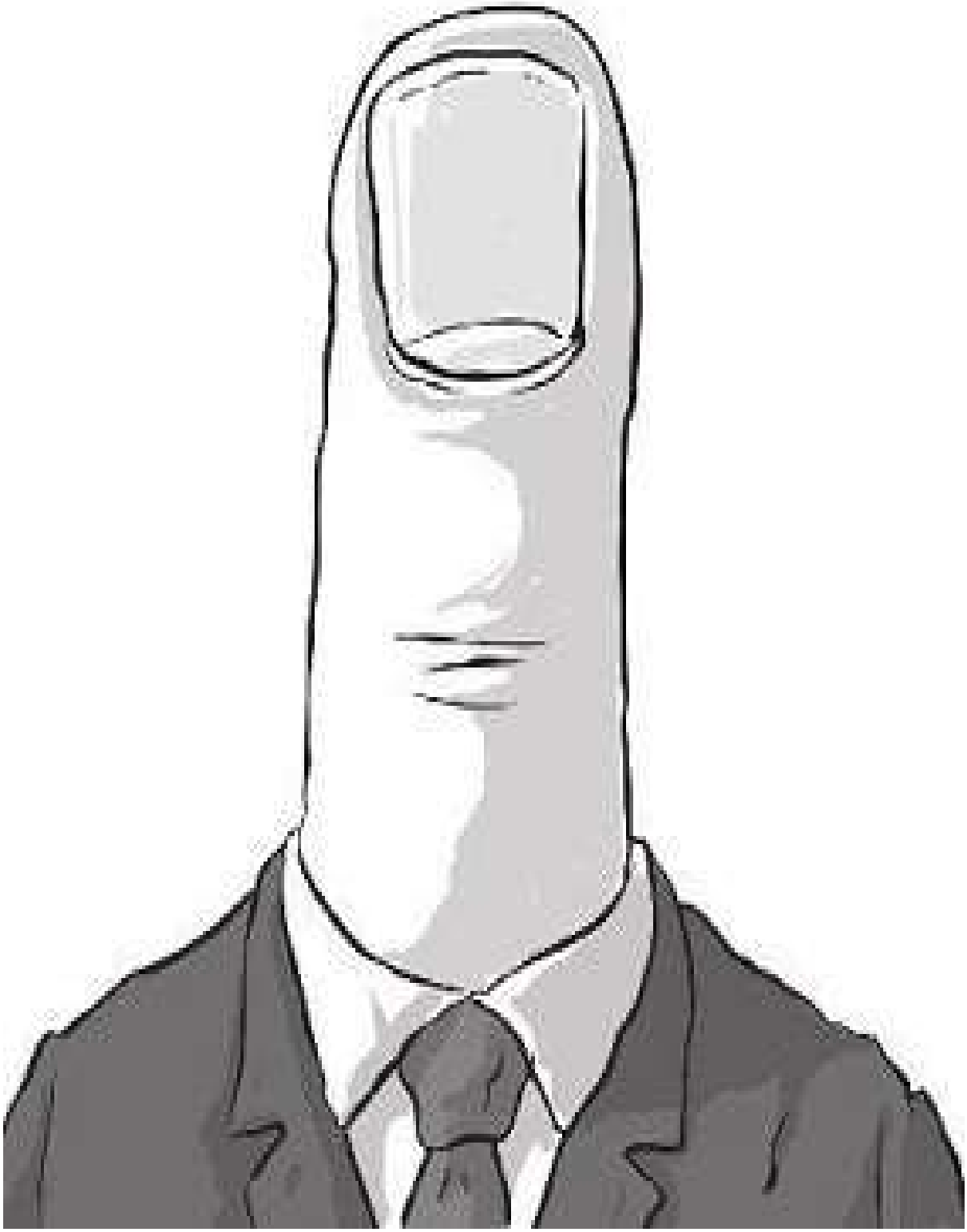
–Sí, la verdad es que sí. Los investigadores identificaron una área en el cerebelo que permite distinguir las sensaciones previstas de las inesperadas.

–Después de todo, creo que voy a seguir haciéndoles cosquillas a mis amigos… ¡para reírme a sus espaldas!

Esta conversación sobre las cosquillas nos presenta el último de los cinco sentidos: el **tacto.**

Primeramente, hay que aclarar que por tacto no entendemos solamente la sensación de tocar algo con la mano: **toda la superficie de nuestro cuerpo es, por así decirlo, táctil.** Si nos hacen una caricia en una mejilla, la sentimos. Si nos rozan un hombro, nos damos cuenta. Y si nos dan un pellizco en el brazo, percibimos algo que quizá calificaríamos de doloroso.

El cuerpo está, efectivamente, recubierto de piel, que está compuesta por una capa más superficial (la epidermis) y una capa más interna (la dermis).



Por la piel se esparcen muchísimas terminaciones de células nerviosas que tienen diferentes funciones. Algunos de estos receptores microscópicos captan la presión, otros la vibración, otros la temperatura. Hay incluso células que se activan cuando arrancamos un pelo: sí, efectivamente, en la piel se encuentran los folículos donde nacen vellos y cabellos, ¡y no me digas que no

experimentas dolor cuando te arrancas uno, ya sea por error o a propósito! Los diferentes receptores tienen formas distintas, dependiendo de su función. Cuando un estímulo determinado provoca la activación de uno de estos sensores, se transforma en un impulso eléctrico que viaja a través de la fibra y luego es

enviado al cerebro, que descifra de qué tipo de estímulo se trata, ya sea de naturaleza eléctrica, térmica, mecánica o un largo etcétera.



Como puedes intuir, algunas partes del cuerpo son más sensibles que otras, dependiendo del número de receptores de que dispongan, como es previsible, al menos en nuestra especie, la mayor concentración se encuentra en los dedos de las manos, que, al fin y al cabo, son la estructura diseñada específicamente para tocar. Si intentas tocar la superficie de una naranja con la rodilla en lugar de con el índice, te darás cuenta tú solo de la diferencia.

La extensión de la zona del cerebro que analiza las informaciones procedentes de una parte concreta del cuerpo depende del número de receptores presentes en ella. Pongamos un ejemplo: aunque las piernas

ocupan una superficie del cuerpo mucho mayor que el rostro, este último posee en el cerebro un espacio bastante mayor que las piernas. Esto se debe a que el rostro tiene más receptores (y es, efectivamente, más sensible) que las piernas, y, por tanto, el cerebro le dedica un área mayor para interpretar las informaciones que proceden de todas sus terminaciones nerviosas.

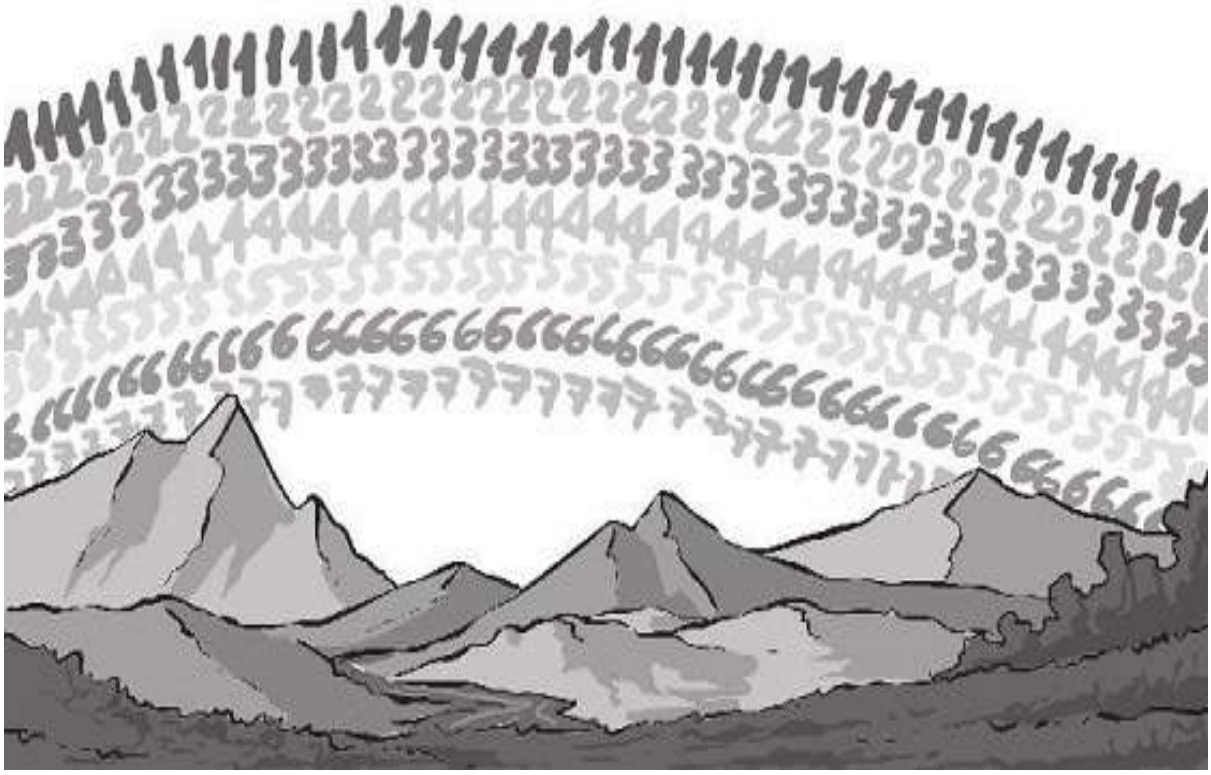
Los receptores sensoriales no se encuentran solo en la piel. Un grupo concreto de sensores, denominados «propioceptivos», ubicados en los músculos, los tendones y las articulaciones, por ejemplo, envían información sobre la postura del cuerpo y sobre la tensión muscular. Gracias a ellos comprendemos la posición de una pierna o un pie incluso cuando tenemos los ojos cerrados. Puede que sea algo que demos por sentado, pero la **propiocepción** es una habilidad fundamental sin la cual sería complicado efectuar hasta el movimiento más simple.



El neurólogo Oliver Sacks, su libro *El hombre que confundió a su mujer con un sombrero*, describe muchos de los sorprendentes casos que tuvo que tratar, entre los que se cuenta el de una mujer que había perdido la propiocepción, ¡su cuerpo no era capaz de percibirse a sí mismo! Si los ojos de la paciente no estaban mirando su pierna, para el cerebro era como si la pierna no existiera. ¡Y te puedes imaginar las trágicas consecuencias de tamaña desgracia!

Sentir en colores

¿De qué color dirías que es el número 3? ¿Te parece que la pregunta no tiene sentido? Entonces, probablemente no seas una persona sinestésica, o, al menos, no posees el tipo de sinestesia por el cual a cada número le corresponde un cierto color. Pero podrías



experimentar sinestesia con las notas musicales, y, por ejemplo, ¡visualizar el color azul al escuchar un do!

Pues bien, no podíamos dejar el tema de los cinco sentidos sin hacer mención a este fenómeno tan extraño denominado **sinestesia.** El término proviene del griego (de la unión de *syn*, «conjunto», y *aisthánestai*, «percibir») e indica **la capacidad de percibir algunos estímulos de manera distinta a la mayoría de la gente, combinando la experiencia de varios sentidos.**

Precisamente por eso, una persona puede ver un color al escuchar una nota o al leer un número que no está coloreado (al menos para el resto del mundo).

Hacia finales del siglo XIX surgió un cierto interés en el mundo científico hacia este tipo de investigaciones, y, en particular, Francis Galton (1822-1911), primo de Charles Darwin, publicó en *Nature* (que en aquella época ya era una importante revista científica) un artículo en donde describía algunos casos de sinestesia. Sin embargo, el tema no ha vuelto a ser abordado hasta recientemente, con los nuevos instrumentos a disposición del progreso tecnológico, y se han recogido nuevos datos. –Desgraciadamente, yo no tenía a mi disposición las tecnologías modernas que han permitido hacer grandes avances en el estudio de la sinestesia.



–¿Y qué se ha descubierto en ese campo, señor Galton?

–Actualmente, muchos investigadores piensan que si se ve un número de un cierto color (incluso cuando está escrito en negro) es porque hay una interferencia en el giro fusiforme que se encuentra en el lóbulo temporal, o quizá en el punto de intersección entre este lóbulo, el parietal y el occipital.

–Y eso ¿qué implica?

–Mira, estas regiones no solo se ocupan de las percepciones visuales, sino de representar las formas de los distintos números.

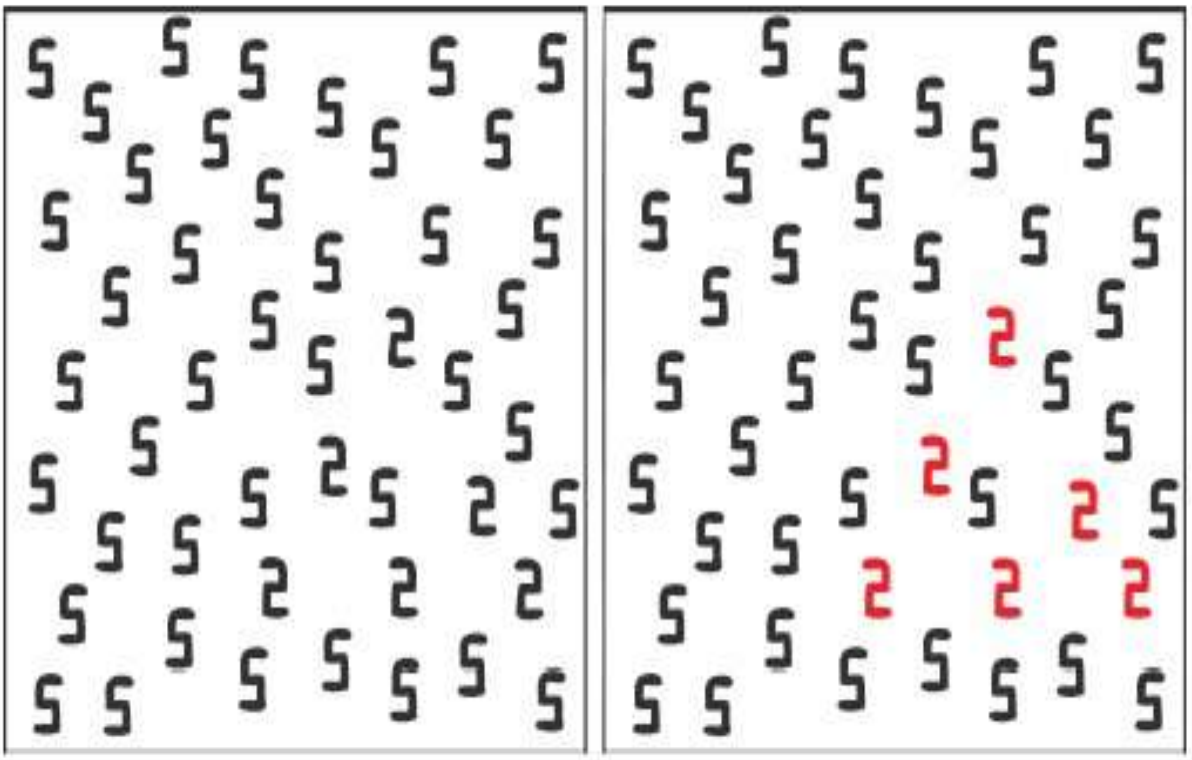
–¡Y, así, ambas informaciones (color y número) podrían ser interpretadas a la vez y acoplarse de modo inseparable!

–¡Exacto! Lo mismo puede suceder con la información acústica, que también tiene su centro de interpretación en el lóbulo temporal, o por la interferencia entre gusto y tacto, que se produce en cierta zona de la corteza por la que viajan estas informaciones.

–¿Está seguro de que no se trata solo de sugestiones?

–Segurísimo. Las personas con sinestesia consiguen ver efectivamente colores donde no los hay. Se han realizado experimentos al respecto, en uno de ellos se rellenaba una hoja de papel con el número 5. Entre ellos se insertaban unos cuantos 2 formando un triángulo. Si los 5 estaban escritos en verde y los 2 en rojo, las personas veían inmediatamente el triángulo formado por los 2. Si, por el contrario, todos los números estaban escritos en negro, entonces, solo los sinestésicos identificaban de inmediato el triángulo de 2. ¿Sabrías decirme por qué?

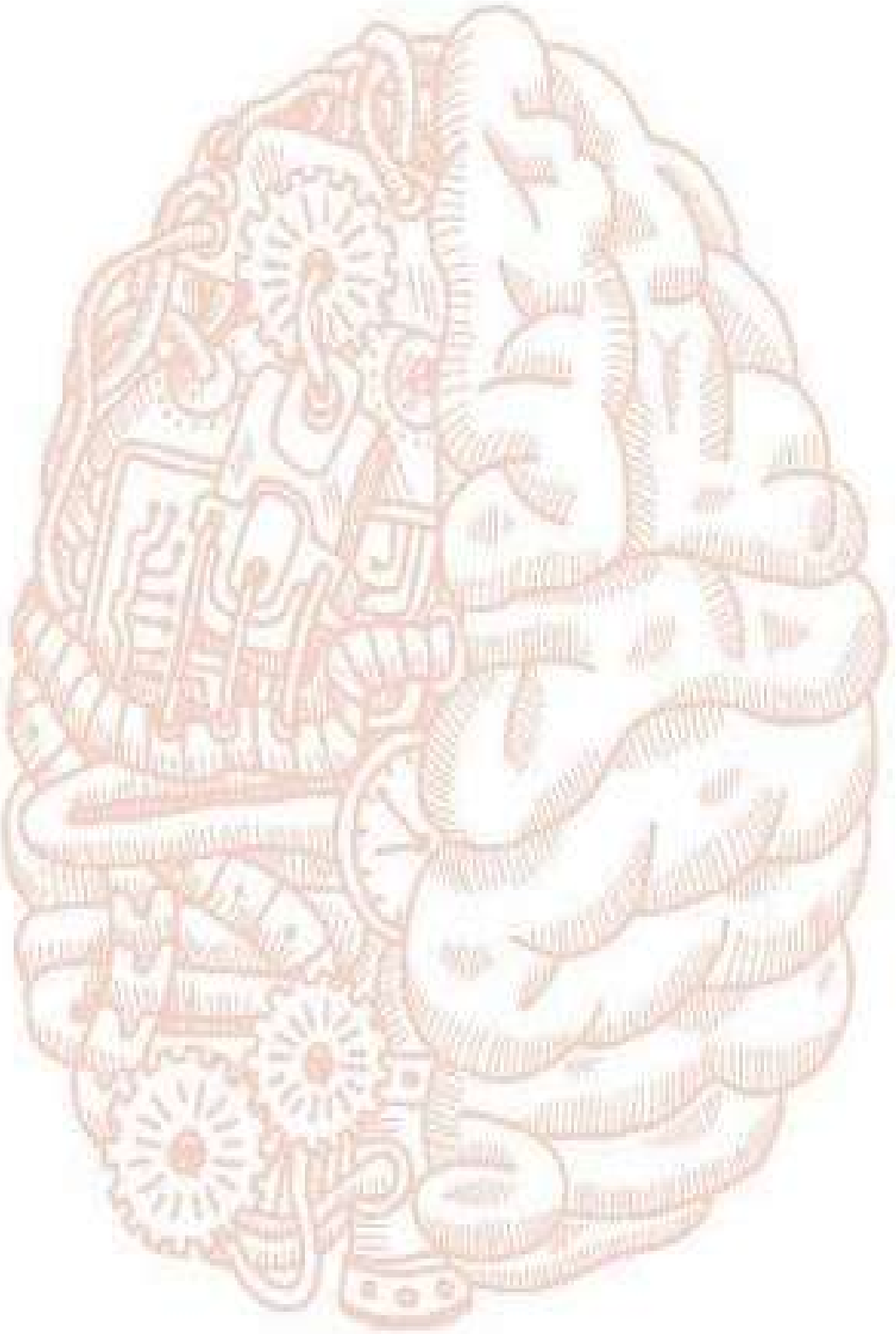
–Está claro, ¡porque para ellos el 2 tenían un color distinto del 5!



Como este libro está impreso a dos colores –negro y rojo–, no podemos reproducir en las imágenes los colores originales del experimento, es decir, negro, verde y rojo. En la imagen de la izquierda, por tanto, hemos tenido que usar el negro en lugar del verde.

Existen muchas variedades de sinestesia, los investigadores cuentan más de cien, y parece que aproximadamente una persona de cada dos experimenta este fenómeno aunque, como es previsible, es bastante más frecuente entre los artistas (poetas, pintores, etcétera) que entre la gente común.

Por otro lado, quizá si tú también vieras un mundo de colores, incluso aunque fuera gris, no podrías menos que pintarlo.



Capítulo 4

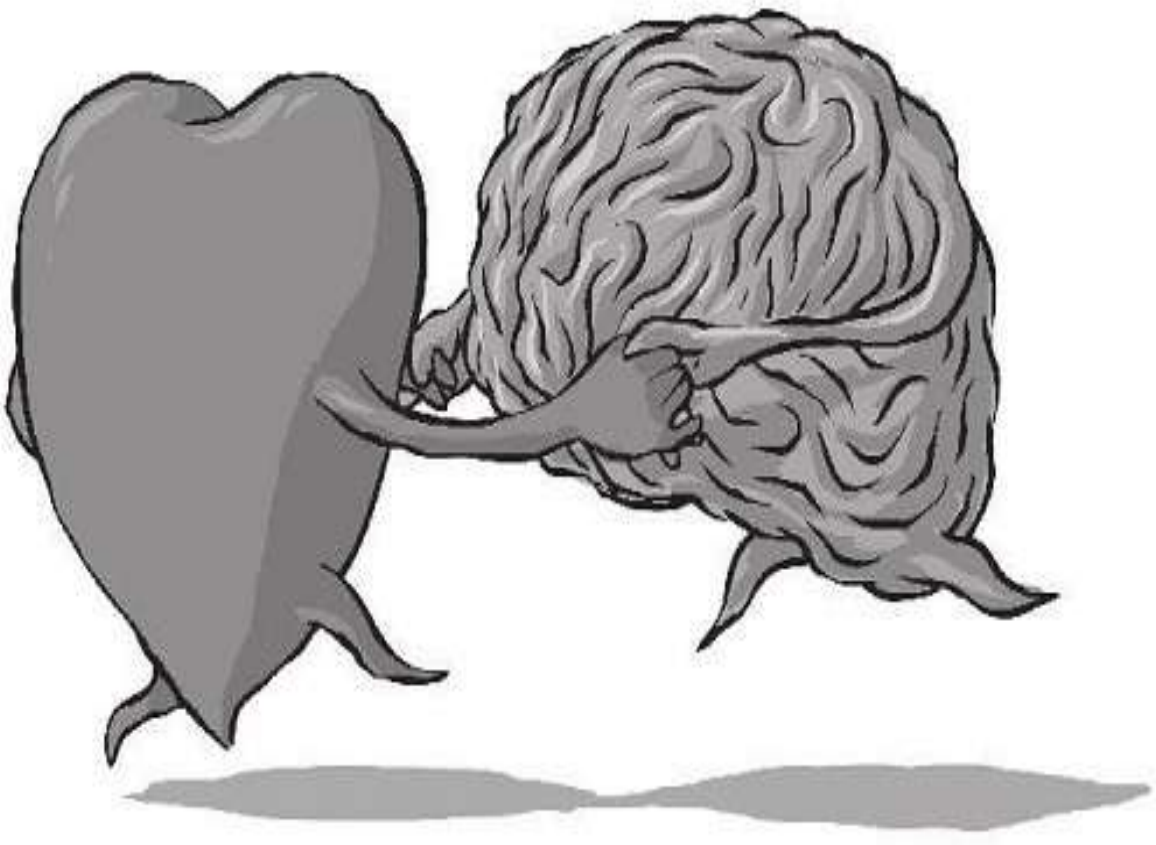
¿CUESTIONES DE CEREBRO O DE CORAZÓN?

Corazón que late, piernas que tiemblan, lágrimas y sonrisas son reacciones que reflejan nuestras emociones. Pero ¿qué tiene nuestro cerebro que ver con ellas? Trataremos de comprenderlo observando el comportamiento de los animales, tanto humanos como no humanos.

EN ESTE CAPÍTULO SE HABLA DE…

…, pero también de

¡RATAS Y PATATAS FRITAS!





El cerebro…, entre bambalinas

«Tuvo una reacción visceral», «Actuó con sangre fría», «Es una persona con un gran corazón», a menudo definimos así el carácter o las reacciones de los demás. Sin embargo, ninguna de estas descripciones hace alusión al cerebro…

Cuando tenemos que hablar de

nuestros estados de ánimo, decimos que algo nos hace hervir la sangre (para referirnos a la rabia), o nos corroe las entrañas (envidia), o sentimos que nos tiemblan las piernas (de miedo), o el corazón nos late enloquecido **(enamoramiento)**, y así sucesivamente… En conclusión, cuando nos referimos a las **emociones,** aparentemente damos por sentado que el cerebro no tiene nada que ver.

A decir verdad, sin embargo, cuando alguien tiene un arranque de ira, o un repentino ataque de rabia, el cerebro vuelve al ruedo: «¡Ese tipo realmente ha perdido la cabeza!», exclamamos.

Si lo pensamos bien, cuando nos enamoramos de alguien, también decimos que hemos perdido la cabeza por esa persona. El hecho de que se considere que un loco y un enamorado han perdido la cabeza por igual puede arrancarnos una sonrisa, pero, como veremos a continuación, tiene un fundamento científico: ¡el cerebro de los locos y de los enamorados se parece más de lo que creemos!

En el fondo, es mucho más romántico pensar que es el corazón el que decide cuándo y de quién nos enamoramos, y no unos cuantos miles de millones de filamentos enroscados como un plato de espaguetis (neuronas) recubiertos de una especie de bechamel blancuzca (mielina). Desgraciadamente, con gran pesar de todos los románticos, el corazón bombea la sangre, pero el que decide si la sangre bombea por la rubita de 3º C, por el musculitos de 2º F o para responder al examen de historia, siempre es el cerebro.

El cerebro es el que decide si una situación determinada nos hace estar tristes o felices, si es necesario tener miedo de algo o si podemos afrontarlo sin demasiado esfuerzo. No sirve solamente para recordar los nombres de las capitales del mundo, resolver una ecuación, prestar atención al profesor o aprender cosas nuevas, **el cerebro también es responsable de nuestros sentimientos y emociones.**



Emociones animales

Como ya habrás intuido, si no tuviéramos cerebro, probablemente no experimentaríamos ningún tipo de emoción.

–Bueno, ninguna emoción, ninguna emoción… ¡Me parece una afirmación un poco exagerada!

–Encantado de conocerle, ¿usted es…?

–¡Sí, ya sé que es un placer conocerme! Parece que en vida fui un excelente animador, un gran jugador de *bridge*…, e incluso el tenis no se me daba nada mal. De todos modos, me presentaré: soy

Harry Harlow (1905-1981), y, a pesar de las cualidades que ya he mencionado, la mayor parte de las personas me conoce por los estudios que conduje en el ámbito psicológico.

–¿Y cuáles serían? ¿Dedicó su vida a estudiar a hombres y mujeres y a comprender cómo funciona el cerebro?

–En realidad, no exactamente hombres y mujeres… Se trataba de animales,

sí, pero no de nuestra especie. Comencé analizando gatos y ratas, y, posteriormente, pasé mucho tiempo estudiando a nuestros primos más cercanos: los simios.

–¿Por qué a ellos y no a nosotros? ¿Qué sentido tiene estudiar las emociones en los animales? ¿No sería mejor examinarlas directamente en nuestra especie?

–¡Definitivamente, no! O mejor, lo más acertado es estudiar tanto a los animales humanos (nosotros) como a los no humanos. Si uno sabe cómo observarlos, ya sean simios, ratones, ratas, perros o gatos, pueden decirnos mucho sobre cómo y por qué experimentamos ciertas emociones.

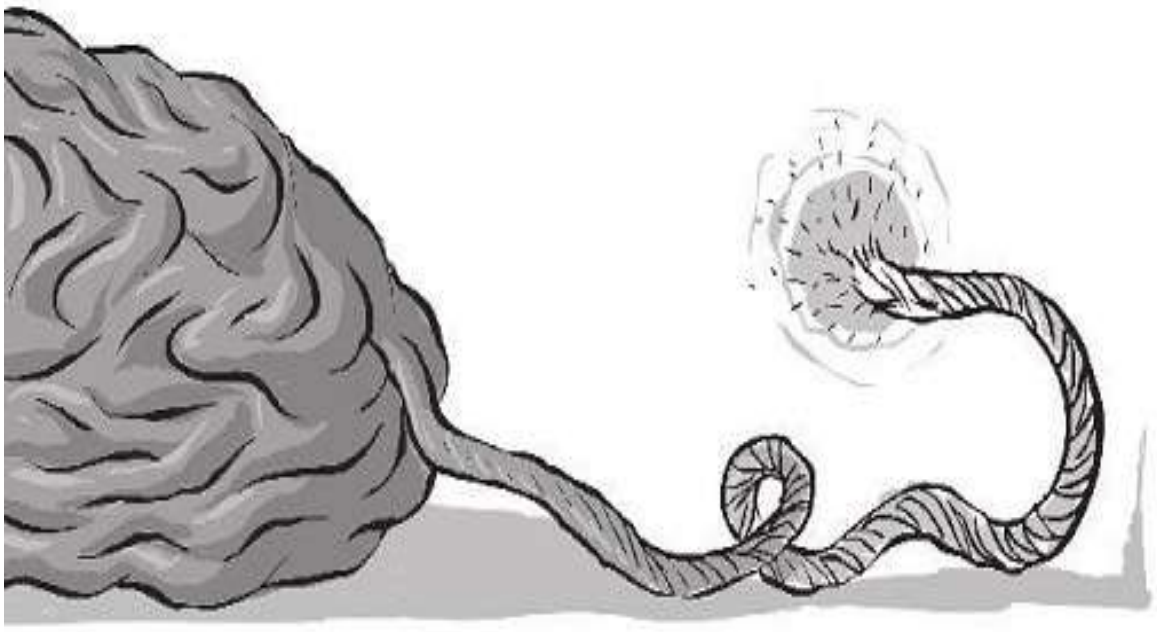
–¿En serio? ¿Los animales también tienen emociones?

–¡Por supuesto que sí! Es más, las experimentan tanto o más que nosotros. Los animales también poseen un cerebro, que funciona de modo muy parecido al nuestro. Neuronas, sinapsis y neurotransmisores no son exclusivos de la especie humana, el resto de mamíferos también los posee.

–De acuerdo, pero ¿qué tiene que ver el cerebro con las emociones?

–Trataré de explicártelo con un ejemplo: si caminas por una calle oscura de noche y escuchas un ruido detrás tuya, probablemente tu corazón empezará a latir muy deprisa, se te agarrotarán los músculos y, aunque no te des cuenta, tu respiración se volverá jadeante.





–Exacto, así es.

–Bueno, lo que te acabo de describir es una reacción de miedo. ¡Y es fundamental! Es útil porque, si detrás de ti hay una presencia amenazadora, es importante que el corazón bombee sangre a los músculos y la respiración se prepare para la carrera…

–Disculpe, sin afán de contradecirle, pero usted ha mencionado el corazón, los músculos y la respiración… No me parece que haya aludido al cerebro.

–La verdad es que no se te pasa una; verás, el ruido a tus espaldas es percibido por órganos sensoriales (los oídos), pero luego es identificado (es decir, es asociado con el peligro) por esa pequeña zona del cerebro de la que hemos hablado en capítulos anteriores: la amígdala. La amígdala le dice al resto del cuerpo si procede huir o si no es necesario preocuparse.

–De acuerdo, pero ¿los monos qué tienen que ver con esto?

–Los monos me enseñaron una lección importantísima: si algo se tuerce en la formación del cerebro, entonces pueden producirse consecuencias, graves incluso, en nuestro modo de experimentar emociones.

–¿Como por ejemplo?

–Volvamos a la caminata en la oscuridad que mencionábamos antes. De acuerdo, has escuchado el ruido y has puesto en funcionamiento todos los mecanismos que te sirven para escapar, pero entonces te vuelves y te das

cuenta de que detrás de ti no hay nadie y que el ruido tan solo lo había producido el viento.



–¿Y entonces?

–Entonces el corazón deja de latir desbocado, la respiración vuelve a la normalidad y los músculos dejan de estar en tensión.Y todo esto porque tu cerebro (empezando por la amígdala) te dice que no hay problemas.

–¿Y si por un casual el cerebro

fuera incapaz de distinguir qué es

peligroso de lo que no lo es?

–Te asustarías por el más mínimo ruido y no serías capaz de relacionarte con la gente. Imagina lo horrible que sería tener miedo de cualquier cosa…

–¡No podría salir nunca de casa! Pero ¿realmente podría pasarle algo así a mi cerebro?

–Desgraciadamente, sí. Por ejemplo, puede pasar que, como consecuencia de un accidente, algunas partes del cerebro resulten dañadas. O también puede suceder que, durante el crecimiento, el cerebro se desarrolle de una manera anómala.

–¿Por ejemplo? ¿El cerebro puede no crecer normalmente? ¿Y porqué?

–Por diferentes motivos. Por ejemplo, con los simios comprendí que si las crías son abandonadas demasiado pronto por la madre o si crecen en lugares aislados y sin apoyo de parientes y amigos, el cerebro puede desarrollarse de manera anómala. Un desarrollo anómalo puede impedir la capacidad de distinguir una amenaza de un simple saludo, un acontecimiento agradable de uno negativo. En conclusión, para abreviar, si de pequeños no tenemos acceso a todos los estímulos necesarios, podemos no ser capaces de experimentar emociones adecuadas al contexto.



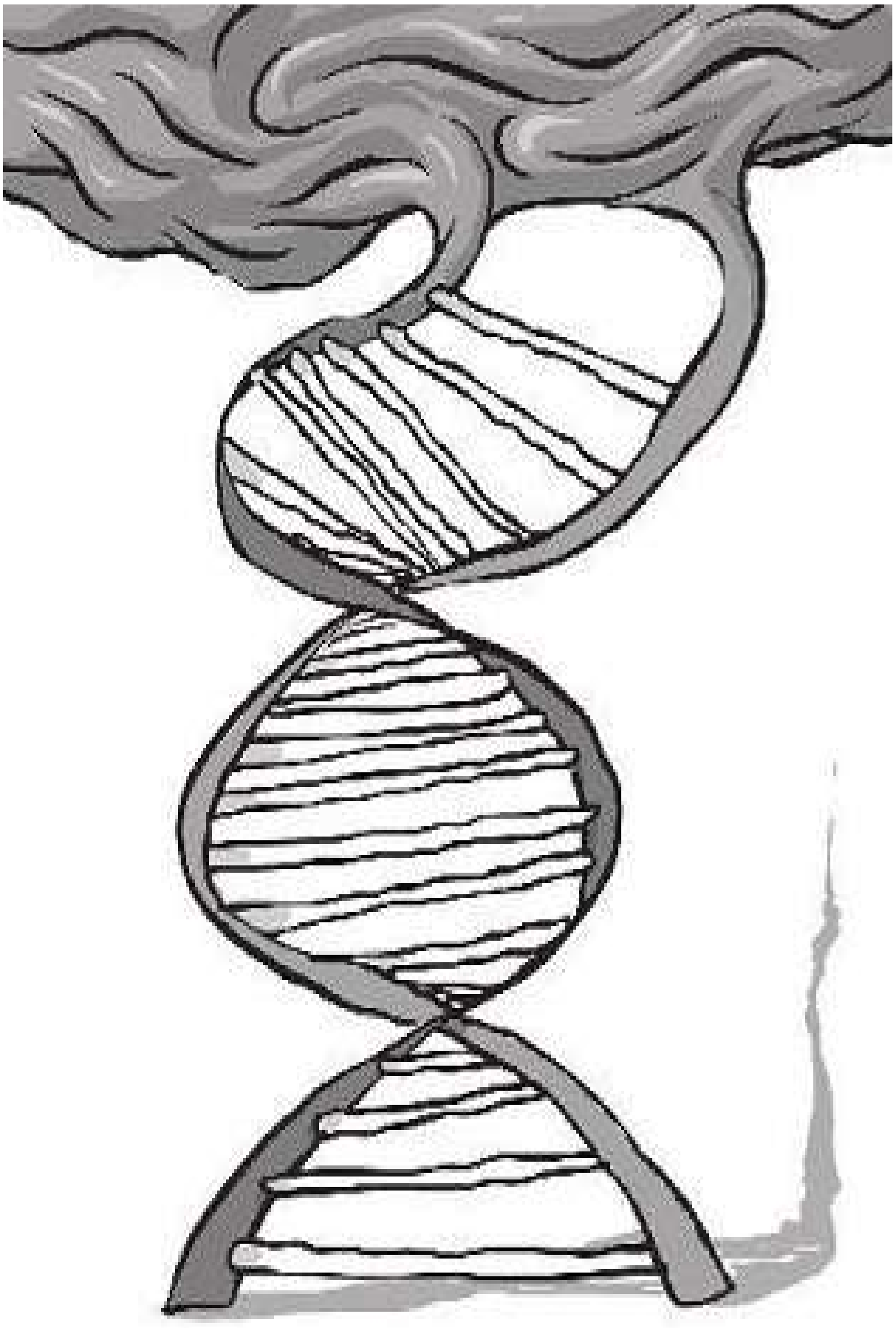
–Entonces, si uno no sabe cómo comportarse, ¿la culpa es de los padres?

–¡Qué exagerado! Los padres tienen responsabilidades, ¡pero el desarrollo

de los hijos no depende solo de ellos!

El modo en que estamos hechos (cerebro incluido) depende en gran parte de nuestro código genético, una especie de plano en el que se indican las piezas que hay que ensamblar, los tornillos que hay que usar y los procedimientos a seguir para la construcción del producto final. Por tanto, el ambiente (los padres, el colegio, los amigos y las experiencias vitales en general) a veces puede interferir en la ejecución del plano, pero, otras veces, el plano puede tener imprecisiones que, finalmente, son la causa de un mal funcionamiento.

En otras palabras, si alguien se comporta de una manera extraña, o parece muy diferente de como nos lo esperábamos, casi nunca es por culpa suya.

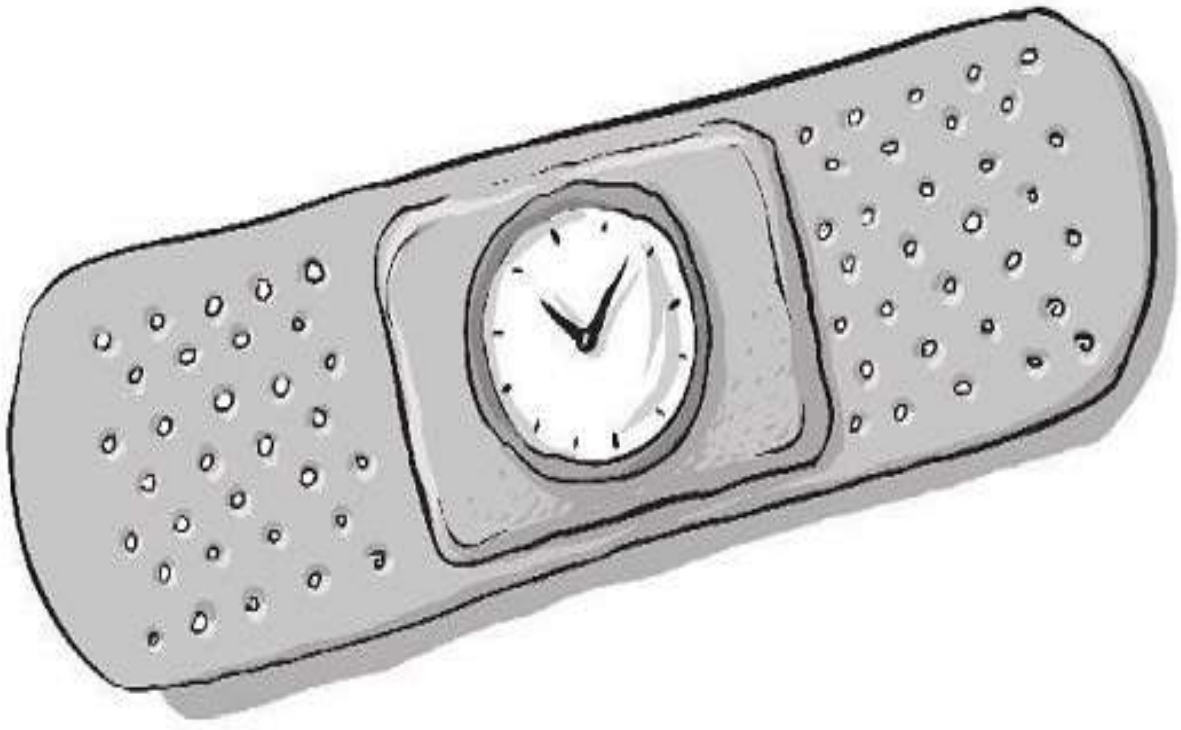


Los niños autistas (o que sufren trastornos del espectro autista, más concretamente), por ejemplo, no son capaces de establecer relaciones sociales, tienen dificultades para comunicarse y no les interesa jugar; otros, afectados por el síndrome de Tourette, hacen movimientos extraños, repentinos, incontrolables; y hay otros que parecen indomables, no consiguen estarse quietos ni un minuto y tienen grandes dificultades para prestar atención.

Todas las personas afectadas por estas enfermedades tienen en común que su cerebro se ha desarrollado de manera anómala: pueden mostrar comportamientos extraños, pero, como no tienen realmente control sobre ellos, es necesario comprenderlos y ayudarlos.

Dolor en la cabeza

No, no nos referimos a ese dolor agudo que se experimenta en ciertas situaciones, sino a cuando sentimos dolor después de una caída, recibimos un golpe o sufrimos una quemadura depende del cerebro.Tomemos por ejemplo un simple paseo en bicicleta: todo el mundo, en algún momento, ha perdido el equilibrio y se ha caído.



No pensemos en una caída aparatosa, sino más bien en un simple derrape cuya consecuencia más grave es un raspón en la rodilla. Inmediatamente después de la caída se experimenta un dolor (completamente tolerable) de

duración breve.

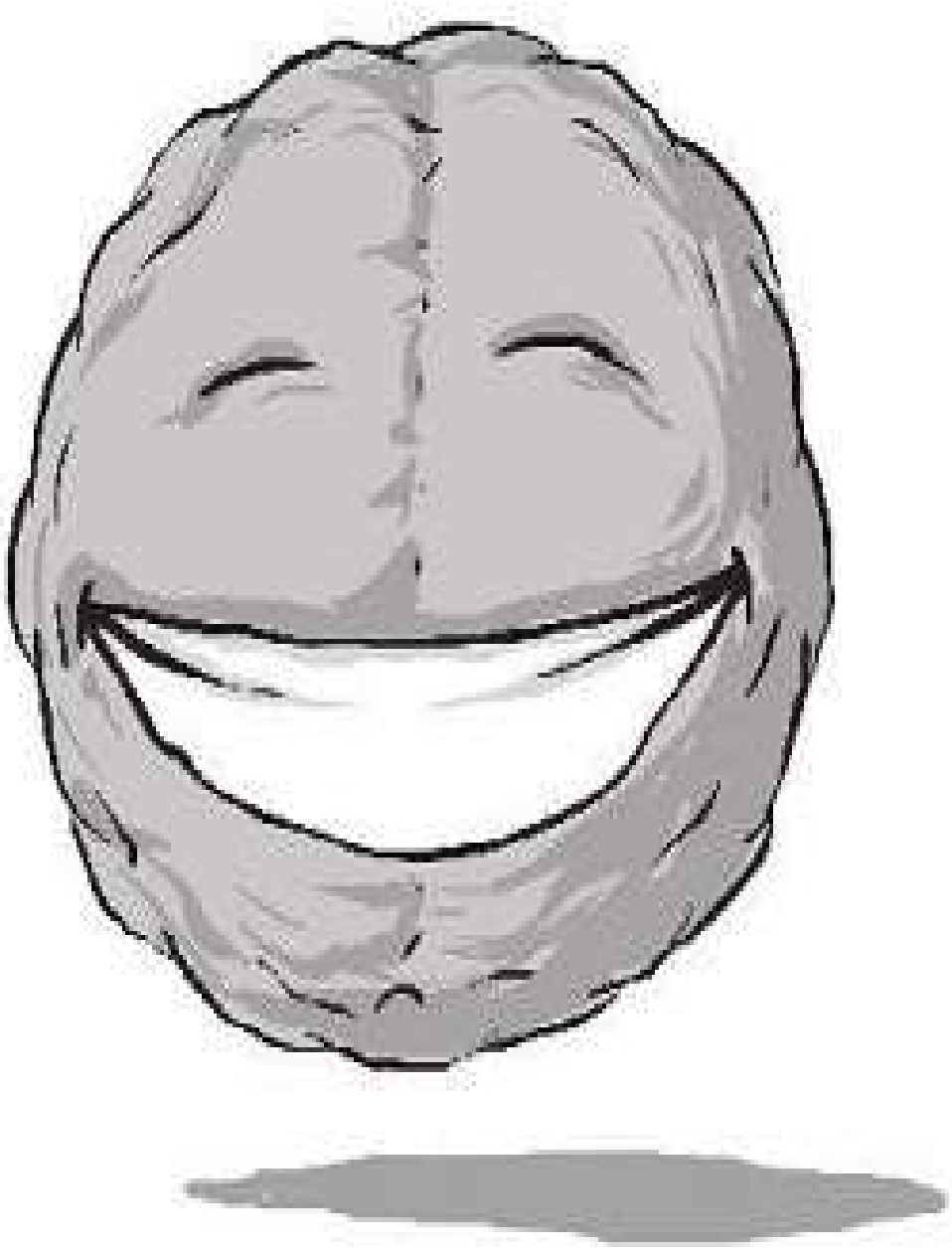
Tras esta sensación, el dolor disminuye durante unas horas, justo durante el tiempo suficiente para que podamos terminar el paseo en bicicleta sin pensar demasiado en la herida. Lo extraño es que el dolor aumenta de intensidad unas cuantas horas más tarde, cuando el paseo en bicicleta (o el partido de fútbol, o el concurso de baile) hace ya un rato que ha terminado. ¿Qué ha pasado? ¿Cómo es posible que no percibamos el dolor inmediatamente después de la caída? ¿Cómo conseguimos olvidarnos de él durante unas horas? Y ¿por qué, después, vuelve?

En lo que respecta al dolor percibido en el momento de la caída, la culpa (o el mérito) es de las neuronas. Como hemos visto anteriormente, estas células están constituidas por un cuerpo celular y unos largos filamentos denominados axones. Ciertos tipos de neuronas presentan, en los extremos de dichos filamentos, receptores que se activan en respuesta a estímulos dolorosos (nociceptores). **Los nociceptores son los responsables de enviar al cerebro la señal dolorosa.** La transmisión de esta señal se produce a través de varios canales que conducen la sensación dolorosa de la superficie corporal a la corteza cerebral (responsable del reconocimiento del dolor), pasando por el tálamo. **Del mismo modo que puede percibir el dolor, el cerebro también es capaz de enviar señales que reduzcan la intensidad del mismo.**



¿Cómo es todo esto posible? Pues bien, sucede así: como hemos visto en el segundo capítulo, algunas sustancias químicas alteran los procesos que permiten que una neurona se comunique con otra. Una de esas sustancias es la morfina.

Esta sustancia se utiliza, bajo estricta supervisión médica, en algunas situaciones en las que es necesario reducir la sensación de dolor que experimentan ciertos pacientes. Una vez inyectada en el flujo sanguíneo, la morfina puede acceder al cerebro, adherirse a receptores específicos y bloquear la señal dolorosa procedente del exterior. De acuerdo, pero esto no tiene nada que ver con el cerebro, sino con una sustancia química procedente del exterior, dirás tú. ¡Cierto! Pero el cerebro puede secretar sustancias muy parecidas a la morfina, denominadas «endorfinas», que ejercen la misma función. En otras palabras, en el momento en que experimentamos un dolor fuerte, el cerebro activa respuestas capaces de reducir la sensación desagradable.

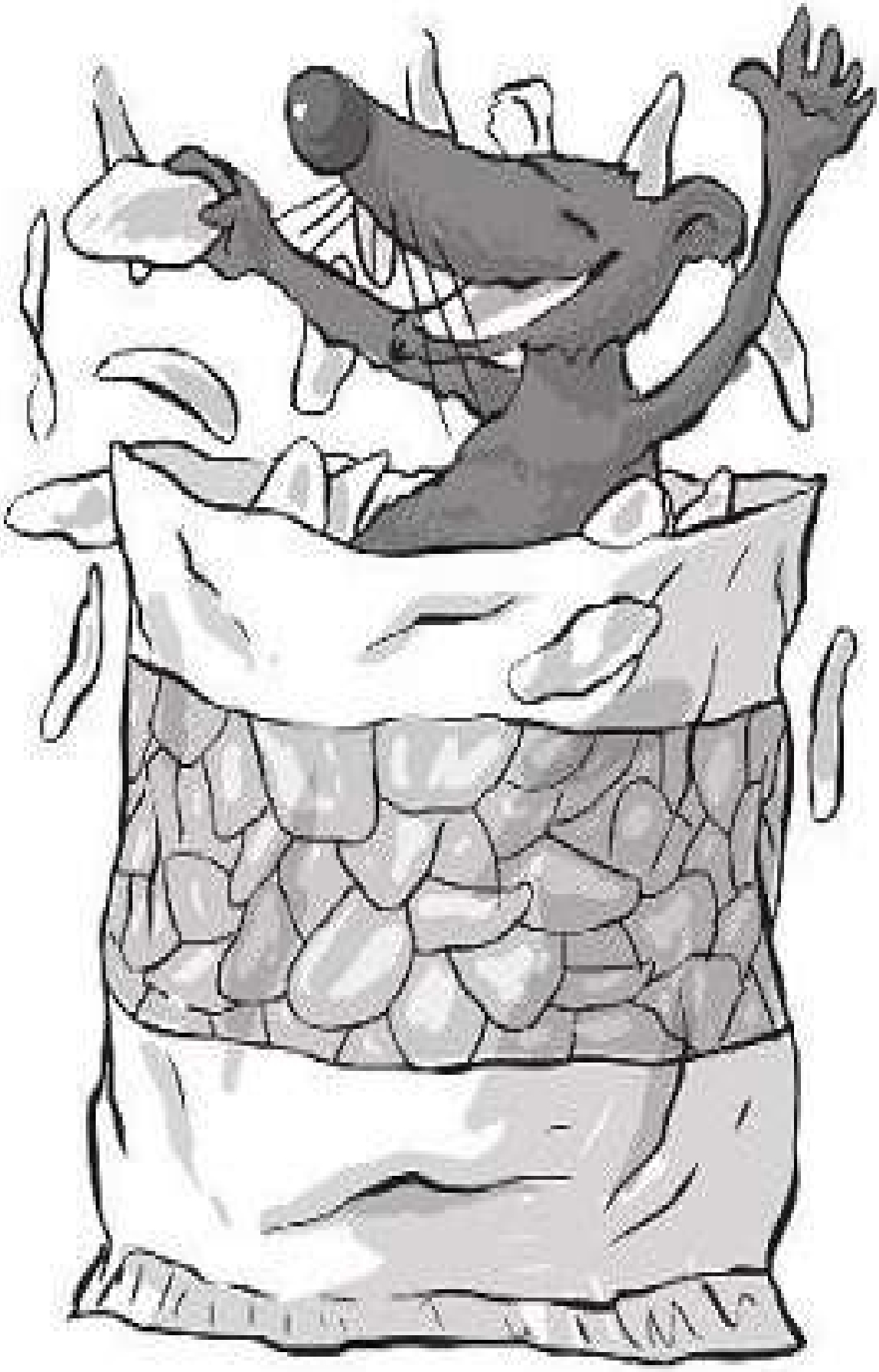


La búsqueda de la felicidad

Bueno, después de todo lo que hemos dicho sobre el cerebro, no te sorprenderá saber que también es el responsable de la **felicidad.** Primera cuestión importantísima: ¿cómo podemos medir la felicidad? Decenas de investigadores se han dejado los sesos para descubrir cómo estudiar este estado de ánimo. Tras largos debates, se ha llegado a la conclusión de que el mejor modo de hacerlo es también el más sencillo; es decir, dirigirse directamente a las personas y preguntarles «¿Te sientes feliz? En absoluto, poco, bastante, mucho, muchísimo. De entre estas posibilidades, ¿cuál

eliges?».

Una vez descubierto el método para estudiar la felicidad, solo queda descubrir de qué depende. En el segundo capítulo hemos visto que las neuronas se comunican a través de neurotransmisores. Uno de estos –la **dopamina,** más exactamente– tiene una función determinante a la hora de informar al cerebro de lo que es agradable. Por ejemplo, si comemos una comida particularmente rica, si ganamos un partido de voleibol o si sacamos una buena nota en el colegio, las neuronas liberan dopamina en zonas concretas del cerebro denominadas «núcleo estriado» y «corteza orbitofrontal», la activación de estas áreas nos hace experimentar una sensación de placer y felicidad.



En este caso, las investigaciones que nos han permitido comprender el papel del cerebro y de los neurotransmisores en la felicidad también se han llevado a cabo con animales. En un estudio que confirma que los científicos tienen un sentido del humor muy particular, dos investigadores sardos midieron los niveles de dopamina en ratas que comían patatas fritas con sabor a queso. En la práctica, después de detectar que, como a nosotros, a las ratas les gusta particularmente este alimento, comprobaron los niveles de dopamina de estos animales antes y después de comer tan inusual aperitivo.

Para medir la dopamina, insertaron unos tubitos minúsculos dentro del cerebro de las ratas. De este modo, calcularon las variaciones en la cantidad de dopamina en áreas microscópicas del cerebro. Inmediatamente después de comer las patatas fritas, los niveles de dopamina aumentaban vertiginosamente.Y lo hacían precisamente en aquellas áreas predispuestas a indicar si algo es agradable.

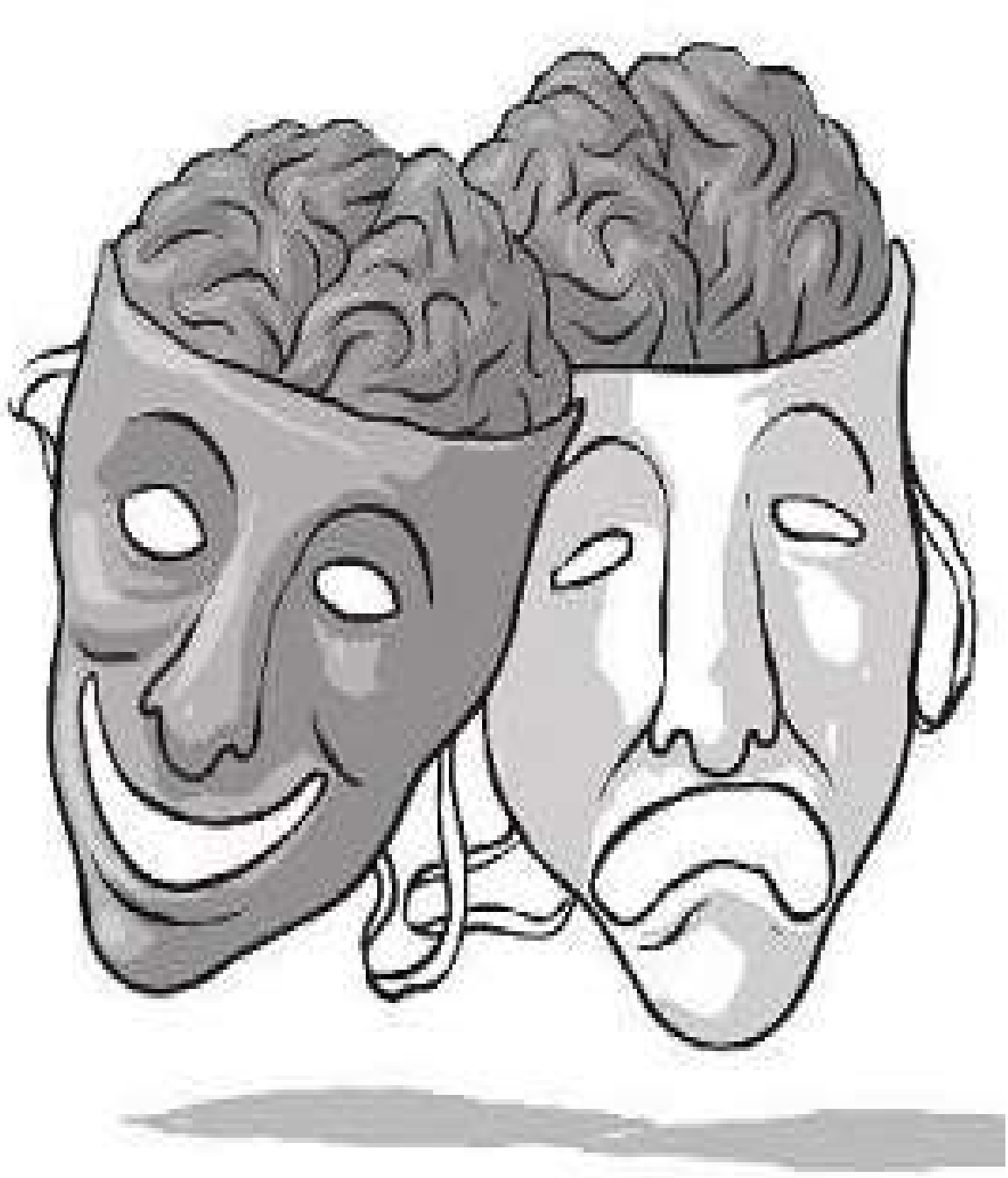
El truco para hallar un poco de felicidad consiste en conseguir que estas zonas se activen a menudo. ¿Cómo lograrlo? Un buen método es dedicar al menos un cuarto de hora al día a las actividades que más nos gustan.

Suena extraño, pero a veces concentrarse en las actividades que se nos dan particularmente bien es suficiente. No es necesario buscar a diario fuentes de enorme placer, basta con recordar los halagos recibidos por un buen trabajo en clase o por un gran partido de nuestro deporte favorito.

Para encontrar la receta de la felicidad, experimentar pequeñas sensaciones agradables de modo frecuente es mucho mejor que probar enormes sensaciones de placer cada mucho tiempo.

Fármacos, drogas y el cerebro

Acabamos de ver que el cerebro es responsable de nuestras emociones: felices o tristes, enfadados o serenos, melancólicos o enamorados, no hay que preocuparse; el mérito o la culpa siempre son del cerebro. Del cerebro y de los distintos neurotransmisores que llevan la señal de una neurona a otra.



¿Alguna vez habéis pensado lo maravilloso que sería poder transformar la tristeza en alegría o el dolor en bienestar? Bueno, si no lo habéis pensado, sabed que otros lo han hecho por vosotros. Por ejemplo, las empresas farmacéuticas que, desde siempre, buscan métodos para «corregir» los estados de ánimo que no nos gustan. Este es, por ejemplo, el caso de la depresión. Una de las causas de esta enfermedad parece ser una circulación defectuosa del neurotransmisor denominado «serotonina».

En el segundo capítulo hemos visto que los neurotransmisores se comportan como diminutos barcos que deben transportar una señal de una neurona a otra, atravesando el espacio intersináptico (entre una sinapsis y otra).

Aparentemente, durante una depresión, la «navegación» no funciona como debería. Los medicamentos que tratan de curar la depresión tienen, como función principal, aumentar los niveles de serotonina actuando sobre las señales que regulan «el acceso al puerto».

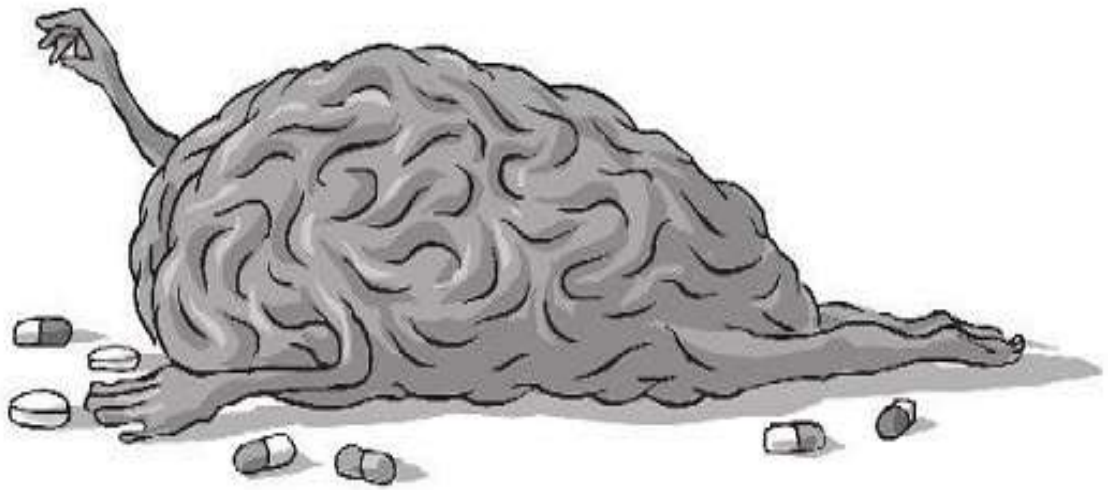


Desgraciadamente, los medicamentos que se toman bajo estricta supervisión médica no son el único método conocido para alterar los estados de ánimo, ¿alguna vez has oído hablar de drogas como la cocaína, las anfetaminas o el éxtasis?

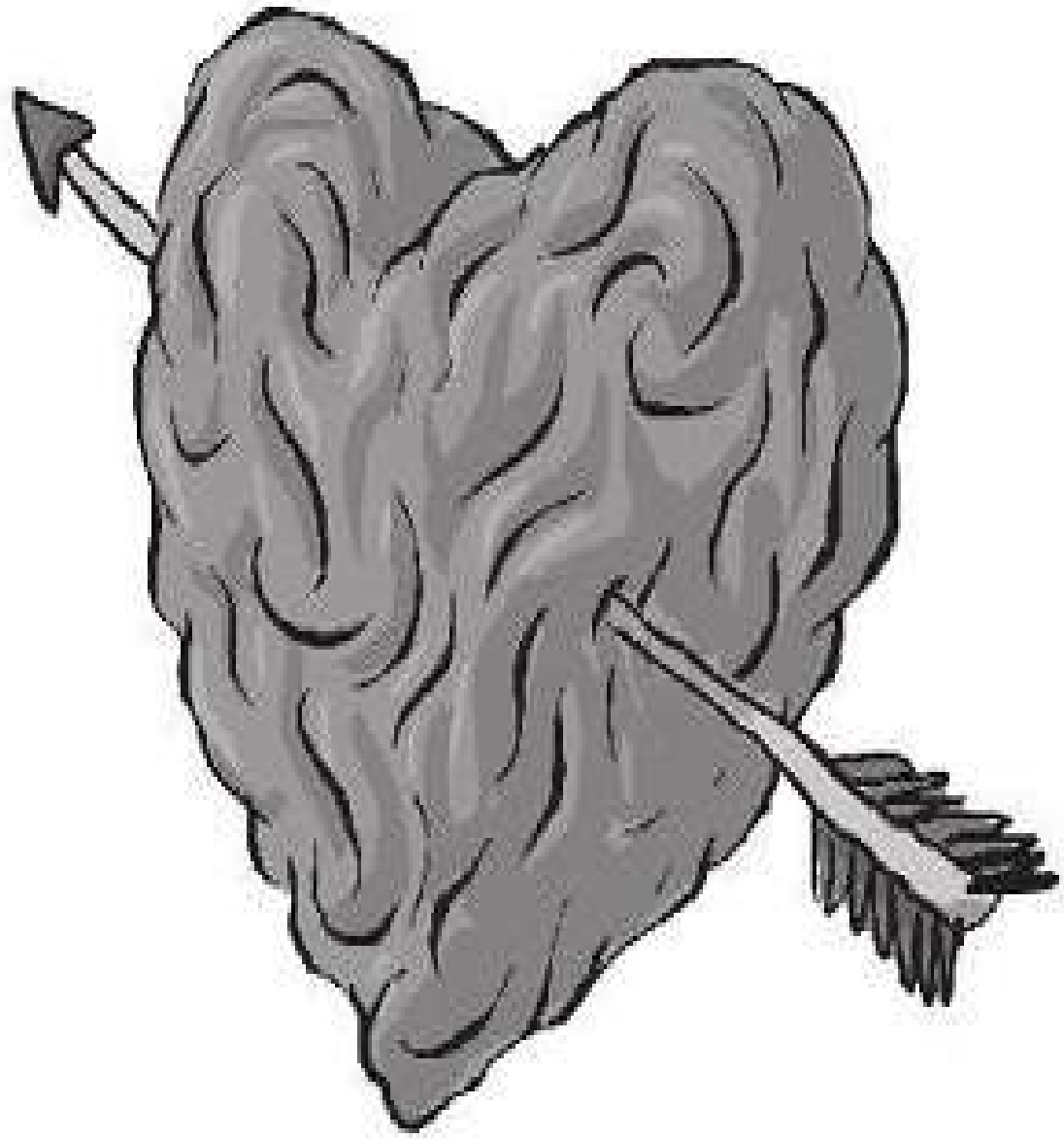
Debes saber que estas sustancias también inciden directamente sobre los neurotransmisores: en concreto, todas las drogas mencionadas pueden aumentar los niveles de dopamina en el espacio intersináptico.

Por desgracia, sin embargo, consumir drogas para sentirse más eufórico (como hemos visto, la dopamina impone estados de ánimo como la alegría y la despreocupación) es una idea terrible. Muchos de los que consumen una o más de estas sustancias han experimentado una sensación de felicidad de breve duración, y nada más. Otros, más desafortunados, no consiguen parar en esa única vez… y han seguido consumiéndolas una y otra y otra vez, sin conseguir dejarlas.

Pero el cerebro no está programado para encenderse y apagarse al recibir señales químicas. Si bien por lo general es capaz de soportar una sacudida inesperada, **no puede seguir funcionando adecuadamente si se lo estimula de manera excesiva.**



Volvamos al ejemplo del barco: si, en el momento de enviarlo al puerto, se viera obligado a enfrentarse a un oleaje inesperado, el barco podrá sobreponerse y llegar al muelle sin problemas. Si, por el contrario, el oleaje fuera demasiado frecuente, puede que en un viaje la embarcación no tenga tanta suerte y encalle en un escollo o se estrelle contra un embarcadero. Las drogas pueden actuar sobre los neurotransmisores del mismo modo. Su consumo puede comportar graves consecuencias en los mecanismos que regulan la comunicación entre una neurona y otra. De este modo, pueden alterar para siempre nuestra capacidad de percibir emociones. No vale la pena correr este riesgo, ¿no te parece?



Locamente enamorados

Ya tenemos claro que el cerebro es el responsable de nuestras emociones, y quizá podríamos dejarlo aquí. Pero, dado que en este periodo de tu vida quizá estés experimentando tus primeros escarceos amorosos o que dentro de poco te enamorarás de alguien, tal vez te sea útil saber que esto también dependerá, en parte, del cerebro. Como ya hemos visto en otros casos, algunas de las informaciones más importantes relacionadas con el enamoramiento no se han obtenido observando al ser humano, y aquí tenemos de nuevo a Harry Harlow para responder tus dudas al respecto.

–¡Nos volvemos a encontrar! ¿Usted de nuevo? Harry Harlow, el de la psicología de los monos.

–¡Exactamente! ¡Ese soy yo!

–¿Y cómo es que está usted de nuevo por aquí?

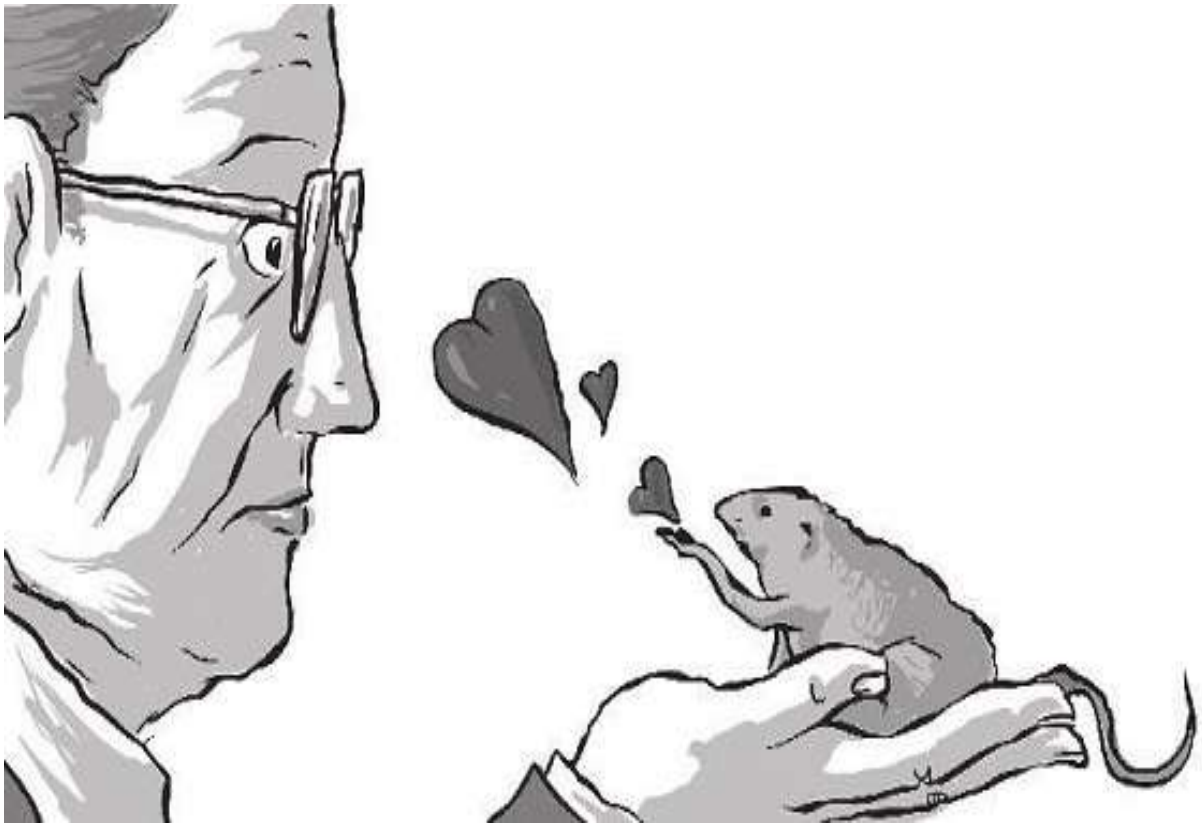
–¿Sabes?, uno de mis primeros ensayos, escrito en 1958, se titulaba: *The Nature of Love*, es decir, *La naturaleza del amor*, ¡y por eso me he sentido aludido! Si los científicos del siglo XXI siguen estudiando los fenómenos del enamoramiento, es en parte gracias a mí.

–¿Por qué? ¿Antes de usted no los había estudiado nadie?

–Porque fui uno de los primeros en afirmar que la ciencia también debía ocuparse de fenómenos como el amor. Ah…, ¡el amor!

–¿Con qué animales enamorados llevan a cabo sus investigaciones los científicos actuales?

–Con un tipo de roedor llamado ratón arborícola. En la naturaleza existen varias especies: algunas son polígamas, promiscuas y, definitivamente, poco propensas a formar parejas estables. Otras, en cambio, son monógamas y parecen comportarse como enamorados fieles.



–¿Y entonces?

–Los científicos han estudiado el cerebro tanto de los «arborícolas

casanovas» como de los «arborícolas fieles», para ver si existían diferencias.

–Supongo que en este caso también habrán insertado tubos minúsculos en sus cerebros para medir los neurotransmisores, ¿verdad?

–Lo cierto es que no, en este caso tomaron fotografías de sus cerebros y contaron el número de algunos tipos de receptores.

–¡Hala! ¿Y qué descubrieron?

–Observaron cómo algunos transmisores, la oxitocina y la arginina-vasopresina, concretamente, funcionan de manera distinta entre las dos especies.

–¿Me está sugiriendo que

estos dos neurotransmisores pueden determinar si un ratón es promiscuo o fiel?

–Exacto. De hecho, los científicos demostraron que si se alteran químicamente los niveles de oxitocina y arginina-vasopresina en un ratón arborícola, ¡se vuelve monógamo!

–¡Parece la receta para la cura de la infidelidad! Conozco a unos cuantos a los que no les vendría mal un poco de oxitocina…

–No te hagas ilusiones, en el ser humano no es lícito intentar enamorar a alguien alterando su química cerebral con un fármaco. Además, las cosas son mucho más complejas de lo que piensas.

–Para una vez que podíamos divertirnos… De todos modos, muchas gracias por sus explicaciones, señor Harlow.

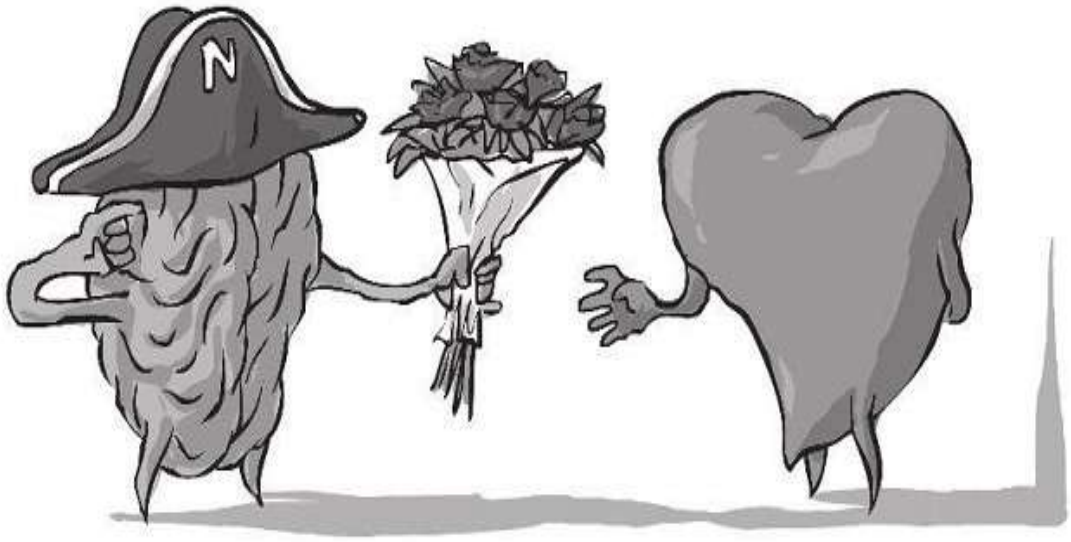
¡Hasta la próxima!

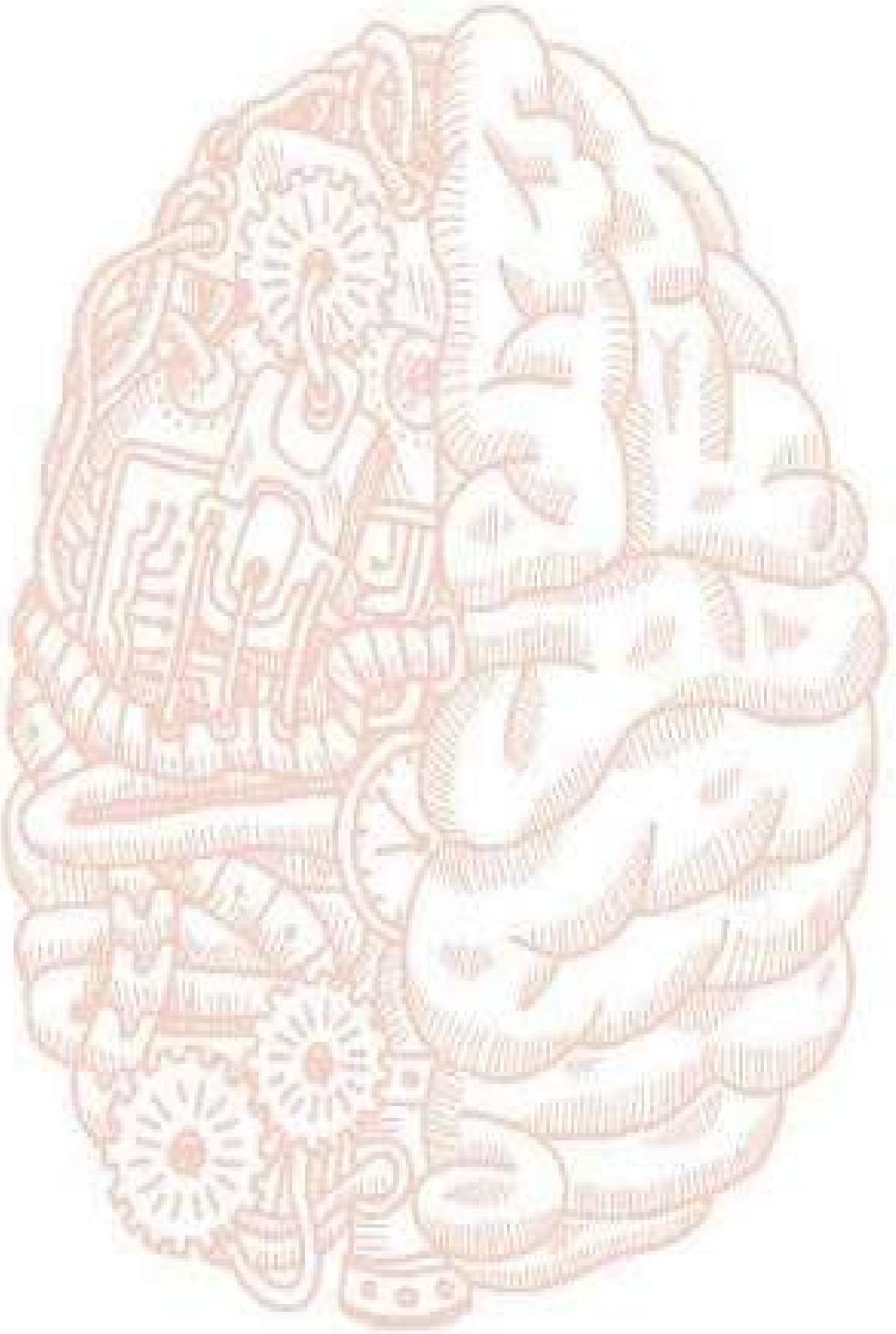


Volviendo a los humanos, **Donatella Marazziti,** una psiquiatra de la Universidad de Pisa, ha estudiado el cerebro de los enamorados, el cerebro de personas no enamoradas y el de algunos pacientes con trastornos mentales.

Concretamente, estos pacientes sufrían un trastorno denominado «trastorno obsesivo compulsivo», una enfermedad que obliga a efectuar incesantemente comportamientos repetitivos y aparentemente inútiles (como comprobar cientos de veces que se ha cerrado la puerta de casa o que se ha cortado la llave del gas). Por incidencia, esta patología también depende de anomalías en el cerebro.

Pues bien, la investigadora demostró que los niveles de un neurotransmisor en concreto (la serotonina) eran muy bajos tanto en los enamorados como en los pacientes afectados por el trastorno mental.Y, así, volvemos a la imagen con la que comenzábamos este capítulo: los enamorados y las personas con trastornos mentales se parecen mucho más de lo que nos imaginamos. Locamente enamorados… ¡No lo decimos por casualidad!





Capítulo 5

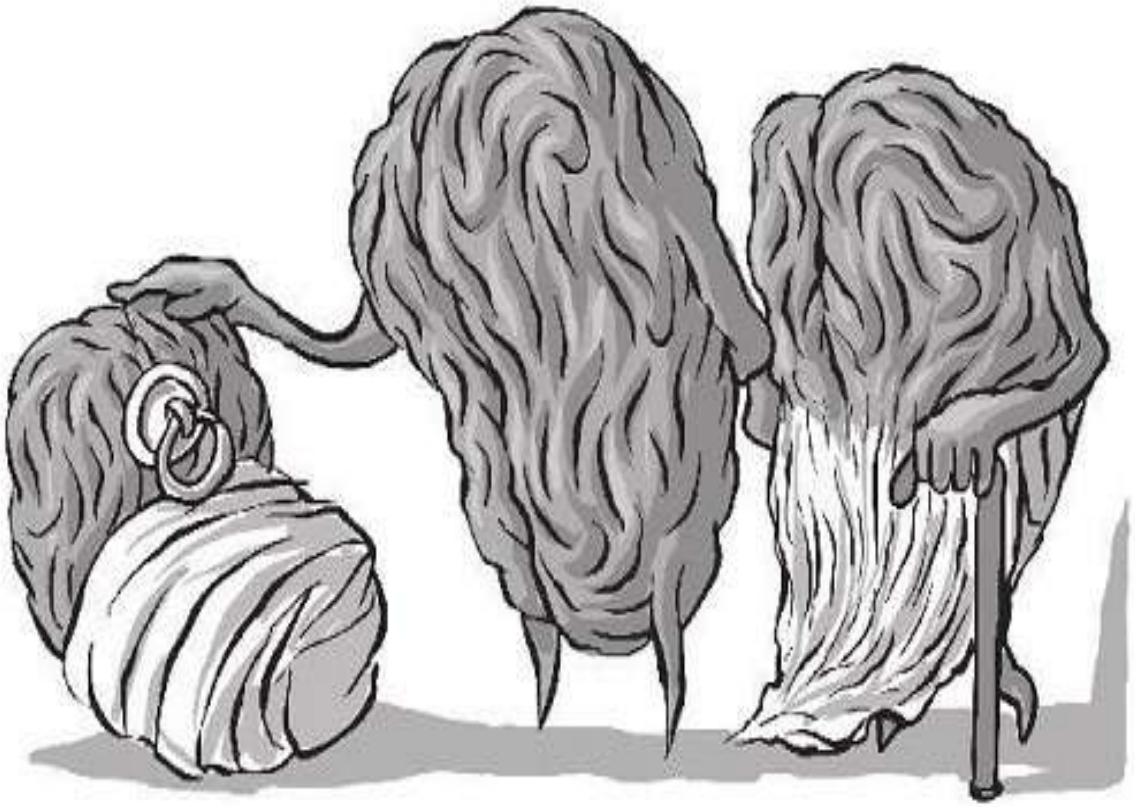
PROCESOS COGNITIVOS Y MEMORIA

Lenguaje y pensamiento: quizá sean las facultades que más nos caracterizan como especie, pero sobre todo como individuos. ¿Cómo consigue nuestro cerebro gestionar nuestros recuerdos e ideas? ¿Cómo consigue coordinar un sistema de comunicación único en el reino animal?

EN ESTE CAPÍTULO SE HABLA DE…

…, pero también de

¡OLVIDADIZOS SIN REMEDIO!




A
DF
UZ
IP
VNL
TGRS
O

Mira quién habla

Tras esta inmersión en los sentimientos, ha llegado el momento de hablar de cosas más concretas. El verbo es más que apropiado, porque trataremos de palabras, o, más específicamente, del **lenguaje.**

Hay muchos animales capaces de co-

municarse entre sí e intercambiar in-

formaciones: las abejas, con su danza, pueden explicar a sus compañeras cómo llegar a una flor concreta y recolectar un poco de polen. Y qué decir de las marmotas, que silban mejor que nosotros para enviar alarmas al resto del grupo.

El ser humano, sin embargo, va más allá. Gracias al lenguaje hablado (o signado, como hacen los sordos), ha podido abordar temas de otro calibre: desde la filosofía a la ciencia, de las matemáticas a la religión, los campos que hemos podido explorar gracias a la complejidad y la riqueza de nuestros sistemas de comunicación son infinitos.

El lenguaje está intrínsecamente ligado al desarrollo intelectual del individuo y es un recurso fundamental.



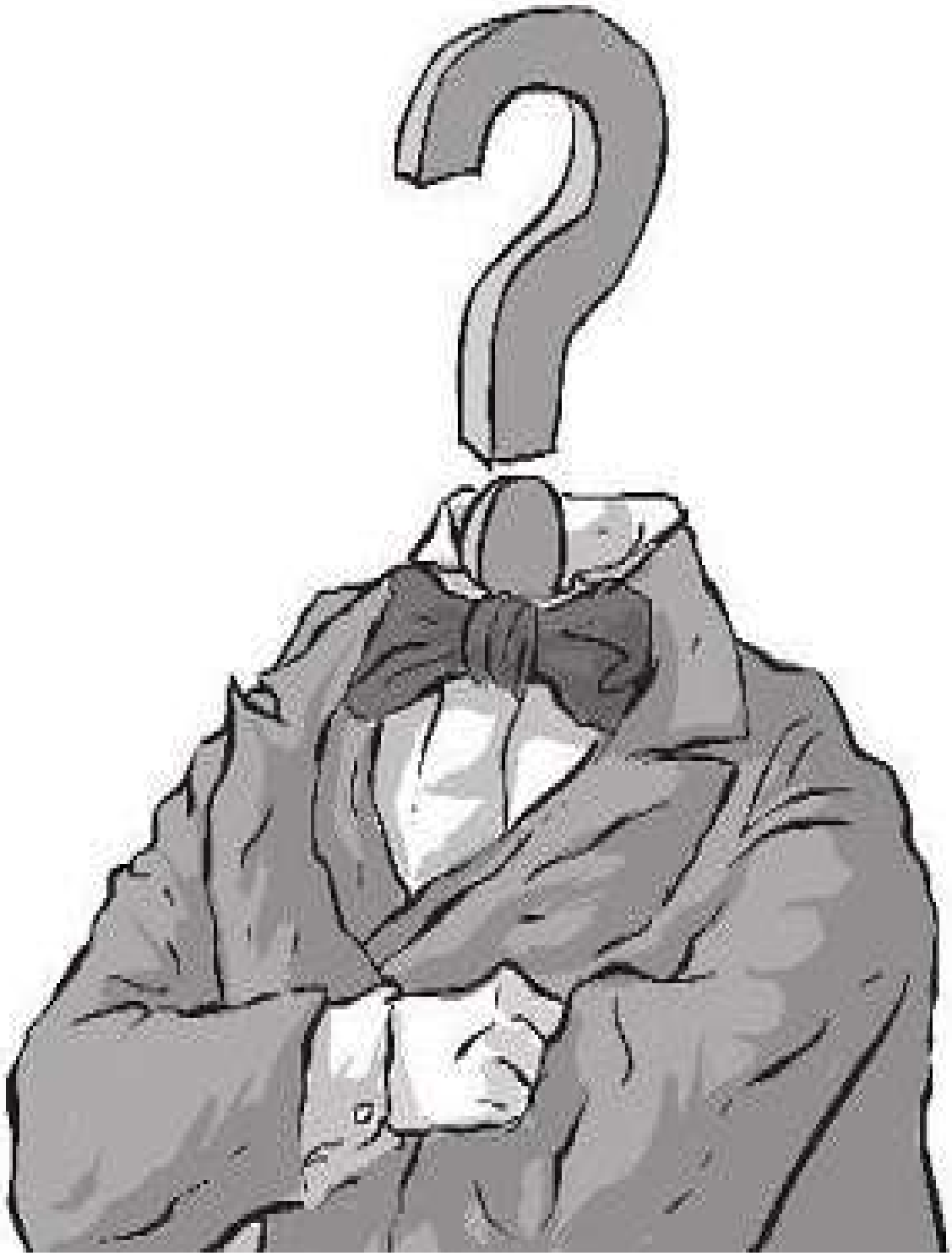
¿Cómo consigo comunicarme?

Te parecerá extraño pero, para comprender qué es y cómo funciona el lenguaje, a lo largo de la historia los investigadores han examinado precisamente… ¡a aquellas personas que habían perdido el habla!

Ya en los papiros de los antiguos egipcios y, posteriormente, en los escritos de los griegos y los romanos, se encuentran descripciones de este tipo de pacientes. Incluso Carlos Linneo, a quien conocemos por sus investigaciones

en la catalogación del mundo vegetal, en 1745 describió el caso de un hombre incapaz de recordar palabras, en concreto nombres propios y sustantivos.

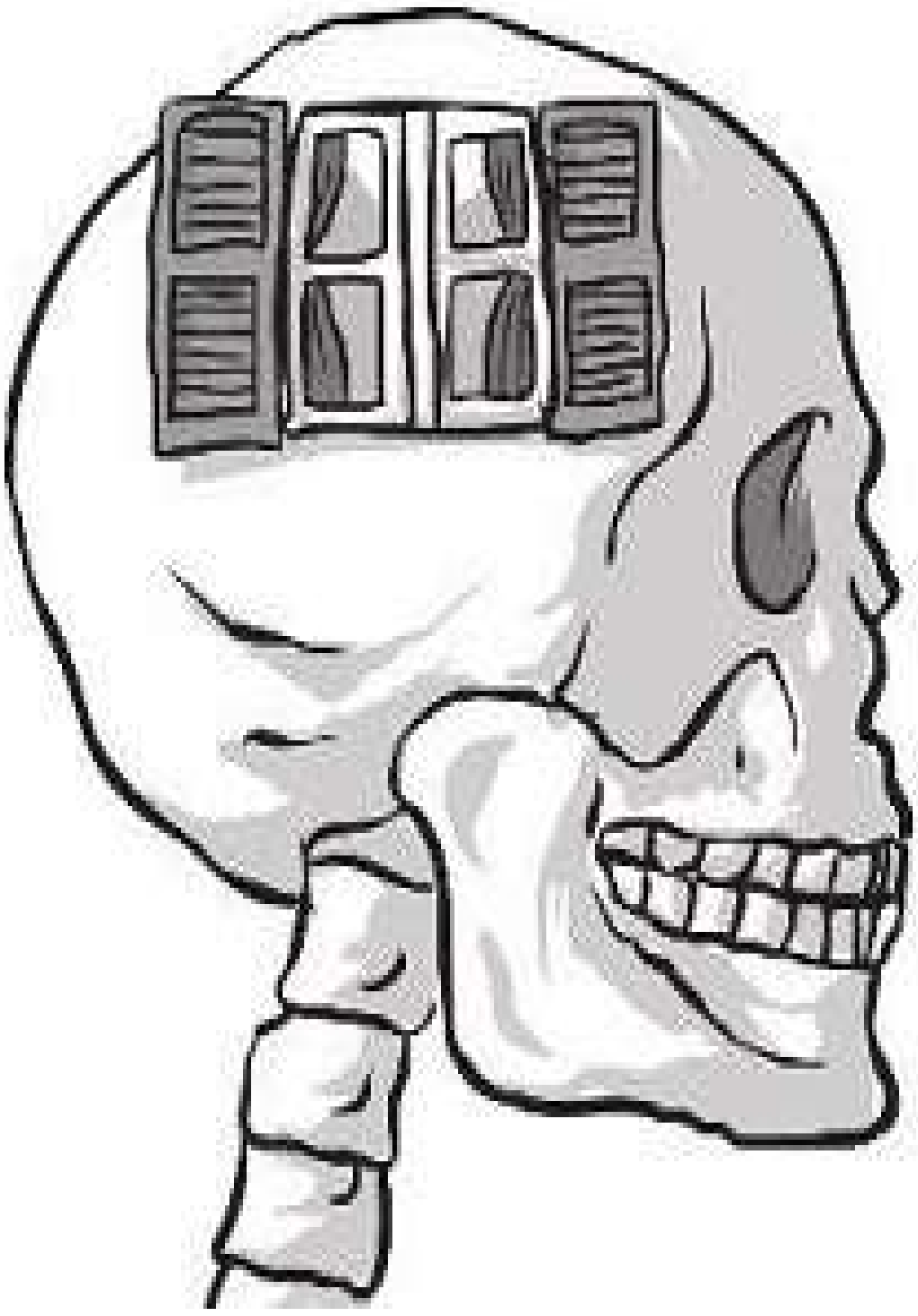
Desde los griegos a Linneo, todos estaban de acuerdo en que un traumatismo craneal podía causar este tipo de trastorno del lenguaje. Esto llevó a pensar que el centro de control del mismo residiera en el cerebro, para variar…



A lo largo de los años se fueron acumulando los casos de personas que, tras sufrir accidentes de diversa índole, no conseguían volver a hablar como antes.

Concretamente, en el siglo XIX, **JeanBaptiste Bouillaud** (1796-1881) hizo una gran recopilación de casos de pacientes de este tipo, lo que le llevó a elaborar la hipótesis de que cualquier lesión profunda en los lóbulos frontales pudiera tener repercusiones sobre el lenguaje.

Estaba tan convencido de que sus ideas eran correctas que parece que se declaró dispuesto a pagar 500 francos a cualquiera que le pudiera demostrar lo contrario, y, en aquella época, ¡500 francos no debían de ser precisamente poco!



Las ideas de Bouillaud fueron apoyadas por su yerno, Simon Aubertin (1825-1893), que era médico. Un día, Aubertin se encontró frente a un caso increíble: ¡un hombre que se había pegado un tiro en la cabeza y había sobrevivido! El disparo, sin embargo, se había llevado por delante una parte de los huesos del cráneo, dejando a la vista el lóbulo frontal. Una ventana abierta a un cerebro funcional, ¿qué mejor oportunidad que aquella para verificar la tesis de Bouillaud?

–Sí, para mí fue una ocasión increíble para comprobar con mis propios ojos lo que pasaba en el cerebro.

–¿Qué hizo exactamente, profesor Aubertin?

–Efectué ligeras presiones sobre el lóbulo frontal del paciente con una gran espátula…

–¿Y qué pasaba?

–¡Que el paciente se ponía a hablar de repente!

–¿Y no lo dejaba de hacer?

–No, no, dejaba de hablar en cuanto la presión cedía.

–Esto demostraría, entonces, que el lenguaje está controlado por los lóbulos frontales.

–Exactamente así, querido amigo. ¡Mi suegro tenía razón!

El lenguaje y sus zonas

Gracias a Bouillaud y Aubertin, la idea de que había un centro capaz de controlar el lenguaje en el lóbulo frontal empezó a abrirse camino. La confirmación definitiva de esta hipótesis se obtuvo gracias a un paciente muy especial: se trata de aquel famoso hombre que solo decía «tan» del que ya habíamos hablado en el primer capítulo. Refresquémonos un poco la memoria; en la segunda mitad del siglo XIX, el médico francés **Paul Broca** tuvo ocasión de visitar a un individuo que tan solo era capaz de pronunciar el sonido «tan» y unas pocas palabras más. Cuando el paciente murió, Broca pudo estudiar su cerebro y, de ese modo, consiguió localizar un daño justo en una zona del lóbulo frontal izquierdo, que desde entonces pasó a llevar su nombre: área de Broca.


B
A
C
D
E
F
G

Junto a esta última, en 1876 se descubrió otra área significativa para el lenguaje: el área de Wernicke. Su nombre se lo debe a Karl Wernicke (1848-1905), un investigador que ahondó en el estudio de varios trastornos ligados a la comunicación, para lo que elaboró la hipótesis de que se debían a daños en distintas zonas del cerebro.

–¡Debía de interesarle mucho el cerebro, profesor Wernicke!

–Muchísimo. Piensa que solo tenía 26 años cuando publiqué un importante artículo en el que aclaraba que el área de Broca no era la única responsable del lenguaje.

–Según usted, ¿hay otros puntos fundamentales en el cerebro?

–Sin duda. Uno es, efectivamente, el que me han dedicado como reconocimiento a mis descubrimientos.

–¡Ah, sí, el área de Wernicke! Pero, usted, ¿qué descubrió, exactamente?

–Yo documenté que una lesión en esta parte específica del cerebro permitía que las personas siguieran hablando, pero sin comprender bien lo que decían.

–¿Eso quiere decir que las personas que usted examinó hablaban sin ton ni son?

–Sí, pero no solo eso, ¡tampoco conseguían comprender el sentido de los discursos de los demás!

–Qué cosa tan rara…, pobrecillos.

–Y no fue la única rareza con la que me topé. Hay muchos trastornos distintos del lenguaje, dependiendo del daño cerebral. Por ejemplo, hay personas que han perdido la posibilidad de leer y escribir, pero que pueden hablar y escuchar.

–¡Entonces quizá yo también sufra de ese trastorno!

–Hay que ver, las cosas que tiene uno que oír… No he dicho que hayan perdido las ganas de leer y escribir, sino que han perdido la capacidad de hacerlo. ¡Hay una gran diferencia!

A inventar palabras

Cabe aclarar que no es que a los investigadores les gustara particularmente analizar solo a aquellas personas que no podían hablar.

Los estudios sobre la adquisición del lenguaje (es decir, sobre cómo conseguimos aprender la lengua con la que nos comunicamos) fueron muy importantes para comprender cómo funciona nuestro cerebro.

En estos procesos ya mostró interés Charles Darwin: el padre del evolucionismo se había percatado de que la comunicación de los primates y de los niños muy pequeños sucedía, principalmente, a través de gestos.



Solamente en el ser humano, sin embargo, parecen haberse desarrollado las bases neurológicas que hacen posible la adquisición espontánea del lenguaje. En palabras más simples, podríamos decir que nuestro cerebro está, de alguna manera, predispuesto a la palabra.

Cualquier niño inmerso en cierto ambiente lingüístico aprenderá el idioma (vocal o signado, y quizá más de uno a la vez) que se utilice en dicho ambiente.

Piénsalo bien, sin necesidad de ir al colegio, todos los niños del mundo aprenden su lengua materna y las reglas con las que se componen las frases.

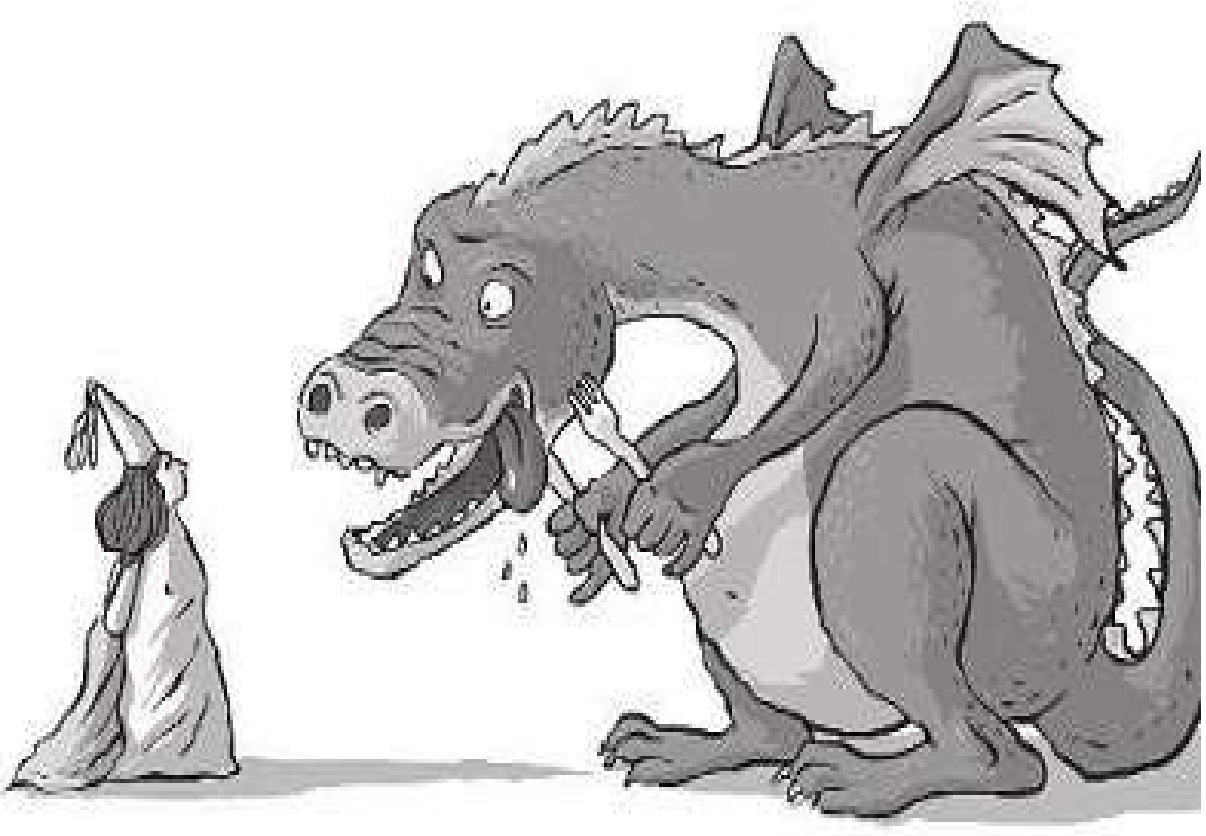
Tú mismo, de pequeño, seguramente eras capaz de pedirle un vaso de agua a tu madre, ¡aunque aún no tuvieras ni idea de lo que era un sustantivo!

Aprendiste las reglas de tu lengua materna y las utilizabas.

Y quién sabe cuántas veces habrás inventado palabras extrañas, ideando soluciones que quizá fueran erróneas a nivel gramatical, pero que seguramente correspondían a una lógica férrea.

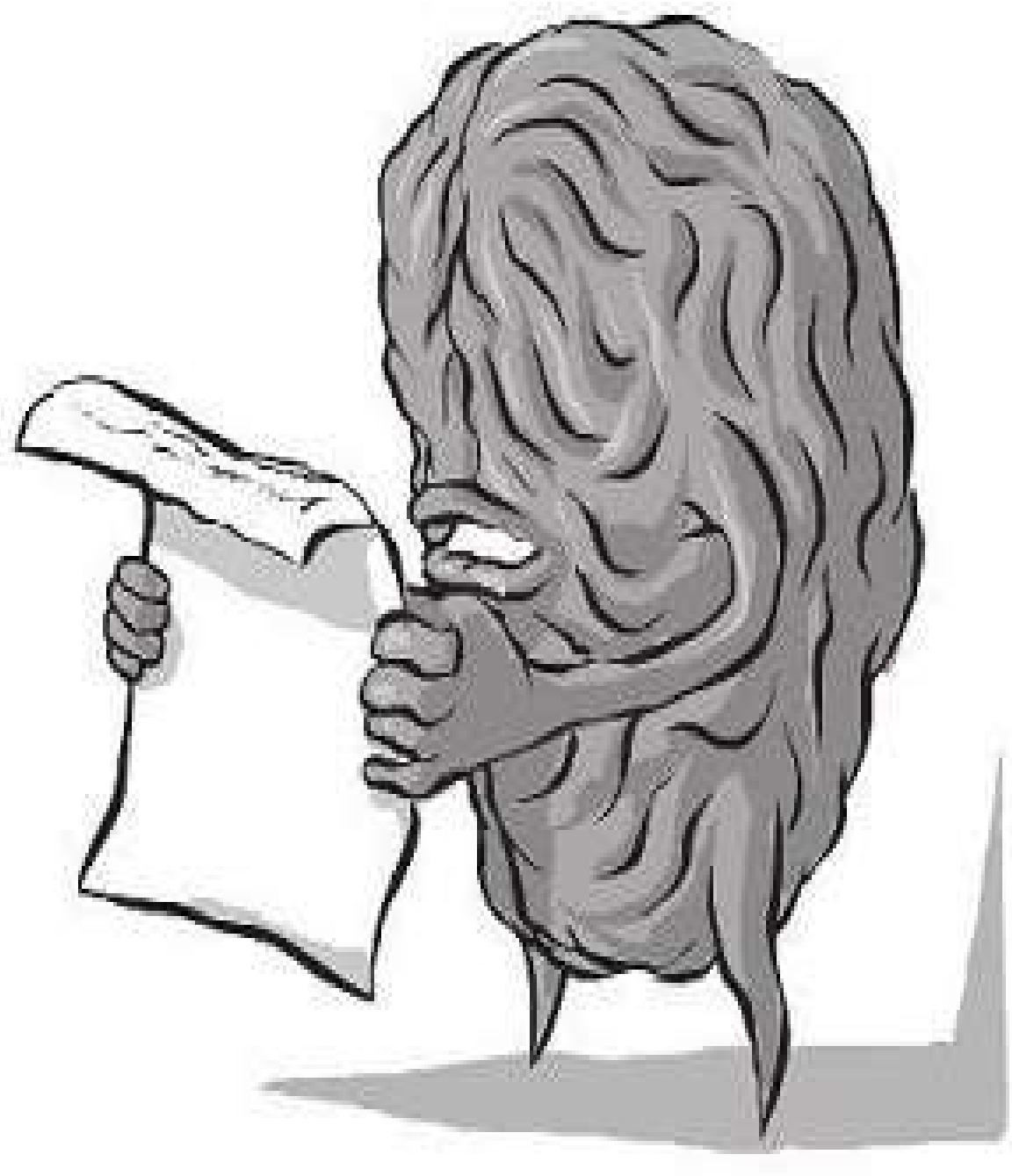
Por ejemplo, decir que un dragón es «princesívoro» tiene un sentido muy

específico que nuestro cerebro capta al vuelo, aunque en el diccionario jamás encontrarás esta palabra.



El cerebro en acción

Actualmente, gracias a los nuevos instrumentos de investigación a nuestra disposición (tomografía y emisión de positrones, resonancias magnéticas), los investigadores pueden examinar el cerebro de sujetos vivos en acción, y, de ese modo, se han podido hacer grandes avances en el estudio del lenguaje (para saber más sobre nuevos instrumentos de investigación, ver el capítulo 6).



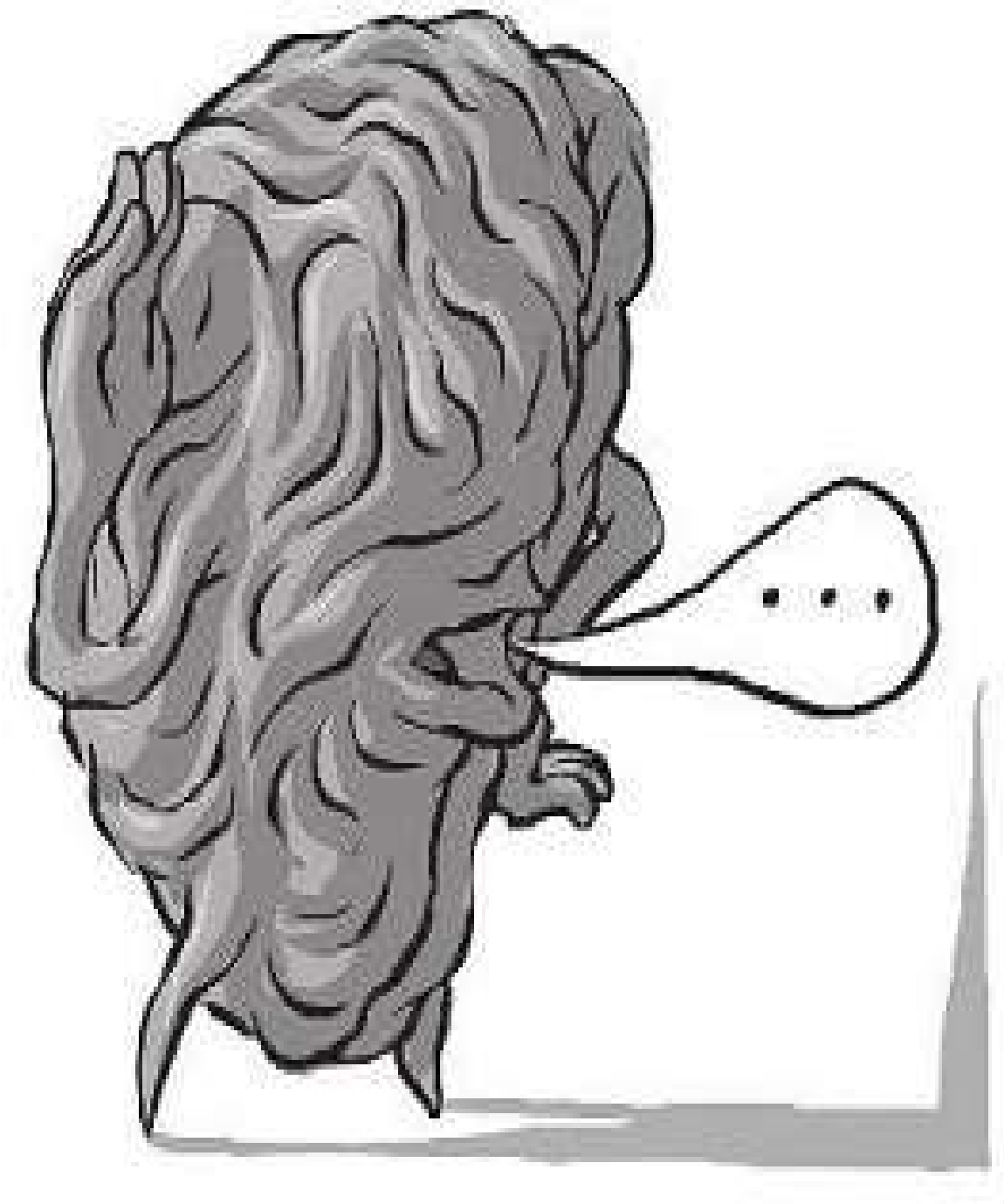
Por ejemplo, ahora sabemos que si repetimos una palabra que hemos leído, el cerebro procede de manera distinta de cómo lo hace cuando pronunciamos una palabra que solo hemos escuchado. En el primer caso, la información atraviesa la corteza visual primaria y desde ahí se transmite a una región que abarca el área de Wernicke, que a su vez la envía al área de Broca, hasta que llega a la corteza motora primaria.

En el segundo caso, la señal es recibida por la corteza auditiva primaria

para luego recorrer el mismo trayecto, que la llevará a la corteza motora primaria.

Por otro lado, se ha demostrado claramente que no todo es tan rígido ni está tan predefinido como se creía en el pasado.

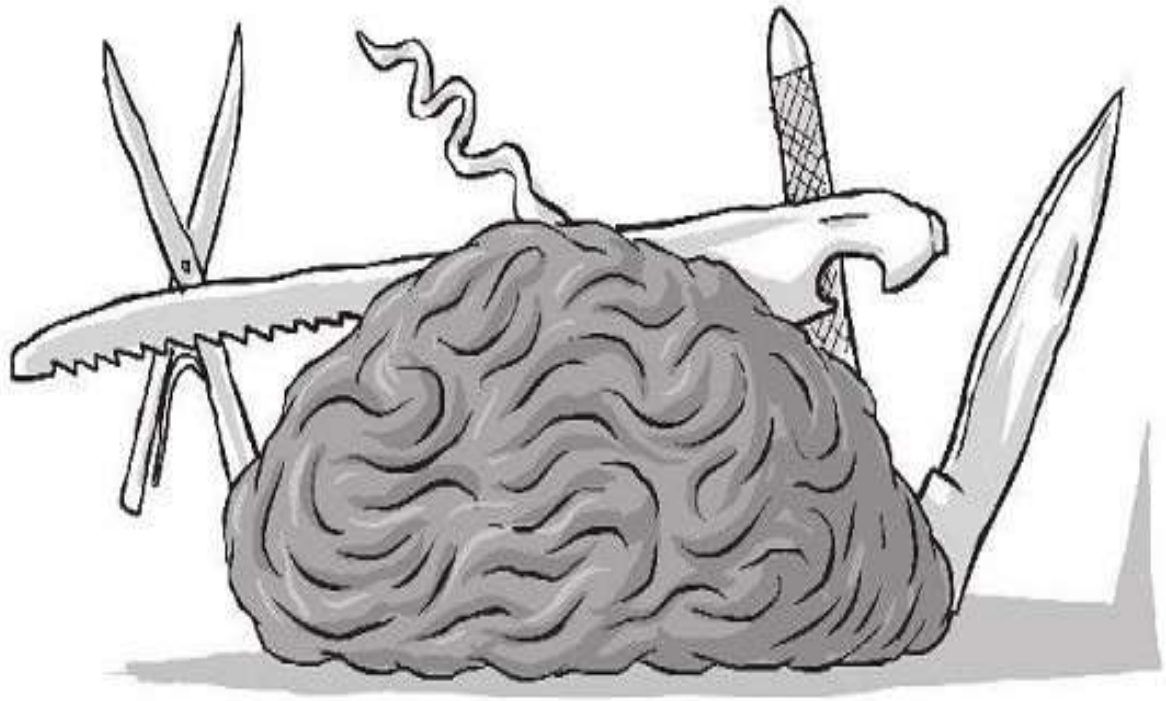
Por ejemplo, es cierto que en la mayoría de las personas (casi el 97%) el área de Broca y el área de Wernicke se encuentran en el hemisferio izquierdo, como se concluía en los primeros estudios, pero no siempre es así.



Hay personas en las que el lenguaje se gestiona en el hemisferio opuesto.Además, Broca ya había formulado una hipótesis que aventuraba que el hemisferio derecho podía convertirse en el hemisferio del lenguaje en caso de que el izquierdo sufriera daños, sobre todo si estos daños sucedían en la primera infancia.

Esto no debería sorprendernos, porque ya hemos profundizado en la estructura del cerebro, en concreto, en la organización de las neuronas.

También habíamos hablado de la importancia de la formación de las conexiones nerviosas durante el desarrollo cerebral. Por eso, a veces, sobre todo en los primeros años de vida, el cerebro resulta extremadamente versátil y puede suplir parcialmente ciertos traumas o interferencias determinados por el ambiente (interno o externo).



Un cerebro plástico

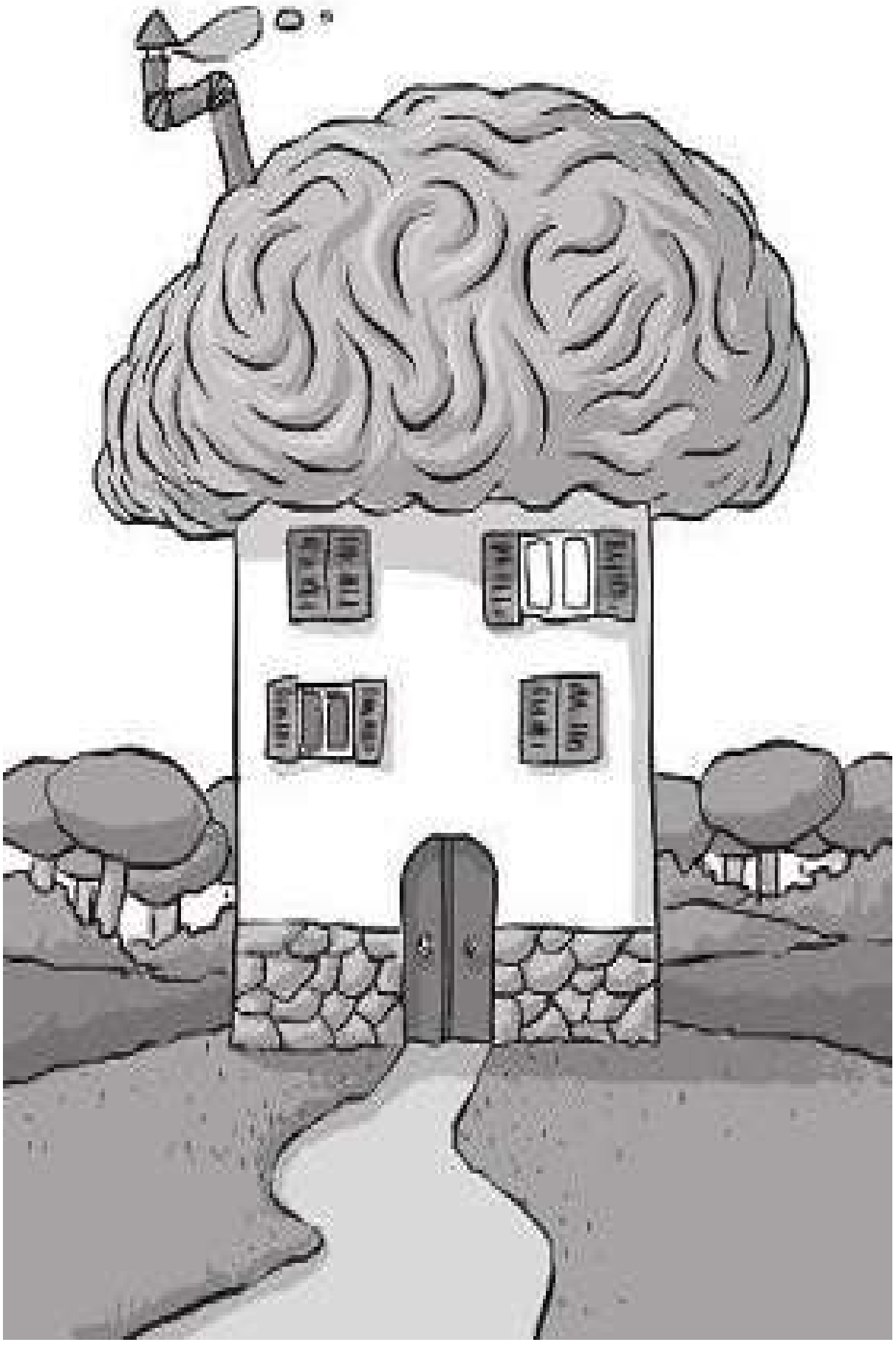
Afortunadamente para nosotros, no es necesario ser niños para gozar de las ventajas de un cerebro versátil. El cerebro de los adultos conserva parte de esta plasticidad. Y no tiene nada que ver con el plástico, si es eso lo que estás pensando.

Está relacionada, en cambio, con la gran capacidad que tiene el cerebro de modificarse diariamente. Piénsalo: el cerebro que tienes hoy no es el cerebro que tenías ayer ni el que tendrás mañana.

Porque no se trata de un órgano rígido e inmutable, sino de un órgano plástico, es decir, que cambia dependiendo de los estímulos recibidos.

Y, precisamente, al transformarse continuamente, este maravilloso órgano nos permite aprender de nuestras experiencias, sean estas de naturaleza mental o física.

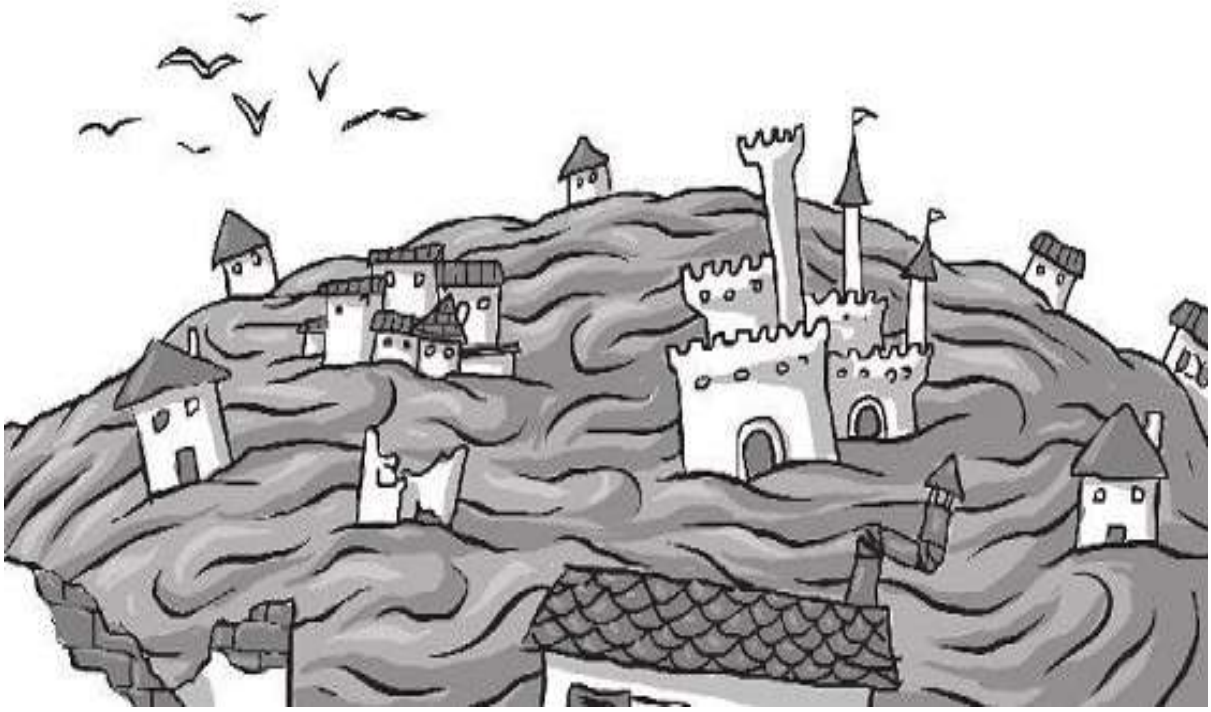
Cuanto más usas el cerebro, cuantas más experiencias vives, mayores serán las conexiones que se creen entre tus neuronas (sinapsis) y… ¡más «activo» será tu cerebro!



¿Qué quiere decir todo esto? Muy sencillo: **que cada aprendizaje incide en el modo en que se construye y se refuerza la red neuronal.** No es tan sencillo, sin embargo, explicar cómo sucede.

Imaginemos el cerebro como un paisaje compuesto por muchas casitas, algunas separadas entre sí, otras no tanto. Poco a poco, entre estas viviendas se van construyendo calles para crear vías de comunicación.Y, luego, algunas de estas calles se asfaltan, porque sus habitantes se hacen amigos y quieren verse todos los días y poder tener acceso a sus casas rápidamente, mientras que otras se descuidan o se vuelven intransitables, o, incluso, desaparecen.

Las casas que permanecen aisladas son abandonadas y pueden quedar en ruinas, pero también pueden construirse otras nuevas. Algunas pueden unirse para formar pequeños pueblos, otras pueden ser destruidas por un terremoto.

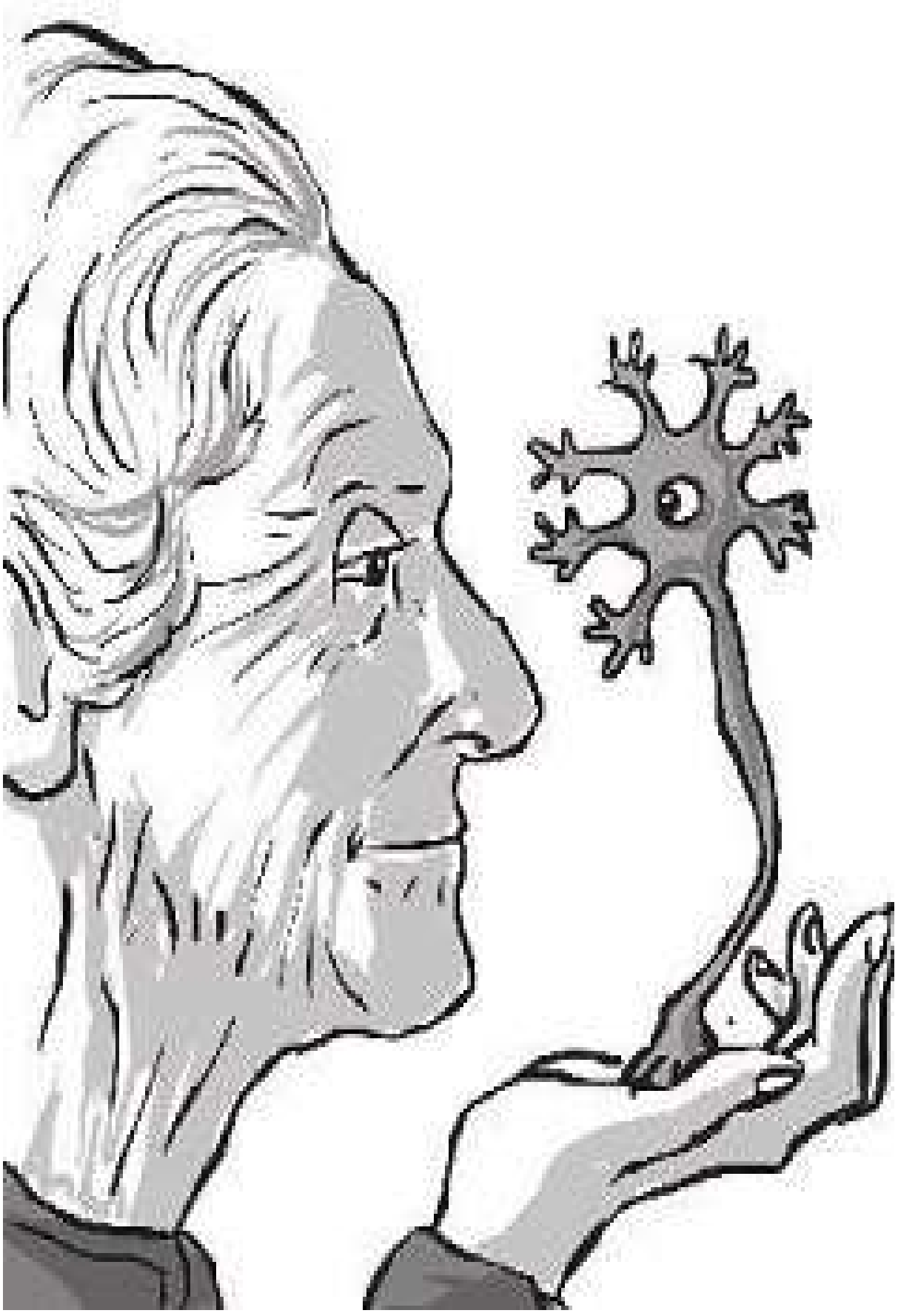


Pues esto es, más o menos, lo que pasa entre nuestras neuronas, un poco como las casas que hemos imaginado, **pueden nacer o morir, se pueden establecer entre ellas vías de comunicación** (axones y dendritas) **y se pueden agrupar entre sí, formando centros que controlan funciones más complejas** (como, por ejemplo, el que controla el área del lenguaje).

–Me gusta que se haga hincapié en cómo las neuronas pueden cambiar con el tiempo e incluso nacer y morir, porque, anteriormente, los investigadores pensaban que el sistema nervioso era algo estático, programado rígidamente por los genes.

–¿De verdad pensaban eso?

–Por supuesto, y también gracias a mis investigaciones se descubrieron cosas sobre las transformaciones de las neuronas.



–¿Por qué? ¿Usted quién es?

–Qué raro que no me hayas reconocido. Soy italiana, me llamo Rita Levi-Montalcini y, hasta hace poco tiempo, con más de cien años, acudía al parlamento a discutir decisiones políticas porque fui designada senadora vitalicia.

–¿De verdad? ¡Un verdadero

honor!

–Pero ese no fue el único honor que recibí en mi larga vida. Siempre supe que mi vocación era la ciencia, por eso convencí a mi padre para que me dejara estudiar Medicina. ¿Sabes?, en mi época las mujeres raramente tenían oportunidades equiparables a las de los hombres. Pero yo sabía que podía hacer grandes avances en ese campo y no en el de la pintura, en el que destacaba mi gemela Paola, una extraordinaria artista.

–¡Qué suerte!, ¡una gemela! Pero me estaba diciendo que hizo grandes avances…

–Sí, y en el sentido más literal de la expresión. Porque me mudé a Estados Unidos, allí fue donde realicé los experimentos que me llevaron a ganar el Nobel.

–¿Un Nobel?

–Sí, ¿no te había dicho que en mi vida recibí muchos honores? Pero, cambiando de tema, el descubrimiento que realicé del factor de crecimiento nervioso (NGF, Nerve Growth Factor), en los primeros años de la década de los cincuenta, fue pionero.

–Pero ¿qué hace el NGF?

–Como se deduce de la sigla, permite el crecimiento de las neuronas. En concreto, se trata de una molécula que da a los axones la señal de alargarse, facilitando así la formación de nuevas conexiones.



–¿Y en qué condiciones se envía esta señal?

–¡En muchísimas situaciones! Piensa que, junto a Enrico Alleva, que había sido mi pupilo, descubrimos que el NGF se activa en los paracaidistas justo antes de lanzarse al vacío.

–¿Y por qué dice que su descubrimiento fue pionero?

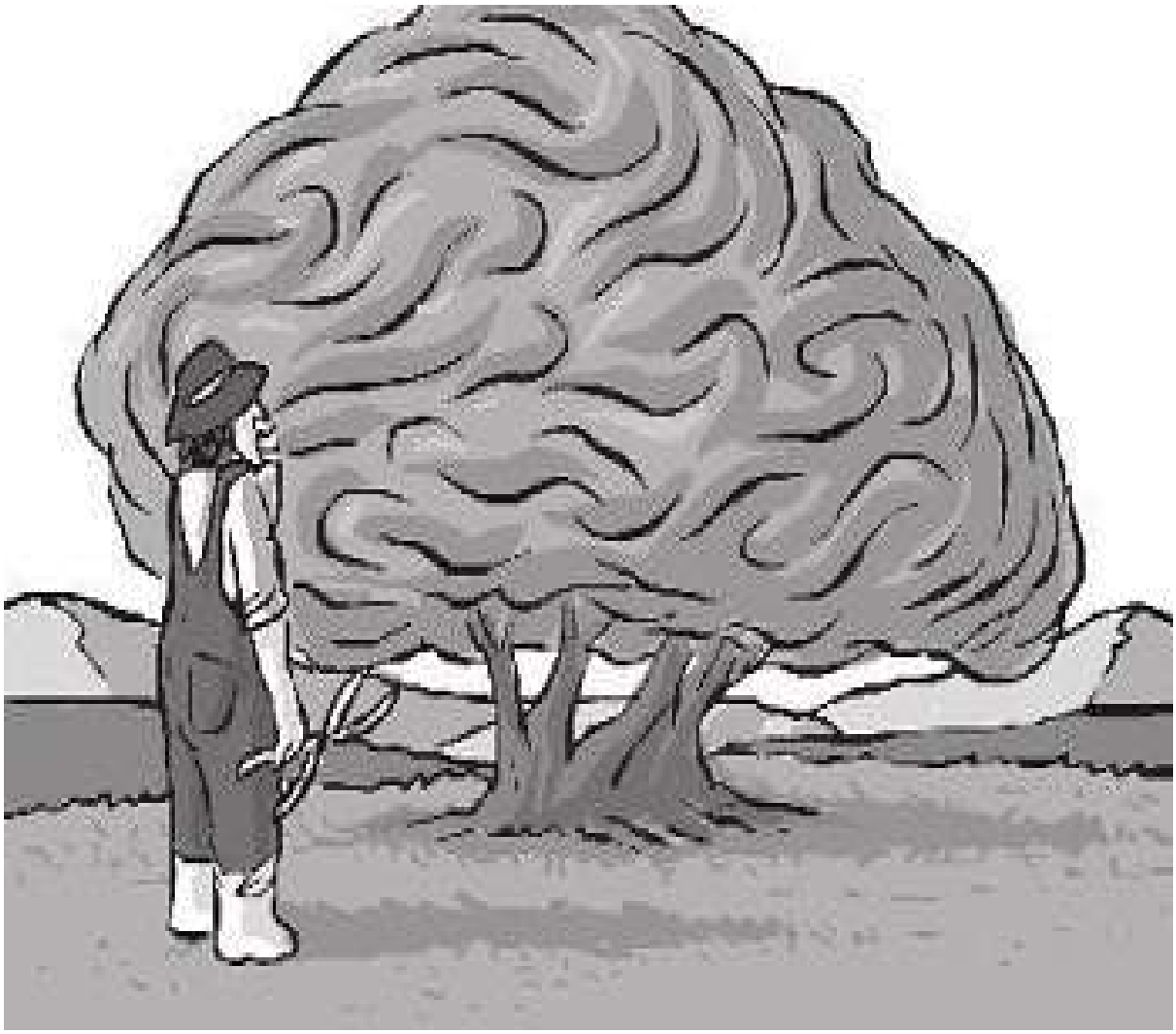
–Porque, a raíz de él, otros investigadores identificaron distintas moléculas que influyen en el crecimiento de las neuronas y que son el fundamento de la plasticidad del sistema nervioso. Los investigadores quieren usar estos factores de crecimiento para vencer enfermedades del sistema nervioso como la esclerosis o el alzhéimer.

La experiencia vital puede determinar cómo se transformarán las neuronas, qué sinapsis desaparecerán y cuáles, en cambio, se reforzarán. Al igual que en el ejemplo de las casas, si una sinapsis se activa con mayor frecuencia, la comunicación entre neuronas mejora, mientras que, si no sucede, esa sinapsis dejará de funcionar.

Y lo mismo pasa con las neuronas: si no tienen razón de existir, si no reciben ni transmiten informaciones, mueren en un proceso que se llama «apoptosis».

Este mecanismo de crecimiento, refuerzo y «expurgamiento» (que, en parte, puede recordar a la poda de un frondoso seto) **es** lo que se entiende por **plasticidad cerebral.**

Por eso durante el aprendizaje de cualquier actividad, algunas neuronas se estimulan y sus conexiones se refuerzan.



Pero ¿qué quiere decir exactamente que se refuerzan? ¿Cómo conseguimos almacenar y retener todas las informaciones nuevas?

Cómo se fija un recuerdo

Todos los días nos pasan infinidad de cosas. No todas nos interesan, difícilmente se nos quedará algo de una clase particularmente aburrida que hayamos tenido a última hora del día. Puede que tuviéramos las orejas bien abiertas y los oídos funcionaran, pero nos faltaba atención. **Para recordar un acontecimiento, la atención es fundamental.** Si ganamos un partido o si escuchamos un chiste que no conocíamos, entonces sí que prestamos atención y las neuronas del tálamo y del lóbulo frontal empiezan a activarse con mayor frecuencia. De este modo, la intensidad de la experiencia aumenta, y, con ella, las probabilidades de que sea registrada entre los recuerdos.



Únicamente tras este primer procesamiento, las sensaciones relacionadas con un evento son analizadas en las distintas áreas sensoriales de la corteza, y, posteriormente, se combinan en una única experiencia dentro del hipocampo.

El hipocampo es una especie de centro de clasificación: aquí se decide si el nuevo recuerdo se almacenará en la memoria a largo plazo o, por el contrario, se descartará. Para comprender la importancia de esta pequeña zona de nuestro cerebro, podríamos hacerle unas cuantas preguntas a una persona a la que se ha extirpado el hipocampo y cuyo caso fue muy estudiado, ¿verdad, señor H. M.? (Se trata de una persona que prefiere mantener su anonimato, por lo que el nombre completo no se mencionará).

–Buenos días, ¿con quién tengo el placer de hablar?

–Buenos días, disculpe las molestias, pero es que estamos hablando de la memoria, ¡y por eso hemos pensado en usted!

–Gracias, me gusta poder ayudar a los demás.

–Bueno, ¿qué puede decirnos de su experiencia?

–Yo, a raíz de un accidente, empecé a padecer una grave forma de epilepsia. Era la década de los cincuenta, y en aquella época los remedios eran un tanto brutales. Así que, para curarme, a los 27 años me extirparon parte de los lóbulos temporales, incluidos la amígdala y el hipocampo.

–¿Y después qué pasó?

–Ese es precisamente el problema: para mí no existe el después; están el antes y el ahora.

–Y eso ¿qué quiere decir?

–Yo recuerdo toda mi infancia, mi inteligencia está intacta y puedo hablar contigo sin problemas, pero… Perdona, suena el teléfono, voy a contestar.



–¡Por fin, de vuelta! Nos estaba diciendo que su inteligencia está intacta…

–¿?

–¿Ha perdido el hilo de la conversación?

–¿Qué hilo? Disculpe, ¿con quién tengo el placer de hablar?

Ese es precisamente el problema de H. M., es una persona inteligente y de una educación exquisita, pero no puede almacenar nuevos recuerdos y por eso se olvida de todo lo que ha pasado hace cinco minutos.

Existen otros casos clínicos como el suyo, que demuestran la importancia del hipocampo en el proceso de memorización. Además se ha observado que esta es una de las pocas zonas del cerebro en la que se pueden formar nuevas neuronas.

Sueño y memoria

Cada día, el sueño ocupa un tercio del tiempo a nuestra disposición. Pero no creas que estás desperdiciando esos 122 días al año; sí, has leído bien, haz la cuenta y verás…

Sí, es cierto, al dormir estamos tumbados en una cama sin hacer nada, con los ojos cerrados, los oídos en reposo…, pero no todo descansa.

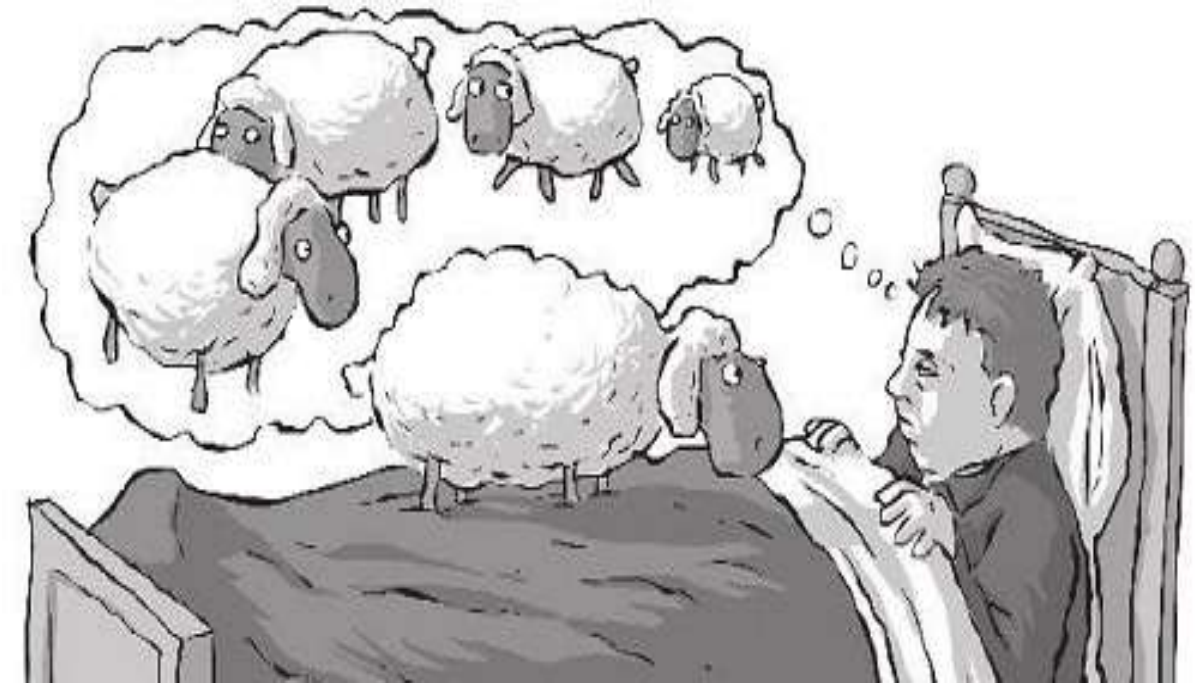
Gracias al **encefalograma,** es decir, un gráfico que muestra la actividad del cerebro, se ha descubierto que este último sigue trabajando, cumpliendo un ciclo regular que alterna dos fases muy concretas: el **sueño REM** *(*Rapid Eye Movement*)* y el **sueño no REM.**

En los niños, el porcentaje es exactamente del 50%, mientras que los adultos experimentan un 20% de sueño en fase REM y un 80% de sueño en fase no REM.

Este último se divide a su vez en cuatro estadios distintos, caracterizados por ondas cerebrales diferentes (más o menos rápidas). Más que durmiendo, ¡parece que el cerebro se haya montado en una montaña rusa!

Cuando comienza el sueño, entramos en el estadio 1, luego en el 2, luego en el 3 y, por último, en el 4. Después, se pasa de nuevo al estadio 3, luego al 2, y luego a la fase REM.Y, de nuevo, 2, 3, 4, 3, 2, REM, y así sucesivamente, durante toda la noche.

Si alguien te despierta mientras estás en la fase REM, podrías contarle fácilmente lo que estabas soñando, ¡porque en esa fase los sueños se recuerdan con mayor facilidad! Y los sueños son importantes.



Si piensas que en ocho horas de sueño atravesamos la fase REM alrededor de unas cinco veces, podemos calcular que en un año tenemos unos 1.825 sueños. ¡Nada mal!

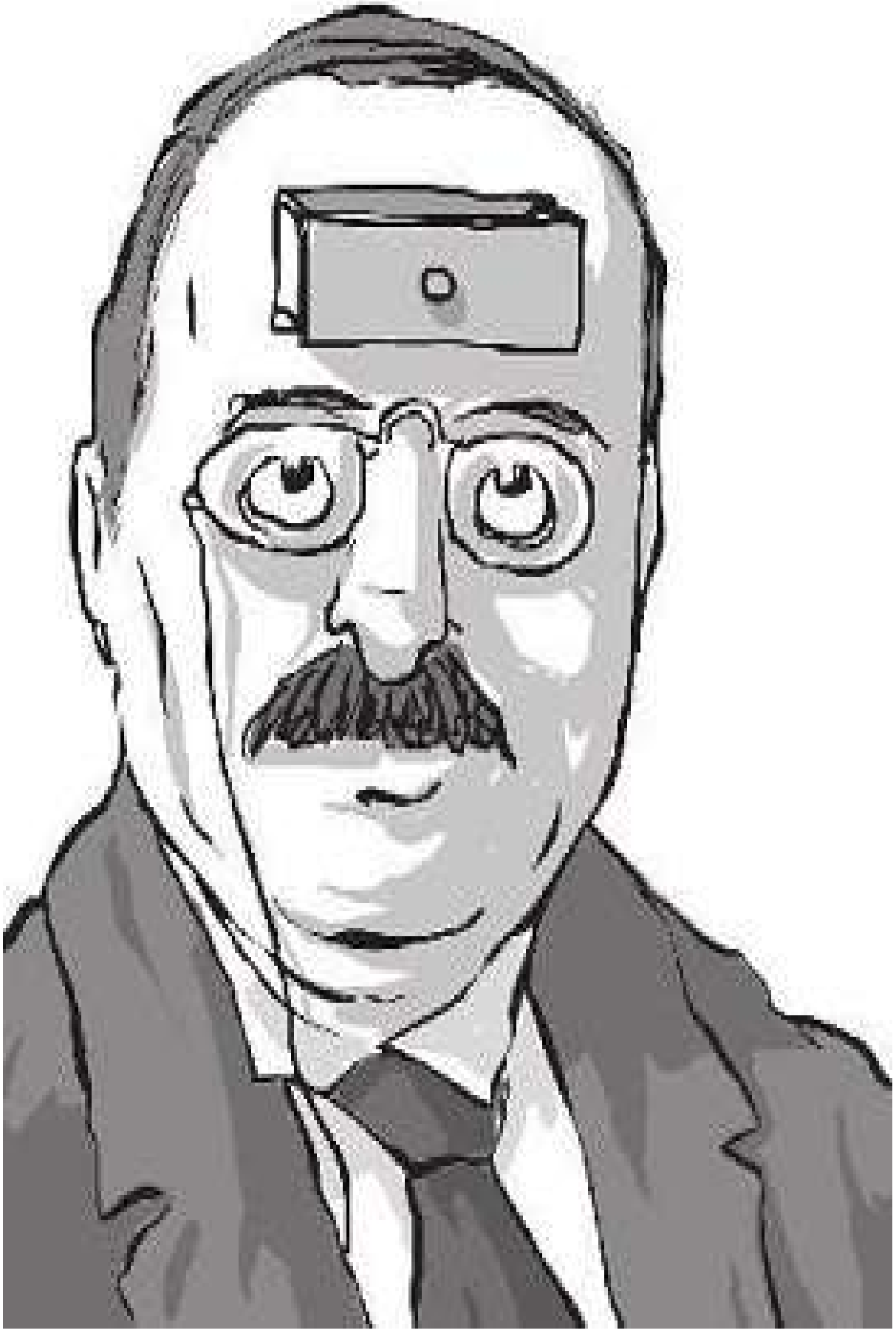
Obviamente, el sueño sirve para descansar y recuperar energía para las actividades que se deben realizar durante el día, pero no solo eso. **Algunos estudios demuestran que la fase REM ayuda a la fijación de la memoria.** Parece, de hecho, que **en esta fase del sueño se activan las mismas áreas del cerebro que se «encienden» durante el transcurso de un aprendizaje específico.**

Esto reforzaría la conexión entre neuronas y, por tanto, el proceso de memorización.

Un par de truquitos

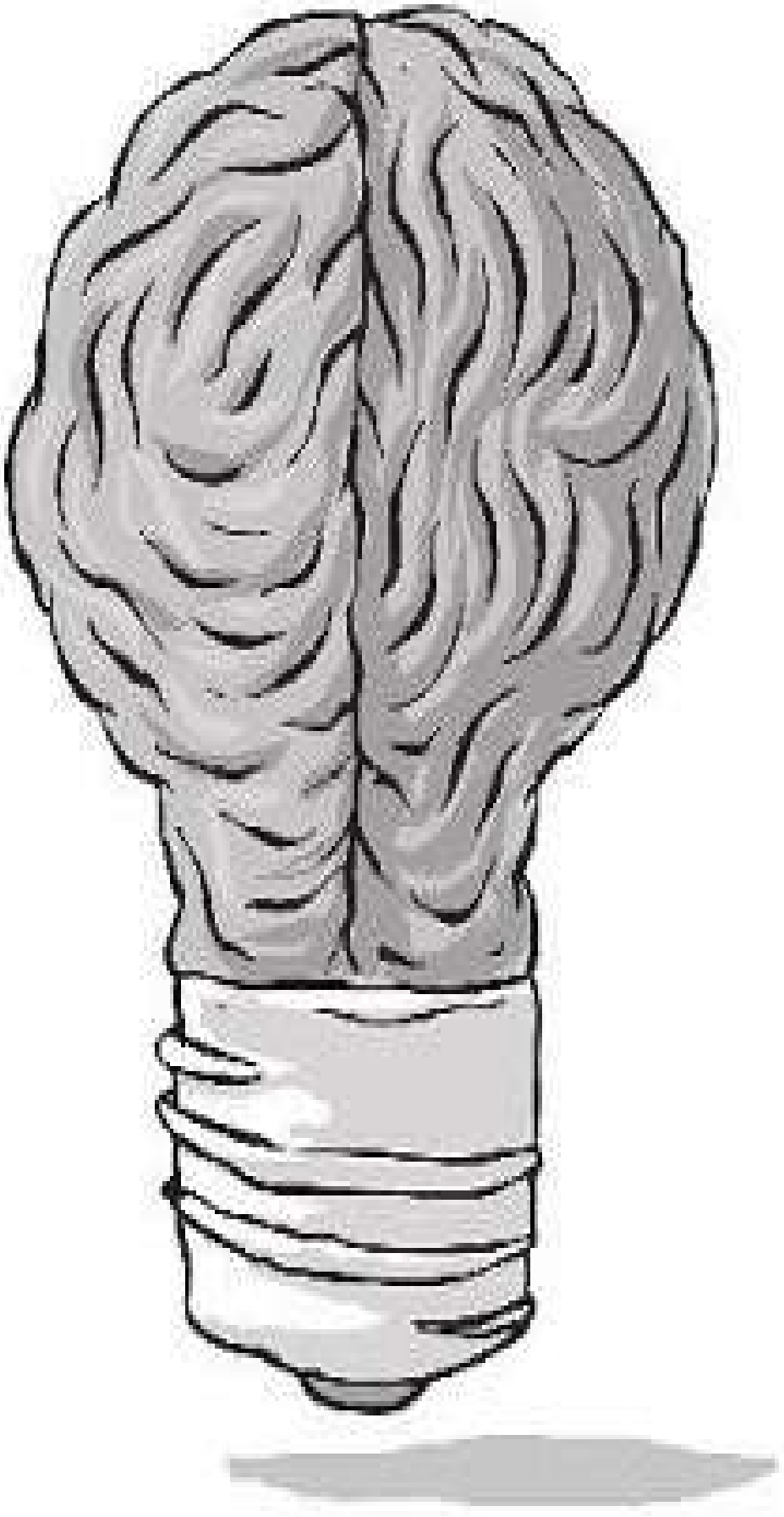
Dejando el sueño aparte, ¿cómo ocurre el proceso de almacenamiento, es

decir, la consolidación de un recuerdo? Nos lo explicará Alois Alzheimer (1864-1915), que fue el primero en describir un trastorno que lleva su nombre: la enfermedad de Alzheimer.



Esta terrible enfermedad consiste en un proceso degenerativo que afecta a las células cerebrales hasta producir la muerte del individuo.

Por desgracia, esta no es la única enfermedad que agrede y destruye progresivamente el sistema nervioso central (pensemos, por ejemplo, en la enfermedad de Parkinson o en la de Creutzfeldt-Jakob). Con frecuencia, entre los síntomas del alzhéimer está la pérdida de la memoria, así que el profesor Alois debía de ser un gran experto en el tema.



–Como sabes, durante la memorización de cualquier dato, las neuronas de algunas áreas del cerebro se activan con mayor frecuencia, simultáneamente.

–Por tanto, cuando repito muchas veces la estrofa de una poesía para aprenderla, en mi cerebro se activan siempre las mismas neuronas, es decir, las que utilizo para leer las palabras de esa estrofa en concreto.

–¡Exacto! La activación repetida de un grupo de neuronas potencia un esquema concreto; es decir, que esas neuronas serán más propensas a activarse juntas en el futuro. Así, las señales viajarán más deprisa en este trazado.

–¡Y, en un examen, será fácil repetir lo aprendido sin cometer errores!

–Sí. Lo mismo sucede si tenemos que aprender a tocar el piano o seguir una coreografía, cuantas más veces se repita el ejercicio, más rápidos y precisos conseguimos ser, porque en nuestro cerebro se han formado, por decirlo de alguna manera, «canales preferenciales» y las señales viajan rápidamente.

–¡Excelente! Aconséjeme estrategias para memorizar con mayor facilidad.

–Primero de todo, recuerda siempre que la noche es una gran aliada. Como acabas de leer, una parte importante del proceso de consolidación de un recuerdo ocurre durante el sueño: parece que, de hecho, cuando está en «reposo», el cerebro recorre los esquemas de activación experimentados durante un aprendizaje específico y que las informaciones viajan entre el hipocampo y la corteza cerebral, promoviendo la consolidación de la memoria a largo plazo.

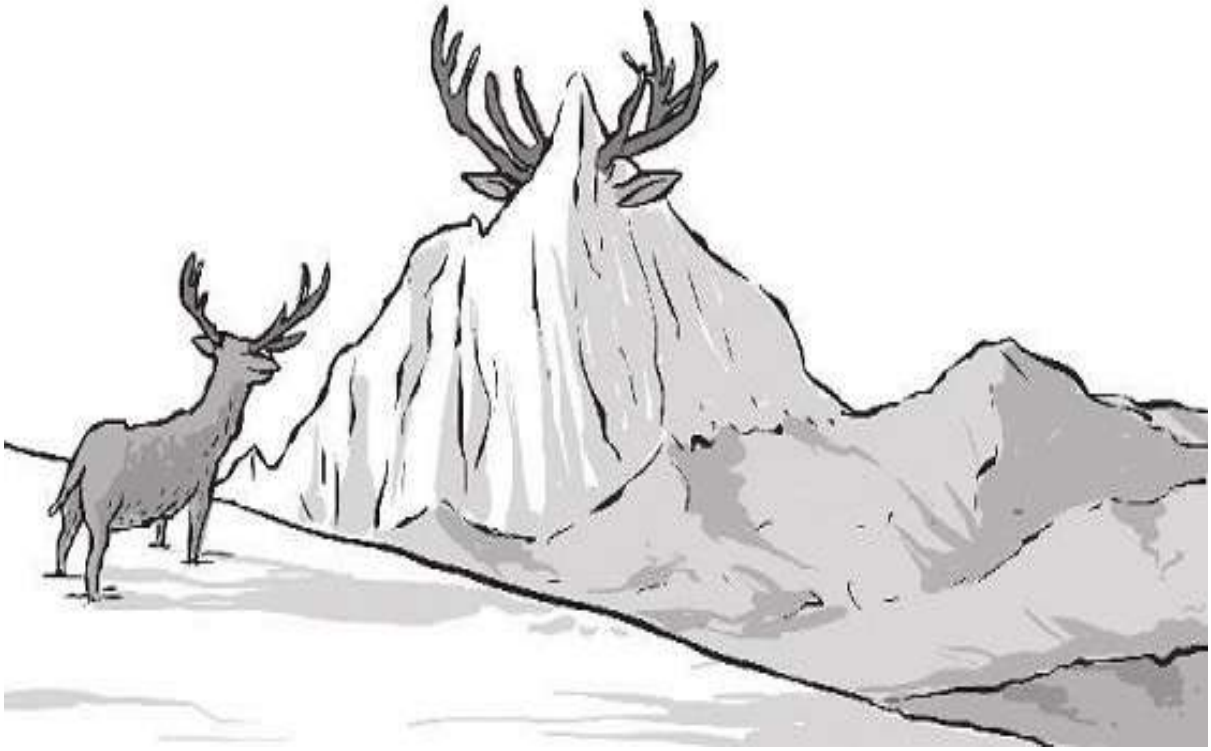
–¡Afortunadamente soy muy dormilón! ¿Y luego?

–Luego recuerda que la memoria del ser humano es fundamentalmente asociativa.

–Y eso, ¿qué significa?

–Significa que conseguimos recordar mejor un acontecimiento, o un aroma, o cualquier otra cosa si lo asociamos a un recuerdo que esté bien consolidado. Podemos archivar un recuerdo y luego recuperarlo con mayor facilidad si lo vinculamos a algo que nos resulte familiar.

–¡Tiene razón! Por ejemplo, para recordar el monte Cervino para el examen de geografía, ¡pensé en un ciervo pequeño!



–¡Exacto! ¿Ves cómo, sin saberlo, ya haces asociaciones? Y, volviendo al tema de los exámenes, puedo asegurarte que responder a preguntas concretas es de gran importancia.

–Para sacar buena nota, ¿quiere decir?

–No, no me refería a eso: notas aparte, si después de haber estudiado algo, respondes a un pequeño examen, las informaciones nuevas se comprenden mejor y, más tarde, se recuerdan también bastante más fácilmente.

–La próxima vez que me ponga a estudiar, entonces, en vez de hacerlo durante una hora más, les pediré a mis padres que me hagan un pequeño examen.

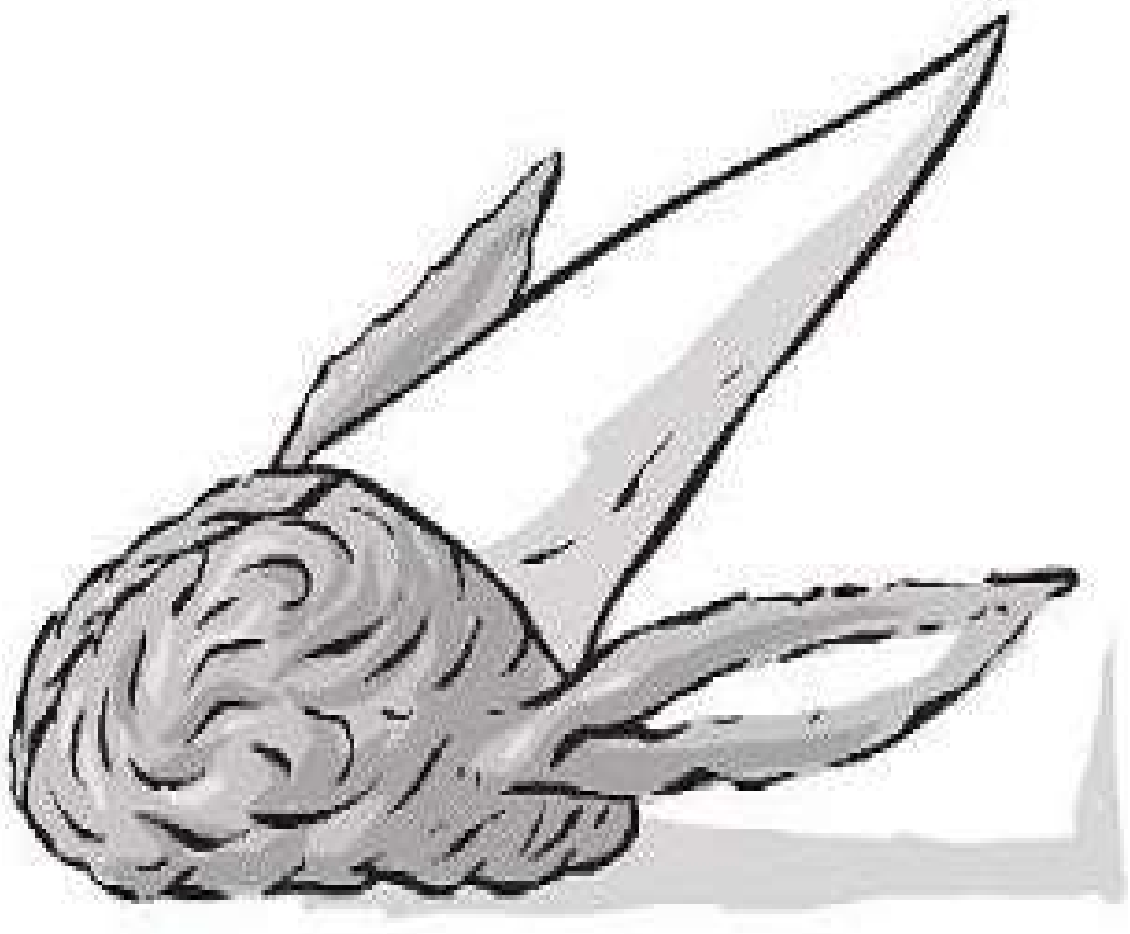
–¡Eso es! Y, de todos modos, no te olvides de mantener siempre un alto nivel de atención en el momento de almacenar informaciones: si no estamos concentrados e implicados en lo que hacemos, no podremos codificar esta nueva experiencia y conservarla a largo plazo. Se trate de lo que se trate, no seremos capaces de recuperar el recuerdo, que se perderá para siempre (y, si estábamos estudiando, ¡adiós al 10 en el boletín de notas!). **–¿Hay algo más que deba saber?**

–Una última cosa, que está relacionada con las emociones.

–¿Y qué tienen que ver las emociones ahora?

–¡Pues claro que tienen que ver! Porque las emociones (que, como ya has

aprendido, se generan en la amígdala) tienen un papel importante a la hora de aumentar la atención y dar significación a un acontecimiento.



Memoria a tiempo determinado

Los trastornos de la memoria, como el del señor H. M., que hemos visto hace algunos epígrafes, nos enseñan cosas del cerebro. Por ejemplo, habrás notado que nuestro amigo recordaba acontecimientos anteriores a la operación, pero no era capaz de fijar recuerdos nuevos.

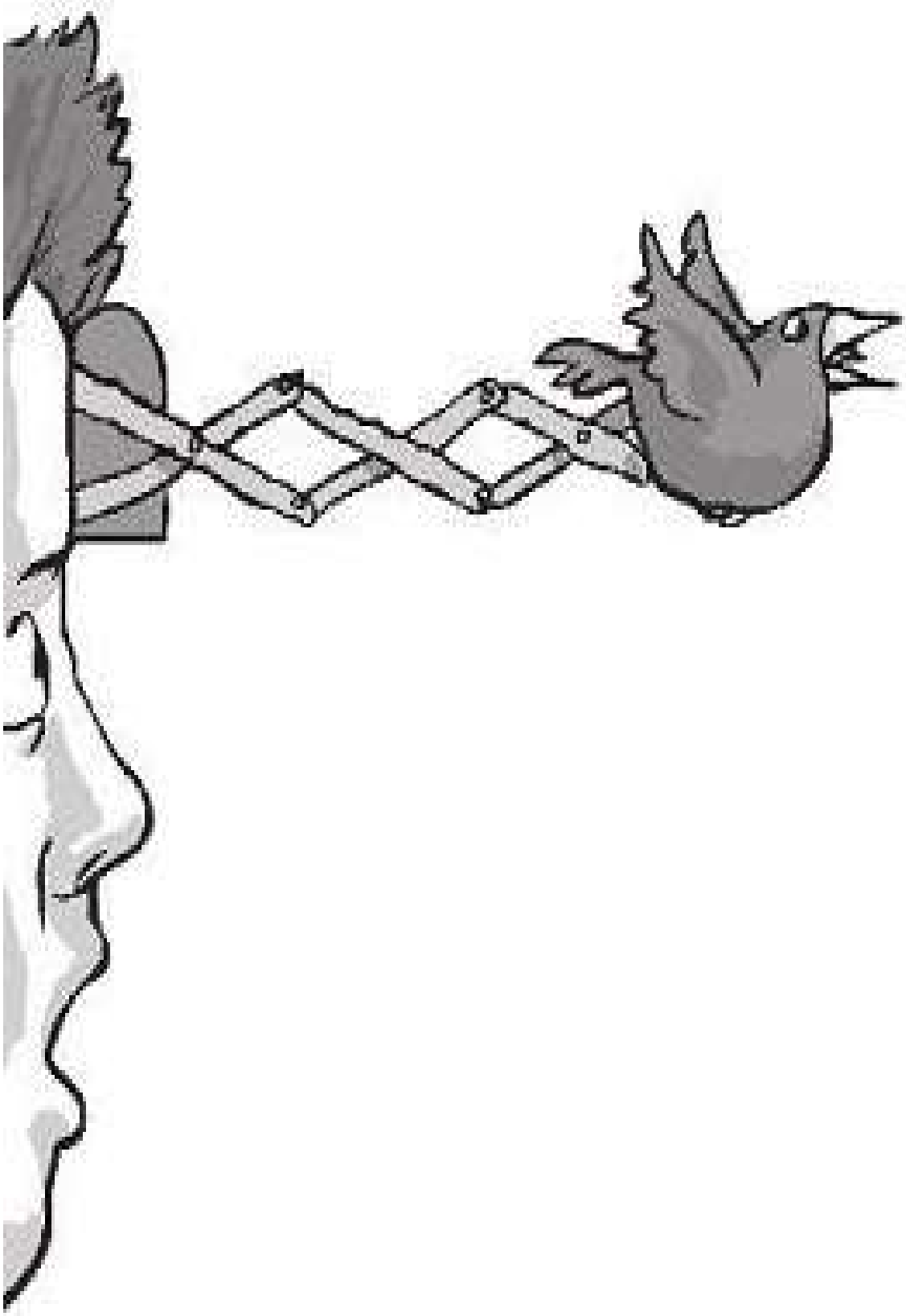
Esto nos lleva a pensar que existen **dos tipos de memoria: a largo y a corto plazo.** Por ello, los investigadores han dividido en dos estadios principales el proceso de retención de nuevas informaciones.

En un primer momento, los estímulos procedentes del exterior son gestionados por la **memoria a corto plazo.**

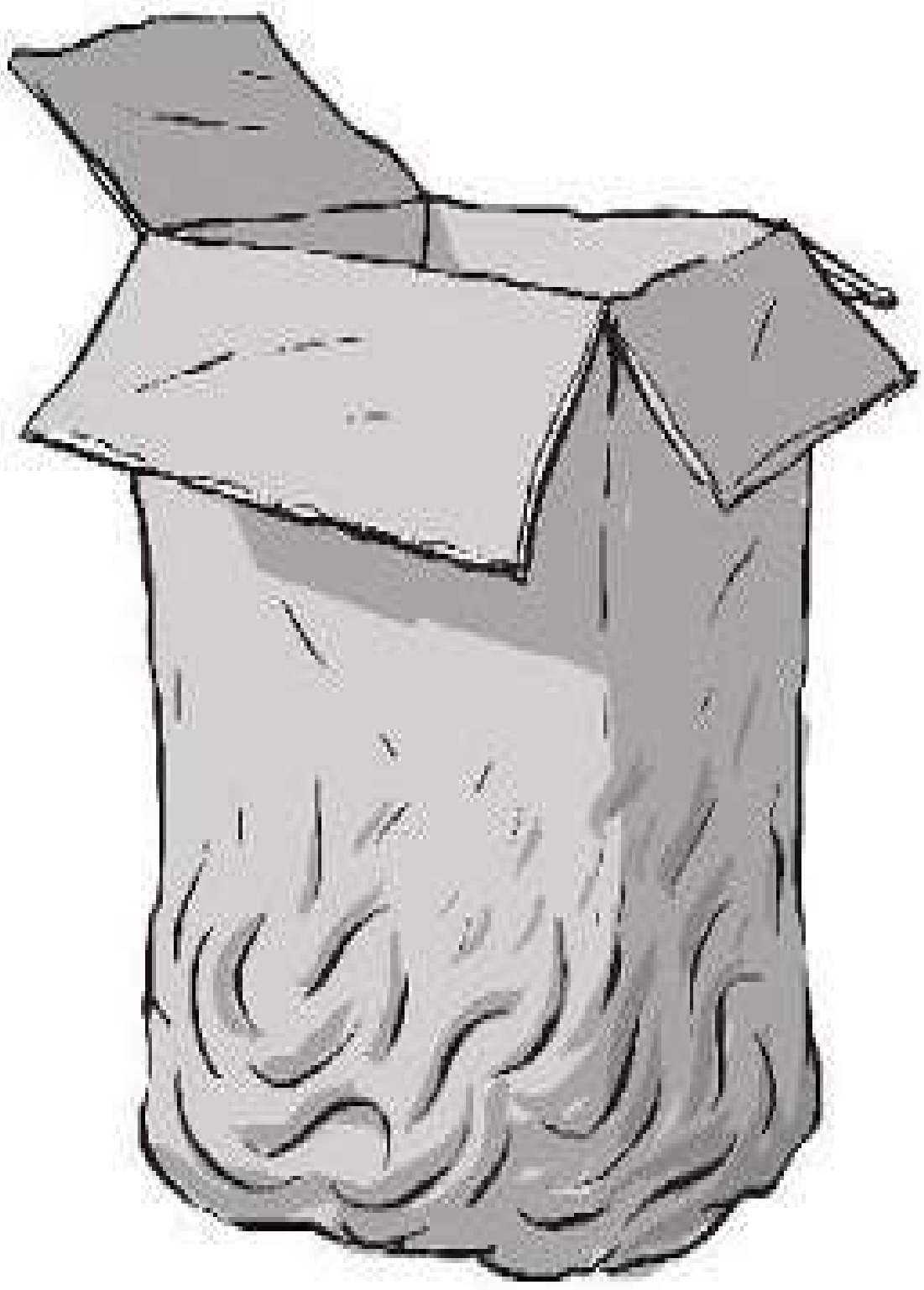
Este tipo de memoria puede ocuparse de 7 u 8 elementos a la vez que, sin embargo, están disponibles durante un brevísimo periodo de tiempo, no más de un minuto (y, a menudo, mucho menos). Si, por ejemplo, tu madre te dice que te pongas el pijama, te laves los dientes, prepares la ropa y la mochila

para el día siguiente, cuando te vayas a ir a dormir descubrirás (aunque probablemente ya lo sepas) que no te habrás acordado de hacer ni la mitad de las cosas que te ha pedido.

La parte del cerebro que se hace cargo de la memoria a corto plazo es fundamentalmente la corteza prefrontal, concretamente algunas regiones vinculadas a la corteza visual y al área de Broca. Aquí es donde se conservan de manera temporal las nuevas informaciones, antes de que lleguen otras aún más nuevas a quitarles el sitio.



Gran parte de los datos que se memorizan, desaparecen, por tanto, muy rápido, a no ser que hagamos el esfuerzo consciente de almacenarlos en otro lado, esto es, en la memoria a largo plazo, a través de este proceso de archivo que hemos visto anteriormente. Entran entonces en juego otros elementos importantes que hemos mencionado antes, como la repetición, la asociación, la motivación, etcétera.



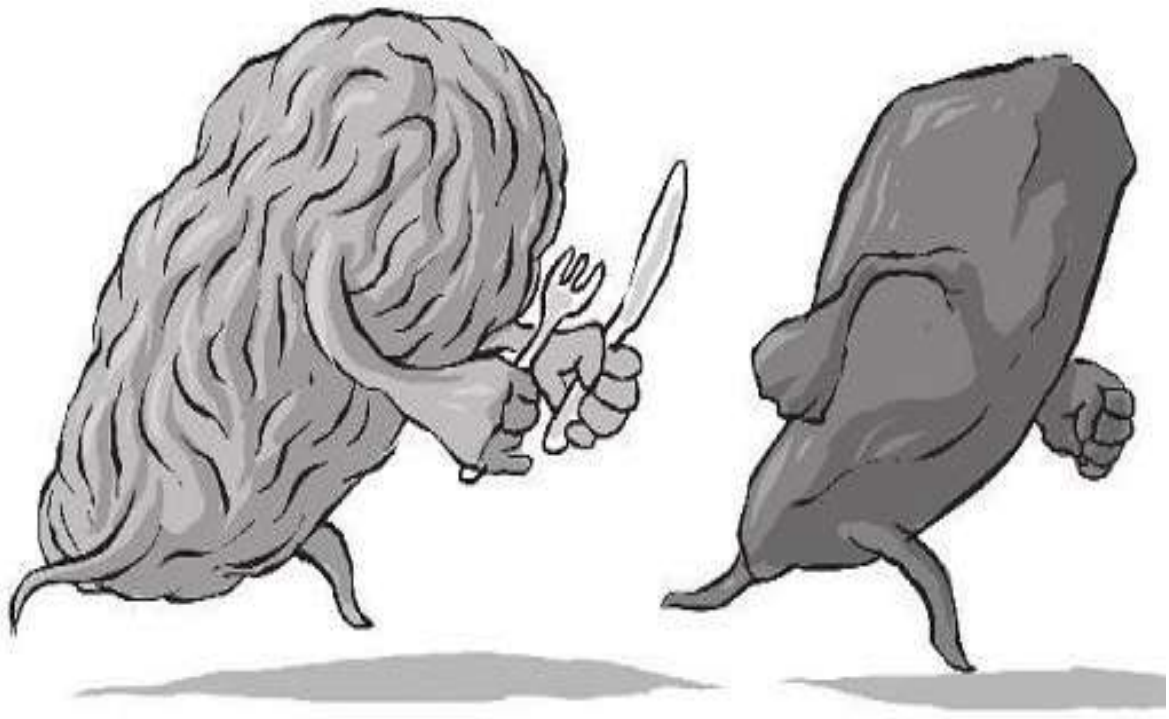
No es como buscar en la biblioteca

En cualquier caso, a pesar de las simplificaciones que hacemos a veces para comprender mejor un proceso concreto, no debemos pensar que nuestra memoria es como una biblioteca con varias estanterías en las que, muy ordenadamente, disponemos nuestros numerosos recuerdos.

Más bien, estos se componen de varios elementos repartidos por diferentes zonas del cerebro, y, cada vez que recordamos, deben ser recuperados y reconstruidos por la memoria. Esta última es, por tanto, **un sistema en movimiento, regulado por la formación y el refuerzo continuo de las conexiones entre las neuronas o, por el contrario, del debilitamiento de las mismas.**

Y sí, ¡a veces puede ser difícil recuperar un recuerdo! Si tuvieras que decirnos qué comiste antes de ayer a la hora del almuerzo, quizá deberías pensarlo un poco. Hay que señalar que, por el contrario, es todavía más difícil, de hecho, es imposible, olvidar a voluntad.

Por ejemplo, si antes de ayer almorzaste en casa de tus tíos y te viste obligado a comer un plato que no te gusta nada, por ejemplo, hígado, ¡entonces sí que podrías responder al vuelo!



Aunque parezca absurdo, a menudo los recuerdos traumáticos son de hecho los más difíciles de eliminar, probablemente porque también son aquellos ligados a emociones fuertes (aunque sean negativas) y, como ya hemos

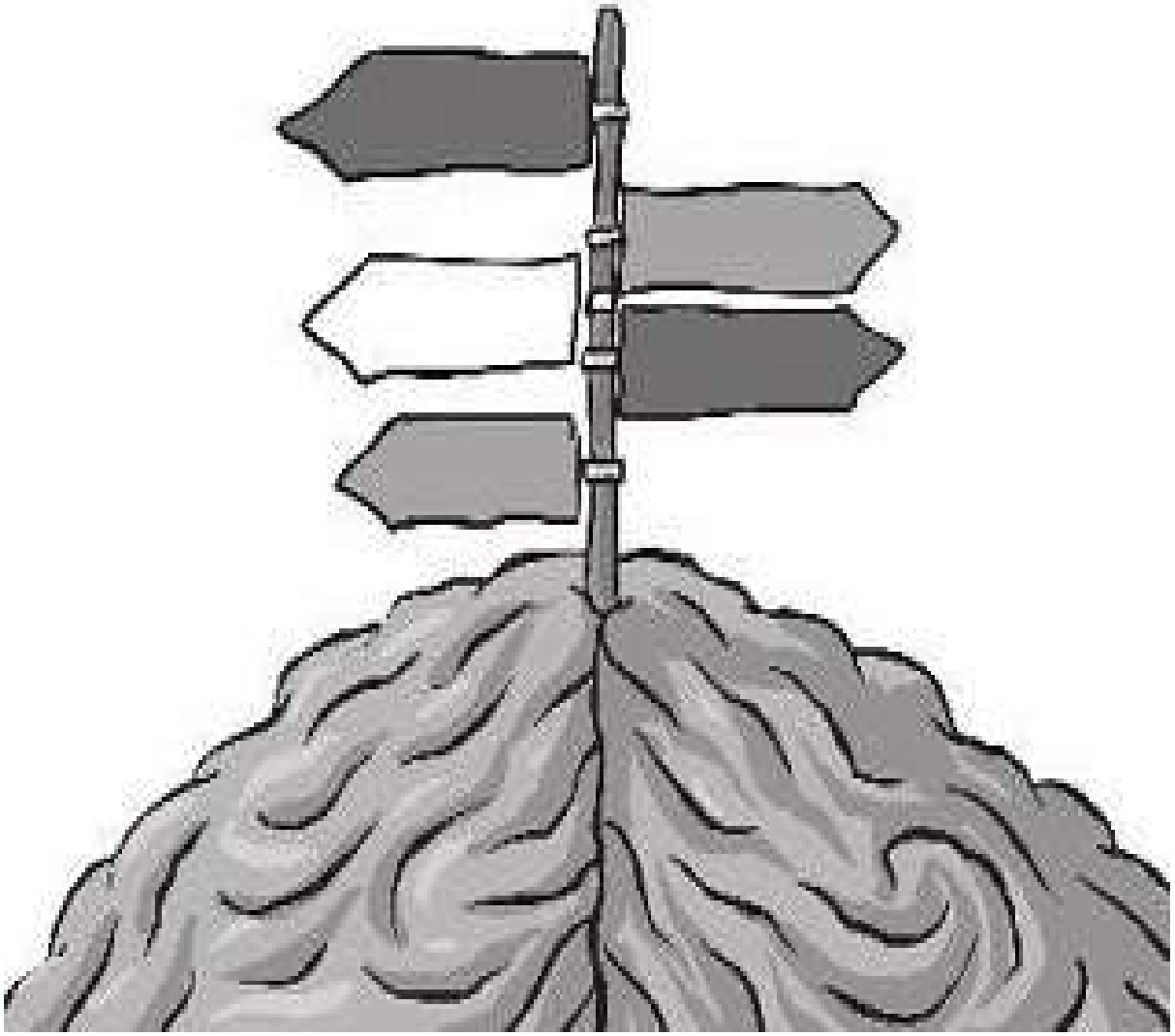
destacado, un elemento que tiene un profundo significado emotivo se imprime de manera más enérgica en nuestra memoria.

Cuando la memoria tiene que recuperar un recuerdo almacenado hace mucho tiempo, el cerebro, de algún modo, recorre el esquema de la actividad neuronal que se originó en el momento de memorizarlo. Casi como si reviviéramos en nuestra cabeza lo que fue provocado por un estímulo externo hace mucho tiempo.

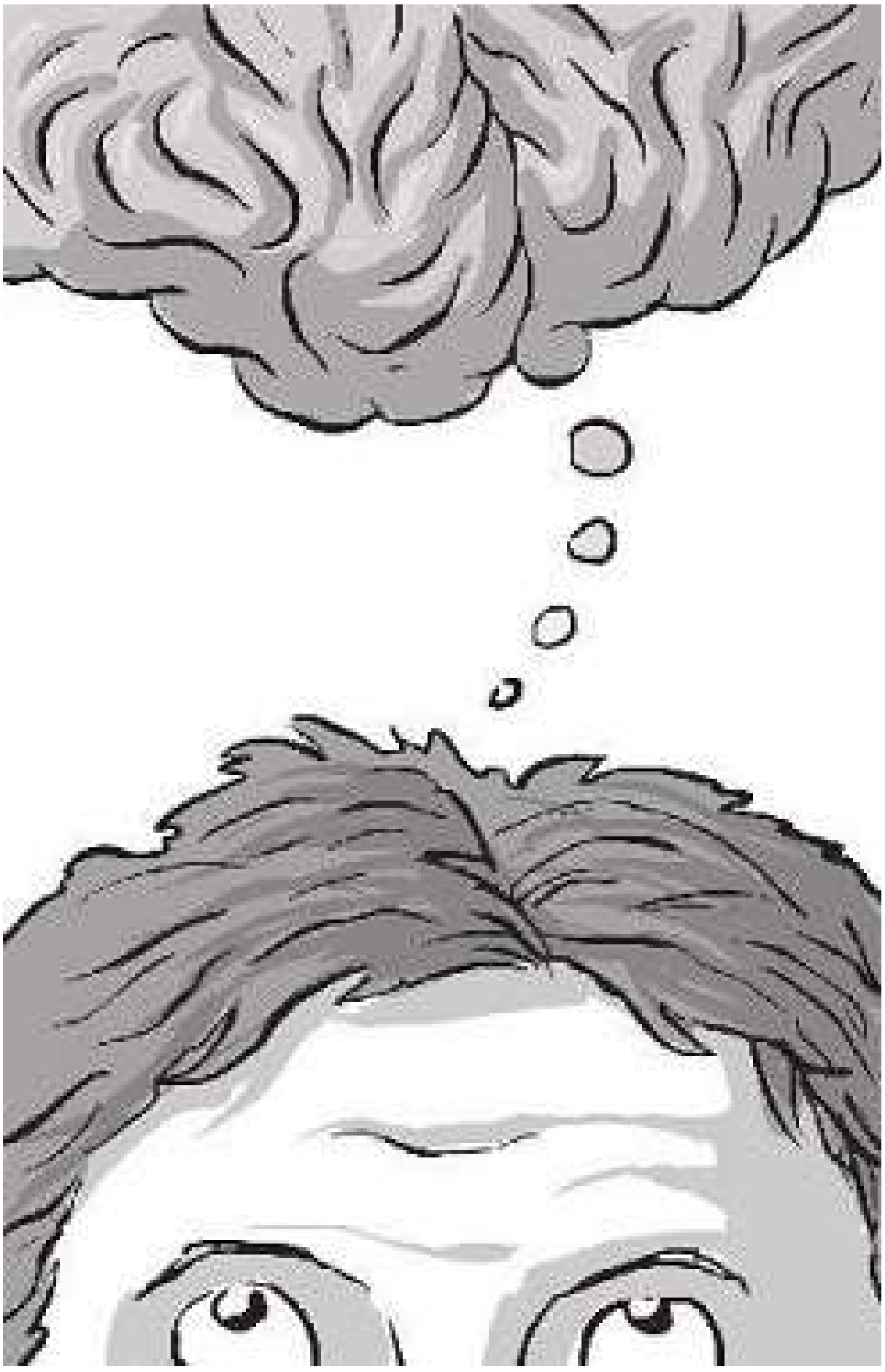
Cuanto más fuertes sean las conexiones entre neuronas que pertenecen a este esquema, con más facilidad conseguiremos volver a recorrer el trayecto y recuperar la información deseada.

Volviendo al ejemplo de las casas y de las calles que las comunican: recuperar un recuerdo específico en nuestra memoria se parece a encontrar el camino a casa. Nos adentramos por un sendero conocido, pero que quizá no visualizamos con precisión; si bien basta con doblar una esquina, dejar atrás un cruce y todo se vuelve perfectamente claro. ¿Dónde habré escondido mi diario secreto? ¿Dónde se habrá metido mi jersey preferido? Para encontrarlos debemos pensar en la última vez que usamos ese objeto determinado, en qué ocasión nos pusimos por última vez esa prenda, y quizá será una frase o una imagen la que nos ayudará a recorrer nuestros movimientos paso a paso para completar un recuerdo que parecía inaccesible.

La solución es seguir el hilo lógico de nuestros pensamientos, parecido a como hizo Teseo, que para encontrar la salida del laberinto se guio con el hilo que le había proporcionado su amada Ariadna.



¿Recuerdo, luego pienso?



Todo lo que hemos dicho sobre la memoria y el proceso a través del cual accedemos a nuestros recuerdos nos lleva a concluir que, en el fondo, no hay una distinción real entre el acto de recordar y el acto de pensar.

En nuestra especie, la capacidad de pensar unida a la de comunicar nuestros pensamientos ha permitido una evolución cultural desconocida para el resto del mundo animal.

El intelecto adquiere en el ser humano una importancia crucial, gracias a nuestras capacidades cognitivas podemos adaptarnos a los ambientes más dispares y combatir los obstáculos más diversos.

Sin tener las espinas de los peces o las alas de los pájaros, la vista de un lince o el olfato de un lobo, hemos desarrollado instrumentos y tecnologías que nos permiten superar muchas de las limitaciones impuestas por la naturaleza. Y todo gracias a nuestro formidable cerebro.

Pero ¿qué es exactamente la inteligencia? ¿Es posible dar una definición concreta?

Algunos investigadores la han descrito como un factor único, que puede medirse con papel y lápiz a través de exámenes o bien con una sonda electrofisiológica que registre de algún modo la actividad cerebral.

Sin embargo, no todos concuerdan con una visión tan específica y definida de la inteligencia. Entre ellos se encuentra **Howard Gardner,** un gran investigador de la década de los ochenta, que fue el primero en hablar de **inteligencias múltiples.**

Saber escribir poesía, tocar un instrumento, pero también saber colaborar con los demás, ser capaces de meditar: cada cultura ha dado relevancia y preponderancia a las actitudes más variadas del ser humano.

Desgraciadamente, los test de inteligencia usados hoy en día se enfocan sobre todo en valorar las capacidades lógico-matemáticas y lingüísticas. De este modo consiguen prever en cierta medida el éxito académico de una persona, sin recoger el espectro completo de sus habilidades.



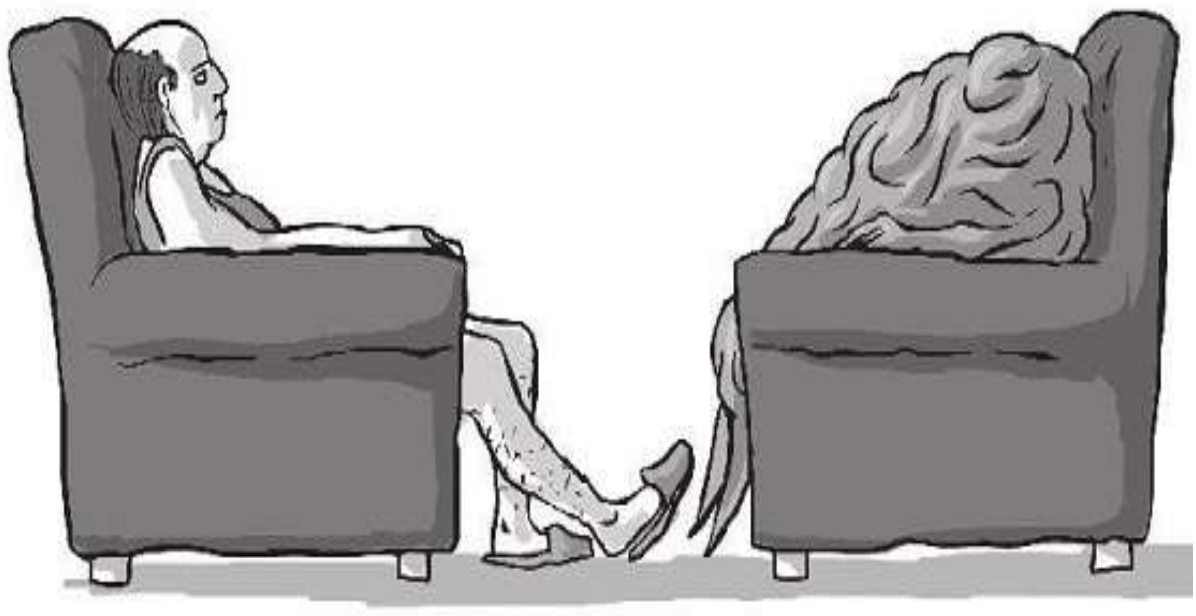
Gardner se opone a esta visión. Sirviéndose de las nuevas investigaciones en el ámbito de las ciencias cognitivas y de la neurociencia, **identificó unos 7 u 8 tipos de inteligencias distintos, que todos poseemos en proporciones diferentes, dependiendo de los individuos.**

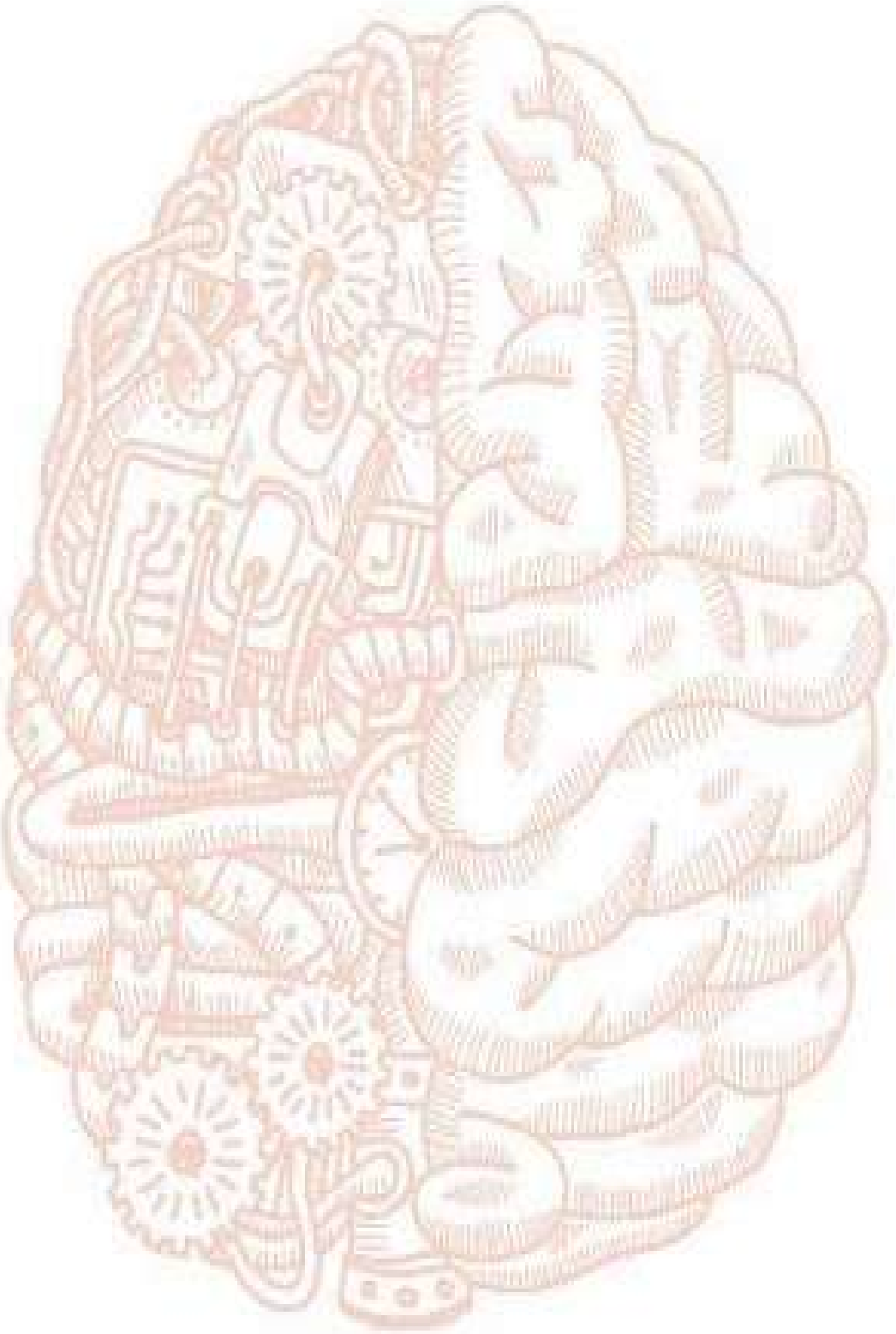
Así, por ejemplo, hay niños que entre los 4 y los 6 años hacen gala de una pasión y un talento musical inusuales, otros que tienen capacidades atléticas fuera de lo común, otros que inventan cuentos o escriben pequeñas novelas, los que son unos genios de las matemáticas o a los que se les da bien orientarse.

Las inteligencias ilustradas por Gardner examinan todos estos campos. Se ocupa, también, en última instancia, de la inteligencia interpersonal e intrapersonal; es decir, la capacidad de comprender y relacionarse con los demás, y la de entrar en contacto con los propios pensamientos y sentimientos más profundos.

Concluyendo con esta breve panorámica sobre la inteligencia, sin embargo, podríamos retomar las palabras del propio Gardner para recordar un concepto importante: poseer una gran inteligencia no se traduce necesariamente en la capacidad de comportarse de manera inteligente. Podemos ser genios de las matemáticas y, aun así, pasar el día como Homer Simpson, tirados en el sillón viendo programas estúpidos en la televisión.

Por eso, para tener una existencia plena y gratificante, para conseguir cumplir los objetivos personales, no basta con tener un gran cerebro, ¡también hay que saber usarlo!





Capítulo 6

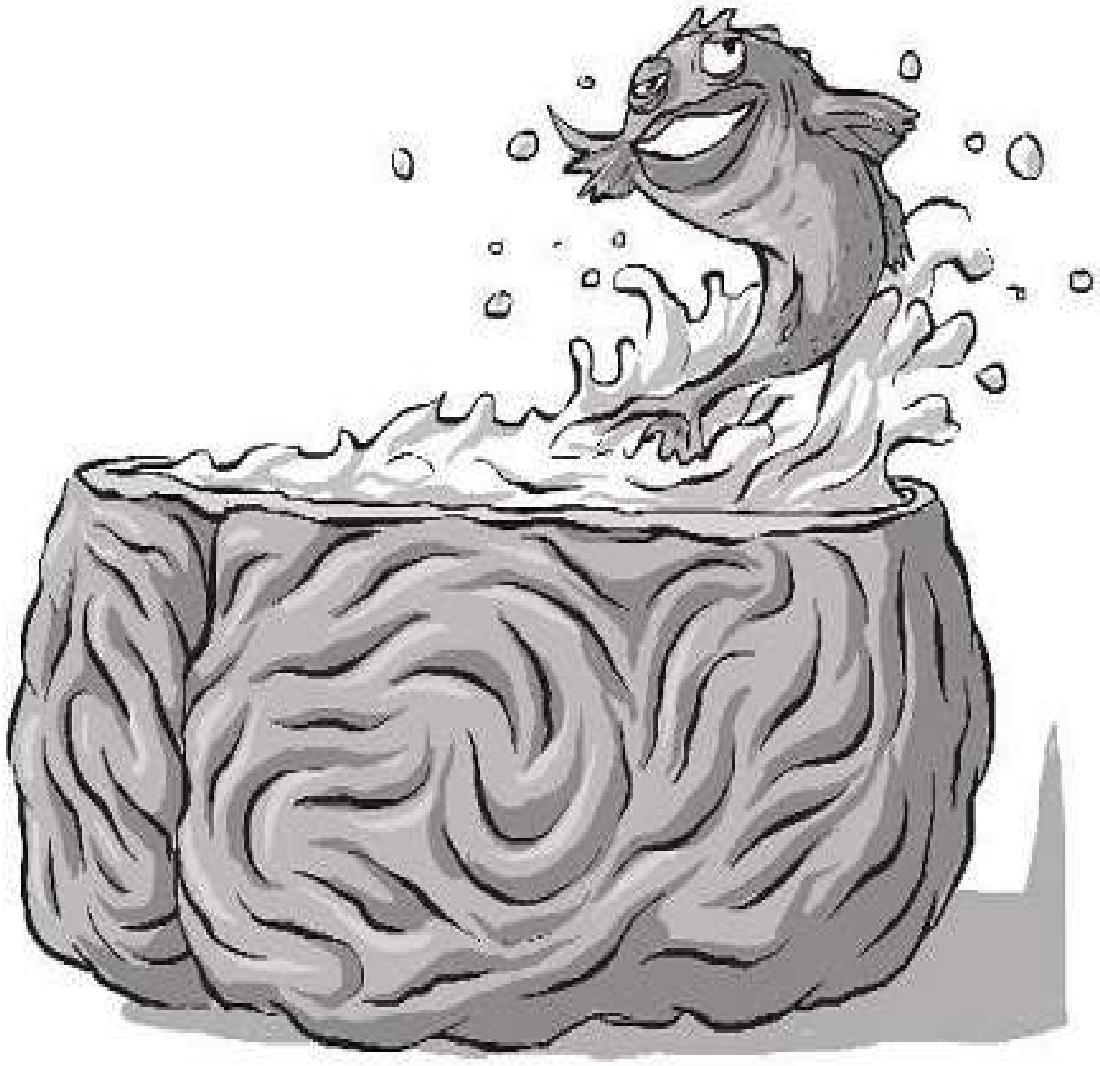
NEUROCIENCIA DE HOY Y DE MAÑANA

La neurociencia no puede prescindir del progreso tecnológico. La física, la ingeniería y la informática de hoy en día nos permiten observar el cerebro sin necesidad de perforar los huesos que lo protegen. ¿Qué nos deparará el futuro?

EN ESTE CAPÍTULO SE HABLA DE…

…, pero también de

¡PECES BORRACHOS!



Fotografiar con rayos X

Hemos llegado al final, ¡al último capítulo del libro!

A pesar de haber tratado muchos temas distintos, nos hemos limitado a describir solo algunas de las cuantiosas características del cerebro. Y, seguramente, habrá muchísimas preguntas que no habremos podido (o sabido) responder.

Charlar un poco con *sir* Godfrey Newbold Hounsfield (1919-2004) te ayudará a descubrir qué más puede suceder dentro de nuestra cabeza.



–*Sir* Godfrey, armémonos de piedras puntiagudas, escalpelos y trozos de cristal y abramos la caja craneal.

–¡Troglodita! ¿Te has quedado

en el capítulo 1?

–Muchas gracias, siempre es un placer tratar con ustedes, los científicos. Me imagino que usted también será un genio de esos que han ganado infinidad de premios, etcétera, etcétera…

–Ah, además de troglodi- ta, eres insolente y sarcástico.

–Sí, vale, ya me he dado cuenta de que he empezado con mal pie…

–Mis orígenes británicos imponen una cierta cortesía. Me presentaré: soy Godfrey Newbold Hounsfield, ingeniero eléctrico, además de ganador del Premio Nobel de Medicina en 1979.

–Un currículum excepcional, nada que objetar; un poco tosco en las formas, quizá, pero sin duda admirable.Volvamos a nosotros: ¿por qué me llama troglodita? Y, sobre todo, ¿qué más puede contarme sobre el cerebro que no me hayan contado ya?

–Eres un troglodita porque el cráneo ya no se abre con el escalpelo, y estoy aquí para explicarte cómo se puede ver lo que sucede en el cerebro sin necesidad de abrir la caja craneal (los huesos que recubren el cerebro).

–¿Cómo? ¿Se puede ver el cerebro sin abrirlo? ¿No es un poco como enterarse del resultado de un partido de fútbol sin entrar al estadio, guiándose solo por los gritos del público?

–Al final va a resultar que no eres tan troglodita como creía. Evidentemente, es un poco más complejo de como lo planteas, pero esa es la idea. Intentaré explicártelo con un ejemplo: imagina que estuvieras fuera de una habitación. Dentro hay un amigo tuyo, y tú quieres saber de qué material son las paredes.Tú no puedes tocarlas y no tienes acceso al móvil, a Facebook ni a todos esos inventos que tanto te gustan y que te permitirían hablar con tu amigo. ¿Qué harías?

–No sé, lo único que se me ocurre es gritar a pleno pulmón y esperar a que él me responda.

–¡Vaya! Incluso en un troglodita como tú se aprecian vestigios de inteligencia. ¿Y qué esperarías obtener?

–Supongo que, dependiendo de la densidad de las paredes, la respuesta de mi amigo me llegaría con una intensidad distinta: más fuerte en el caso de tratarse de una pared de madera, más distante en el caso de una

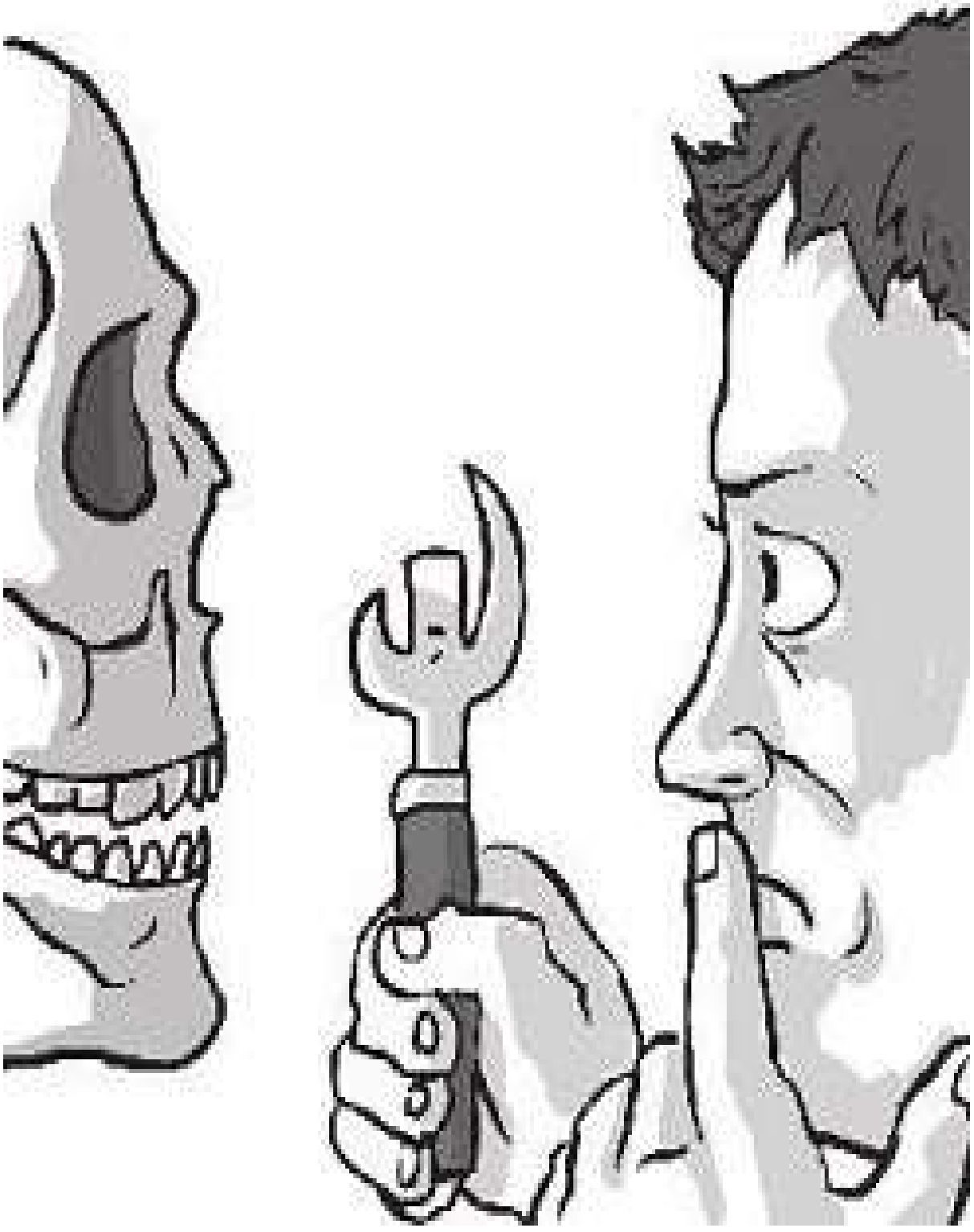
pared de cemento armado.

–¡Muy bien! ¿Ya te ha quedado

claro cómo estudiar el cerebro sin

abrirlo?

–La verdad es que no mucho… No he entendido qué tiene que ver esto con el cerebro.



–De acuerdo, te lo explicaré ahora mismo. Durante mi carrera, colaboré en la fabricación de una máquina capaz de sacar fotografías tridimensionales del cerebro sin necesidad de abrirlo.



–¿Cómo se llama esa técnica?

–Tomografía axial computarizada.

–¡¿?!

–Así se llama la técnica que yo inventé, pero creo que ahora todo el mundo la llama TAC.

–Ah, el TAC me resulta bastante familiar; ¿y cómo funciona?

–El TAC permite sacar fotografías partiendo de un concepto parecido al del muro y los gritos.

–¿Por ejemplo?

–Sustituye el muro por el cerebro, los gritos por rayos X y, a ti (la persona que escucha los gritos fuera de la habitación) por un aparato capaz de medir los propios rayos X.Verás, una vez emitidos por un aparato especial, que los rayos X pueden atravesar superficies sólidas sin agujerearlas y llegar a un receptor.

–¡Alucinante!

–Dependiendo de la densidad de las superficies encontradas, se modifica la intensidad de los rayos X y se llega al receptor con un grado distinto del de partida. A través del uso de cálculos matemáticos y de sofisticados ordenadores, se puede medir la diferencia de intensidad de los rayos X entre el generador y el receptor.

–¿Y qué se descubre?

–Dependiendo de esta diferencia se pueden observar la forma, el tamaño y la densidad del objeto que se encuentra en medio (el cerebro).

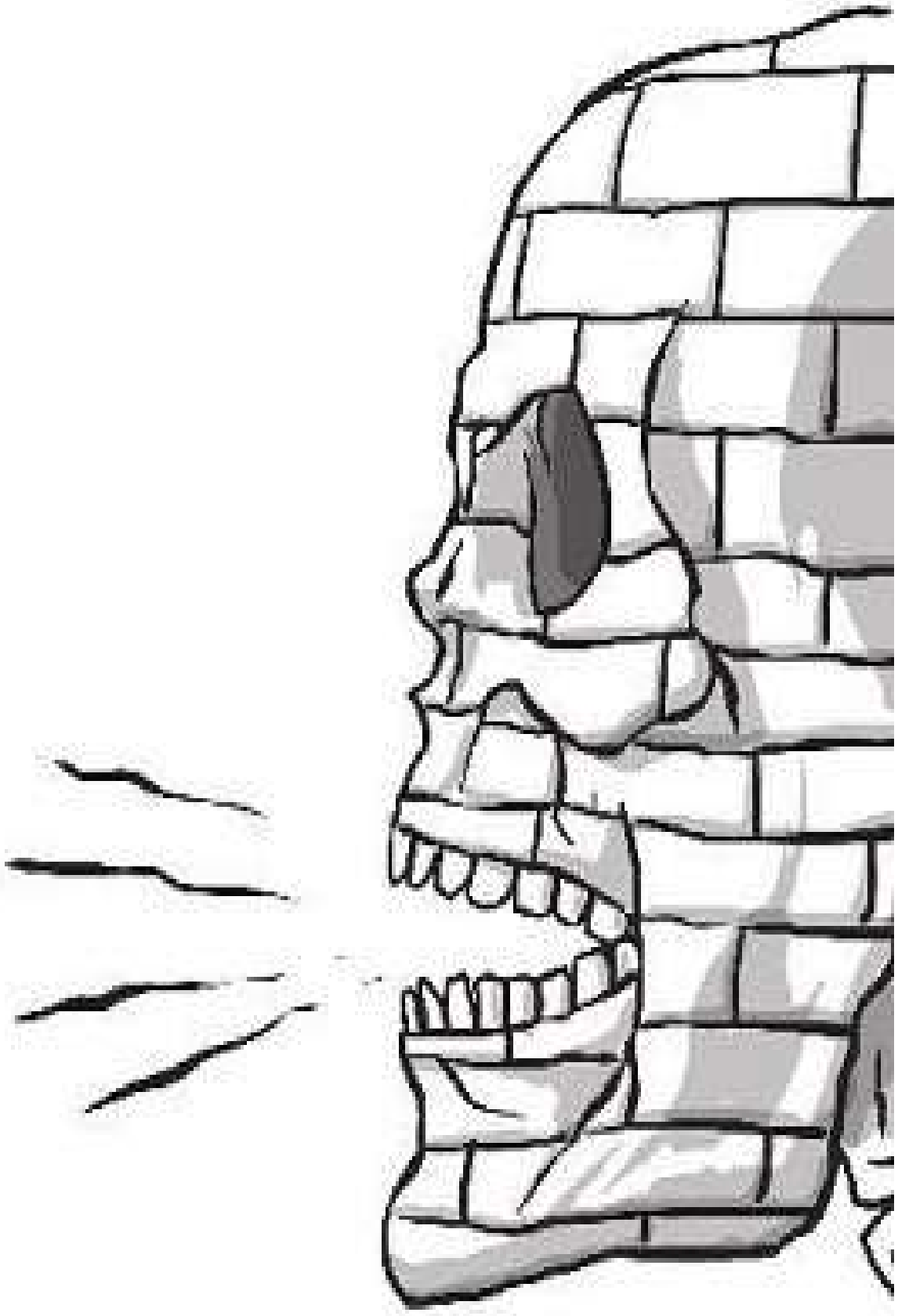
–Al igual que en el caso de la pared y los gritos, ¿verdad? –¡Exacto!

–¿Y con una sola foto basta? ¿O se necesitan más?

–No, una foto no es suficiente, son necesarias miles, que luego se combinan utilizando un *software* parecido a la opción panorámica de tu adorado *smartphone* de última generación, que es capaz de unir fotos tomadas consecutivamente para reconstruir un paisaje.

–Pero ¿esto solo permite distinguir los huesos del cerebro o se pueden ver también cosas más concretas?

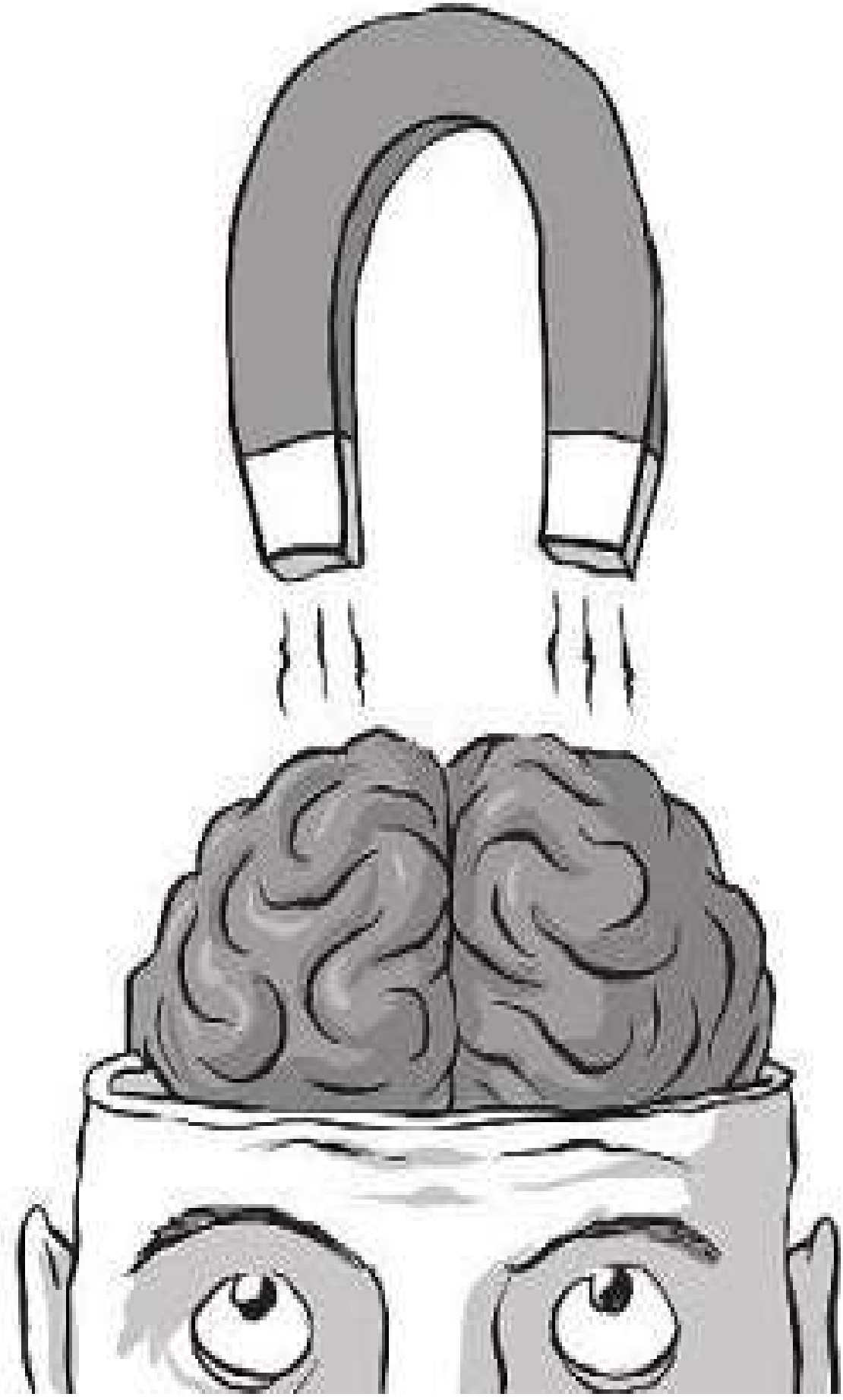
–¡Mucho más concretas! Piensa que el TAC permite distinguir las diferentes zonas del cerebro y la posible presencia de anomalías dentro de las mismas.



Además del **TAC,** hay otras técnicas que pueden proporcionar imágenes precisas del cerebro.

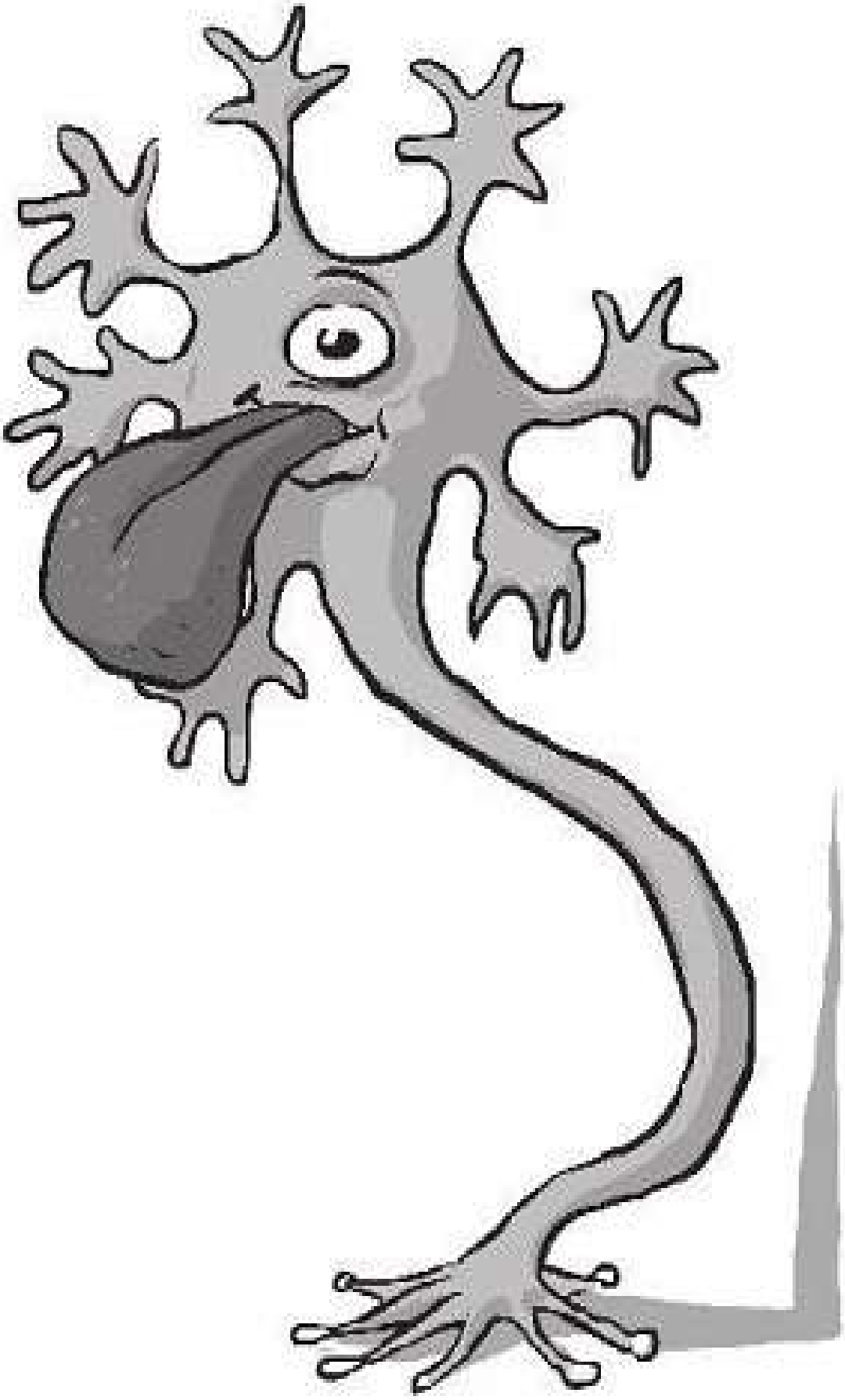
Entre las más importantes se pueden sin duda nombrar la **tomografía de emisión de positrones** (PET) o la **resonancia magnética.** Ambas usan métodos capaces de registrar la energía que emite el cerebro en determinadas condiciones.

La resonancia magnética, que además de proporcionar imágenes del cerebro también se usa para averiguar si el capitán de nuestro equipo de fútbol tiene una lesión muscular, no usa rayos X, sino ondas de radio y un fuerte campo magnético (un imán de grandes dimensiones). Simplificando muchísimo, podríamos decir que para obtener imágenes con una resonancia magnética, el cerebro se coloca bajo un imán y se le envían ondas de radio de alta frecuencia.



Cuando estas ondas se interrumpen, el cerebro emite pequeñas señales eléctricas que se captan con una antena. De nuevo, a partir de las señales obtenidas, complicados cálculos matemáticos y sofisticadísimos ordenadores se pueden reconstruir imágenes del cerebro… ¡sin perforarlo con un escalpelo!

Neuronas deslenguadas



Como hemos visto en capítulos anteriores, el cerebro funciona gracias a una infinidad de neuronas que intercambian informaciones eléctricas a un ritmo frenético. En este punto, es por tanto obvio que cualquier actividad que se realice involucra la activación de neuronas o de grupos de neuronas: **cuando paseas, cuando estudias, cuando juegas o cuando comes, en tu cerebro siempre hay neuronas que se encienden y se apagan.** Pero esto, llegados al final de un libro sobre neurociencia, ya estaba claro.

Sin embargo, entre la década de los ochenta y los noventa del siglo pasado un grupo de investigadores de la Universidad de Parma, coordinado por el profesor **Giacomo Rizzolatti,** descubrió algo sensacional y extremadamente innovador. Las circunstancias de este descubrimiento fueron particularmente extrañas…

–Si quieres puedo contarte nuestro descubrimiento con pelos y señales, ya que, casualmente, soy de Parma y formo parte de ese grupo de investigadores.

–¡Muy interesante! Entonces usted es…

–Me llamo Pier Francesco Ferrari, y desde hace tiempo investigo las neuronas

espejo.

–¿Neuronas espejo? ¡Esas son nuevas! ¿Y qué hacen? ¿Son muy presumidas?

–¡Claro que no! Son unas neuronas importantísimas. Se llaman así porque hemos descubierto que no solo se activan cuando estamos haciendo algo, sino también cuando observamos que otro hace lo mismo.

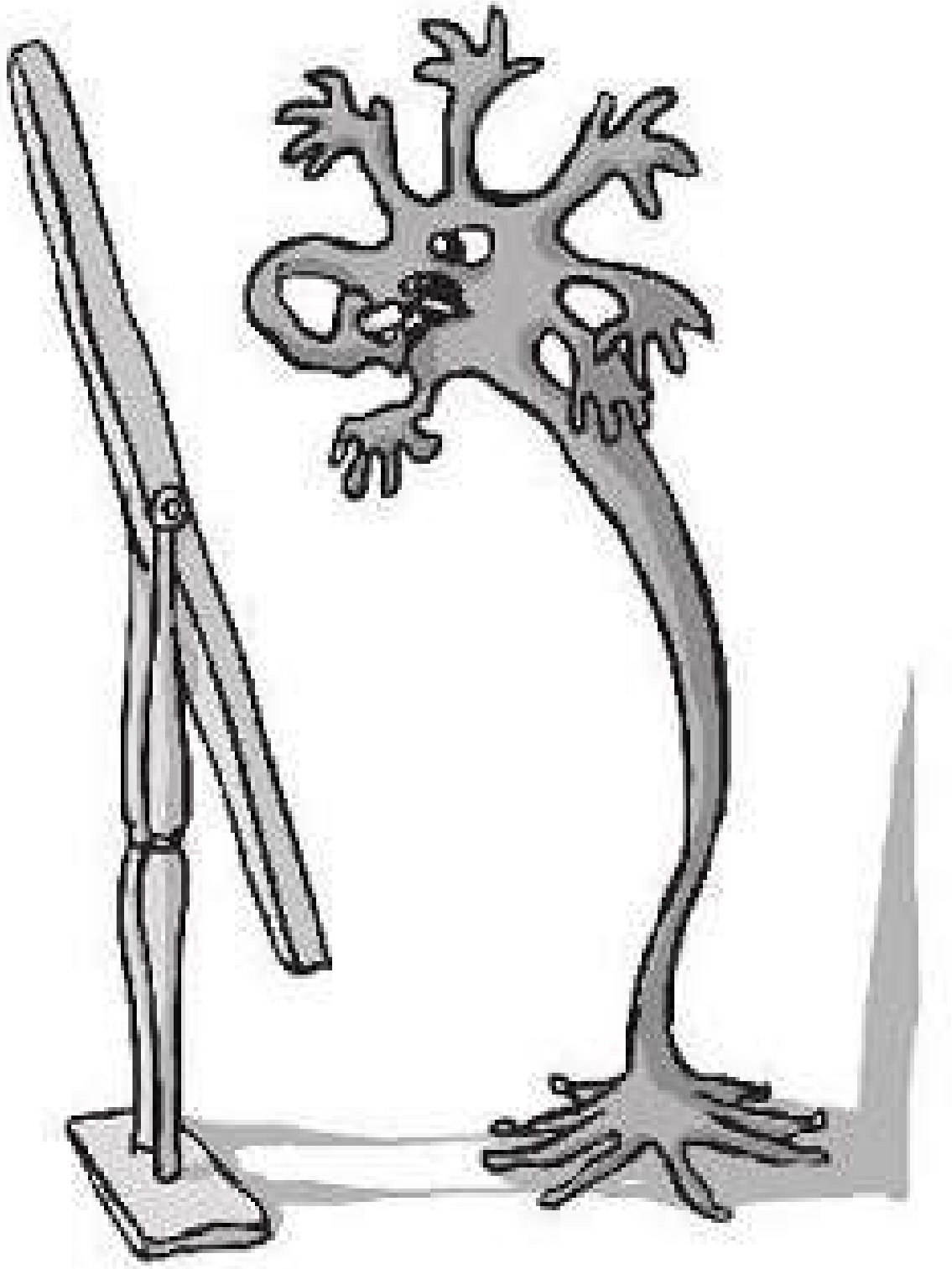
–Parecido a como funciona un espejo, ya entiendo. ¿Cómo se dieron cuenta?

–Sucedió de una manera un tanto extraña. Estábamos llevando a cabo experimentos destinados a estudiar las características de la corteza motora de los macacos. Medíamos la actividad eléctrica de las neuronas del cerebro de los simios con electrodos mientras estos realizaban una tarea determinada.

–¿Y qué tenían que hacer?

–Algo muy agradable: tan solo tenían que coger un poco de comida de una bandeja que el investigador les ofrecía.

–¡Ja, ja! Los científicos hacéis de todo, ¡hasta de camareros para los monos!



–Sin afán de alardear, sí que somos muy versátiles. En fin, a medida que la bandeja se iba vaciando, el investigador-camarero debía coger más comida y colocarla sobre la bandeja.

–¿Y cuando los macacos cogían la comida de la bandeja pasaba algo?

–Sí, ¡registrábamos la activación de algunas neuronas en su cerebro!

–Alucinante.

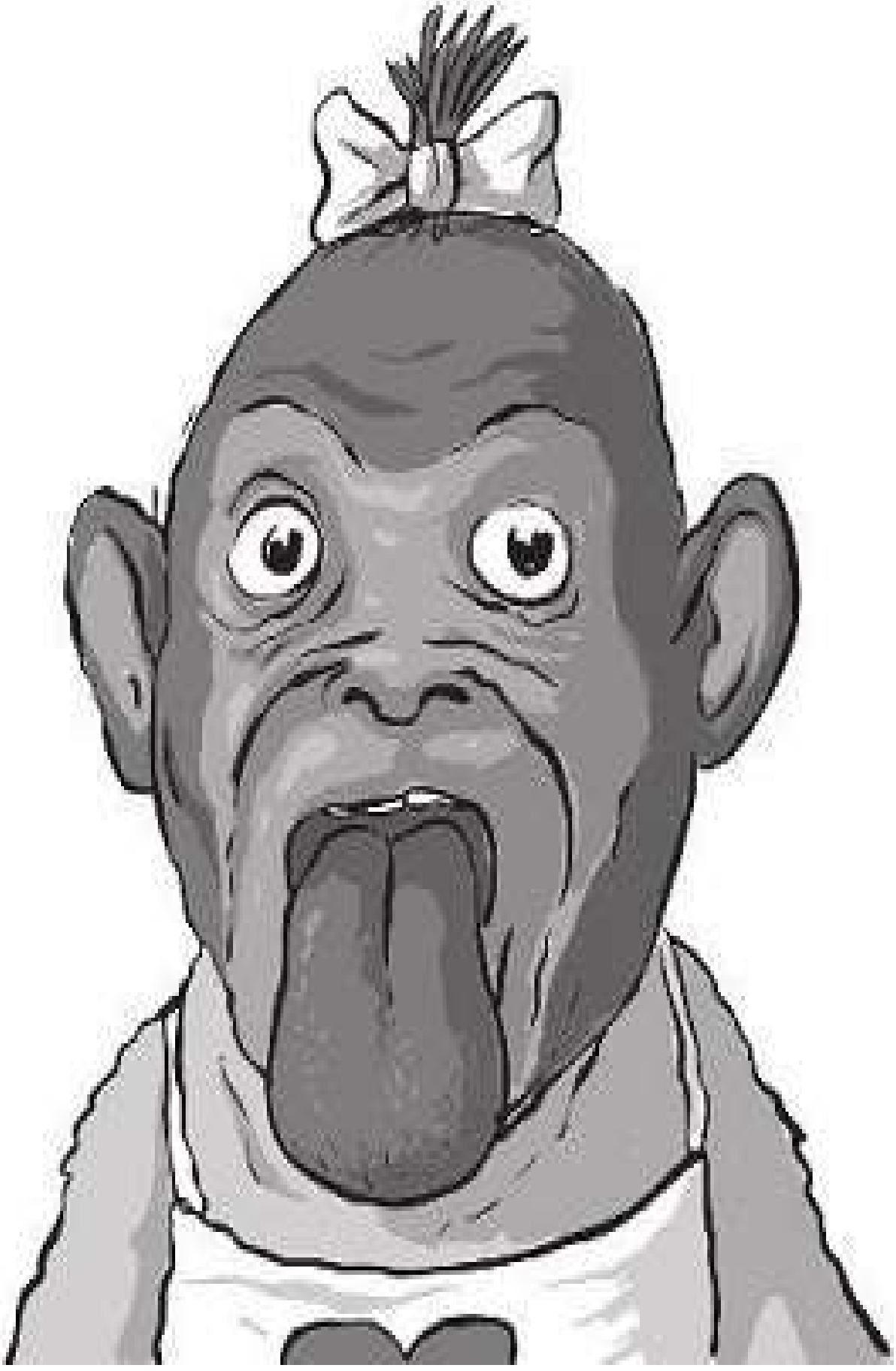
–Pero esto no es nada. Lo realmente increíble es que algunas de estas neuronas se activaban también cuando los monos observaban al investigador repetir la misma acción, es decir, coger la comida.



Este estudio, mucho más complejo de como se ha descrito, demostró que existen neuronas específicas capaces de «reflejar» las acciones de los demás: las **neuronas espejo.** Algunos investigadores han sugerido también que estas neuronas son el fundamento de los procesos de imitación; es decir, de los procesos a través de los cuales repetimos las acciones de otra persona, demostrando una forma de aprendizaje social.

En este ámbito, merece la pena mencionar otro estudio llevado a cabo por los mismos investigadores de Parma. En concreto, con el fin de estudiar las primeras formas de aprendizaje en las fases inmediatamente posteriores al nacimiento, los investigadores cogían en brazos a monos recién nacidos y efectuaban de manera repetitiva movimientos de protrusión de la lengua, en definitiva, ¡pasaban horas y horas sacándoles la lengua a los bebés de mono!

Sobra decir que, pasado poco tiempo, los monos exhibían el mismo comportamiento.



Los autores propusieron que esta forma de imitación se debía a la presencia de neuronas espejo en el cerebro desde la primera infancia. Pero no solo esto; también demostraron, utilizando algunas de las técnicas descritas anteriormente, que **el sistema de las neuronas espejo es responsable de formas de imitación en la especie humana.**

Las neuronas espejo desempeñan un papel importantísimo también en los procesos de socialización. Si bien este punto aún es muy debatido, algunos autores afirman que, gracias a su capacidad de interpretar y comprender las acciones ajenas, las neuronas espejo están involucradas en los procesos de comprensión de las intenciones de quien tenemos frente a nosotros.

Por poner un ejemplo muy sencillo: imagina que estuvieras en un aula durante el recreo. Un compañero tuyo coge un borrador de pizarra. Este último podría tener, principalmente, dos funciones: la de borrar lo que hay escrito en la pizarra y la de golpear la cabeza de alguien después de un lanzamiento acertado.

Aparentemente, las neuronas espejo deberían permitirte discernir las intenciones de quien ha cogido el borrador: preparar la pizarra para la próxima clase o llenar de tiza a algún pobre infeliz.

Esta función que, evidentemente, se puede extender a muchos otros ámbitos, parece ser el fundamento de la socialización y la comprensión mutua.



Anteriormente hemos visto (capítulo 4) cómo la incapacidad de socializar constituye uno de los síntomas principales de algunas enfermedades mentales, entre las que se cuentan, por ejemplo, el autismo. Desde esta visión, un desarrollo anómalo de las neuronas espejo podría contribuir a aclarar las causas de esta enfermedad.

Podríamos decir que la saga de las neuronas espejo recopila la esencia de la neurociencia:

• el interés de los investigadores por el estudio del cerebro (la comprensión del funcionamiento de la corteza motora de los monos);

• la voluntad y la curiosidad de comprender incluso aquellos fenómenos que parecen inexplicables (por qué las neuronas de los monos se activaban también cuando la acción la efectuaba el investigador y no el propio mono);

• la perseverancia en el estudio (todos los experimentos estaban relacionados con la imitación);

• la capacidad de extrapolar los datos obtenidos en experimentos de laboratorio a la especie humana.

Si tú bostezas, yo también

El bostezo psicológico es una reacción que nace en el cerebro en los primerísimos meses de vida, cuando aún estamos dentro del vientre materno.

Algunos sensores internos mandan mensajes al cerebro, que a su vez activa los músculos de la cabeza: la boca se abre, la lengua se retrae, la cabeza se tensa, al igual que los brazos y los hombros, y…, ¡tachán!, ya tenemos un buen bostezo.

Por lo general bostezamos cuando estamos cansados o aburridos, pero no únicamente.Te habrás dado cuenta de que el bostezo es una de las acciones más contagiosas que podemos realizar.



Varios estudios demuestran que no solo nos dan ganas de bostezar cuando vemos a otra persona bostezando, sino también simplemente oyendo la palabra «bostezo» o pensando en bostezar.

¡Pero no somos los únicos! Los macacos y los chimpancés (es decir, animales con cerebros particularmente desarrollados) son sensibles al contagio.

Actualmente se piensa que esta contagiosidad se produce porque el bostezo constituye una forma de comunicación no verbal que coordina un grupo: en cierto modo, expresa empatía, el reconocimiento de un estado físico y psíquico (hambre, sueño, aburrimiento) en nuestro prójimo. ¡Por algo las neuronas espejo están involucradas en el bostezo!

Una mirada al futuro: robots y peces borrachos

El estudio del cerebro prosigue a un ritmo incesante.Y, como hemos visto en epígrafes anteriores, las técnicas que aportan nuevos conocimientos progresan a la par. Hemos partido de escalpelos y trozos de cristal, y hemos llegado a fotografías tridimensionales y rayos X. Sobra decir que el desarrollo de las técnicas de investigación no se detiene.

Y el futuro está a la vuelta de la esquina… Al otro lado del océano, más concretamente, en Nueva York, un equipo de científicos está usando robots para comprender cómo y por qué los animales forman grupos. A la cabeza de este equipo de investigación se encuentra un joven científico romano llamado Maurizio Porfiri.

–Romano, pero, sobre todo, ¡del AS Roma!

–Vaya, por fin alguien que me habla de fútbol y no me dice lo genial que es y la cantidad de premios que ha ganado.

–Bueno, si insistes, no soy precisamente un recién llegado al campo de la neurociencia…

–Ya me lo imaginaba… ¿Algo de lo que se sienta particularmente orgulloso?



–A decir verdad, estoy bastante orgulloso de mis dos licenciaturas, en Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecánica, y de mis dos doctorados de investigación, siempre en el campo de la Ingeniería. Pero una de las cosas de las que más me enorgullezco es de haber sido elegido uno de los diez científicos más prometedores de Estados Unidos en el año 2010 por la revista *Popular Science*.

–Otra curiosidad, al contrario que casi todos los científicos que hemos conocido hasta ahora, parece que todavía está bastante vivo.

–¡Pues claro que sí! Aunque, me vas a perdonar, pero me parece que para hablar del futuro lo más adecuado es dirigirse a alguien que aún esté vivo. Pedirle a un muerto que hable del futuro sería como pedirle a un futbolista famoso que te hable de literatura francesa…

–¡Ja, ja! Pero cuénteme algo más de sus estudios sobre el comportamiento de los animales, y sobre todo, de las razones que le han llevado a usar robots.

–Verás, desde pequeño siempre fui un gran amante de los animales… y, al mismo tiempo, siempre se me dieron bien los números y la tecnología. Por tanto, aunque pueda parecer un poco extraño, me he pasado la vida tratando de combinar estas dos pasiones tan distintas.

–¿Pero cómo? ¿Qué ha hecho? ¿Qué animales ha estudiado? Y los robots ¿qué tienen que ver con todo esto?

–Desde siempre me ha fascinado el comportamiento social de algunos animales. Simplemente levantando la vista al cielo se pueden ver bandadas de pájaros que forman figuras geométricas extraordinarias. O, por el contrario, basta con sumergir la cabeza bajo el agua y observar el comportamiento de algunos bancos de peces, a veces se concentran hasta formar una bola; otras se alejan como si fueran los nudos de una red inmensa.

–¿Y de qué depende ese comportamiento?

–El comportamiento colectivo parece tener distintas funciones: en algunos casos tiene el objetivo de evitar a un depredador en potencia; otras veces puede ser útil para encontrar fuentes de alimento, y otras puede facilitar el emparejamiento, la reproducción y, por tanto, la continuación de la especie. Mi interés es comprender los fundamentos de esta socialización y los motivos por los que un grupo decide fiarse de un individuo particular que decida dónde ir y cómo organizarse (un líder).



–Pero todavía no entiendo qué tienen que ver los robots con todo esto.

–Los robots son útiles para responder a varias preguntas: ¿qué características tiene que tener un líder para que el grupo lo siga? ¿Debe parecerse al resto de miembros del grupo? ¿Debe moverse como los demás o debe poseer un estilo particular? Gracias a *softwares* específicos e impresoras tridimensionales, se pueden construir robots de prácticamente cualquier forma y con casi cualquier posibilidad de movimiento.Y esto permite optimizar las características preponderantes de un pez líder.

–Entonces, ¿está intentando construir un robot capaz de dirigir grupos de peces? ¿Como si fuera un pez cebo?

–Al contrario, mi objetivo no es construir un cebo motorizado, sino fabricar un líder capaz de conducir grupos de animales lejos de posibles peligros.



–¿Por ejemplo?

–Piensa en todas las veces que has leído sobre barcos que han vertido accidentalmente sustancias tóxicas al mar. Imagina lo útil que sería tener un robot capaz de conducir a grupos de animales lejos del riesgo.

–¿Y ya ha descubierto algo interesante?

–¡Por supuesto, un montón de cosas! He observado, por ejemplo, que algunos tipos de peces se sienten particularmente atraídos por robots cuya forma, color y capacidad natatoria recuerdan a los de una mujer.

–¿Y qué más? ¡No me tenga en ascuas!, ¡cuénteme algo más!

–También he constatado que la atracción hacia este tipo de robot por parte de los peces depende de mecanismos muy parecidos a los que regulan la atracción en nuestra especie.

–¿Eso quiere decir que la atracción en los peces también depende de la dopamina? ¿Cómo lo ha averiguado?

–¡Exactamente! Para averiguarlo he hecho (y cuando digo que he hecho, me refiero a que lo he logrado junto a otros colaboradores y a mis extraordinarios alumnos) una cosa muy simple: he modificado químicamente los niveles de dopamina de los peces y he visto que, después de estas modificaciones, la atracción por el robot cambiaba.

–¿Y cómo lo hizo?

–¿Sabes?, una de las sustancias capaces de alterar los niveles de dopamina es el alcohol, el que contienen la cerveza, el vino y los licores. Nosotros hicimos más o menos lo mismo: disolvimos un poco de alcohol en el acuario en el que nadaban los peces.

–¡Casi como si los hubieran emborrachado!

–Veo que tú, al igual que los autores de este libro, siempre tienes ganas de bromear…

Tienes un *e-mail*
de Sara Capogrossi Colognesi y Simone Macrì



Es verdad, ¡nos encanta divertirnos! Y así concebimos la neurociencia: como una de las formas más serias de divertirse. Empezando por los antiguos, que abrían el cerebro con el escalpelo, hemos llegado a preguntar a los peces qué tiene que ver la dopamina con la atracción. En este recorrido hemos conocido a científicos de todas las épocas que pasaron su vida entera tratando de comprender los secretos de ese kilo y medio de materia blanca y gris responsable de lo que vemos y olemos, de la alegría y de la tristeza, del lenguaje y de la memoria, y de todo el bagaje de capacidades que poseemos desde que nacemos. Lo que más nos entusiasma es que, a pesar de los innumerables descubrimientos que ya se han efectuado, el camino que todavía queda por recorrer para llegar al conocimiento del cerebro aún es larguísimo.



Esperamos que este libro te haya servido de guía en tu primer viaje hacia el descubrimiento del cerebro y que ojalá puedas ser el protagonista de un futuro

libro sobre neurociencia.

APÉNDICE

¿Sabes cuál es la ocupación principal de un científico? ¡Experimentar! Entonces, esfuérzate un poco: puedes empezar a convertirte en un pequeño gran investigador ahora mismo, divirtiéndote con las actividades que encontrarás en este apéndice, que no son simples juegos de niños.

La dieta adecuada para el cerebro

Hemos mencionado que el cerebro consume mucho azúcar, pero no creas que darte un atracón de dulces es suficiente para satisfacer sus exigencias. Necesitarás glucosa (el azúcar del que hablamos), que está presente principalmente en los hidratos de carbono. En tu dieta para el cerebro no pueden faltar vitaminas y minerales, por lo que la fruta y la verdura son indispensables. También las proteínas y las grasas son útiles, naturalmente, en su justa medida. Algunos alimentos, además, contienen elementos indispensables para la producción de neurotransmisores.

Comprueba si estos alimentos están presentes en tu dieta:

harina leche

huevos

queso

yogur

legumbres

patatas

pescado

carnes (incluido el hígado)

plátanos

soja verde

almendras

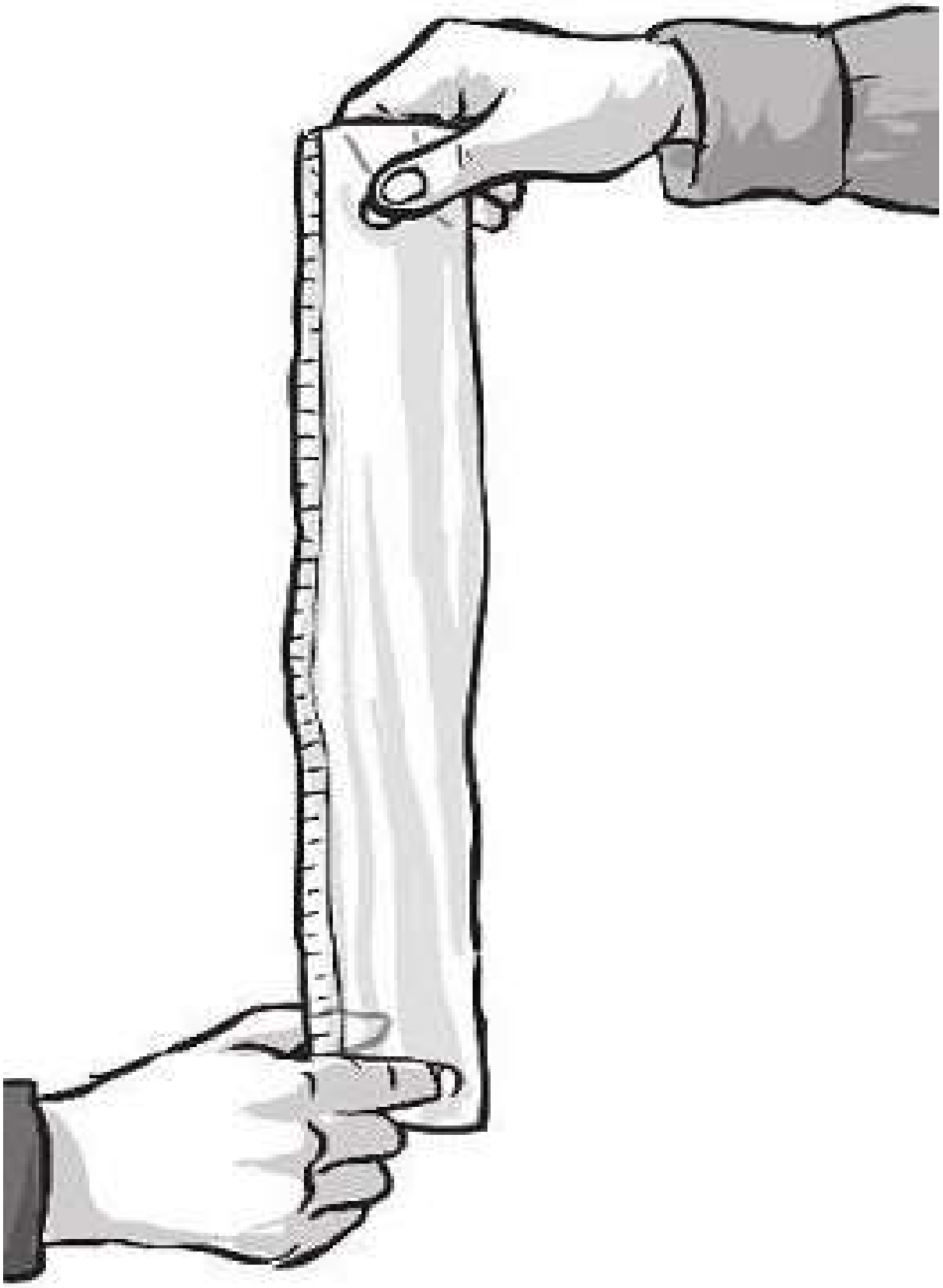
Reflejos y músculos

¿Por qué das una patada inmediatamente después de que el médico te golpee con un pequeño martillo en la rodilla? (En realidad es un punto concreto justo debajo de la rodilla). Porque el circuito completo necesita una única conexión, es decir, una única sinapsis, que conecta el nervio procedente del músculo con el que parte de la espina dorsal en dirección al músculo. Todo el proceso sucede de manera rapidísima, ¡en menos de 50 milésimas de segundo!

Experimenta tus reflejos con dos juegos:

El calientamanos

Un amigo o amiga debe colocar las manos paralelas frente a sí, con la palma hacia arriba. Tú deberás apoyar tus palmas sobre las suyas.Tu compañero o compañera tendrá que golpearte el dorso de las manos –con una sola mano o con ambas a la vez–, y tú tendrás que intentar esquivar el golpe. Parece fácil, pero…



El juego de la regla

Coge una regla y sostén un extremo entre el pulgar y el índice, dejando que cuelgue. Pide a un compañero que coloque la mano cerca del extremo opuesto y que se prepare para cogerla al vuelo. Dile que dejarás caer la regla en algún momento de los cinco segundos siguientes y, durante ese tiempo, haz oscilar la regla.

Observa en qué centímetro consigue atraparla tu compañero. ¿Cuánto tiempo ha transcurrido entre el momento en que sueltas la regla y el momento en que tu amigo la agarra?

A continuación encontrarás una tabla para convertir con cierta aproximación la medida señalada por la regla en el tiempo de respuesta:

Distancia	Tiempo
5 cm	0,10 sec (100 ms)
10 cm	0,14 sec (140 ms)
15 cm	0,17 sec (170 ms)
20 cm	0,20 sec (200 ms)
25,5 cm	0,23 sec (230 ms)
30,5 cm	0,25 sec (250 ms)
43 cm	0,30 sec (300 ms)
61 cm	0,35 sec (350 ms)
79 cm	0,40 sec (400 ms)
99 cm	0,45 sec (450 ms)
123 cm	0,50 sec (500 ms)
175 cm	0,60 sec (600 ms)

La fórmula para calcular los tiempos de respuesta es

$t = \sqrt{2y/g}$

t = tiempo

y = distancia medida en la regla

g = aceleración de la gravedad (980 cm/seg^2)

Puedes divertirte calculando si tus tiempos de respuesta mejoran en los siguientes intentos.

También puedes hacer estadísticas y descubrir si hay diferencia entre niños y adultos, por ejemplo.

Memoria

Hay muchos test y experimentos divertidos relacionados con la memoria. En internet puedes encontrar muchísimos. Aquí tienes unos cuantos.

Juega con los objetos

http://faculty.washington.edu/chudler/puzmatch.html

Juega con las letras

http://faculty.washington.edu/chudler/stm0.html

Simón dice

http://faculty.washington.edu/chudler/java/simon.html

Juega con las caras

http://faculty.washington.edu/chudler/java/facemem.html

http://faculty.washington.edu/chudler/java/facemem2.htm

Aunque no es necesario tener un ordenador para hacer experimentos de memoria. Aquí tienes una serie de actividades que puedes hacer con tus amigos sin necesidad de un ordenador.

¿Qué hay debajo?

Para evaluar la memoria a corto plazo, dispón diez o veinte objetos sobre una bandeja. Advierte a tus amigos de que podrán observar los objetos durante un minuto y que luego tendrán que recordar el mayor número posible. Luego, enséñales la bandeja. Pasado el tiempo establecido, cubre los objetos con un mantel o un trapo y pide a tus amigos que escriban la lista que recuerdan.

¿Qué falta?

Esta es una variante del juego anterior. Enséñales a tus amigos la bandeja con los objetos durante un minuto. Luego, cubre la bandeja y, sin que nadie te vea, quita un objeto. Muéstrales de nuevo la bandeja y pide a los participantes que escriban el objeto que falta.

¿Quién falta?

El mismo juego se puede realizar sustituyendo los objetos por personas.

El testigo

¿Alguna vez has sido testigo de un crimen? Tu memoria puede engañarte fácilmente, por lo que las versiones de los diferentes testigos sobre un mismo suceso a veces difieren entre sí. Experiméntalo con este juego.

Un grupo de personas se reúne en una habitación y realiza una actividad cualquiera (por ejemplo, cantar una canción o hacer un dibujo). Una persona del grupo se queda fuera de la habitación. En un momento dado, la persona que se ha quedado fuera entra en la sala y realiza una serie de acciones (por ejemplo, abre una ventana, coge un libro, habla con alguien), y luego sale.

Una vez que la persona ajena al grupo sale de la habitación, o bien transcurridos unos minutos, las que estaban dentro tienen que describir las acciones que el intruso ha llevado a cabo. Al confrontar los testimonios, se observará si las diferencias son grandes o pequeñas.

¿Cómo nace un falso recuerdo?

A veces es posible fijar en la memoria un recuerdo falso. Por ejemplo, se puede mostrar a una persona una lista de palabras:

Rotulador, páginas, cartas, colegio, leer, estudiar, historias, páginas, cubierta, bolígrafo, lápiz, revista, papel, palabras.

Pasados 5 minutos, le enseñamos la segunda lista:

Casa, lápiz, manzana, zapato, libro, bandera, piedra, tren, océano, colina, música, agua, vaso, colegio.

Y preguntamos cuáles de estas palabras aparecían en la primera lista.

Alguien dirá, erróneamente, que una palabra presente solo en la segunda lista –por ejemplo, libro– también aparecía en la primera. En realidad, solo «lápiz» y «colegio» aparecen en ambas listas. Pero la memoria funciona también por asociación, ¿te acuerdas?

Puedes inventar otras listas con términos parecidos.

En el mercado

Uno de tus compañeros empieza el juego diciendo: «He ido al mercado y he comprado…», y añade la mercancía que prefiera. El segundo participante repite lo que ha dicho el primero, añadiendo una segunda adquisición. El tercero repite las frases con los primeros dos elementos de la lista y añade un tercero. Se prosigue de esta manera hasta que alguien comete un error. La penitencia te toca elegirla a ti.

La memoria tiene preferencias

La facilidad con la que se recuerda una palabra depende de la propia palabra. Intenta comprobar tus habilidades con tres listas de palabras diferentes:

1) Caimán, manzana, neonato, pájaro, libro, mariposa, automóvil, maíz, flor, martillo, casa, dinero, microscopio, océano, lápiz, piedra, zapatos, mesa,

ventana, teléfono.

2) Rabia, elección, concepto, esfuerzo, hecho, libertad, gloria, felicidad, honor, esperanza, idea, interés, conocimiento, moral, teoría, verdad, duda, fe, inocencia, dolor.

3) Zico, ledo, crane, calsico, jelano, calil, prefune, pélipo, icor, allida, yore, dista, dría, glodio, pretéfono, gúlido, vlacos, pólico, chifra, nadre.

¿Notas diferencias? La facilidad a la hora de memorizar una palabra depende de su concreción y de lo familiar que nos resulte. Si conseguimos crearnos una imagen de la palabra en cuestión, será más fácil de recordar.

Algunos trucos

Algunos consejos útiles para ayudar a tu memoria a recordar una o más palabras:

• **Visualización:** crea una imagen mental de la palabra que tengas que recordar. Cuanto más absurda sea la imagen, más efectivo resultará el truco.

• **Reagrupación:** reunir un cierto número de elementos puede ser útil. Por ejemplo, para repetir un número de teléfono de memoria, por lo general se agrupan algunas cifras.

• **Acrósticos, rimas, etc.:** un acróstico es una palabra (o una frase) compuesta por las iniciales de las palabras que debemos memorizar (por ejemplo MOCO: mano, ojo, cabeza, oreja). Así resulta más sencillo recordar una lista larga de elementos. ¿Conoces algún acróstico famoso en castellano? Las rimas pueden tener el mismo efecto, como, por ejemplo la que se usa para recordar la duración de los meses: «Treinta días trae noviembre, con abril, junio y septiembre…».

Ahora que has aprendido estas estrategias, puedes volver a realizar los distintos juegos propuestos y ver si tus resultados mejoran.

También puedes observar si en una lista de palabra es más fácil recordar las primeras, las últimas o las del centro. Haz una estadística con los resultados de tus amigos.

Puedes estudiar el efecto de una distracción durante el test (en el momento de la memorización, o justo después).

Como ves, hay muchas pequeñas variaciones que se pueden experimentar y que te enseñarán algo sobre tu memoria: ¡que te diviertas!

Percepción

Nuestro cerebro puede tardar un poco más de lo habitual en reaccionar ante algunos estímulos si, de algún modo, estos «trastornan» la percepción. El

efecto Stroop es un ejemplo de ello.Veamos en qué consiste.

Efecto Stroop

¿De qué color son las siguientes palabras? Menciona únicamente el color. Por ejemplo: si la palabra «blanco» está escrita en color rojo, debes decir rojo, ¿de acuerdo?

Trata de responder lo más rápido que puedas, ¡verás que no es tan fácil como parece!



Tu cerebro tarda más en procesar la información del color con el que están escritas las palabras porque está predispuesto a leerlas y, de este modo, la información semántica (el significado de la palabra) interfiere con la decodificación de la información cromática (el color de la tinta con el que está escrita).

Índice de personajes

Los filósofos, investigadores y científicos citados en este libro han contribuido con sus estudios al desarrollo de nuestros conocimientos sobre la estructura y el funcionamiento del cerebro. Pero no pienses que han sido los únicos.

Muchísimos hombres de ciencia se han dedicado al estudio de nuestro sistema nervioso, realizando investigaciones interesantes y favoreciendo con sus descubrimientos el nacimiento y el progreso de la neurociencia. No están citados aquí, pero probablemente tendrás la suerte de descubrirlos en tus próximas lecturas sobre el cerebro.

En las siguientes páginas encontrarás un listado por orden de nacimiento de todos los personajes presentes en el libro con un apunte sobre sus descubrimientos más importantes en el ámbito de los estudios sobre el cerebro.

Alcmeón de Crotona (Crotona,V a. C.)

Médico griego.

Estudioso de la naturaleza y del cuerpo humano que, según parece, gracias a la disección, fue el primero que describió la conexión entre el ojo y el cerebro.

Anaxágoras (Clazómenas, 500 a. C. – Lámpsaco, 428 a. C.)

Filósofo griego.

Seguía una metodología fundamentada en la observación directa, que podría considerarse próxima al método científico. Le interesaba la investigación sobre la naturaleza.

Hay quien le atribuye la tesis que ubicaba en el cerebro (en lugar de en el corazón) el centro que coordinaba la sensibilidad (además del pensamiento), teoría que una amplia tradición historiográfica atribuye, en cambio, a Alcmeón.

Hipócrates (Isla de Cos, 460 a. C. – Larisa, 377 a. C.)

Médico griego.

Considerado el padre de la Medicina, recopiló en el *Corpus Hippocraticum* los conocimientos médicos de las escuelas que lo precedieron, fomentando el estudio sistemático de esta disciplina.

Fue uno de los primeros en atribuir vida física al cerebro, identificándolo como la sede del pensamiento y de las emociones.

Aristóteles (Estagira, 384 a. C. – Calcídica, 322 a. C.)

Filósofo griego, discípulo de Platón.

A pesar de la diversidad de los campos de conocimiento que abarcó su estudio y sus numerosos descubrimientos, seguía manteniendo la idea de que el corazón era la sede de la inteligencia. El cerebro, según este gran estudioso, solamente servía para enfriar la sangre.

Galeno (Pérgamo, 129 d. C. – Roma, 216 d. C.)

Médico romano.

Fue uno de los grandes promotores de la medicina hipocrática.

Llevó a cabo diferentes estudios sobre la conexión de los nervios (por ejemplo, los de la laringe y la médula espinal) con el cerebro. Sostenía que este último era la sede de la mente.

Avicena (Bujará, 980 d. C. – Hamadán, 1037 d. C.)

Médico, filósofo, matemático y físico persa.

Autor de unas doscientas cincuenta obras sobre varios ámbitos de estudio, y uno de los estudiosos musulmanes más importantes de la historia.

Leonardo da Vinci (Vinci, 1452 – Amboise, 1519)

Científico, pintor e ingeniero italiano.

Una de las grandes personalidades del Renacimiento italiano, se interesó por la arquitectura, la escultura y la pintura. Pero también fue anatomista, músico, diseñador e inventor.

Se interesó particularmente por los estudios anatómicos y dedicó mucho tiempo al estudio del cerebro, del que fue capaz de reproducir la forma exacta de los ventrículos, el quiasma óptico y buena parte de los nervios craneales y espinales.

Paracelso (Einsiedeln, 1493 – Salzsburgo, 1541)

Médico, alquimista y astrólogo suizo.

Supo distanciarse de las enseñanzas de los antiguos para proponer teorías innovadoras.

Bartolomeo Eustachio (San Severino Marche, *ca*. 1500 – Fossombrone, 1574)

Médico italiano.

Gracias a la observación directa pudo describir la anatomía y el funcionamiento de varias estructuras del oído interno, entre las que se cuentan

la trompeta auditiva y la cóclea.

Andrés Vesalio (Bruselas, 1514 – Zante, 1564)

Anatomista y médico flamenco.

Gracias a él se superó la antigua medicina galénica. Los conocimientos anatómicos incrementaron gracias a la práctica de la disección.

Sus investigaciones ahondaron en el conocimiento de los nervios y de algunas estructuras cerebrales.

Thomas Willis (Wiltshire, 1621 – Londres, 1675)

Médico británico.

Estudió en profundidad la anatomía del cerebro y de sus nervios, analizando sus trastornos y patologías.

Franz Joseph Gall (Tiefenbronn Baden, 1758 – Montrouge, 1828)

Médico alemán.

Ideó la doctrina frenológica que, a día de hoy, no cuenta con un fundamento científico adecuado. Fue uno de los primeros en estudiar las diferentes áreas de la corteza cerebral y quien ubicó las funciones psíquicas superiores en los lóbulos frontales. John Dalton (Eaglesfield, 1766 – Manchester, 1844)

Químico y físico británico.

Es conocido en este ámbito por haber sido el primero en facilitar una descripción científica rigurosa del daltonismo, trastorno que él mismo padecía.

Julien-Jean-César Legallois (Cherrueix, 1770 – París, 1814)

Médico y fisiólogo francés.

Sus experimentos con animales le permitieron localizar el centro que controla la respiración.

Jean-Baptiste Bouillaud (Garat, 1796 – París, 1881)

Médico francés.

Precursor de Paul Broca en los estudios sobre la localización del lenguaje, es autor de observaciones fundamentales sobre el reumatismo .

Theodor Schwann (Neuss, 1810 – Colonia, 1882)

Biólogo alemán.

Entre sus numerosas contribuciones, es importante recordar el

descubrimiento de las denominadas «células de Schwann» del sistema nervioso.

Francis Galton (Sparkbrook, 1822 – Haslemere, 1911)

Antropólogo británico.

Nieto de Erasmus Darwin y primo de Charles Darwin, Galton fundó el denominado «darwinismo social»: la eugenesia. Fue uno de los primeros en describir el fenómeno de la sinestesia.

Paul Broca (Sainte-Foy-la-Grande, 1824 – París, 1880)

Antropólogo, neurólogo y cirujano francés.

Sus pacientes afásicos (personas con dificultades para hablar o comprender el significado de las palabras) le llevaron al descubrimiento del área de Broca, importante centro del lenguaje, que toma el nombre de su descubridor.

Gustav Theodor Fritsch (Cottbus, 1838 – Berlín, 1927)

Anatomista, fisiólogo y antropólogo alemán.

Junto con Eduard Hitzig, es conocido por haber localizado el área motriz gracias a sus experimentos con animales. Esta pareja de investigadores observó que, al estimular eléctricamente algunas partes del cerebro, se obtiene la contracción de determinados músculos.

Eduard Hitzig (Berlín, 1839 – St. Blasien, 1907)

Neurólogo alemán.

Junto con Theodor Fritsch, es conocido por haber localizado el área motriz gracias a sus experimentos con animales. Sus investigaciones renovaron las perspectivas del estudio de las zonas corticales.

Luigi Luciani (Ascoli Piceno, 1840 – Roma, 1919)

Médico y fisiólogo italiano.

El campo de sus investigaciones fue muy amplio. Sus estudios sobre el sistema nervioso central fueron muy importantes. Concretamente, identificó los tres síntomas principales de las patologías del cerebelo, cuyo conjunto constituye la denominada «Tríada de Luciani»: astenia, atonía y astasia.

Bartolomeo Camillo Golgi (Corteno, 1843 – Pavía, 1926)

Científico y médico italiano.

Gracias a una metodología de análisis elaborada por él mismo, consiguió estudiar las neuronas y sus ramificaciones.

Karl Wernicke (Tarnowskie Góry, 1848 – Gräfenroda, 1905)

Psiquiatra y neurólogo alemán.

Sus estudios sobre el lenguaje y sobre un tipo particular de afasia le permitieron identificar el área que recibe su nombre.

Santiago Ramón y Cajal (Petilla de Aragón, 1852 – Madrid, 1934)

Médico español.

Estudió y describió en detalle la organización de las células nerviosas y, por ello, se le considera el fundador de la neuroanatomía moderna . *Sir* Charles Scott Sherrington (Londres, 1857 – Eastbourne, 1952)

Neurofisiólogo británico.

En 1932, *sir* Charles Scott Sherrington y Edgar Douglas Adrian ganaron el Premio Nobel por sus descubrimientos sobre las funciones de las neuronas.

Alois Alzheimer (Markbreit, 1864 – Breslavia, 1915)

Psiquiatra y neuropatólogo alemán.

Fue el primero que describió la enfermedad degenerativa que recibe su nombre y que afecta a las células cerebrales.

Hallowell Davis (Nueva York, 1896 – St. Louis, 1992)

Fisiólogo estadounidense.

Realizó estudios pioneros sobre la fisiología del aparato auditivo que profundizaron en el conocimiento del oído interno.

Harry Frederick Harlow (Fairfield, 1905 – Tucson, 1981)

Psicólogo estadounidense.

Condujo estudios fundamentales capaces de demostrar la conexión directa entre cuidados paternos (el conjunto de comportamientos de los progenitores que fomentan el desarrollo y el crecimiento de la prole) y el desarrollo emocional.

Rita Levi-Montalcini (Turín, 1909 – Roma, 2012)

Neuróloga italiana.

En 1986 obtuvo el Premio Nobel de Medicina junto con Stanley Cohen por el descubrimiento del factor de crecimiento nervioso (NGF) (ver pág. 114).

Andrew Huxley (Hampstead, 1917 – Grantchester, 2012) y Alan Lloyd Hodgkin (Banbury, 1914 – Cambridge, 1998)

Fisiólogos británicos.

Ganaron el Premio Nobel por sus estudios sobre el potencial de acción de las neuronas.

Godfrey Newbold Hounsfield (Newark-on-Trent, 1919 – Kingston upon Thames, 2004)

Ingeniero británico.

Ganó el Premio Nobel por la invención de la tomografía axial computarizada (TAC), una técnica capaz de fotografiar el cerebro sin necesidad de perforar la caja craneal.

Oliver Sacks (Londres, 1933)

Neurólogo y escritor.

Profesor de Neurología (actualmente adscrito a la New York University

School of Medicine) y autor de un gran número de éxitos literarios, a menudo inspirados en casos clínicos concretos. De su libro *Despertares* se realizó una adaptación cinematográfica protagonizada por Robin Williams y Robert De Niro.

Giacomo Rizzolatti (Kiev, 1937)

Neurofisiólogo italiano.

Descubrió las neuronas espejo y ha desarrollado un gran número de estudios dedicados a comprender sus funciones.

Howard Gardner (Scranton, 1943)

Psicólogo estadounidense.

Profesor adscrito a la Universidad de Harvard, es conocido en la comunidad científica por su teoría de las inteligencias múltiples (ver pág. 128).

Donatella Marazziti (Baschi, 1956)

Psiquiatra italiana.

Ha contribuido a ampliar los conocimientos sobre la neurofisiología del enamoramiento y de la pasión amorosa.

Pier Francesco Ferrari (Parma, 1968)

Neurocientífico italiano.

Ha conducido numerosos estudios con el fin de identificar la función que cumplen las neuronas espejo en el comportamiento social (ver pág. 137).

Maurizio Porfiri (Roma, 1976)

Ingeniero italiano.

Sus estudios, a caballo entre la ingeniería, la robótica y la biología, favorecerán la comprensión de los factores que fundamentan la base del comportamiento grupal.

Colección dirigida por Michi Strausfeld

Título original: *Che ti passa per la testa?Il cervello e le neuroscienze*

Edición en formato digital: marzo de 2015

En cubierta: ilustración de © Macrovector/Shutterstock.com

© Edizioni Lapis, Roma, 2013
First published in Italy in series «Ah, saperlo!»
This translation published by arrangementwith Anna Spadolini Agency, Milano

© De la traducción, Sara Cano, 2015

© Ediciones Siruela, S. A., 2015
c/ Almagro 25, ppal. dcha.
28010 Madrid.

Todos los derechos reservados. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra sólo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

ISBN: 978-84-16396-53-5

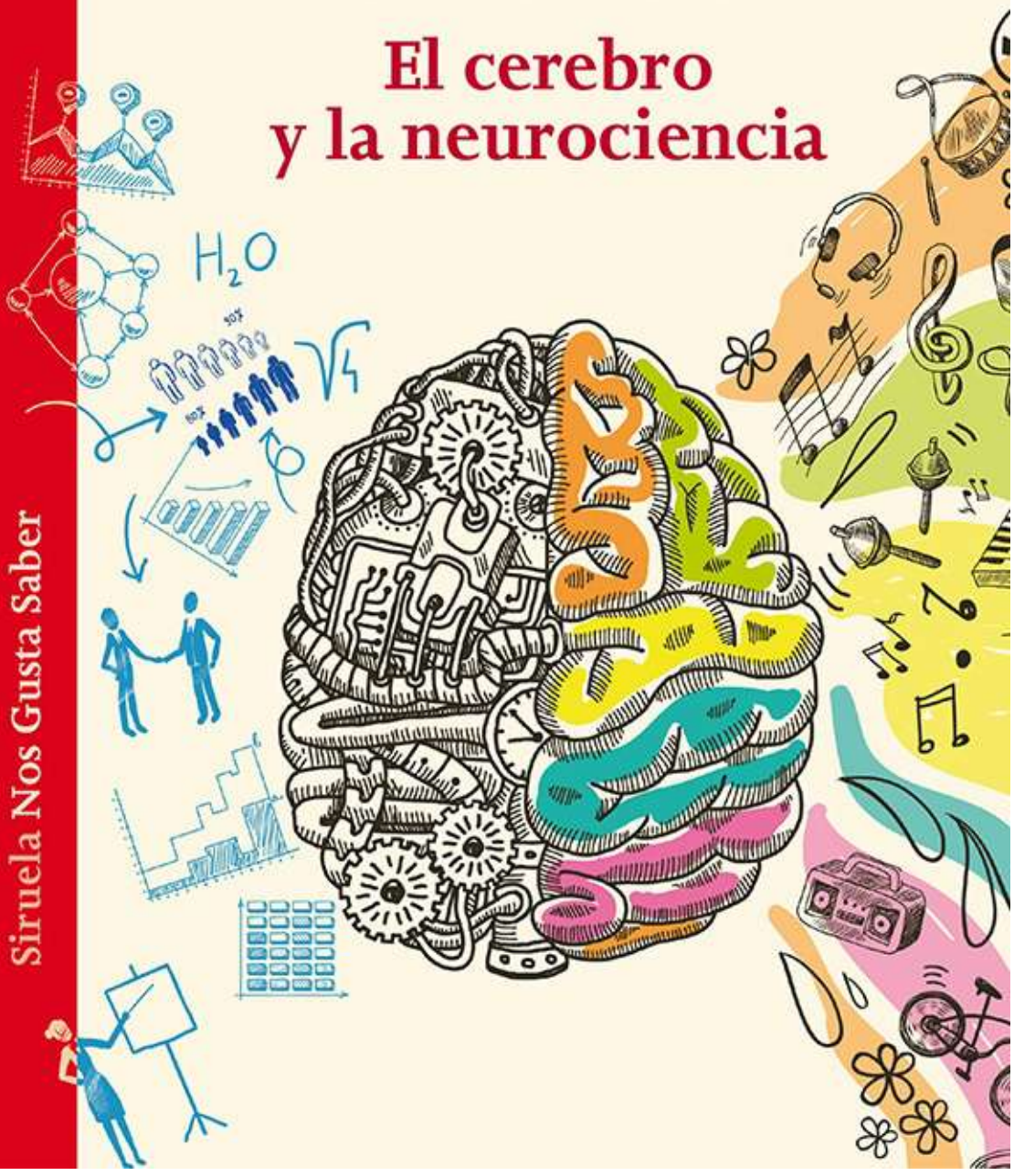
Conversión a formato digital: Newcomlab, S.L.L.

www.siruela.com

Sara Capogrossi · Simone Macrì

¿Qué pasa en tu cabeza?

El cerebro y la neurociencia



Siruela Nos Gusta Saber