


IGNACIO CRESPO
AUTOR DEL BLOG «S de Stendhal»



**UNA
SELVA
DE
SINAPSIS**

**LO QUE ESCONDES
EN TU CEREBRO**

PAIDÓS

Sinopsis

A nuestra especie le encanta hacerse preguntas. Preguntas como: qué es la vida, de qué está hecho ese disco que brilla en el cielo o cómo se pierden los calcetines en la lavadora. Sin embargo, hay otras cuestiones más profundas y poéticas que son producto del cerebro pensando sobre sí mismo, y a esas preguntas (y a sus respuestas) las hemos llamado neurociencia. ¿Por qué era especial el cerebro de Einstein? ¿De dónde sale la consciencia? ¿Qué es la memoria? Las respuestas se ocultan en esa selva de sinapsis y neuronas a la que llamamos cerebro.

En *Una selva de sinapsis* daremos caza a las dos cuestiones más antiguas de la humanidad: ¿quiénes somos y qué nos hace especiales? Las respuestas, como tantas otras veces, las encontraremos en nuestro cerebro.

UNA SELVA DE SINAPSIS

Lo que escondes en tu cerebro

Ignacio Crespo

Ningún cerebro ha sido maltratado durante la escritura de este libro. A excepción de los de Arcadi García, Daniel Gómez y Jordi Pereyra, amigos que han puesto en riesgo su salud mental al leer, releer y prender fuego a mis borradores. Sin ellos, Una selva de sinapsis no existiría, y sin Valencia, su gente y Sandra tampoco el autor.

Introducción

Estoy convencido de que no soy el primero. Ahora tienes mi libro entre tus manos, pero ¿y antes? Se ha hecho mucha y muy buena divulgación sobre el cerebro y apuesto a que algo habrás consumido, aunque solo fuera un artículo en el periódico o un programa de televisión. Entonces, ¿qué puede aportar un libro más? Pues como buen gallego te diré que «depende».

Si solo buscas curiosidades, hay poco que quede por decir y posiblemente este no sea tu libro, pero, responde con sinceridad: ¿alguna vez te han contado cómo un puñado de células pueden evocar algo tan abstracto como un recuerdo? Cuando se habla sobre el cerebro es frecuente que se traten por un lado neuronas y por otro las funciones cerebrales, como si no tuvieran gran cosa que ver y la memoria, el lenguaje o la consciencia surgieran por arte de magia. En realidad, esa enorme brecha que parece separar tu «mente» del resto del universo, de la biología, la física o las matemáticas está menguando cada vez más rápido.

Lo que acabas de leer puede levantar picores, pero no es nada del otro mundo. Tan solo digo que, para entender cómo funciona algo, es importante saber cómo ha surgido. Necesitamos comprender a cuento de qué algunas células comenzaron a agruparse y a transmitir información, por qué se organizaron formando un cerebro en lugar de cualquier otra cosa y qué ventajas tenía que de ellas pudiera nacer el poema de Gilgamesh o la aritmética modular. Te propongo que emprendamos un viaje que nunca has hecho. Un cuento que empieza con una sola célula y que termina contigo siendo consciente de que estás leyendo este libro.

Pero no lo tomes a la ligera, porque no será un viaje de placer, sino una cacería. Perseguiremos una de las preguntas que más ha obsesionado a nuestra civilización: ¿qué nos hace humanos? ¿Qué hay en nuestro cerebro que nos vuelve tan especiales? Nuestra principal arma para enfrentarnos a ella será la neurociencia, pero para tener alguna posibilidad de resolverla necesitamos algo más. Hará falta que echemos mano de la filosofía de la neurociencia, la teoría de la evolución y hasta un poquito de matemáticas.

Así que no, este no es un libro más sobre cómo funciona la mente, es el libro que me gustaría haber leído antes de lanzarme a investigar el cerebro. Una historia divulgativa

que parte de los cimientos para, paso a paso, escalar hasta las funciones cerebrales que hacen que te sientas como lo que eres: humano.

Durante el viaje nos adentraremos en una selva de sinapsis y encontraremos hidras, serpientes que se muerden la cola a sí mismas, tormentas descomunales y otras analogías fantásticas que nos ayudarán a entender cómo piensan quienes estudian el cerebro. Porque con este libro no pretendo que te vuelvas un reputado neurocientífico, está claro, pero sí puedo asegurarte algo, y es que cuando lo termines no volverás a ver las cosas del mismo modo.

Entonces, ¿por qué no empezar por el principio? Una habitación blanca, un cerebro humano y un estudiante de medicina confuso.

Capítulo

1

En algún lugar No me avergüenza confesar que soy un ignorante de lo que no conozco.

MARCUS TULLIUS CICERO,

Tusculanae Disputationes ¿Cómo se coge un cerebro? La pregunta tiene más miga de lo que parece, pero apenas tuve tiempo de buscar una respuesta antes de que este llegara a mis manos. Hay veces en que el tiempo parece detenerse.

Sientes que el mundo se congela a tu alrededor y que los segundos se vuelven de piedra. Esos momentos se nos graban como un hierro al rojo vivo y tal vez por eso lo recuerdo tan bien. El ritmo que marcaban las manecillas del reloj era cada vez más lento, una luz blanca llenaba la sala y entre mis dedos tenía el cerebro de una persona.

Por mucho que, debido a la emoción, me costara aceptarlo, ese cerebro era real. Estaba sujetando un verdadero cerebro humano y me faltaba la respiración. Notaba como si el corazón se me fuera a salir del pecho. Esa densa gelatina de apenas kilo y medio era mucho más que una víscera. Allí había vivido una persona en toda su complejidad. Sus esperanzas, sus pesadillas y sus excentricidades habían recorrido aquel órgano como chispas y tormentas químicas. Ahora, en cambio, estaba frío y la sangre ya no fluía por sus vasos.

Ese cerebro había sido seccionado del resto de su antiguo cuerpo y ahora pasaba de mano en mano entre unos asustados estudiantes de primero de Medicina, pero en vida había sido parte de un sistema mayor. El encéfalo, la estructura nerviosa más compleja que conocemos, formado por el cerebro, unido al cerebelo y al tronco encefálico, es el responsable de las civilizaciones que hemos levantado a nuestro alrededor. Pero ¿qué hace al encéfalo tan especial? ¿Cómo ha podido brindarnos tantas maravillas? En aquella víscera tenía que haber algo de lo que otros animales carecían, algo que nos hiciera diferentes, que nos hiciera humanos. Un codazo me devolvió a la realidad y pasé el cerebro al siguiente estudiante.

Una hidra en tu cabeza Han pasado unos años desde entonces, pero la pregunta me ha seguido acompañando. Siempre presente, susurrando cada noche a los pies de mi cama: ¿qué tiene de especial nuestro encéfalo? No tardé en descubrir que, como en tantas otras preguntas inocentes, lo que se escondía entre aquellos signos de interrogación era una hidra. Alrededor de la gran pregunta se enredaban otras más pequeñas que, al ser resueltas, se multiplicaban sin control: ¿somos nuestro encéfalo?, ¿qué significa ser un humano?, ¿existe el alma?, ¿qué es la

identidad?, ¿la tortilla con cebolla o sin cebolla?... Por cada pregunta que respondemos, otras dos asoman la cabeza.

Cada dato que descubres sobre tu encéfalo trae consigo más preguntas que respuestas; siempre te engancha. Todas las cuestiones profundas suelen ocultar estas hidras, pero eso es algo que a los humanos no nos importa demasiado. Casi parece que nos sintamos atraídos por ellas, que enfrentarnos a preguntas imposibles forme parte de nuestra naturaleza. Pero ¿somos tan kamikazes como parece? Tal y como lo he contado, da la sensación de que nuestra curiosidad nos encomiende a una tarea irrealizable, pero lo cierto es que no sabemos si estas cuestiones son realmente imposibles de responder.

Puede que tras cada pregunta nos espere otra, pero también es posible que no sea así. En cualquier caso, esto no es lo principal, porque la búsqueda del conocimiento merece la pena en sí misma. No hemos encontrado una respuesta a «qué es la vida», pero en el intento hemos descubierto a los microbios, su relación con las enfermedades y las vacunas. Las «preguntas hidra» nos han dado los antibióticos, internet e incluso el arte. Y tal vez sea esto por lo que nos resultan tan interesantes sin importar lo difíciles que puedan parecer.

Incomprensión a simple vista En cualquier caso, puede que todavía no nos hagamos una idea de la fiereza de la hidra. El encéfalo es un territorio oscuro y tremendamente difícil de estudiar. Apenas sabemos un puñado de cosas sobre él. Es un desconocido que tenemos encerrado en nuestra cabeza y que se resiste a ser interrogado. Siendo así de ignorantes no podemos enfrentarnos por las buenas a las cabezas de la hidra, porque no hay una respuesta fácil a la pregunta «¿qué hace especial a nuestro encéfalo?», eso es indudable. Antes de lanzarnos a la aventura, para entender lo que buscamos, tendremos que dejar claras las reglas del juego, definir qué es un ser humano y entender cómo funciona nuestro sistema nervioso.

Entre sus arrugas (llamadas giros o circunvoluciones), el encéfalo se las arregla para interpretar y dar sentido al enjambre de estímulos que nos rodea. Pero ¿cómo es capaz de ver, de oler o de sentir? ¿Cómo pueden surgir de él maravillas como la literatura, la ética, las matemáticas o la batamanta? El aspecto de otros órganos nos da pistas sobre cómo funcionan *grosso modo*, pero el cerebro es distinto, juega al despiste.

Por ejemplo, un corazón abierto de par en par muestra cuatro cavidades unidas por válvulas. Tan solo con ver esto ya podemos intuir que las cámaras deben de contraerse por turnos para bombear sangre en el sentido que las válvulas lo permitan. En el caso de los pulmones ocurre algo parecido; su forma nos sugiere cómo el aire los recorre hasta llegar a los alveolos y emprender su viaje de vuelta al exterior. Sin embargo, poco se puede adivinar sobre el funcionamiento del encéfalo analizándolo a simple vista.

Intuir los mecanismos internos de nuestro sistema nervioso no es tan sencillo. De hecho, durante mucho tiempo renunciamos a ello y lo estudiamos como si fuese una caja negra. Nos limitamos a comparar los estímulos que recibía nuestro sujeto de estudio con sus reacciones, y todo lo que pudiera ocurrir entre ambas cosas era tierra inexplorada. Han hecho falta siglos para crear una disciplina que pueda enfrentarse a esa caja negra: la neurociencia. Una ciencia interdisciplinaria como pocas, formada por la amalgama de psicólogos, biólogos, biofísicos, filósofos, informáticos, lingüistas e incluso químicos. Con ella hemos comenzado, al fin, a tener las herramientas necesarias para introducirnos en la verdadera estructura que oculta nuestro encéfalo y los resultados son increíbles.

El cerdo que derrotó a Aristóteles Es frecuente oír que desconocemos casi todo sobre el encéfalo, pero que quede mucho por descubrir no quiere decir que no sepamos nada. Todo lo contrario, en las últimas décadas hemos revolucionado nuestro conocimiento del sistema nervioso y los próximos años prometen traer noticias impresionantes. Sin embargo, esta vorágine de descubrimientos es relativamente nueva y no podemos pasar por alto que el camino que nos ha conducido hasta aquí ha sido más tortuoso de lo que puedas imaginar. Para comprender de verdad la neurociencia, tenemos que entender sobre qué ha sido construida y cómo nos enfrentábamos antes a las preguntas sobre nuestra mente.



La hidra.

En nuestro tiempo, la ciencia tiene claro que los procesos mentales surgen de la actividad del encéfalo, pero olvidémonos de eso y volvamos a los orígenes. Remontémonos a una época previa a la neurociencia, anterior incluso a las resonancias y a los microscopios. En estas condiciones ¿cómo podríamos saber con qué órgano pensamos, sentimos o recordamos?

Que una víscera como el encéfalo pueda dar lugar a estos fenómenos es una sospecha tan antigua que podemos encontrar su origen en el siglo V a. C., con Hipócrates de Cos y Alcmeón de Crotona. Ellos fueron los primeros en hablar del sistema nervioso central como centro de las emociones, la cognición y el movimiento. Sin embargo, se trataba de poco más que una intuición y fue eclipsada durante varios siglos por otra hipótesis más popular que, en lugar de al encéfalo, apuntaba al corazón. Puede que ahora nos parezca cómico pensar en el corazón como un órgano pensante y sospechemos que los griegos no eran demasiado avisados si creían en estas cosas, pero antes de juzgarlos debemos comprender el contexto.

Quienes defendían estas ideas no eran tronistas de una tertulia televisiva, eran grandes genios de su tiempo, como pudo ser Aristóteles durante el siglo IV a. C. Precisamente, él fue uno de los mayores defensores del cardiocentrismo, pero también una de las mentes científicas más brillantes que ha conocido la historia. De hecho, a diferencia de otros filósofos, Aristóteles quería poner a prueba el conocimiento. No le bastaba con teorizar y construir castillos de naipes en su cabeza, necesitaba llevarlos al mundo real y ver si se mantenían en pie.

Sabiendo esto, podemos dar por hecho que no estaba hablando por hablar al defender que la psique racional surgía del corazón. Para Aristóteles, las pruebas eran evidentes: el corazón era un órgano caliente que cambiaba el ritmo de su latido con las emociones, aumentando su frecuencia ante el miedo o la excitación. Además, estaba en el centro del pecho, un lugar privilegiado para tomar el mando del resto del cuerpo, enviando información a través de una compleja red de vasos sanguíneos. Los argumentos aristotélicos calaron tan hondo que han sobrevivido en el vocabulario de nuestro tiempo. Todavía hablamos de corazonadas para referirnos a la intuición, hablamos «desde el corazón» y usamos palabras como «recordar», que viene de *cordis*, corazón en latín.

Mientras tanto, el encéfalo, frío y voluminoso, no parecía hacer gran cosa para Aristóteles, en todo caso refrigerar la sangre que el corazón calentaba. Sin más datos que aquellos, la nobleza del corazón parecía muy superior a la del sistema nervioso. ¿Cómo desmentirlo con una ciencia tan precaria? Ante la falta de un buen contraargumento, el cardiocentrismo imperó sobre el encefalocentrismo hasta bien entrado el siglo II d. C., momento en el cual las tornas comenzaron a cambiar. Había llegado otra de las leyendas de la historia de la ciencia, un hombre que marcaría el punto de inflexión a partir del cual el encefalocentrismo comenzaría a ganarle terreno a las ideas de Aristóteles: Galeno de Pérgamo.

Galeno practicaba la medicina y, como ocurre en nuestros tiempos, no estaba tan bien pagada como parece. En la antigua Roma, trabajar con las manos no era digno, pero Galeno consiguió hacer de ello algo respetable. Nuestro médico destacaba tanto entre

sus iguales que pronto alcanzó uno de los trabajos sanitarios mejor pagados de su tiempo: médico de gladiadores. Allí, al pie de la arena, Galeno pudo ver cómo las lesiones en el cerebro de los luchadores afectaban a sus funciones mentales. La psique debía de estar ahí y no en el corazón, como afirmaban los aristotélicos.

Con todo lo que había visto tras los combates, le resultaba evidente que Aristóteles estaba equivocado y, al parecer, nuestro médico no era amigo de callar y asentir. Según cuenta Vesalio, Galeno se tomó la defensa del encefalocentrismo como una batalla personal y decidió mostrar en público la importancia del sistema nervioso. Con el mismo sentido del espectáculo que si fuera Tarantino, Galeno tomó un cerdo y propuso detener sus molestos gruñidos con un solo corte y sin matarlo, por supuesto. Entre los lamentos del cerdo, el médico de gladiadores se abrió camino a través de su cuello hasta un hilo blanquecino. Tan pronto como cortó el hilo, los quejidos cesaron. El cerdo seguía retorciéndose, pero los chillidos se habían vuelto ahogados y casi imperceptibles. Aquella estructura alargada que Galeno había partido eran los nervios recurrentes, que conectaban el encéfalo del cerdo con sus cuerdas vocales. La idea era sencilla, monstruosa y extrañamente elegante: si cortar los nervios había dejado mudo al cerdo, quería decir que estos eran los responsables de controlar los músculos de sus cuerdas vocales. El experimento fue un éxito (excepto para el cerdo, claro) y con él Galeno llevó a cabo la primera prueba experimental de que el cerebro controlaba el movimiento de los músculos a través de los nervios. Una prueba efectista, pero un paso enorme para la neurociencia.

El estacazo que Galeno asestó al cardiocentrismo fue mortal, pero no inmediato. Sus defensores replicaron que, al cortar los nervios, la garganta del animal había perdido la refrigeración y que era esto, y no un bloqueo en la comunicación, lo que había silenciado al pobre cerdo. Las ideas de Aristóteles sobre la psique recuperaron su fuerza durante la Edad Media bajo el amparo de la Iglesia, y aunque fueron debilitándose a medida que entendíamos el funcionamiento de los nervios, algunas comunidades minoritarias las mantuvieron vivas hasta la revolución científica que tuvo lugar en el siglo XVI. Dos mil años, eso es lo que nos hizo falta para responder a uno de los conceptos más básicos del estudio de la mente. Ahora contamos con infinidad de técnicas que nos permiten probar la relación entre nuestras funciones cognitivas y la actividad de nuestro encéfalo, pero eso no significa que nos hayamos liberado de todos los lastres que ralentizan nuestro avance. A la hidra todavía le quedan muchas cabezas.

Fuera de este mundo Galeno y sus herederos intelectuales probaron que el sistema nervioso controla los músculos, pero para algunos eso no es suficiente para afirmar que la mente reside en el sistema nervioso. ¿No podría ser la mente una entidad distinta del encéfalo? Algo más o menos independiente, pero diferente a él. Esto se conoce como dualismo psicofísico y, simplificándolo mucho, a sus defensores no les gusta reducir la mente al encéfalo ni a ninguna

otra estructura material, para ellos existe algo más. Algunos lo llaman alma, otros espíritu o esencia, pero, en cualquier caso, el dualismo psicofísico habla de una entidad tan intangible que la ciencia no ha conseguido encontrarla.

Todos los experimentos que han intentado medir esa mente independiente han fracasado. Algunos dualistas sostienen que, tal vez, no hayamos podido medirla porque también es independiente del mundo físico que conocemos y que no sigue las leyes del resto del universo. Si esto fuera cierto, la mente no podría ser estudiada por la ciencia, del mismo modo que tampoco puede serlo el dragón invisible que vive en mi garaje. Si tras buscar pruebas de algo no las encontramos, sencillamente tendremos que descartarlo hasta que aparezca una y mientras tanto, buscar la respuesta en otro lugar.

Descartado el dualismo, hemos de centrarnos en su rival, el monismo psicofísico. Este plantea que la mente y el encéfalo son una misma sustancia, y que (sorpresa) no son una excepción a las leyes de la física. Pero, cuidado, el monismo no dice necesariamente que todo lo que somos esté determinado por nuestro encéfalo. El cerebro, el cerebelo, el tronco del encéfalo y la médula forman el sistema nervioso central, unos no funcionan sin los otros y, a su vez, el sistema nervioso trabaja en equilibrio con un cuerpo y con la información que recibe de nuestro entorno.

Piénsalo: nuestros órganos están constantemente produciendo sustancias que fluyen por nuestro torrente sanguíneo y que llegan al encéfalo. Allí, moléculas como el cortisol, producido por las glándulas suprarrenales (situadas sobre los riñones), desempeñan un papel en fenómenos como el estrés. De hecho, uno de los campos más boyantes de la neurociencia es el estudio de cómo las sustancias producidas por las bacterias del intestino pueden afectar al sistema nervioso central. Nuestro encéfalo no vive aislado flotando en un tarro (o eso espero), sino que forma parte de la compleja maquinaria de nuestro cuerpo y funciona en equilibrio con el resto de sus sistemas.

Del mismo modo, el entorno también afecta a nuestro comportamiento. Nuestras experiencias sensoriales viajan como descargas eléctricas desde los órganos de los sentidos hasta el sistema nervioso central, alterando así su estructura y su química. Que nuestras experiencias son parte de nosotros y condicionan nuestra biología no es un secreto; sabemos, por ejemplo, que las personas que han crecido en entornos poco estimulantes o han sufrido malos tratos durante su infancia tienen más probabilidades de desarrollar trastornos de la personalidad e incluso algunas enfermedades psiquiátricas.

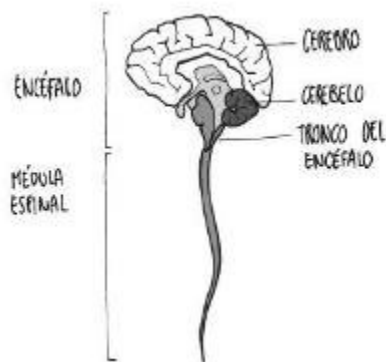
Así que no, la neurociencia no dice que solo seamos nuestro encéfalo, somos un equilibrio mucho más complicado que todo eso. Estamos influidos por nuestro encéfalo tanto como por nuestro cuerpo y el entorno en el que vivimos. No obstante, lo que la neurociencia sí dice es que todas esas experiencias y sustancias que recorren el cuerpo

acaban modificando nuestro encéfalo y es así como consiguen alterar nuestra mente. No somos tan solo nuestro encéfalo, pero todo lo que somos deja una huella física en él.

En plena crisis de identidad En nuestro siglo apenas quedan neurocientíficos que apoyen el dualismo. Sin embargo, parte de sus defensores ha decidido actualizarse. Para algunos, el dualismo era una manera de demostrar la superioridad del hombre sobre los animales; esa mente inmaterial que sería la causa de nuestra humanidad, un regalo divino o un capricho de la naturaleza que nos situaba en la cima de los otros seres vivos. Así veía el dualismo René Descartes, que en el siglo XVII describió al resto de los animales como puros autómatas sin mente. La neurociencia fue debilitando al dualismo, pero no la percepción de algunos de que el ser humano era lo más maravilloso que le había pasado al universo: el antropocentrismo. Si la justificación de nuestra grandeza no estaba en una mente desligada del mundo físico, ¿por qué no buscarla en la propia materia?

Este intento de elevarnos sobre el resto de las formas de vida es tan antiguo como nuestra búsqueda de un lugar en el mundo. Aunque siempre hay excepciones, la gran mayoría de las culturas primitivas tenían claro que éramos seres vivos y un número menor pero igualmente grande también entendía que éramos animales. Este último era el caso de la antigua Grecia, donde nuestra naturaleza animal pudo empezar a debatirse abiertamente.

De hecho, fue precisamente allí, durante el siglo VI a. C., donde comenzamos a coquetear con la idea de que unos organismos pudieran evolucionar en otros. O dicho con las palabras de Anaximandro: «Al principio el hombre era como cualquier otro animal, a saber, un pez». Ya por aquel entonces resultaba evidente que el parecido entre perros y lobos no podía tratarse de una simple casualidad o de que Epimeteo se hubiera quedado sin imaginación al esculpir desde el barro a los seres vivos. Comenzaba a sospecharse que todos los animales, incluso los que ellos consideraban superiores, proveníamos del mismo antepasado común.



Sin embargo, esta idea de evolución tenía poco que ver con la que conocemos ahora. Para ellos, los organismos evolucionaban cada vez en animales más dignos, siendo progresivamente «mejores», y por supuesto, nosotros estábamos en la cima de esa pirámide. Éramos un animal, pero no «uno más». A pesar de nuestro intento por desmarcarnos del resto de los seres vivos, todas las definiciones de «ser humano» parecían banales. Tal vez el ejemplo más famoso sea el de Platón en el siglo IV a. C., que dijo: «El ser humano es un bípedo sin plumas». Una definición que no gustó demasiado a Diógenes el Cínico, quien, con gran diplomacia, decidió tirar un pollo desplumado al suelo de la Academia diciendo: «Aquí tenéis al hombre de Platón». Dejando a un lado que Diógenes habría triunfado en Twitter, hay que reconocer que la respuesta tenía su punto de razón.

Como ves, la evolución era como uno de esos cotilleos que todo el mundo sospecha, pero que pasa desapercibido por falta de pruebas. Eso sí, cuando el cotilleo se confirma, todo estalla en un gran estruendo. Nuestro estrépito comenzó en 1859 con la publicación de *El origen de las especies*. En él, un añoso Charles Darwin había recopilado infinidad de ejemplos que apuntaban a que las especies evolucionaban y se ramificaban. Y lo que era más importante, Darwin fue, junto con Alfred Wallace, el primero en describir con detalle el mecanismo por el que unas especies se «convertían» en otras: la selección natural. Esto tenía implicaciones serias, porque significaba que la evolución ya no era vista como un progreso, sino como un cambio. Un organismo no era mejor que su antecesor, tan solo diferente.

Las siete diferencias Nuestro ego como especie no podía estar más herido. No solo veníamos de un simio, sino que no había grandes diferencias entre un chimpancé y tu madre. Puedo entender que la gente se mosqueara. Los antropocentristas tenían que contraatacar y, curiosamente, usaron las mismas armas que había utilizado Darwin: la anatomía comparada. Esta disciplina plantea que, si todos los animales venimos de un ancestro común, lo lógico es que podamos comparar la anatomía de dos especies distintas para hacernos una idea de su parentesco.

El padre de la anatomía comparada fue Georges Cuvier, una leyenda de la biología cuyo único pecado fue ser francés. Gracias a él, la clasificación de los seres vivos sufrió un cambio de pies a cabeza y la fiebre de la comparación se extendió al estudio de la mente. Para volver a marcar nuestra independencia frente al resto de los simios, los antropocentristas comenzaron a comparar nuestros sistemas nerviosos con el de otros primates con la esperanza de encontrar una estructura única en nuestra especie que permitiera no solo explicar nuestra humanidad, sino que reafirmara la corona que nos habíamos autoimpuesto.

Los estudiosos de la neuroanatomía comparada empezaron alegando lo evidente, que nuestro cerebro era más grande y no solo en conjunto, sino que algunas de sus partes eran proporcionalmente mucho más voluminosas que las de nuestros parientes. Sin embargo, era una cuestión de números, de cantidad, y eso no nos alejaba del resto de los simios tanto como ellos querían. La búsqueda de una diferencia más clara dio lugar a muchas historias, pero posiblemente la más representativa fuera «La guerra del gorila».

Era el Londres de 1861 y la Real Sociedad Geográfica estaba a punto de recibir dos gorilas disecados. Excluyendo a la monarquía, Londres no había visto a muchos grandes simios, por lo que la comunidad científica acudió a la llamada llena de curiosidad. Entre ellos estaban nuestros dos protagonistas: Richard Owen y Thomas Henry Huxley, dos hombres brillantes con caracteres complicados. Owen era considerado el mejor anatomista británico de su tiempo, pero defendía que los humanos no éramos primates, sino los únicos representantes de un orden totalmente diferente dentro de los mamíferos. En la otra cara de la moneda, Huxley era un reputado biólogo y filósofo conocido como «el bulldog de Darwin» por ser, precisamente, un defensor implacable del darwinismo.

En un entorno como aquel, sus dos personalidades estaban condenadas a chocar como dos trenes descarrilados. Owen no ocultaba la incomodidad que le producía pensar que pudiéramos ser descendientes de los monos. Era un negacionista de la evolución confeso, así que, para respaldar sus prejuicios, argumentó que había tres estructuras propias del cerebro humano que ningún otro simio presentaba: el lóbulo posterior, el hipocampo menor y el asta posterior. Se trataba de una afirmación arriesgada que Huxley no pudo pasar por alto y decidió encabezar un linchamiento como pocos ha habido en la ciencia. Aquellas tres estructuras estaban presentes en otros primates y en algunos casos eran proporcionalmente mayores que las nuestras. Así se lo hicieron saber las decenas de cartas y publicaciones que Owen recibió durante los siguientes meses.

El anatomista trató de devolver el golpe y poner en tela de juicio la carrera de Huxley, pero eligió mal a su enemigo. Maquillar información científica para validar sus prejuicios ideológicos era algo imperdonable y entre esto y las numerosas acusaciones de plagio, Huxley se encargó de que la reputación de Owen no se recuperara nunca.

Desde entonces, muchos estudiosos han buscado lo mismo que Owen, algo esencialmente distinto, pero por otros motivos menos ególatras. Para ellos, la diferencia entre un nido en los árboles y la basílica de la Santa Croce no puede deberse a una cuestión de proporciones entre estructuras cerebrales (un cambio cuantitativo), tiene que haber una diferencia cualitativa. En otras palabras, defienden que lo que nuestro

encéfalo tiene de especial no puede haber sido conseguido por pequeños cambios graduales, sino que debe ser consecuencia de un salto evolutivo crucial.

Babosas que no olvidan Si dejamos a un lado nuestro complejo de superioridad, la hipótesis de que nuestro encéfalo sea cualitativamente distinto del de otros grandes simios no es descabellada. A fin de cuentas, «distinto» no significa necesariamente «mejor». Sin embargo, todas las estructuras, células o conexiones que se han propuesto como «únicas en nuestra especie» han terminado siendo descartadas. Y la neurociencia tampoco ayuda a mantener nuestra ficción, ya que buena parte de lo que sabemos sobre nuestro cerebro lo hemos descubierto experimentando en otros animales. Así que, aunque no podemos asegurar que exista una diferencia cualitativa, algo sustancialmente nuevo, sí que está claro que muchas funciones cognitivas solo cambian en cuanto a su grado de desarrollo, y por eso son comparables entre distintas especies.

Antes de continuar, quiero dejar claro que quienes nos dedicamos a la ciencia también somos personas y no dejamos nuestra empatía en casa cuando vamos a trabajar. No nos gusta experimentar con animales y tratamos de minimizarlo cuanto podemos, pero, por desgracia, todavía no hay buenas alternativas. Los modelos informáticos, los tejidos sintéticos y otras tecnologías de vanguardia están demasiado inmaduras como para sustituir a los animales en la investigación y no pueden responder a las preguntas que la neurociencia se plantea. En cualquier caso, la experimentación animal es una enorme responsabilidad y ha de pasar la aprobación de comités encargados de comprobar que realmente no existan otras opciones.

Por desgracia, necesitamos experimentar con organismos modelo, como moscas de la fruta o ratones, ya que se reproducen y desarrollan mucho más rápido que nosotros, y nos permiten tener una perspectiva generacional de lo que estamos estudiando. Otras veces es útil contar con animales con un sistema nervioso sencillo, como el gusano más famoso de los laboratorios, el *Caenorhabditis elegans*, con apenas trescientas neuronas; o la *Aplysia californica*, una babosa marina que reveló al premio Nobel, Eric Kandel, algunos secretos sobre la memoria.

Este concepto que estamos sugiriendo está enunciado por el principio de August Krogh, que dice lo siguiente: «Para cualquier problema que queramos estudiar existe un ser vivo con las características óptimas». Por ejemplo, si quisiéramos estudiar la visión, los gatos serían nuestra mejor opción, pues su corteza visual es bastante grande y podemos hacer en ella mediciones más precisas que sobre las de otros animales.

Una selva de sinapsis Entonces, ¿puede que sea este el camino? ¿Es posible que lo que haga especial a nuestro encéfalo se esconda en las cantidades? Si es así, nuestro viaje se ha vuelto mucho más interesante, porque la hidra acaba de multiplicar sus preguntas. El encéfalo es un

órgano que, definido en números, posee cantidades astronómicas y trabajar con estas cifras no es nada sencillo.

Nuestro encéfalo está formado por unos 170.000 millones de células, la mitad de las cuales son neuronas. Estamos operando con números enormes, así que, para que nos hagamos una idea, imaginemos que cada neurona fuera un grano de arroz. Con un solo encéfalo podríamos preparar paella para treinta y tres millones de personas. De hecho, la población de España rondaba esta cifra durante los años setenta, por si hubiéramos querido celebrar algo.

Pero no te relajés todavía, porque, si hablamos del encéfalo, no solo importa cuántas neuronas tiene, sino cómo estas se conectan. Las neuronas se comunican entre sí gracias a las sinapsis, puntos a través de los cuales intercambian información. Cada uno de esos miles de millones de neuronas se comunica sinápticamente con otras siete mil. Enjauladas en nuestro cráneo hay quince veces más conexiones entre neuronas que estrellas en nuestra galaxia. La cantidad de caminos por los que puede viajar la información se vuelve inconmensurable y, de repente, preparar una paella para treinta y tres millones de personas nos parece poco.

Una nueva cabeza de hidra comienza a asomarse: ¿cómo hemos podido desarrollar algo así de complejo? Bajo nuestro cráneo hay un mundo casi infinito de conexiones, de ramas que se retuercen y entrelazan. Un amasijo de neuronas en un desorden ordenado que puede guardar las respuestas que estamos buscando. Una selva de sinapsis.

Capítulo

2

Una neurona, dos neuronas... ¡Magia!

Somos el glorioso accidente de un proceso impredecible que no estaba guiado hacia la complejidad, no el resultado esperable de unos principios evolutivos que anhelaran producir una criatura capaz de comprender el modo en que fue construida.

STEPHEN JAY GOULD,

Evolution and the Common Law Míralo de cerca. Más todavía. Puedes imaginar cada surco que lo recorre, cada circunvolución que se alza como una arruga perfecta y, sin embargo, todavía no estás lo suficientemente cerca. Su complejidad ya era abrumadora a simple vista, pero con cada aumento parece multiplicarse en un inquietante truco matemático. Los giros de su superficie se transforman en una colonia de miles de millones de células arborescentes que chisporrotean de un lado a otro. Hay demasiadas piezas, demasiadas conexiones y, paradójicamente, el encéfalo es infinitamente más grande de lo que cabe en tu mente. Sin embargo, ahí está, y a pesar de que su estructura supera en complejidad a cualquier obra arquitectónica, el encéfalo ha sabido organizarse solo.

Si queremos enfrentarnos a la hidra, más nos vale comprender antes cómo puede haber surgido un orden así desde el más absoluto desorden. Con esta pregunta estábamos pidiendo a gritos que alguien apuntara a una consciencia divina, ordenadora del Universo. De hecho, durante mucho tiempo, esa fue la respuesta para todas las preguntas difíciles: «Lo hizo un dios». Ya fuera Odín, Yahvé, Alá o Chuck Norris, el comodín divino silenciaba cualquier duda. Con este truco ya no hacía falta seguir dándole vueltas a ninguna pregunta. Una deidad iba más allá de lo que podíamos probar o desmentir, y eso era todo lo que la mayoría necesitaba para calmar el incómodo picor de la curiosidad.

Por suerte, no todo el mundo tomó este atajo. Había quien necesitaba comprender la realidad y no solo ahogarla en respuestas vanas cargadas de razonamientos circulares y seres inescrutables. Hicieron falta muchos de estos inconformistas para dar a luz la teoría que explicaría el origen de nuestro encéfalo. Y no solo de nuestro encéfalo, sino de todas las estructuras biológicas que nos rodean. Había surgido la teoría de la evolución y, tras el concepto de selección natural, nada en la biología volvería a ser igual. O como lo solía expresar el genetista Theodosius Dobzhansky: «Nada tiene sentido en biología si no es a la luz de la evolución».

Y es que la teoría de la evolución nos ofrece las herramientas para comprender el origen y entender en profundidad cualquier cosa que la naturaleza tenga que contarnos.

Gracias a ella hemos desempolvado el pasado y ya no necesitamos a ningún dios para explicar los interminables detalles del riñón, los pulmones o nuestros ojos. Sabemos que el secreto que hay detrás de cualquier estructura biológica, por abrumadora que sea, está en las pequeñas variaciones. Cientos de miles de cambios acumulados generación tras generación mediante prueba y error han aumentado la complejidad de nuestro encéfalo hasta formar un laberinto de neuronas capaz de entender estas páginas.

Un lobby celular

Sin embargo, por mucho que conozcamos la mecánica general, no estamos seguros de cómo ocurrió todo exactamente. Cuando hablamos de la historia de la vida tenemos que basarnos en tantos datos como tengamos, pero siempre jugamos con cierto margen de especulación. Así que, aunque no podamos explicar cada paso del camino, podemos imaginarnos cómo una célula solitaria terminó por convertirse en nuestro arrecife neuronal.

Todo comenzó hace seiscientos millones de años. Por aquel entonces la Tierra era bastante diferente, hacía apenas tres mil millones de años que la vida unicelular poblaba sus océanos y mil ochocientos millones desde que el oxígeno se había adueñado de la atmósfera. Nuestro planeta estaba todavía muy lejos de ser un Edén. Según la teoría colonial, ese fue el escenario donde comenzó nuestra película. Dos células de una misma especie se encontraron y se gustaron tanto que decidieron unirse. Poco a poco la pareja se convirtió en un trío, en un cuarteto, y fue añadiendo miembros hasta contarlos por centenas como si estuvieran en los años setenta. La vida en comunidad era buena, podían compartir nutrientes y estaban más protegidas de los peligros de su entorno. La unión hace la fuerza, y bajo este lema, la pluricelularidad terminó por volverse una moda evolutiva. Las características que permitían a esas células agregarse en grandes grupos representaban una ventaja y pasaron de expresarse en unos pocos individuos a definir la norma de una nueva especie.

El número de células de estos agregados no dejaba de aumentar y ahora que en el planeta había oxígeno, los organismos podían permitirse crecer y derrochar energía. Estaba a punto de tener lugar otro evento clave de nuestra historia. Una célula que vive en soledad tiene que ser capaz de hacerlo todo por su cuenta: obtener energía, reproducirse, desplazarse, *etc.* Para sobrevivir necesita ser autónoma y como buena autónoma eso significa que su trabajo le daba lo justo para sobrevivir y no podía permitirse especializarse en nada.

Sin embargo, todo cambió con la vida en comunidad. Cada célula era ligeramente diferente a sus vecinas, tenía algo de especial surgido por puro azar durante la división celular que la había originado. Esas peculiaridades no eran peligrosas, la célula seguía

viviendo y cumpliendo su cometido en la comunidad, solo que, a veces, una de sus funciones destacaba ligeramente sobre el resto. Estas mejoras venían a costa de bajar su rendimiento en otras actividades, pero ¿a quién le importaba? Ahora contaba con el apoyo de sus hermanas, se lo podía permitir. Poco a poco estos cambios se acumularon y las células dejaron de parecerse. Se habían diferenciado en aspecto y función y ahora cada una era especialista en una tarea, como si fueran los operarios de una cadena de producción: se habían especializado para ser supereficaces en un trabajo muy concreto. Algunas se encargaban de la reproducción, otras de la digestión, y las que a nosotros nos ocupan, de transmitir información.

Pero la teoría colonial no es la única opción. Al no poder estar seguros de cómo comenzó la historia de amor entre las células, existen otros escenarios ligeramente distintos. Tal vez, como plantea la hipótesis simbiótica, las primeras células en agregarse ya eran de especies distintas y marcaron desde el inicio el camino hacia la diferenciación celular. O quizá en aquel primer instante ni siquiera había dos células y se trataba de una sola que, inmaculadamente, se había dividido en muchas incapaces de separarse de su madre.

La madre de todas las neuronas En cualquiera de esos escenarios, el desenlace fue el mismo: la vida en comunidad permitió la especialización, y una de esas líneas celulares acabó dando origen a las neuronas. Pero no nos anticipemos. Neuronas las hay de muchos tipos y formas, pero todas ellas son especialistas en transmitir información como impulsos eléctricos y químicos que pasan de una a la siguiente. Así que, si nuestras hipótesis sobre la pluricelularidad son correctas, sería de esperar que todas las células tuvieran estas mismas habilidades, aunque mucho menos llamativas.

La primera respuesta la encontramos en la membrana celular, la barrera que separa las células de su entorno y evita que las estructuras celulares se desparramen sin control. Pero la membrana celular no solo cumple esta función, sino que también se encarga de mantener estable el interior de la célula, sin que los cambios en su entorno le afecten, como si fuera nuestro edredón en una fría noche de agosto zamorano. Al fin y al cabo, el mundo exterior (al igual que Zamora) puede ser muy hostil, sobre todo para una pobre célula que necesita vivir en condiciones muy estrictas de salinidad o acidez. Para ello, la membrana está llena de canales a través de los que transporta átomos y moléculas, metiéndolos dentro cuando hacen falta y echándolos fuera cuando sobran, como nosotros al levantar el edredón para expulsar... en fin, cosas. De este modo, la célula consigue mantener su interior estable. Y aquí llega la clave, porque algunos de esos átomos que viajan a través de la membrana tienen carga eléctrica. Son los llamados «iones».

Lo que las neuronas hicieron fue especializarse en bombear esos iones con más ganas, introduciendo en la célula los iones de sodio y liberando los de potasio. Este intercambio aumenta la diferencia de carga eléctrica entre ambos lados de la membrana. En estado de reposo, una neurona suele estar 65 milivoltios por debajo de su entorno. O, lo que es lo mismo, la membrana celular experimenta un voltaje de -65 milivoltios. Sin embargo, este reposo puede perturbarse si la estimulamos con un voltaje que anule el de la membrana. Con unos 10 o 15 milivoltios conseguiremos sacarla de su letargo, abriendo sus canales de sodio: la habremos despolarizado. A través de estos canales de sodio comenzarán a entrar más iones con carga positiva y en el lugar donde hayamos metido este chispazo la membrana puede llegar a experimentar voltajes de $+40$ milivoltios. Es decir, que habrá pasado de negativo a positivo. Como si fuera una ola, el resto de los canales de la membrana se irán abriendo, contagiando esta transformación al resto de la célula. Así es como viaja el impulso eléctrico, transmitiendo información a lo largo de la neurona.

Una vez cumplida su función, la membrana ha de volver a la normalidad. Ha llegado el turno de los canales de potasio, que al abrirse dejan que escapen más cargas positivas para devolver a la célula su estado de reposo. De hecho, los canales de potasio funcionan tan bien que se pasan de frenada y dejan a la membrana con -80 milivoltios. Durante esta fase, llamada refractaria, la neurona no puede despolarizarse, sin importar cuánto la estimulemos, porque su voltaje es demasiado negativo. Este es el motivo por el que, tras unos minutos de estar estimulando nuestro tobillo, dejamos de sentir la goma del calcetín. En ese momento, las neuronas han entrado en fase refractaria. Tendremos que esperar un tiempo antes de que las concentraciones de iones vuelvan a la normalidad y la neurona recupere su función.

Como un helicóptero apache La forma en que la membrana conduce la electricidad es todo un alarde de ingeniería y podemos llegar a ella aprovechando las habilidades de células menos especiales. Seres unicelulares como los paramecios ya muestran membranas capaces de transmitir impulsos eléctricos, pero no interaccionan entre sí y ya hemos dicho que ese trabajo en equipo es crucial para el funcionamiento de las neuronas.

Para entender la forma en que la evolución ha solucionado esto, tenemos que imaginar a la neurona como un árbol sobre el que cae un rayo. La electricidad llega a la punta de una rama que en las neuronas se llama dendrita, y desciende por ella hasta el cuerpo celular, un abultamiento en el que confluyen la mayor parte de esas ramificaciones. Una vez allí, la electricidad sigue bajando por un largo tronco que llamamos axón. Esta es la dirección en la que viaja casi siempre el impulso eléctrico. Pero al final del axón es, precisamente, donde la neurona se encuentra con el gran desafío. Allí le espera la dendrita de una nueva neurona con la que tendrá que comunicarse, y, entre ellas, un hueco: la sinapsis.

La sinapsis es el lugar a través del cual se transmite la información entre dos neuronas, pero puede ser de dos tipos. La versión más sencilla consiste en un axón y una dendrita que bailan bien pegados. Al estar en contacto, lo único que la corriente tiene que hacer es pasar de una membrana a otra, igual que cuando alguien te da un chispazo al tocarte. Sin embargo, la mayoría de nuestras sinapsis son químicas, y estas lo tienen un poco más complicado porque en ellas no existe contacto. En una sinapsis química, entre la dendrita de una neurona y el axón de otra se extiende el abismo de la hendidura sináptica: veinte nanómetros de separación que impiden a la corriente atravesarlos por sí sola.

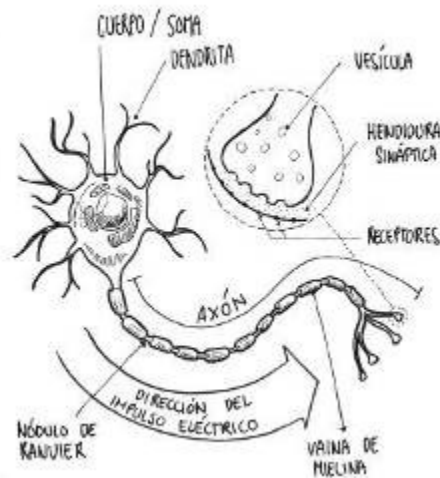
Necesitamos algo que pueda viajar a través de la hendidura y la solución vuelve a estar presente en nuestros ancestros unicelulares. Los canales no son la única vía que tienen las células para expulsar sustancias; también pueden aprovechar una suerte de bolsas hechas con su propia membrana, las vesículas. Estas, como si fueran bolsas de basura, les permiten sacar de casa todo tipo de cosas sin que nadie haga demasiadas preguntas. Así que, cuando la electricidad llega al final del axón, este libera vesículas cargadas de unas moléculas llamadas neurotransmisores. La misión de estas sustancias es cruzar la hendidura y activar la siguiente neurona.

A estas alturas, puede parecernos que los veinte nanómetros que mide la hendidura sináptica no son demasiados, pero imaginemos que estos neurotransmisores fueran del tamaño de un helicóptero Apache. Los veinte nanómetros que los separan de la siguiente neurona se habrán convertido en setecientos veinte metros de desfiladero, cuarenta veces su tamaño. Y eso no es todo, porque un helicóptero no puede aterrizar donde le dé la gana: tiene que buscar un helipuerto. Estos puntos de aterrizaje se llaman receptores y son estructuras en la membrana en las que nuestro neurotransmisor encaja como una llave con su cerradura. Cuando hay suficientes «helipuertos» ocupados, se producirá un nuevo impulso eléctrico que viajará hasta el axón para enfrentarse a un nuevo abismo. Mientras tanto, los helicópteros que no hayan podido aterrizar volverán a la base, de tal modo que el axón pueda recaptar los neurotransmisores sobrantes para reutilizarlos más adelante.

¿Quién vive en la piña debajo del mar?

No puedo culparte si después de haber comparado los neurotransmisores con helicópteros Apaches crees que estas explicaciones son demasiado especulativas. Por suerte, la zoología nos permite echar una ojeada al pasado y ver cómo debieron de ser nuestros extraños ancestros. Solo los animales tenemos neuronas, pero eso no quiere decir que todos los animales las tengamos. La gran excepción son las esponjas, cuyo filo es posiblemente el más antiguo de los que componen el reino animal. En ellas, lo más parecido que hay a una verdadera neurona son los podocitos, unas células capaces de

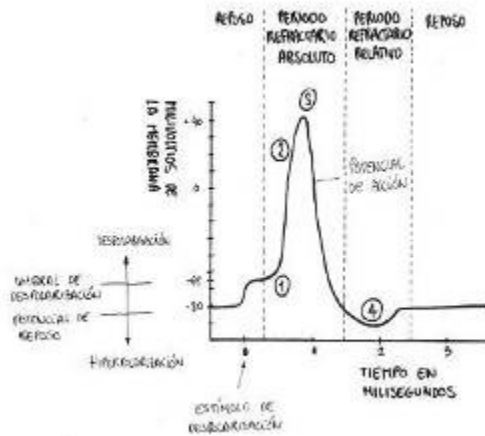
contraerse ante estímulos externos. Aunque no pueden comunicarse entre sí, todo apunta a que este «sistema neuroide» es el antepasado de nuestros sistemas nerviosos.



Partes de una neurona y ampliación de una sinapsis química.

El sistema neuroide es muy útil. Permite que un organismo grande como una esponja reaccione de forma inmediata. Por ejemplo: si detecta comida, abrirá sus poros para captarla, pero si deja de percibir luz, los cerrará para protegerse de un posible impacto. El problema es que todas estas reacciones son locales. Si queremos actuar globalmente, necesitamos que los podocitos sigan especializándose hasta formar primitivas neuronas, conectadas entre sí como una red, pero ya no en la superficie, sino dentro del animal. El ejemplo clásico son los hidrozooos, una clase de medusas especialmente antiguas. Estas, como la carabela portuguesa (*Physalia physalis*), presentan en su superficie neuronas capaces de percibir y transmitir estímulos. Dichas neuronas penetran en el cuerpo del animal, conectándose y formando redes que componen un plexo nervioso con el que controla el movimiento de sus tentáculos.

Cuanto más crecían los descendientes de estos organismos, más neuronas necesitaban y más conexiones se establecían. Con el tiempo, su plexo nervioso se había saturado tanto que empezaba a ser necesario organizarlo de otro modo. Hacía falta optimizar todas esas dendritas y axones para que recorrieran la menor distancia posible, porque para la biología todo ahorro es bienvenido. Las interneuronas asociativas fueron uno de los dos trucos que resolvieron el problema. Este nuevo tipo de neurona tenía un trabajo todavía más concreto que sus hermanas. Ellas tendían un puente entre las neuronas que recibían estímulos del exterior y las encargadas de enviar respuestas a los músculos y demás tejidos. De este modo, una sola interneurona asociativa podía coordinar a otras tantas neuronas, pluriempleándose y reduciendo las dimensiones del plexo nervioso.



Fases de la despolarización neuronal 1 Los canales de sodio se abren y el sodio entra en la célula 2 Los canales de potasio se abren y el potasio empieza a abandonar la célula 3 Los canales de sodio se cierran 4 Se cierran los canales de potasio.

Este sistema funcionaba bien en animales con simetría radial, como las medusas o las estrellas de mar. Sin embargo, llegaron los gusanos, los peces y nosotros... y nuestra simetría bilateral cambió las reglas del juego. Teníamos una dirección preferida en la que movernos y eso hizo que surgiera un concepto revolucionario del que tal vez hayas oído hablar: la cabeza. Así empezó la cefalización, que no es otra cosa que concentrar los órganos de los sentidos en la parte frontal del cuerpo, para detectar antes el alimento o posibles peligros (de poco sirve tener el olfato en la rabadilla). Así que, para acortar distancias, las neuronas comenzaron a acercarse al lugar desde donde recibían la mayoría de los estímulos en un proceso llamado neurobiotaxis. Allí formaron estructuras compactas, los ganglios cerebrales, que todavía están presentes en insectos, arácnidos y otros artrópodos.

Más grande todavía Organizar el sistema nervioso en ganglios cerebrales fue un antes y un después en la neuroanatomía, pero todavía quedaba mucho camino por recorrer. Los ganglios seguían creciendo y cada neurona que añadíamos suponía varios cientos de conexiones nuevas, las cuales ocupaban espacio. Había que hacer algo para frenar este crecimiento o pronto necesitaríamos desarrollar ruedines para llevar la cabeza. Teníamos que reducir el número de sinapsis entre neuronas, pero ¿cómo hacerlo sin afectar demasiado al sistema?

Imaginemos que, en su último suspiro, nuestro abuelo nos pide que construyamos una red de ferrocarriles que conecte el país. Lo primero que haremos será preguntarnos a qué viene una petición tan extraña, pero como es nuestro abuelo aceptaremos sin rechistar. Podríamos trazar una sola ruta que cruzara una ciudad tras otra hasta haberlas conectado todas, como si fueran las luces de un árbol de Navidad. El problema es que un daño en las vías afectaría a todo el sistema y muchas ciudades se quedarían

incomunicadas. Si cada ciudad estuviera directamente conectada con todas las demás, un fallo en los raíles no afectaría a nadie, porque habría infinidad de caminos alternativos. Sin embargo, nos encontramos con nuestro problema inicial: tantas conexiones ocupan mucho espacio y cuestan mucho. De hecho, si nuestros 86.000 millones de neuronas se conectaran todas entre sí, nuestro encéfalo tendría que medir veinte kilómetros de diámetro, así que o encontramos un punto intermedio o un fisioterapeuta para el dolor de cuello.

La evolución halló la respuesta en las redes de mundo pequeño: estructuras en las que la mayor parte de las neuronas solo se conectan con unas pocas vecinas, mientras que una pequeña cantidad establece miles de conexiones por todo el encéfalo. Con esta estructura conseguimos optimizar las conexiones entre neuronas y, a la vez, que nunca hagan falta más de siete transbordos para viajar de una a otra. Esta organización es matemáticamente «perfecta» y está presente en la forma en que se cortejan algunos animales o las relaciones entre las estrellas de Hollywood (que viene a ser lo mismo), así que maravillaos ante las redes de mundo pequeño, que bien lo merecen.

Gracias a esta organización, los ganglios continuaron creciendo, dando lugar a encéfalos propiamente dichos. Las redes del mundo pequeño hicieron que las neuronas empezaran a segregarse según su función, provocando que, por ejemplo, algunas zonas comenzaran a encargarse solo de procesar la información visual, otras del control motor, otras de la memoria, etc.

Pero, como siempre, todas las soluciones evolutivas son temporales. El encéfalo siguió creciendo y sus gruesas conexiones ocupaban cada vez más. Reducir el diámetro de los axones habría sido una opción, si no fuera porque eso ralentizaría la transmisión del impulso eléctrico, afectando a nuestra velocidad de reacción y volviéndonos una presa fácil. Fue entonces cuando surgió la mielina, una sustancia que recubre por tramos los axones de la mayoría de los vertebrados dejando entre ellos zonas al descubierto: los nódulos de Ranvier. Como si la mielina fuera la funda plástica de un cable, evita que el impulso eléctrico se disipe, aumentando su velocidad de conducción, de modo que este parece saltar de nódulo en nódulo. Con ella, las neuronas por fin pudieron permitirse axones más finos y los encéfalos, crecer todavía más.

Paradojas en la arena De hecho, los encéfalos siguieron creciendo y creciendo, añadiendo más y más neuronas, pero ¿entonces qué? Prácticamente todo lo que hemos hecho durante nuestro viaje ha sido sumar células nerviosas, pero hasta donde hemos visto una neurona no tiene memoria, inteligencia o empatía. En cambio, cuando juntamos muchas parece que algunas propiedades empiezan a surgir de la nada. Nuestra consciencia no ha aparecido por inhalar un aliento divino, beber el elixir de la Pachamama ni someternos a experimentación alienígena. Y, sin embargo,

una neurona, dos neuronas, tres neuronas... y de repente ha aparecido la magia. ¿De dónde surge entonces la consciencia si todo es neurona sobre neurona?

Conocemos cada una de las cerca de trescientas células nerviosas que recorren el cuerpo del gusano *Caenorhabditis elegans* y, a pesar de ello, seguimos sin entender cómo percibe el mundo. ¿Es posible que la suma de neuronas genere propiedades que no existían en ellas por separado? Parece que nuestro materialismo está «tan confuso que se hirió a sí mismo», pero, todo lo contrario, porque en la respuesta a esta pregunta está uno de los mejores argumentos en contra de los dualistas. De hecho, esta es la pregunta que tenemos que hacernos antes de terminar el capítulo, porque de ella dependerá el resto del libro: ¿puede un cambio cuantitativo producir una propiedad cualitativamente nueva?

Eso mismo plantea la antigua paradoja sorites usando granos de arena en lugar de neuronas. La pregunta es la siguiente: ¿cuántos granos hacen falta para formar un montón de arena? Para responder a la paradoja podemos jugar a la suma. Imaginemos que partimos de un único grano. Un grano no es un montón, pero podemos añadir un segundo. Dos granos siguen sin ser un montón, ni tres ni cuatro. Si cuatro granos no son un montón, podemos suponer que añadirle un grano más no va a cambiar su naturaleza. Sin embargo, estaremos de acuerdo en que un millón de granos de arena sí que hacen un montón y no dejarán de serlo al restarle uno, ni dos, ni tres... ¿Dónde está el límite? No existe un número de granos al que, añadiéndole uno, pase a ser un montón, del mismo modo que no existe un montón al que restándole un grano deje de serlo. Algunas cualidades o propiedades no parecen estar presentes en sus constituyentes básicos, pero al juntar suficientes piezas emergen por sorpresa.

La palabra que estamos buscando es «emergentismo» y lo que propone se ajusta perfectamente a la famosa cita de Stuart Mill: «El todo es más que la suma de sus partes». Un ejemplo más sencillo es un reloj; el reloj es capaz de marcar el paso del tiempo. Sin embargo, ninguno de sus engranajes aislado puede hacer tal proeza. Del mismo modo, no existe un gen de la violencia, o una molécula de la felicidad y, por supuesto, la mente no está en una neurona concreta.

Pero, cuidado, decir emergentismo es espinoso. Por un lado, tenemos el emergentismo fuerte, para el cual es absolutamente imposible predecir las propiedades de la mente estudiando sus componentes, sin importar lo listos que seamos. Frente a él está su versión descafeinada, el emergentismo débil, que dice que si no podemos predecirlas analizando una neurona, es por nuestra culpa y solo por eso. En este caso, si lo supiéramos todo sobre las neuronas, podríamos anticiparnos a las consecuencias de unirlos por millardos. Un ejemplo es el reloj de antes: ninguno de sus componentes mide el tiempo, pero si los conocemos con detalle, podemos comprender cómo, al unirse, consiguen marcar los segundos.

Todavía no sabemos a qué tipo de fenómeno emergente corresponde nuestra mente, así que, por si acaso, la mejor forma de estudiarla es abordándola desde todos sus niveles de complejidad: neuronas, redes, estructuras, comportamiento, etcétera. Antes creíamos que todos los misterios de nuestro cerebro serían descubiertos gracias a la biología celular, pero el emergentismo ha puesto fin a esa idea. Ahora tenemos bastante claro que, si queremos entender, por ejemplo, el lenguaje como proceso cognitivo, no basta con aproximarnos desde las ciencias biológicas: necesitamos ayuda de la lingüística, de la sociología y de otras tantas disciplinas. El estudio del encéfalo es un punto de encuentro entre las humanidades, las letras y las ciencias, y desentrañar sus misterios será un trabajo en equipo, o no será.

Sorpresas te da la vida Si nuestras funciones cognitivas resultan ser propiedades emergentes, tuvieron que surgir por sorpresa. Pero entonces, si la evolución consiste en potenciar progresivamente características más ventajosas, ¿cómo pudimos seleccionar una característica que no aparece de forma progresiva? ¿Qué había antes de la emergencia? Hay quien aprovecha esta confusión para hablar de diseño inteligente y colar argumentos divinos, pero no es necesario, la evolución lo tiene todo controlado.

La clave está en que, a veces, los motivos por los que se selecciona una característica cambian a medida que esta se desarrolla. Un ejemplo son las plumas. Las primeras proto plumas no contribuían al vuelo de ningún modo, eran pequeñas y no tenían la forma adecuada, pero, a pesar de ello, fueron seleccionadas como una ventaja. La evolución no entiende de inversiones, así que esa característica no podía simplemente representar una ventaja en el futuro. Lo más probable es que esas despeluchadas proto plumas pervivieran por suponer un buen aislante del frío, sin importarle a nadie en qué pudieran llegar a convertirse. De hecho, se cree que surgieron en el Pérmico, durante una glaciación que también empujó a los mamíferos a desarrollar su manto de pelo.

Las proto plumas se volvieron más planas y rígidas, formando una capa aislante más prieta y protegiendo mejor al animal de las inclemencias del tiempo. No obstante, estas nuevas proto plumas tenían una habilidad inédita, ofrecían más resistencia contra el aire, lo que les permitía correr por pendientes más inclinadas con un simple aleteo. Ahora la propia resistencia era una ventaja, y al potenciarse esta desbloqueó una nueva habilidad: el planeo. Los mejores planeadores tenían las alas más tupidas y grandes, cualidades que les permitieron dar otro salto, esta vez hacia el vuelo activo. Estos giros de guion evolutivos se llaman «exaptaciones» y son tan frecuentes que apenas merecen recibir un nombre propio.

Del mismo modo que con las plumas, las condiciones necesarias para que emergiera la mente pudieron haber sido seleccionadas por tener algún otro tipo de ventaja. A fin

de cuentas, todo apunta a que algunas de nuestras habilidades cognitivas no son más que carambolas o caprichos de la evolución, porque, y ya es hora de decirlo: nuestro encéfalo no ha sido seleccionado para comprender la realidad.

Un cerebro hecho para la acción Es muy bonito pensar que la selección natural nos ha ido moldeando hasta hacernos capaces de revelar los secretos del átomo y la naturaleza de las estrellas, pero eso no es más que poesía. Entender la cromodinámica cuántica o comprender los anillos noetherianos no nos protege de los peligros del mundo salvaje, así que no, nuestro encéfalo no ha sido seleccionado para comprender la realidad. Al menos no a priori. Creer lo contrario se llama cognitivismo y es una visión idílica de la evolución, pero falsa. El encéfalo no ha evolucionado para entender nada, de hecho, ni siquiera ha evolucionado «para algo».

Sencillamente, la evolución ha seleccionado aquellos sistemas nerviosos capaces de extraer información relevante para nuestra supervivencia y nada más. Nuestros encéfalos son muy imperfectos y están cargados de sesgos que nublan nuestra percepción; algo de lo que se aprovechan las ilusiones ópticas y los trucos de magia. Para los funcionalistas, así es como debemos entender el encéfalo, como un órgano orientado a la acción y no necesariamente al entendimiento. Dicho lo cual, nuestro encéfalo entiende cosas y ha desarrollado habilidades que no nos hacen especialmente aptos para la vida en la naturaleza.

La clave está en entender que a veces la evolución se permite «caprichos». Y cuando digo «caprichos» me refiero a selección sexual, un mecanismo evolutivo en el que algunos rasgos innecesarios se acentúan por el significado que tienen. La cola de los pavos reales es un ejemplo ideal. Cuando un rasgo resulta atractivo para los miembros del sexo opuesto, este tiende a irse potenciando hasta que, en algunos casos, llega a la caricatura. Es lo que se conoce como selección sexual de huida de Fisher. Para sobrevivir no necesitamos un lenguaje capaz de inventar la historia de un alienígena que visita Barcelona durante las Olimpiadas del 92, por desternillante que sea. Sin embargo, si la labia hubiera resultado atractiva por estar asociada a una mayor inteligencia, las habilidades lingüísticas se habrían visto potenciadas más allá de lo que la supervivencia requería.

Hay veces que ni siquiera se necesita una excusa para seleccionar una habilidad, se trata de la selección neutra. Algunos rasgos no aportan gran cosa, simplemente están ahí y se heredan, bien por casualidad, bien porque son difíciles de separar de otras características verdaderamente útiles.

Después de todo, la emergencia es un fenómeno curioso. Juega al despiste pareciendo que respalda el dualismo o que viola las leyes de la evolución. Pero a medida que lo conoces ves cómo se vuelve familiar y que, a fin de cuentas, es la única manera de

llevarnos desde aquellas células marginadas hasta nuestras civilizaciones de fantasía. La emergencia es de lo más natural, y ahora que la hemos entendido, podemos estudiarla a gran escala. Tal vez no exista una respuesta a cuántos granos son un montón de arena, pero sí podemos comparar dos montones, enfrentar nuestro encéfalo al de otros animales y ver si el tamaño se relaciona con nuestras habilidades cognitivas. Estamos a punto de adentrarnos en una época oscura, llena de complejos, prejuicios y mala ciencia, una era que empieza con una sencilla pregunta: ¿quién lo tiene más grande?

Capítulo

3

El mío es más grande El origen de la ciencia está en el deseo de saber las causas; y el origen de toda la falsa ciencia y de las imposturas está en el deseo de aceptar causas falsas antes que ninguna. WILLIAM HAZLITT

Cada pueblo de este mundo es el mejor, y si no, preguntad a sus habitantes. Cuando se despiertan, abren las ventanas y disfrutan del aire puro que han respirado durante toda su vida, desayunan los bollos más jugosos y el sabor a pueblo los remonta a su infancia. El olor a tierra dorada por el Sol despierta sus sentidos y les habla de lo rural, a no ser, por supuesto, que nacieran en el norte y disfruten con el aroma de las piedras empapadas por la lluvia. Amamos lo que conocemos y necesitamos sentir que somos afortunados de nacer donde nacimos y de ser como somos, en parte, porque la mayoría de nosotros nunca conocerá otra cosa. Más de la mitad de las personas nacerá y morirá entre las mismas colinas o a la orilla de un mismo mar. Necesitamos sentir que no nos estamos perdiendo nada, que hemos tenido suerte y que hemos aprovechado nuestra vida al máximo.

Tal es el miedo a descubrir que estamos equivocados que levantamos rivalidades contra los pueblos vecinos y la sugerencia de que nuestra tierra no sea tan especial despierta en nosotros instintos irracionales. Esas mismas emociones primitivas serpentean hasta nuestro pensamiento cuando hablamos de otros temas que pueden poner en riesgo nuestra autoestima. Encontraremos las excusas más peregrinas imaginables para esquivar la conclusión de que, en el fondo, tampoco somos para tanto. Esta historia universal es la misma que cuenta el estudio de la mente, sobre todo si empezamos a compararla con la de otros animales.

Durante siglos hemos dado por hecho que nuestra especie era cognitivamente superior y, para muchos, la biología tenía que encontrar justificaciones y no dedicarse a ponerlo en duda. Necesitaban algún hecho tangible, un marcador de nuestras habilidades cognitivas que permitiera ponernos en la cima de un *ranking*. Algo claro a simple vista, por ejemplo, el tamaño del cráneo. Nuestro encéfalo es bastante grande, eso lo sabía hasta el mismo Aristóteles, que, aunque no lo viera como origen de la psique, sí que pudo compararlo con el de otros animales. Aquella masa arrugada y gelatinosa, fuera lo que fuese e hiciera lo que hiciese parecía enorme puesta al lado del encéfalo de gatos, perros, pájaros o sofistas.

Con el tiempo, como hemos visto, el encefalocentrismo venció y comenzó a plantearse que nuestro voluminoso sistema nervioso no era algo puramente fortuito. Poco a poco surgió la sospecha de que su tamaño era la clave de la inteligencia, el lenguaje y el resto de las habilidades que nos parecían tan nuestras. Al igual que la fuerza reside en los músculos y los animales con mayor musculatura son más fuertes, era de esperar que, a encéfalos más grandes, hubiera mayores capacidades cognitivas. Nosotros, como animales más inteligentes y cabezones que la amplia mayoría, parecíamos dar un argumento perfecto a favor de esta idea.

El secreto está en la masa De hecho, la hipótesis de que un encéfalo más grande es más inteligente no es algo que hayamos enterrado por completo. Lo cierto es que gente cabezona como yo, Javier Coronas o toda la comunidad maña, tenemos que soportar día tras día el estigma social de que se dé por hecho que en tanto espacio craneal tienen que estar pasando cosas interesantes. La realidad es bien distinta y en mi sesera a veces no hay nada, o con suerte algún estepicursor que rueda a ritmo de wéstern. Siento decepcionarte, pero esa es la verdad. Puede ser que, a fin de cuentas, el tamaño no sea lo más importante, pero para descubrirlo tendremos que aprender a medir nuestras funciones cognitivas y el reto empieza, precisamente, decidiendo dónde tenemos que poner la cinta métrica.

Medir es complicado, pero es indispensable para poder estudiar cualquier cosa de forma científica. Tenemos que saber qué medimos, pero igual de importante es saber cómo medirlo. La mente, con lo abstracta que parece, es especialmente difícil de reducir a simples medidas, pero si los procesos cognitivos se escondieran en nuestro encéfalo, tal vez pudiéramos medirlo a él. Podríamos intentar cuantificar las propiedades de nuestra mente a través de su soporte físico, y la forma más directa es comparar los encéfalos de distintas personas. Era «fácil, sencillo y para toda la familia»: el tipo de contenido que triunfa entre el público.

Fue a través de esta idea como se sembró la semilla de la frenología, sin maldad y con un rigor que resulta difícil de creer sabiendo en qué acabaría derivando. Era el siglo XIX y, en un intento de afinar nuestra puntería, algunos pensadores empezaban a proponer una nueva aproximación al problema de medir la mente. Los frenólogos aseguraban haber encontrado una relación entre el tamaño de algunas partes del cerebro y los aspectos psicológicos de la personalidad. Franz Joseph Gall, padre de esta protociencia, era un neuroanatomista de renombre y, según decía, era capaz de adivinar la personalidad de alguien midiendo las proporciones de distintas partes de su encéfalo, o, más difícil todavía, midiendo las marcas que dejaban estas estructuras al presionar el cráneo desde dentro.

Las pruebas a favor de la frenología no eran sólidas, se basaban en estudios sesgados o incluso manipulados, pero por aquel entonces la estadística todavía no era capaz de

alertarnos sobre estas malas prácticas. La idea de que la personalidad estaba esculpida en nuestro cráneo se extendió como un rumor en un pueblo pequeño. Puede que no fuera cierto, pero algunas personas simplemente querían creerlo. La frenología empezó a ser usada como prueba en los juicios, donde un bulto en la zona incorrecta del cráneo podía hacer que fueras condenado por robo o incluso por asesinato. Con su mediatización, la protociencia se corrompió y degeneró en una pseudociencia. Pasó de tratar de medir la mente a sugerir que podía predecir la conducta de los individuos con tan solo unas pocas y caprichosas medidas craneales.

Tras esto, el estudio de la mente comenzó a politizarse en una tendencia de la que no hemos conseguido zafarnos por completo. Los frenólogos forzaban sus mediciones de forma lamentable para que los datos apuntaran a la superioridad caucásica, a la inferioridad intelectual de la mujer y a todo tipo de prejuicios personales. Lo que una vez había sido el primer intento científico de estudiar la mente, de crear una neurociencia cuantitativa, se había transformado en una pseudociencia oscura donde la medida estaba al servicio de la ideología. De hecho, si bien la frenología perdió fuerza a finales del siglo XIX, muchas de sus ideas siguieron vigentes, condicionando políticas raciales y sexistas bajo pretextos supuestamente científicos.

Sin previo aviso, había llegado el siglo XX y todavía estábamos debatiendo cómo medir la mente. La frenología había caído y con ella la idea de que las propiedades cerebrales pudieran reducirse al tamaño relativo de las diferentes zonas del encéfalo, pero todavía teníamos que demoler algo más fundamental.

Una razón de peso Nunca podremos aclarar los principales conceptos de la neurociencia si no empezamos por desmentir los mitos que se han ido colando en el ideario popular, así que pongámonos a ello. Digámoslo con todas las palabras necesarias: la idea de que un encéfalo más grande es cognitivamente superior es completamente falsa.

Las primeras sospechas de que las habilidades mentales no siempre se relacionaban con el volumen del encéfalo pasaron inadvertidas. A poca gente le importaba que el cerebro de una vaca fuera seis veces más grande que el de un perro, aunque el perro mostrara una mayor inteligencia o empatía. Sin embargo, cuando las pruebas comenzaron a apuntarnos a nosotros, nuestro ego se encargó de tomar cartas en el asunto.

Hasta el Renacimiento, las autopsias a humanos eran extremadamente raras, por lo que comparar nuestro encéfalo era casi imposible, al menos desde la legalidad. Tardamos en poder echar un ojo a lo que había en nuestro cráneo y, al verlo, nos sorprendió. De entrada, nuestro encéfalo parece enorme. En un individuo adulto, su peso suele encontrarse entre los 1.300 y los 1.500 gramos. Eso significa que hay

chihuahuas que pesan lo mismo que algunos encéfalos. Es más, hay bebés humanos incluso menores, como Saybie, que ostenta el récord de la recién nacida más pequeña con 245 gramos, una sexta parte de lo que pesa un encéfalo adulto. Sin embargo, a medida que estudiamos el de otros animales, encontramos que unos cuantos de ellos nos superan. Algunos, como el delfín mular (*Tursiops truncatus*), lo hacen con modestia, situándose en torno a los 1.600 gramos, pero otros nos dejan en verdadero ridículo, como es el caso del elefante africano (*Loxodonta africana*) con 6.000 gramos; o los cachalotes (*Physeter macrocephalus*), que en algunos casos rozan los 9.000.

Los anatomistas estaban confusos, pero había algo que no podían aceptar y es que esto significara que los cachalotes eran seis veces más inteligentes que nosotros. Estaban convencidos de que esta relación entre el tamaño del encéfalo y la inteligencia tenía que estar mal. ¿Dónde estaban, si no, las poesías de los cetáceos? ¿En qué lugar escondían sus civilizaciones tecnológicas? ¿Por qué no se sabía de un elefante ganador del premio Nobel? El antropocentrismo siempre ha estado de moda, sobre todo cuando tenemos motivos para sentirnos amenazados. Nos inquieta pensar que nuestra cognición pueda no ser nada del otro mundo o que otro animal nos supere a su manera. Así que, con buen criterio, aunque por los motivos equivocados, la neurociencia se propuso corregir la forma en que estábamos midiendo la mente a través del encéfalo.

Harry J. Jerison fue el neurocientífico que, a finales del siglo XX, propuso el nuevo enfoque. No fue el primero que trató de cambiar el rumbo de estos estudios, pero sí el más influyente. Para ello tomó la regla de Haller, la cual proponía que, si bien sí existía cierta relación entre el tamaño del encéfalo y las funciones cognitivas, esta relación también estaba condicionada por el propio tamaño del animal. En palabras llanas, lo que Haller estaba diciendo era simplemente que un animal grande tendrá un encéfalo acorde a su tamaño. A veces, la ciencia necesita que alguien verbalice este tipo de verdades que flotan en el aire, y en este caso, enunciar la perogrullada del tamaño revolucionó el estudio de la neurociencia comparada. En 1973, Jerison publicó *Evolución del encéfalo y la inteligencia*, un clásico en el que se planteaba por primera vez la forma de tener en cuenta la regla de Haller al medir el encéfalo. Había dado a luz al cociente de encefalización.

Para Jerison, los cuerpos voluminosos, al recibir más estímulos y tener que mover músculos más grandes, necesitaban más neuronas para encargarse de esos procesos. Cuanto más cuerpo tuviera el animal, más parte de su encéfalo tenía que destinar a funciones de supervivencia como la termorregulación, la respiración o la psicomotricidad, ocupando un espacio que podía haber sido utilizado para albergar funciones más sofisticadas. Así pues, el cociente de encefalización pretendía estimar la inteligencia de un animal corrigiendo el tamaño de su encéfalo en función de su peso corporal, eliminando así posibles confusiones. Jerison partió del cálculo que decía que, en animales emparentados y con una inteligencia similar, cuando el volumen corporal

cuerpo está repleto de bolsas de aire que los ayudan a aligerar el esqueleto y volar con más facilidad. Su poco peso corporal, a pesar de lo voluminosos que son algunos de ellos, les da ventaja en el cociente de encefalización. Reptiles, aves y mamíferos tienen una densidad corporal muy diferente, y eso es algo que no podemos obviar. Con el fin de no dejar que se hundiera la idea de Jerison, ciertos investigadores trataron de tapar sus fugas con todo tipo de parches. Algunas de las modificaciones adaptaban el cálculo en función de la clase de animal que se estuviera tratando, pero eso no era más que un apaño. El error estaba en la base y había que arrancarlo de raíz.

Los problemas a la hora de aplicar este cociente no se quedan en las comparaciones entre distintas clases muy alejadas por la evolución. Comparar individuos de la misma especie da todavía más errores, e incluso si aceptamos las limitaciones del concepto y solo tenemos en cuenta especies de primates, siguen ocurriendo cosas extrañas. Algunas versiones del cociente de encefalización se han especializado en trabajar con nuestros parientes más cercanos y, de hecho, cuando dibujamos los cocientes de las distintas especies de primates sobre una gráfica, podemos ver cómo su tamaño corporal y encefálico van creciendo bastante a la par, formando una línea casi perfecta. Y digo casi porque, una vez más, el ser humano destaca por encima del resto. Nuestro encéfalo se presenta como una anomalía dentro de la tendencia de nuestros primos evolutivos, lo cual hasta cierto punto tiene sentido. Hemos llevado algunas habilidades cognitivas hasta puntos insospechados. Sea eso más o menos relevante, debe tener alguna repercusión física en nuestro encéfalo. ¿Por qué no en el tamaño? Porque en realidad no es tan sorprendente que nuestro cociente de encefalización destaque, sino lo muchísimo que lo hace.

Ya sabemos que el mejor truco para ver si estas cosas funcionan es compararnos con nuestros pueblos vecinos en el reino animal, así que pongamos las cartas sobre la mesa y hablemos de los grandes simios. Para que nos hagamos una idea de la sospechosa diferencia entre nuestros cocientes, un gorila puede pesar con facilidad unos 160 kilos. Para tener el mismo cociente de encefalización que los seres humanos, su encéfalo debería de ser de unos 2.500 gramos, pero en realidad solo pesa 0,5 kilos, tanto en *Gorilla gorilla* como en *Gorilla beringei*. Una diferencia del 500 % es tremendamente sospechosa, sobre todo si los números juegan a favor del antropocentrismo. Algo no está yendo bien en nuestro modelo para estudiar la mente. ¿Cómo se explica que nuestro encéfalo dejara de seguir la tendencia de crecimiento de nuestros primos? ¿Y por qué solo nos ha afectado a nosotros? Sin una respuesta a estas preguntas, creer en el cociente de encefalización se vuelve un acto de fe.

Sopa neuronal El modelo de Jerison ya no aceptaba más parches, hacía agua por todos los lados y suplicaba que lo dejáramos morir en paz de una vez por todas. Había que buscar un nuevo enfoque que tuviera en cuenta que, entre los encéfalos de dos especies, no solo cambia el tamaño.

La estructura del cerebro de un colibrí y la del de una orca no son iguales, no son copias a distinta escala. Las capas de neuronas del cerebro de un oso hormiguero no son iguales que las nuestras. A veces nos olvidamos de que por dentro somos tan distintos como por fuera, solo que estamos mucho más acostumbrados a distinguirnos por nuestros rasgos faciales que por la forma de nuestra vesícula biliar. La evolución no solo cambia los órganos en su escala, sino que modifica su arquitectura en conjunto.

Teniendo esto en cuenta, el siguiente paso es pensar cómo medir esas diferencias estructurales. Aunque, por otro lado, por mucho que hayamos atacado al cociente de encefalización, tampoco estaba completamente equivocado. Algo tendría que ver el tamaño del cerebro cuando, a pesar de las excepciones, sí que había cierta correlación entre el cociente y la cognición de los animales estudiados. Esto nos da una pista, porque existe algo que, cuando cambia, afecta tanto a la estructura como al tamaño del encéfalo: el número de neuronas. Un cerebro grande suele tener más neuronas, pero si su estructura es más densa, podrá concentrar más en menos espacio. Podría ser que la densidad de neuronas fuera distinta en cada especie y que el número de estas células fuera la pieza que estábamos buscando.

Eso es lo que pensó la doctora Suzana Herculano-Houzel. Todo empezó cuando se dio cuenta de que nadie había calculado nunca cuántas neuronas había en nuestro encéfalo. Era frecuente oír cifras que rondaban los cien millardos, pero ese número se repetía de boca en boca sin aparecer nunca en un estudio serio. Viendo la situación, Herculano-Houzel se puso manos a la obra, dispuesta a encontrar una manera de contar las neuronas del encéfalo humano sin tener que ir una a una, principalmente porque le partía la tarde.

Lo que Herculano-Houzel propuso fue licuar un encéfalo hasta convertirlo en una sopa muy poco apetecible. Así, conseguiría separar a la neurona en partes, romper sus membranas y exponer el núcleo, la estructura en la que cada neurona guardaba su material genético. Esos núcleos eran la clave, porque cada neurona tenía solo uno. Es más, los núcleos de las neuronas eran distintos a los del resto de las células encefálicas, como las de la glía, que por importantes que sean para proteger, nutrir y dirigir el crecimiento neuronal, no son lo que ocupaba a Herculano-Houzel. Lo único que había que hacer era tomar una muestra de la sopa de sesos, pasarla por una máquina encargada de contar núcleos neuronales y hacer la regla de tres para saber cuántos núcleos (y, por lo tanto, neuronas) habría en el resto del licuado. El resultado, publicado en 2005, fue de 86.000 millones de neuronas, una cifra que sigue siendo correcta hasta la fecha.

Nuestro lugar en la Tierra Por sí sola, esta receta de sopa habría sido digna de pasar a los anales de la neurociencia (y de la cocina británica), pero Herculano-Houzel, no contenta con ello,

decidió aprovechar la nueva información para continuar revolucionando el estudio de la mente. Ahora que conocíamos la forma de medir el número de neuronas de un encéfalo, por fin teníamos otra herramienta de comparación entre distintos animales. Tras licuar los sesos de unas cuantas especies, comenzaron a aparecer patrones interesantes. Por ejemplo, los mamíferos tenemos más neuronas por gramo de encéfalo que otras clases de animales y, del mismo modo, parece que los primates tenemos la densidad neuronal más alta de todos los mamíferos.

Éramos los reyes entre los reyes en cuanto a densidad de neuronas, y no por poca diferencia. Si mides la densidad neuronal media de un ratoncillo, puedes ver que, para albergar nuestros 86.000 millones de neuronas, su encéfalo tendría que pesar 36 kilos y su portador, unas 89 toneladas, aproximadamente lo que pesa una ballena azul joven o yo después de las Navidades. Sin embargo, tanta diferencia respecto a un ratón es comprensible. Lo que no sería justificable es encontrarnos que, entre nuestros pueblos vecinos los primates, volviéramos a ser un milagro encefálico imposible de explicar, como había ocurrido con el cociente de encefalización. Así que Herculano-Houzel se preguntó qué tamaño tendría nuestro encéfalo de 86.000 millones de neuronas, si tuviéramos la densidad neuronal de un chimpancé.

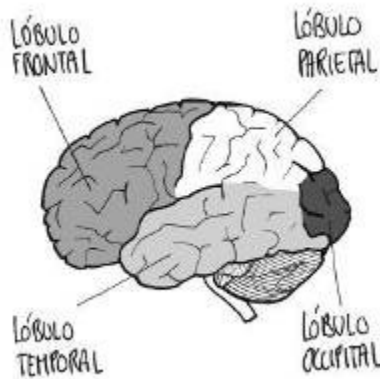
La respuesta fue 1.250 gramos. Estaba sorprendentemente cerca de los 1.400 gramos que pesa un encéfalo humano promedio. De hecho, según los cálculos, su portador tendría que pesar unos 66 kilos, lo cual es muy razonable. Estas noticias eran fantásticas: ¡al fin una forma de comparar cerebros en la cual no éramos una anomalía imposible de entender! Teníamos, de una vez por todas, una medida suficientemente exacta y en la que, por suerte para los antropocentristas, seguíamos estando a la cabeza del *ranking*.

Pero las buenas noticias no terminan aquí, porque podemos simplificar todos estos resultados hasta llegar a una conclusión elegante con la que rematar el tema. Si la densidad de neuronas de los primates es tan parecida entre sí, eso quiere decir que podemos aproximar muy bien el número de neuronas de una especie conociendo solamente el volumen de su encéfalo. Lo cual significa que, después de todo, el tamaño absoluto del encéfalo sí que es el mejor marcador de «capacidades cognitivas», pero solo si nos comparamos con otros primates. Con esto queda todo cerrado, los resultados son más coherentes que con otras herramientas y hemos resuelto nuestras dudas sobre la medida del encéfalo. O al menos casi todas, porque queda una pregunta por responder: ¿cómo es que tenemos tantas neuronas en comparación con nuestros parientes? ¿Por qué no se ha dado en otras especies? La respuesta la encontraremos en nuestros ancestros.

Cualquier tiempo pasado fue peor Saber que el tamaño absoluto del encéfalo en los grandes primates se correlaciona muy bien con sus habilidades cognitivas es cómodo porque nos ahorra tener que hacer correcciones matemáticas, pero supone una ventaja todavía mayor. Si todo esto

es cierto, significa que hemos encontrado una forma de abrir una ventana a nuestro pasado, porque para conocer el volumen encefálico de una especie de primate solo tenemos que medir su capacidad craneal. Esto significa que nuestras estimaciones no tienen por qué limitarse a homínidos vivos.

Contamos con bastantes cráneos de las especies de homínidos que nos precedieron, y es relativamente fácil calcular cuánto espacio hay encerrado entre los huesos que los forman. Gracias a esta técnica podemos aproximar una reconstrucción de cómo ha ido cambiando el encéfalo de nuestros antepasados hasta llegar a nosotros, el *Homo sapiens*.



Lóbulos cerebrales.

Midiendo las capacidades craneales de los homínidos más representativos, podemos ver cómo, a medida que nos acercamos a la actualidad, van apareciendo especies con un mayor volumen craneal, hasta que hace aproximadamente un millón y medio de años ese crecimiento se aceleró repentinamente. Por algún motivo, a partir de entonces el encéfalo de nuestros ancestros comenzó a crecer a mayor ritmo, pasando de los 750 centímetros cúbicos del *Homo ergaster* a nuestros 1.400. Puede parecer extraño, pero los cambios no siempre son tan graduales como imaginamos. El saltacionismo es una hipótesis que plantea la teoría de la evolución a través de periodos largos en los que las especies apenas mutan, intercalados con épocas trepidantes en las que, por algún cambio en las presiones selectivas, las especies se transforman con mayor rapidez. ¿Qué ocurrió hace 1.500 millones de años que pueda explicar esta increíble explosión encefálica?

Al igual que todas las buenas explicaciones, esta no se limita a argumentos biológicos. Los antropólogos tienen una respuesta bastante convincente que implica sobre todo la cocina. Si bien se cree que el *Homo erectus* dominó el fuego hace 1.700 millones de años, todavía tardarían en empezar a cocinar alimentos y en notar evolutivamente los cambios de su dieta. Por un lado, la comida cocinada era más blanda y requería de un

aparato masticatorio menos potente. Al parecer, el volumen de los músculos que controlan la mandíbula está algo reñido con la capacidad craneal. Al no necesitar músculos tan voluminosos, el cráneo pudo expandirse todavía más, albergando encéfalos mayores; pero hacía falta algo más para explicar un cambio tan impresionante como el que estaba a punto de suceder.

La revolución será caliente o no será La cocina hizo mucho más que reducir el tamaño de nuestros maseteros, temporales y demás músculos relacionados con la masticación. La clave de este acelerón en la encefalización de nuestros antepasados se debió principalmente a que es mucho más fácil extraer energía de los alimentos cocinados. Pasando la caza por el fuego podíamos aprovecharla mucho más y eso es algo de agradecer cuando tienes que alimentar a un encéfalo como el nuestro. Las neuronas son muy caras de mantener, están constantemente moviendo iones de aquí para allá, abriendo canales y procesando vídeos de gatitos. No son las células más modositas, la verdad, y necesitan un gran aporte calórico.

El precio de una neurona es bastante parecido sin importar de qué animal sea. El millardo de neuronas está a unas 6 kilocalorías al día más o menos. Eso significa que nuestro encéfalo de 86 millardos necesita unas 500 kilocalorías cada 24 horas, una barbaridad. Se trata de una cuarta parte de la energía que necesita nuestro cuerpo para funcionar durante ese mismo tiempo. Dicho de otro modo, el encéfalo supone un 25 % del gasto energético corporal siendo tan solo un 2 % de nuestro peso.

¿Cómo nos las apañábamos para mantener esa maquinaria antes de contar con el fuego? Simplemente no podíamos. Con unos sencillos cálculos podemos ver que, si nos alimentáramos durante ocho horas al día, consumiendo únicamente productos crudos, solo podríamos mantener 12 millardos de neuronas en un cuerpo de 75 kilos. Si probáramos a abaratar costes reduciendo nuestro tamaño, nos encontramos con que un cuerpo de 25 kilos podría mantener un encéfalo de 53 millardos de neuronas. Esa proporción entre el cráneo y el cuerpo es totalmente inviable incluso para Danny DeVito, pero ni siquiera así podríamos conseguir los 86 millardos que tenemos ahora. Obtener energía de alimentos crudos es muy difícil y es uno de los principales motivos por el que los humanos nos hemos desmarcado del resto de los grandes simios. En nuestra especie, como en nuestro pueblo, se come como en ningún sitio. Por eso, algunos antropólogos tienden a alimentar a los periodistas con frases rimbombantes como «el ser humano es el mono que cocina».

El control del fuego unido a otras mejoras tecnológicas en caza, agricultura y ganadería han aumentado nuestro aporte energético poco a poco. Desde el arado hasta la nevera, buena parte de nuestra civilización se ha basado en poder asegurar la disponibilidad de alimentos en grandes cantidades. Sin embargo, la anatomía del *Homo sapiens* no ha cambiado demasiado desde su aparición hace algo más de trescientos mil

años. Nuestro cuerpo y nuestro cerebro son poco mayores que los de los primeros *sapiens*, pero nos consideramos mucho más inteligentes que ellos. ¿Dónde está la gran diferencia que nos separa de esas tribus de cazadores y recolectores?

Parece que nuestras funciones cognitivas están relacionadas con el número de neuronas que somos capaces de alimentar, y a su vez, esta evolución ha encontrado su motor en nuestra habilidad para cocinar alimentos. Por otro lado, esto no parece explicar el desarrollo de la inteligencia que ha mostrado nuestra especie desde que salió de África sesenta mil años atrás. Hace siglos que la selección natural apenas tiene peso en nuestra sociedad, así que, si no ha sido el número de neuronas y apenas hemos podido evolucionar desde entonces, ¿qué ha pasado en nuestro encéfalo que pueda explicar el paso del neolítico a la era de la información?

La hidra sigue multiplicando sus cabezas y ha llegado la hora de llevar nuestro chovinismo como especie a un nuevo nivel. Tenemos buenos motivos para creer que algo ha cambiado desde los primeros *sapiens*, pero si hay una cosa que hemos aprendido de la historia que acabo de contar, es que tenemos que olvidar que esos cambios hayan podido ser para mejor. La evolución no es buena ni mala, simplemente es. Y, por supuesto, no todos los pueblos son los mejores del mundo, algunos están en Francia.

Capítulo

4

No has cambiado nada El hombre primitivo se tambaleaba con ojos curiosos y pasos lentos e inciertos. Ahora caminamos enérgicamente hacia nuestra desconocida meta.

CONAN DOYLE, *Las cartas de Stark Munro* Una niña está jugando en el campo, arrodillada sobre la hierba. Los rayos del Sol se resisten a estrellarse contra la tierra y pasan rozándola, proyectando largas sombras de una tarde que se agota. Bañada por esa luz anaranjada, la niña ha encontrado una piedra. Parece bastante normal, gris, áspera y sin ninguna forma concreta, al menos para nuestros ojos. Bajo la mirada de la niña, todo es diferente y las curvas de la piedra le parecen la inconfundible silueta de un perro. Desde que la encontró, hace apenas media hora, la piedra y ella se han vuelto inseparables: han vivido aventuras contra terribles bestias, han conocido a valientes guerreros... Historias que se acaban de ver interrumpidas por la aparición de un padre preocupado, que, tomando de la mano a su hija, la conduce hacia la hoguera, a salvo de las fieras que merodearán el campamento cuando la noche caiga.

La distancia que nos separa de esa niña no se mide en kilómetros sino en años, concretamente más de treinta mil. La niña que juega con su piedra es un estereotipo atemporal de nuestra especie, algo que no desentona ni ahora ni hace miles de años. Su mundo era distinto al nuestro y la civilización apenas se había ganado el nombre, pero somos de la misma especie y, si pudiéramos verlos, nos reconoceríamos en ellos más de lo que a algunos urbanitas les gustaría.

Desde entonces, nuestra especie ha vivido más peripecias que aquel perro de roca. El neolítico, el renacimiento o la revolución industrial han sido nuestras aventuras y hemos pasado de una a otra hasta llegar a la era de la información en la que vivimos. Durante toda la historia del arte, la filosofía y la ciencia hemos sido los mismos simios pelones. Parménides era de la misma especie que Dickens o Curie; todos igual de *sapiens* que el resto. Generación tras generación, la misma especie durante milenios, ya fuera colisionando partículas para entender los secretos de la materia o piedras de sílex para construir el bifaz que nos sacara del hambre.

Sin embargo, ¿somos realmente los mismos? Durante estos últimos trescientos mil años hemos sido *Homo sapiens*, pero de formas muy distintas a medida que cambiaban nuestras costumbres y nuestra sociedad. De hecho, esa transformación ha ido acelerándose como ya lo hizo en su día el aumento de la capacidad craneal. Se deba a lo que se deba, la velocidad a la que muta y se adapta nuestra civilización es cada vez más rápida y lo que antes tardaba siglos ahora sucede en un par de décadas.

Nos encontramos frente a una nueva cabeza de la pregunta hidra que cose este libro. Si buscamos una respuesta a lo que nos hace humanos, tal vez debamos responder primero a esta nueva cuestión: ¿nuestro encéfalo es el mismo que el de nuestros primeros congéneres? Porque sí, es cierto que aquellos monos lampiños que abandonaron África para conquistar el mundo eran de nuestra misma especie, *Homo sapiens*, pero ¿qué significa eso exactamente?

Una especie de clon Normalmente damos por hecho que, al ser de la misma especie, todos los sapiens hemos sido iguales, pero eso no es del todo cierto. El problema está en que el propio concepto de «especie» es un poco confuso. ¿Qué implica que dos organismos pertenezcan a la misma especie? Trump, Dostoievski y tú sois todos sapiens, pero, por suerte, no sois iguales. Entre los organismos de una especie existen diferencias. De hecho, los seres exactamente iguales no se agrupan en especies, sino en líneas puras o clones. La variación es necesaria entre los ejemplares de toda comunidad, porque son esas pequeñas diferencias las que sientan las bases de la evolución. Gracias a esas particularidades algunos individuos se adaptan mejor y otros peor, fomentando la selección del más apto. Entonces, ¿cuánta variación puede haber entre dos ejemplares antes de considerarse especies distintas?

Aquí es donde entra otra gran batalla histórica de la biología. ¿Dónde trazamos el límite entre una especie y otra? ¿Qué diferencia hay con una subespecie? La perspectiva más radical es la de los nominalistas, para los cuales las especies ni siquiera son reales, solo existen los individuos, los cuales se pueden parecer más o menos entre sí. Por extraña o posmoderna que nos parezca esta idea, existen pueblos aislados de la civilización que entienden la naturaleza de este modo, como un continuo imposible de catalogar en grupos. Para los nominalistas, el concepto de especie es un apaño interesante que nos permite estudiar la naturaleza, pero que solo existe en nuestra mente, algo parecido a lo que ocurre con las fronteras entre países.

Esto es lo que se llama una «definición operacional», una ficción con la que clasificamos la realidad para tratar de entenderla. Estas definiciones funcionan como herramientas con las que nuestra mente trabaja, y suelen adaptarse al contexto en el que queramos utilizarlas. Por eso, la definición de especie no es una sola, sino que, como las puntas de los destornilladores, puedes elegir una u otra según lo que quieras hacer. Si te acercas desde la ecología, tendrás que utilizar una, y si lo estudias desde una perspectiva evolutiva, deberás usar otra.

Nosotros vamos a quedarnos con la definición más clásica o «biológica», popularizada por Dobzhansky. Para él, una especie sería un grupo de individuos capaces de reproducirse entre sí, pero incapaces de tener crías fértiles con otros grupos evolutivamente próximos. Por ejemplo, el perro y el lobo son de la misma especie (*Canis lupus*), con lo que pueden cruzarse entre sí y sus cachorros serán capaces de

reproducirse cuando lleguen a la madurez, pero no pueden procrear con un coyote (*Canis latrans*). Aplicando la definición de Dobzhansky, un perro y un lobo serían de la misma especie, pero un coyote no. Del mismo modo, un burro (*Equus asinus*) y una yegua (*Equus ferus*) pueden tener una noche loca y dar a luz una mula, pero como las mulas son estériles, el burro y la yegua se consideran especies diferentes.

Sin embargo, la definición biológica tiene sus problemas. Por ejemplo, no puede aplicarse a organismos asexuales y, aunque es muy excepcional, algunas mezclas entre especies pueden dar híbridos fértiles. Un ejemplo es el ligre, el cruce entre un león (*Panthera leo*) y una tigresa (*Panthera tigris*). El resultado es un enorme animal de cuatro metros y media tonelada que, por suerte para el resto de los félidos, es estéril. No obstante, algunas hembras de ligre sí son fértiles y se pueden reproducir con tigres y leones, dando a luz cachorros de nombres tan graciosos como li-ligre o ti-ligre.

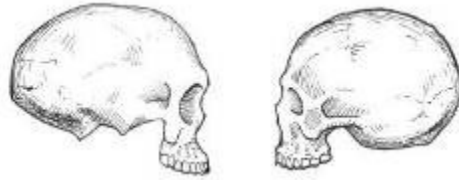
Los conceptos con los que definimos el mundo no son descripciones exactas de la realidad. Sé que probablemente el duro golpe de descubrir que vives en una mentira terminológica te haya quitado el sueño, pero precisamente ese insomnio es un gran motivo para seguir leyendo. Así que, ¿cómo sabemos cuándo surgieron los *sapiens*?

Reinventarse para sobrevivir Si decimos que nuestra especie surgió hace trescientos mil años es porque hemos encontrado restos de esa época suficientemente parecidos a nosotros, pero eso no quiere decir que fueran idénticos. Entonces, ¿cuánto ha cambiado el Homo sapiens desde que apareció? La respuesta a esta pregunta parece estar en Marruecos, concretamente en Jebel Irhoud. Este yacimiento arqueológico se remonta casi hasta el principio de nuestra historia como sapiens. Sus restos son especialmente interesantes porque nos ponen cara a cara con nuestros antepasados, y no con uno o con dos, sino con varios restos de individuos de distintas edades. Es indiscutible que el cráneo de los antiguos habitantes de Irhoud era muy parecido al nuestro, lo suficiente como para sospechar que eran representantes de nuestra especie. Sin embargo, no eran idénticos. Si nos fijamos bien, veremos que algunos de sus rasgos eran más duros que los de nuestros contemporáneos, más marcados.

Durante el viaje evolutivo que nos ha traído hasta aquí hemos ido suavizando los rasgos típicos del resto de los grandes simios. Nuestra mandíbula se ha encogido, la frente se nos ha hecho menos huidiza y el arco supraciliar, esa franja ósea que hay bajo nuestras cejas, se ha ido nivelando con el tiempo. Los restos de Irhoud todavía muestran algunas de estas características, que, aunque ligeras, hacen ver que su rostro aún tenía que cambiar antes de convertirse en el de los *sapiens* modernos.

Lo más curioso de todo es que, si bien nuestro exterior ya estaba listo para salir del horno, a nuestro encéfalo le quedaba un hervor mucho mayor. Los moldes creados a partir de la cavidad craneal de estos primeros *sapiens* muestran unas proporciones

extrañas. Su volumen craneal era el mismo que el nuestro, pero su encéfalo era más aplanado de lo normal para nosotros. Podemos suponer, por lo tanto, que el encéfalo seguiría cambiando a pesar de que nuestro exterior fuera a mudar poco durante los siguientes miles de años. Tenía que volverse tan abovedado como el nuestro y ese era un cambio que tardaría al menos otros doscientos mil años en llegar.



Comparativa entre el cráneo de un *Homo sapiens* de Irhoud (izquierda) y uno contemporáneo (derecha).

Estas son las diferencias que estudian el antropólogo Simon Neubauer y su equipo: la serie de modificaciones anatómicas que nos han llevado desde las chatas cavidades de Irhoud hasta las nuestras. Sus investigaciones arrojan luz sobre el tema y apuntan a que nuestra bóveda craneal no adquirió su forma completa hasta hace apenas treinta y cinco mil o cien mil años. Esto puede parecer una aproximación algo imprecisa, pero es de un valor incalculable porque coincide con otro periodo clave, un momento en el que mutaron algunos de nuestros genes encargados de controlar el desarrollo del sistema nervioso. Ambos hitos apuntan en la misma dirección. Sin embargo, todo esto no termina de aclarar el problema, ya que, si los restos con menos de treinta y cinco mil años ya son encefálicamente tan parecidos a nosotros, ¿cómo se explica nuestra evolución cultural?

Un koala en paro Si tuviéramos que simplificar mucho la situación, podríamos decir que existen dos formas de jugar al juego de la vida. Una de las estrategias es la de los generalistas u oportunistas. Estos organismos no son maestros de nada, pero se desenvuelven bastante bien en cualquier escenario. Son supervivientes acostumbrados a vivir de cualquier cosa, por mal que se ponga la situación, como pueden ser los cerdos, las ratas o los soplones. Ya puede llegar el apocalipsis, que ellos encontrarán la manera de adaptarse.

Sin embargo, otros animales están realmente comprometidos con su modo de vida. Durante milenios han desarrollado comportamientos o estructuras muy especializados para sacar el máximo partido a algún aspecto de su entorno. Un ejemplo son los koalas, capaces de alimentarse de las tóxicas hojas del eucalipto como quien come lechuga. La gran ventaja está en que esta especialización les ha abierto la puerta para aprovechar un árbol muy frecuente en Australia y por el que no tienen que competir con casi nadie. Mientras todo vaya bien, los especialistas son imbatibles, pero imaginemos que una plaga exterminara los eucaliptos de un plumazo. Los koalas se encontrarían

desamparados, como alguien a quien despiden tras trabajar toda su vida en el mismo empleo. La diferencia es que no hay *coachers* genéticos para que los koalas se «reinventen» con un poquito de *mindfulness*. La evolución es lenta y posiblemente no consiga readaptarlos a tiempo de que sobrevivan.

Así que en una cara de la moneda tenemos a generalistas que sobreviven a casi todo, pero sin hacer demasiados alardes; en la otra, a especialistas que triunfan cuando todo está estable, pero son muy sensibles a los cambios. Parece que no existiera una solución perfecta, cada una con sus pros y sus contras, pero entonces llegó la cultura. La cultura permite que un generalista adapte su comportamiento y sus herramientas para especializarse sin comprometerse del todo con la causa. La evolución de toda la vida juega con la probabilidad, esperando a que surja un cambio favorable para potenciarlo poco a poco con el paso de las generaciones. En cambio, la evolución cultural es dirigida y no tiene que esperar a una nueva generación para adaptarse a lo que tenga que venir.

Eso explica la forma en que ha cambiado nuestra especie más allá de lo que los restos óseos puedan revelarnos, pero ¿cuál es su base neurológica? ¿Por qué la cultura de otros animales no ha llegado a estos niveles? Para entenderlo es importante tener en cuenta que los encéfalos no son estáticos. No solo cambian de generación en generación o durante el neurodesarrollo infantil, sino incluso durante la edad adulta. Esto se llama neuroplasticidad, o plasticidad a secas, y en nosotros parece más potente que en otros animales. Gracias a ella nuestros encéfalos pueden adaptarse al mundo, guardar recuerdos o aprender habilidades nuevas que nos conviertan en esos superespecialistas exprés de los que hablábamos. Y lo que es más importante: olvidar. Borrar recuerdos y habilidades es crucial, pero no porque ocupen un espacio limitado. De hecho, la capacidad de nuestro encéfalo para almacenar recuerdos es bastante alta de por sí. Antes de quedarnos sin sitio nos encontraríamos con un problema mucho mayor: la disponibilidad.

Casi una democracia Para comprender la plasticidad neuronal tenemos que tener en cuenta las sinapsis, esas conexiones entre neuronas. Las neuronas no se conectan por parejas, una sola puede tener sinapsis con miles de axones de otras tantas células, como ya hemos visto. De hecho, el estímulo de una única neurona no suele ser suficiente para que otra supere el voltaje mínimo que necesita para conducir un impulso eléctrico, también conocido como umbral de despolarización. Lo más normal es que activar una neurona sea un trabajo en equipo en el que varios axones «voten» como en una democracia.

Si muchos axones actúan sobre una zona pequeña de la siguiente neurona, entonces sus votos se unen en lo que se llama «suma espacial». Por otro lado, como en toda buena democracia, existe la oposición: neuronas con sinapsis inhibitoras que votan en contra de todo lo que les propongamos usando neurotransmisores distintos, haciendo

que sea más difícil para las excitadoras superar el umbral de despolarización. Mientras que las sinapsis estimuladoras suelen utilizar glutamato como neurotransmisor, las inhibitoras usan otra molécula llamada GABA. Es este trabajo en equipo lo que permite que la actividad neuronal sea consistente, evitando que las neuronas se despolaricen por error ante el menor estímulo. Pero la democracia tiene una cara oscura: existe más de una forma de hackearla.

Suele decirse que una neurona no puede estar más o menos activa, que el impulso eléctrico recorre su membrana como un «todo o nada». Pasa de apagado a encendido, sin medias tintas. Siguiendo el consejo de Yoda, la neurona se activa o no se activa, pero no lo intenta. Sin embargo, gracias a la «democracia» neuronal, cuando ese chispazo llega a la sinapsis se vuelve relativo, porque allí no todos los votos valen lo mismo. La democracia neuronal es democrática, pero con la boca pequeña, una contradicción que no resulta difícil de imaginar. Y lo mejor es que esa desigualdad no es estable, el valor del voto de cada neurona puede cambiar con el tiempo.

El valor de una neurona se puede ver alterado por el lugar donde se encuentran sus sinapsis, el grosor de su axón o la cantidad de neurotransmisores que tenga en la reserva. De hecho, existe otro truco que las neuronas pueden usar para que su «opinión» cuente más que la del resto y es votar varias veces a toda velocidad. Los pucherazos también existen en la neurociencia, y parece que todos esos estímulos liberados a cascoporro no solo se suman en el espacio, sino también en el tiempo. Cuando el axón libera neurotransmisores en ráfagas rápidas, estos terminan superponiéndose en una suma temporal, como si hubieran sido liberados a la vez. Esta oscura democracia es la base de la neuroplasticidad sobre la que construimos nuestra cultura.

Reúsa o rehúsa A través de estas ráfagas de impulsos, las neuronas se adaptan a nuevas experiencias, al menos si tienen prisa. Algunos cambios ocurren en cuestión de milisegundos, mientras que otros pueden tardar semanas. Los más rápidos, en los vertebrados como nosotros, suelen ocurrir gracias a esa suma de sinapsis, tanto espacial como temporal.

Cuando un axón transmite una ráfaga de impulsos muy seguidos, los neurotransmisores empiezan a liberarse más rápido de lo que la siguiente neurona puede captar o la neurona anterior puede reabsorber, así que empiezan a acumularse. Cuantos más neurotransmisores se encuentran en la hendidura sináptica, más receptores se activan, facilitando que cualquier chispazo de la sinapsis despolarice a la siguiente neurona. Así pues, cuanto más se facilita una sinapsis más valdrá su voto. En casos extremos se terminará produciendo un refuerzo de la unión entre esas dos neuronas que puede durar semanas: la facilitación a largo plazo.

De este modo, cuanto más se estimula una sinapsis, más fácil es que vuelva a activarse, haciéndose cada vez más susceptible hasta terminar chisporroteando sin ton ni son ante el menor estímulo. Por suerte, para evitar este descontrol, entra en juego un freno de emergencia. Las vesículas que contienen los neurotransmisores al final de los axones no son infinitas, y a medida que se liberan a la hendidura sináptica, sus existencias se agotan y llega un momento en que la neurona se queda «vacía». Una neurona «vacía» no puede transmitir más información hasta recuperar a sus mensajeros, ya sea produciéndolos de nuevo o reincorporando los que flotan en la hendidura. Este momento de sequía sináptica se llama «depresión» y, junto con la facilitación, son los fenómenos más rápidos de la neuroplasticidad.

Facilitar una vía es como ensanchar la carretera que lleva a una determinada ciudad para hacer que lleguen más coches a ella. Con estos cambios neuroquímicos, podemos aumentar el flujo de estímulos a través de los circuitos neuronales que más le interesen a nuestra supervivencia (o a nuestros caprichos), aquellos que cumplan las funciones más adecuadas para alcanzar nuestros fines.

Pero esto no es todo, porque otros cambios pueden ser más llamativos que un simple ensanche de carreteras. En ocasiones se producen nuevas vías de comunicación, sinapsis que aparecen entre células que antes no estaban conectadas y otras que desaparecen por completo. Todavía no conocemos bien la tormenta de moléculas implicadas en estos procesos, pero sí sabemos que la gran mayoría de estos cambios responden a una misma idea: la teoría hebbiana.

Muy resumidamente, podríamos decir que, cuando una neurona activa a otra repetidamente, se reforzará su conexión. La norma inversa está implícita: las sinapsis no utilizadas, las uniones no recorridas por los impulsos eléctricos, acabarán cayendo en el olvido, desapareciendo. De hecho, esto es lo que ocurre durante buena parte de nuestro neurodesarrollo. Los bebés nacen con muchas más sinapsis que nosotros, pero las van perdiendo a lo largo de sus primeros años hasta llegar a la madurez. Aquellas rutas neuronales que no se usan con frecuencia terminan por desaparecer del mapa, como si el encéfalo estuviera en época de poda. De hecho, este proceso se conoce como poda neuronal y es el motivo por el que, a medida que maduramos, dejamos de ser esponjas capaces de absorber información al instante.

Pero esta pérdida es un mal menor. Para trabajar de forma eficiente tenemos que organizarnos, seleccionar una serie de habilidades cognitivas indispensables y prescindir del resto. Podríamos compararlo con un escritorio lleno de papeles antiguos. Posiblemente todos tengan un valor, pero hace años que no necesitas la mayoría de ellos. Lo único que hacen sobre tu mesa es ralentizarte y ocultar las pelusas de polvo. Al igual que con nuestro escritorio, es importante hacer limpieza en nuestro encéfalo y así eliminar todo lo que no merezca la pena ser conservado. Por eso es tan relevante tener

una estructura encefálica que no solo permita guardar la información importante, sino también olvidar la que no se usa.

Es más, si no recortamos las sinapsis menos necesarias, acabaremos sobreestimulando nuestro encéfalo. De hecho, algunos estudios apuntan a que una poda insuficiente puede influir en el desarrollo del autismo. Del mismo modo, la poda excesiva parece fomentar alucinaciones y relacionarse con enfermedades como la esquizofrenia. Queda mucho por investigar, pero todo esto son cambios que experimentamos gracias a (y por culpa de) la plasticidad.

Siempre sobran piezas Aunque hayamos puesto el ejemplo con la poda neuronal, la plasticidad no es solo cosa de los encéfalos jóvenes, como se creía hasta ahora. En contra de lo que se ha popularizado, nuestro encéfalo produce neuronas nuevas incluso durante su madurez, en especial en las zonas relacionadas con el olfato y la memoria. Pero no hace falta saber de la neurogénesis para reverenciar las propiedades plásticas de nuestro encéfalo.

Un hecho que históricamente ha confundido a la comunidad médica es que, por aparatosa que sea una lesión cerebral, a veces no parece causar ninguna merma de las capacidades intelectuales. O lo que es más extraño, sí se pierde alguna función, pero se va recuperando a lo largo de las siguientes semanas. Ejemplos extremos son los de algunos pacientes que se han habituado a vivir sin buena parte de su cerebro tras sufrir un accidente o someterse a una operación muy agresiva. Esta misteriosa capacidad de regeneración se debe a que la plasticidad neuronal es tan poderosa que permite reorganizar la arquitectura del encéfalo para asignar a una estructura sana las funciones que cumplía la parte dañada. Al perder un pedazo de encéfalo, la función que cumplía no siempre desaparece, las zonas de su alrededor tratarán de suplir la parte perdida, reconfigurando sus conexiones para relevarla en su trabajo.

Gracias a esta propiedad del cerebro podemos sobrellevar grandes daños, e incluso abre una ventana terapéutica muy interesante para tratar algunas enfermedades neurológicas, como la epilepsia. Esta enfermedad suele originarse en grupos de neuronas llamados focos epilépticos, que se excitan a lo loco, sin control, como si fueran adolescentes. Estos impulsos caprichosos recorren el resto del encéfalo, contagiándose en oleadas eléctricas, y si la medicación no es suficiente para dominarlos, puede recurrirse a la cirugía para extraer el foco epiléptico. Cuando los focos son muy grandes, la operación también ha de serlo, y es en estos casos en los que puede recomendarse llegar a retirar la mitad del cerebro. Estas operaciones se hacen sobre todo en niños, con encéfalos especialmente plásticos, porque gracias a esta propiedad sus funciones cognitivas apenas se ven alteradas y el cerebro acaba recuperándose, asignándosele las funciones perdidas al hemisferio que todavía les queda. Esa es una de las ventajas de tener dos hemisferios: si uno falla, tenemos otro de repuesto.

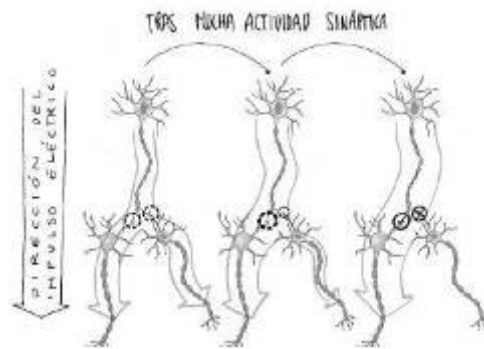
La plasticidad es tan poderosa que a veces no se sabe dónde están sus límites. Un ejemplo es el síndrome del miembro fantasma, en el que, tras perder una extremidad, el encéfalo decide reaprovechar la parte que se encargaba del miembro perdido y le asigna una nueva función, controlando alguna estructura anatómicamente cercana. Sin embargo, los sujetos confundirán los estímulos que reciba de otras partes del cuerpo pensando que vienen del brazo o la pierna que han perdido. Esto significa que seguirán sintiendo la extremidad amputada como si todavía estuviera ahí. De hecho, si tocamos la parte del cuerpo que ahora controla la zona de su encéfalo que gestionaba su extremidad perdida, pueden llegar a sentir un dolor insoportable. Por ejemplo, un simple roce en la mejilla puede desencadenar un terrible sufrimiento en su mano fantasma. Por suerte para los pacientes, este síndrome puede desaparecer tan rápidamente como apareció, y esa es la verdadera esencia de la neuroplasticidad, para bien y para mal.

Lamarck tenía razón Sin duda, la capacidad de recuperarse tras una lesión es un buen punto a favor de la plasticidad neuronal, pero los beneficios no terminan aquí. La otra gran ventaja está directamente relacionada con esa misteriosa evolución cognitiva que aparentemente no ha dejado ninguna marca en nuestro cuerpo, pero sí en nuestra civilización. Gracias a esta neuroplasticidad, hemos podido vencer las limitaciones de la lenta evolución darwiniana y meterle el turbo que Lamarck siempre quiso.

Jean-Baptiste Lamarck fue un naturalista del siglo XVIII que sostuvo la posibilidad de que los seres vivos evolucionaran transmitiendo caracteres adquiridos a sus descendientes. Dicho burdamente: creía que, si yo me dedicaba día y noche a muscularme, mis hijos nacerían muy cachas y pidiendo *crossfit* en lugar de leche. Aquella era una idea bastante extendida en su época, tanto que el propio Darwin la consideró uno de los mecanismos básicos de la evolución. Ya en el siglo XIX, un monje agustino llamado Gregor Johann Mendel descubrió que Lamarck y sus compañeros no podían tener razón y que la herencia funcionaba de un modo muy diferente, poniendo así la primera piedra de lo que acabaría siendo la genética.

Sin embargo, ¡qué extraños son los tiempos! Porque las ideas que Lamarck y algunos de sus contemporáneos tanto cultivaron han vuelto para explicar cómo evoluciona la cultura humana. Es cierto que no por ir al gimnasio mis descendientes van a nacer haciendo una serie de flexiones, pero si leo mucho, podré contarles un montón de cosas, transmitirles directamente una información que yo he adquirido durante mi vida y ahorrarles así parte del esfuerzo. Gracias a nuestro encéfalo plástico podemos integrar toda esta información cultural que pasa de una generación a la siguiente por tradición oral o escrita. Nuestro conocimiento y nuestras modas crecen sin pausa con cada década, y es gracias al maleable sustrato sobre el que se asientan, a esa red de sinapsis que vive y cambia a cada instante.

Todo sea por los memes Algunos biólogos, como Richard Dawkins, creen que, si bien el *Homo sapiens* ha aparecido tras una larga evolución genética, lo que nos ha sacado de las sabanas y ha creado junglas de cristal es la evolución memética. Un meme sería un concepto, una información que pasa de un encéfalo a otro gracias a nuestra habilidad para comunicarnos. Si se trata de una información útil, atractiva o simplemente pegadiza, tendrá más posibilidades de volver a nuestra mente, estimulando de forma repetida el conjunto de neuronas que se encarguen de procesarla. Como ahora sabes, esto reforzará sus uniones y ayudará a que se fije en nuestro encéfalo. Podríamos decir que sobreviven los memes más adaptados. Pero el viaje no termina aquí. Una vez que nuestro cerebro guarda esa información, nosotros podemos volvernos un nuevo foco para su expansión.



Aprendizaje hebbiano en el que la sinapsis más activa (vía izquierda) se refuerza y la inactiva (vía derecha) se pierde.

En esta segunda fase, seremos nosotros quienes «infectemos» a otras personas con nuestros memes, contándoles lo que nos han dicho o hemos descubierto. La información puede volverse viral, contagiándose de cerebro en cerebro mucho más rápido que cualquier mutación genética. De hecho, los famosos memes de internet surgen de aquí: un concepto que se viraliza y comienza a repetirse una y otra vez de mente en mente o de ordenador en ordenador. Es más, es probable que cada persona le añada algo de fantasía a su idea, una innovación o un detalle que la hagan diferente. El entorno se encargará de que estas variantes compitan y acabe primando aquella más adaptada, más correcta o, si estamos en internet, más perturbadora.

Y lo mejor de todo es que hemos tomado conciencia de cómo funciona esta selección de memes. Y sabiendo esto, podemos dirigir la búsqueda de soluciones para los problemas que nos atañen, lo cual ha supuesto otra explosión en la evolución de nuestra civilización. Del mismo modo que mediante selección artificial podemos acelerar la evolución genética y conseguir en unas pocas generaciones que las vacas produzcan más leche, o los zorros se vuelvan mansos, la selección artificial de los memes gracias a la ciencia, la filosofía y otras disciplinas ha sido el último empujón para llevarnos hasta

donde estamos. En cuanto a buscar soluciones, la evolución es mucho más original, pero también es más lenta. La evolución actúa a ciegas, tanteando el terreno a cortísimo plazo, pero nuestro intelecto ha podido quitarle la venda de los ojos a ese proceso. Por primera vez, el diseño de los seres vivos está dirigido por una inteligencia, y somos nosotros.

De pronto, estamos de vuelta en el campamento de hace treinta mil años. Desde la penumbra vemos que la niña ya duerme y tiene la piedra entre sus pequeñas manos. Ahora entendemos que, a pesar de ser de nuestra especie, su mente es distinta, pero no por sus genes, sino por su entorno, por todos los memes que aún no existen y que nunca podrá aprender. Sin embargo, sabemos que, si la arrancáramos de los brazos de su padre para llevarla al presente, podría adaptarse. Su plasticidad neuronal sería capaz de ponerse al día e integrar las ideas de nuestra época, por modernas que estas fueran.

No hay nada en su cerebro que le impida llegar a aprender química analítica, macroeconomía o cómo enchufar un USB a la primera. Pero no somos monstruos, al menos no de ese tipo, así que dejamos que la niña duerma al calor de las llamas. A nosotros nos queda un largo viaje, hemos de avanzar treinta mil años durante los cuales el cerebro ha intentado estudiarse a sí mismo. Trescientos siglos a lo largo de los cuales desarrollaríamos la tecnología que nos ha hecho capaces de ver, al fin, un meme.

Capítulo

5

El cerebro que se estudia a sí mismo Si tratamos de entender los motivos de estos fenómenos, caemos enseguida en el antropomorfismo. Donde no hay hombres, no hay motivos humanos. Si deseamos continuar investigando, hemos de destruir nuestros propios pensamientos.

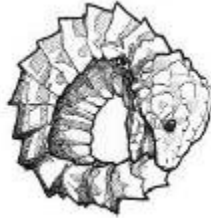
STANISLAW LEM, *Solaris* La sangre brillaba sobre las escamas de la bestia. Los dientes del uróboros apretaban cada vez más, abriéndose camino entre la grasa y la carne de su cola. Aquello era una carnicería eterna que nadie recordaba haber empezado, siempre había sido así y siempre lo sería. Sin embargo, había una peculiaridad. Los dientes y la sangrante cola estaban unidos por un único cuerpo largo y enroscado: el uróboros se estaba mordiendo a sí mismo. Los egipcios lo grabaron hace 3.400 siglos en el contenedor de los sarcófagos de Tutankamón. Para los hindúes representa el Kundalini, la energía intangible que duerme enroscada en torno a nuestro primer chakra y para los nórdicos rodea el mundo bajo el nombre de Jörmundgander.

Pero el uróboros, igual que todos esos conceptos mitológicos, no existe y, aunque puede estar inspirado en el lagarto armadillo (*Ouroborus cataphractus*) que muerde su espinosa cola para protegerse, esto no explica cómo puede estar presente en tantas mitologías. La idea del uróboros no es exclusiva de una cultura. De algún modo, permea a través de ellas reapareciendo en mitos de civilizaciones aisladas por el tiempo y el espacio. Lo que hay tras este animal fantástico es la intención de simbolizar un concepto que nos atrapa: la recursión.

Pensar en un animal que se devora a sí mismo tiene algo de poesía, como también lo tiene imaginar dos manos que se dibujan una a la otra, o perderse en la inconmensurable complejidad de un fractal. Los cosmólogos pueden hablarnos de un universo infinito, pero solo con la recursión nos acercamos a intuir lo que significa la infinitud. En nuestros días, el uróboros puede verse en casi todas las cubiertas de *La historia interminable*, en los grabados de M. C. Escher e incluso en objetos matemáticos como la cinta de Möbius y la lemniscata, que representa el mismo infinito.

Sin embargo, el mayor uróboros de todos no tiene escamas, ni dientes, solo neuronas. Porque... dime una cosa: ¿en qué estás pensando? Lo que acabas de hacer es una recursión, has pensado en qué estabas pensando, y ahora, al decírtelo, has pensado que estabas pensando en qué estabas pensando. Le hemos dado otra vuelta de tuerca que podríamos repetir hasta el infinito. El encéfalo lleva siglos tratando de entenderse a sí mismo, pero hace poco que ha conseguido morderse la cola. Para descubrir lo que lo

hace especial, necesitamos adentrarnos mucho más en la selva de sinapsis, tendremos que encontrar un modo de ver a nuestro encéfalo en plena acción y esa revolución vendrá de la mano de la tecnología.



El uróboros.

¿Sueñan los cerebros con neuronas eléctricas?

La selva es densa y nuestros ojos pueden ver muy poco a través de ella. Si queremos enfrentarnos a la hidra que es nuestra mente, precisamos una visión más clara del entorno, y para ello necesitamos entender cómo puede haber aprendido tanto el encéfalo sobre sí mismo. Para ello hicieron falta muchos pasos de gigante, además de las contribuciones de tantas personas que han estudiado nuestro encéfalo, pero si queremos comenzar la historia por algún lado, hay un lugar que destaca de entre todos los demás: Bolonia, el 6 de noviembre de 1780.

Allí, el médico y fisiólogo Luigi Galvani estaba a punto de descubrir cómo viajaba la información a través de los nervios. Desde que Galeno, hacía 1.600 años, había demostrado que esos hilos blanquecinos controlaban la contracción de los músculos, se habían propuesto una multitud de explicaciones posibles. Una de las hipótesis más extendidas era la de René Descartes. Para él, los nervios eran estructuras huecas, como cañerías por las que discurrían unos «espíritus animales». Fue precisamente Galvani quien desterró de la ciencia esta siniestra idea de tener un caniche fantasma recorriendo nuestros nervios. Y, en parte, lo hizo sin querer.

La casualidad desempeña un papel crucial en el progreso científico. Es una forma de llevarse sorpresas y descubrir lo inesperado. En el caso de Galvani, la serendipia llegó mientras diseccionaba ancas de rana. Había hecho aquello decenas de veces sin el menor contratiempo. Solo tenía que sujetar las patas a la mesa y comenzar a separar los músculos con el bisturí. Así lo hizo, y todo fue como era de esperar hasta que la hoja de metal rozó los músculos de la rana. En ese instante la pata se contrajo, como si siguiera viva. ¿Había importunado con el bisturí a los espíritus animales? Galvani continuó trabajando hasta que la sacudida se repitió, y entonces ya no había duda de que aquello era importante.

Nuestro fisiólogo acababa de darse cuenta de que, cada vez que las ancas se sacudían al contacto con el bisturí, el generador electrostático que acababa de adquirir soltaba una chispa. Galvani se lo había dejado encendido por error, pero el aparato no estaba tocando ni las patas, ni el bisturí ni al mismo Galvani. De algún modo, la electricidad atravesaba el aire hasta llegar a la punta del escalpelo siempre que él lo sujetara por su parte conductora. Galvani decidió seguir experimentando con la electricidad y así descubrió que, efectivamente, el generador era el culpable, porque los nervios eran capaces de conducir a través de ellos los impulsos eléctricos. Dicha electricidad era producida por el propio cuerpo y desencadenaba las contracciones de los músculos. El mensajero que recorría los nervios ya no era ningún espíritu animal cartesiano, era la electricidad.

Los descubrimientos de Luigi Galvani supusieron un antes y un después, pero no solo en ciencia. A raíz de ellos se empezó a indagar más en estas extrañas propiedades de los nervios mediante sofisticados procedimientos como bloquearlos, aislarlos o darles potentes descargas eléctricas a cadáveres. Durante este fenómeno, hubo quien jugueteó con la idea de que, si la electricidad hacía «bailar» a los cadáveres, tal vez podría traerlos de vuelta a la vida. De hecho, fue durante esta moda de unir electricidad y ciencias de la vida cuando surgieron historias como la de *Frankenstein o el moderno Prometeo*, de Mary Shelley. Los avances científicos se sucedían poco a poco entre la expectación popular, pero, aunque se centraban especialmente en el sistema nervioso periférico y la médula espinal, el propio concepto de nervio todavía estaba por definir y el uróboros solo acababa de empezar a perseguirse la cola.

Neuronas de plata Tendría que pasar un siglo y ocho años más para que empezáramos a entender qué era un nervio. Por aquel entonces se creía en la teoría reticular, que formulaba que esos hilillos blancos proseguían hasta el sistema nervioso formando una red indivisible con él. Uno de los mayores defensores de esta hipótesis era el fisiólogo italiano Camilo Golgi, el inventor de la impregnación argéntica que lleva su nombre, una tinción que permite ver la estructura de los nervios con el microscopio. Paradójicamente, esta misma tintura se volvería contra su creador al caer en manos del neurocientífico más famoso de la historia, Santiago Ramón y Cajal.

Era 1888 y Cajal llevaba años estudiando al microscopio cortes de tejido nervioso, pero esta vez era distinta: usaría la impregnación argéntica para teñirlos. Era bien sabido que aquella tintura no coloreaba todas las estructuras nerviosas, sino que dejaba parches descoloridos. Al verlo, Cajal entendió que la teoría reticular que tanto defendía Golgi tenía que estar equivocada. Si el sistema nervioso fuera una red continua, la tinción argéntica se tendría que difundir por toda ella sin excepción. Los parches desvaídos significaban que el sistema nervioso tenía que estar dividido en estructuras independientes, células, que no llegaban a tocarse. O dicho con las propias palabras de Cajal, «... cada célula nerviosa es un cantón fisiológico absolutamente autónomo». Había

aparecido «la doctrina neuronal», la idea de que la neurona era la pieza básica de nuestros procesos mentales, y con ello, al fin conocíamos uno de los ladrillos básicos de nuestro encéfalo.

Cajal continuó estudiando los tejidos del sistema nervioso, su histología, describiendo las estructuras neuronales e intuyendo la dirección en la que el impulso eléctrico las recorría. En su clarividencia, llegó a defender que las dendritas y los axones eran capaces de moverse, reconfigurando la arquitectura del encéfalo. La comunidad no terminaría de aceptar sus descubrimientos hasta que Golgi le diera la razón a Cajal, y eso no iba a pasar; sin embargo, en 1906 tanto el italiano como el español fueron galardonados, *ex aequo*, con el premio Nobel de Medicina o Fisiología. Golgi, por el descubrimiento de la tinción argéntica, y Cajal, por la doctrina neuronal a la que Golgi se había opuesto tan encarecidamente. Dos rivales académicos compartiendo el mismo premio y lanzándose puñales envenenados a través de sus discursos de aceptación, casi puedo imaginar al comité del Nobel riendo entre dientes. Simplemente maquiavélico.

De hecho, la duda sobre quién tenía la razón no se zanjó por completo hasta la llegada de los microscopios electrónicos, capaces de mostrar primerísimos primeros planos de la estructura de una sinapsis. Cajal tenía razón, aquellos espacios eran las hendiduras sinápticas y el sistema nervioso estaba formado por neuronas. En cualquier caso, el uróboros estaba a punto de morderse la cola, solo tenía que avanzar un poquito más.

En todos los laboratorios cuecen hooligans Sabiendo que la neurona es la unidad estructural del sistema nervioso, y que unas se comunican con otras a través de impulsos eléctricos, al fin podíamos medir ya no el encéfalo y su estructura, sino su actividad, la electricidad o información que por él circula.

Y es que las neuronas les dicen a los impulsos eléctricos cómo moverse, pero son los impulsos eléctricos quienes les dicen a las neuronas cómo han de curvarse. En otras palabras, que las neuronas indican el camino que deben seguir a los impulsos eléctricos, pero, como hemos visto, las sinapsis pueden reforzarse si las estimulamos con frecuencia o perderse si dejamos de activarlas. Así, los impulsos eléctricos son capaces de cambiar ese camino, de corregir las conexiones entre neuronas en función de la necesidad. Esta es la relación de dependencia que existe entre la estructura y la función, y aunque descrito así parece que tenga sentido, no todo el mundo lo tiene tan claro. Por ejemplo, para los llamados funcionalistas, la estructura neuronal no es tan importante, y todo puede ser conocido a través de la relación entre la actividad cerebral y el comportamiento del individuo. Enfrentados a ellos están los conectivistas, quienes piensan que todo lo que vale la pena estudiar se encuentra en el mapa de conexiones que forman nuestras neuronas. Para estos últimos, somos el conjunto de sinapsis que

establecen nuestras neuronas, nuestro conectoma, y si pudiéramos reproducirlo, seríamos capaces de replicar una mente entera.

Ambos tienen parte de razón, pero siendo sensatos, funcionalistas y conectivistas trabajan mejor juntos (si consigues que no se maten, por supuesto). No podemos entender a unos sin los otros. Hace falta conocer los caminos neuronales por los que circula la información para saber cómo está limitado su flujo, pero también entender la naturaleza de esa actividad eléctrica para comprender cómo cambian los caminos por los que circula. No podemos separar una cosa de la otra y la tecnología que creemos deberá tenerlo en cuenta, porque ha llegado la hora de que, con esta información, nuestro encéfalo se vea a sí mismo en plena acción.

Como si estuviéramos en parvulario...

Lo primero que nos viene a la mente es aprovechar toda esa actividad eléctrica para «leer» lo que está ocurriendo en nuestro encéfalo. El problema es que su actividad recuerda a la de un patio de colegio: si echamos un vistazo, veremos que no hay tanto orden como nos gustaría.

Cada niño va a su bola y cada neurona posee su propia actividad eléctrica, no tienen por qué parecerse a sus vecinas. Si queremos saber qué ocurre en el patio, no podemos abandonar a un solo monitor a su suerte. Está en tierra hostil y a su alrededor pasan demasiadas cosas como para que pueda hacerse una idea de lo que ocurre o saber de dónde vienen los gritos de auxilio, solo verá desorden. Necesitamos contratar a más profesores y repartirlos por todo el patio, a ser posible vestidos con cascos y chalecos antibalas. Así podremos controlar a los niños por separado, y veremos que se organizan en pequeños grupos, cada uno de los cuales juega a cosas diferentes. Esta es la base de las electroencefalografías: repartir electrodos por todo el cráneo para distinguir cómo varía la actividad de cada zona, midiendo las propiedades de las ondas eléctricas que registramos.

Ahora podemos relacionar los comportamientos del sujeto con la actividad que registre la electroencefalografía y como la electricidad se propaga muy rápido, recibiremos esos datos casi al instante. Sin embargo, a pesar de su perfecta resolución temporal, la electroencefalografía no es demasiado buena detectando qué zona exacta del encéfalo se está activando. Por un lado, se debe a que la electricidad se desvía un poco al tener que atravesar el cráneo para llegar hasta el electrodo. Por otro, los electrodos son pocos, muy grandes y están demasiado separados de la corteza como para saber qué neuronas concretas se están activando; no pueden abarcar todo el patio del recreo. No obstante, si queremos detectar grandes grupos de neuronas que se activan al unísono, como revueltas infantiles para reivindicar su derecho a la siesta, esta

es la técnica ideal. Por eso es perfecta para localizar focos epilépticos y nos ha enseñado cómo cambia nuestro cerebro durante el sueño, reduciendo la actividad al principio para volver a aumentarla al entrar en la fase REM.

Una alternativa ante la mala resolución espacial es la magnetoencefalografía, que funciona de manera similar, pero detectando campos magnéticos en lugar de eléctricos. Al no desviarse tanto a través del cráneo, los campos magnéticos proporcionan una mejor resolución espacial. Sin embargo, son mucho más débiles, por lo que para captar la misma cantidad de información tenemos que estar midiendo durante más tiempo, como si tratáramos de sacar una fotografía en un lugar oscuro. Si realmente queremos que nuestro encéfalo se vea a sí mismo formando un perfecto uróboros, necesitaremos ser precisos relacionando su actividad con su estructura, y para eso tenemos que encontrar una técnica rápida y con buena resolución espacial, o en palabras de Freddie Mercury: «Lo quiero todo y lo quiero ahora».

Cada neurona es un mundo La paradoja está en que, para tenerlo todo, tenemos que deshacernos de algo, concretamente del cráneo. Si no fuera por él, la resolución espacial de las electroencefalografías mejoraría tanto que parecería otra. Algunas técnicas hacen exactamente eso, y tras retirar un trozo de hueso, sitúan sobre el encéfalo una fina malla cargada de sensores. La buena noticia es que la precisión mejora muchísimo; la mala, que perdemos la visión de conjunto del resto del encéfalo, como si solo pudiéramos ver a través de una pequeña mirilla. Para resolver esto tenemos que pensar a lo grande, y la solución puede que se esconda en el mismo origen de la neurofisiología.

Antes de que existiera la electroencefalografía, una forma de detectar las corrientes neuronales era pinchando el cuerpo de una neurona con una micropipeta, un tubo rígido y tremendamente fino. Esta operación de precisión permitía registrar exactamente qué ocurría en su membrana, aunque estuviera un poco distorsionado por la despolarización de sus vecinas. La técnica era inmediata y muy precisa, pero la parte negativa era que la neurona empalada no sobrevivía demasiado después de atravesarla.

Sin embargo, lo que sí podía hacerse era pinchar el encéfalo con finos hilos que condujeran la electricidad hasta un sensor. Estos no empalarían las neuronas, se colarían entre ellas, por lo que todo parecen ventajas. De hecho, esta técnica existe y permite detectar cómo algunos grupillos de neuronas se activan siempre ante las mismas conductas o los mismos estímulos. La idea es buscar patrones repetidos en el tiempo: si ves a tu mejor amiga y la chica que te gusta juntas por la calle, puede que no signifique nada, que sea una coincidencia, pero si vuelves a verlas al día siguiente, y al siguiente, y al siguiente... tal vez esté pasando algo extraño (o sean siamesas). Es más, en esta técnica se basan la mayoría de las interfaces cerebro-máquina que permiten el control «mental» de las prótesis.

Por desgracia, pinchar cosas en nuestro encéfalo no es la mejor de las ideas, porque, aunque no lleguemos a ensartar ninguna neurona (cosa difícil), la presencia de un cuerpo extraño despierta a nuestro sistema inmunitario, que, intentando eliminar al intruso, acaba destruyendo el tejido nervioso que lo rodea. Esto significa que, aunque podemos usar estos hilos para confirmar milimétricamente los márgenes de un foco epiléptico antes de operar al paciente, tendremos que retirarlos cuanto antes para evitar que el daño sea irreversible, por lo que no dará tiempo de introducir demasiados electrodos. Nos encontramos entonces con el mismo problema que antes: nuestra visión del encéfalo queda limitada a una pequeña rendija.

Las buenas noticias son que Neuralink®, una empresa de Elon Musk, está desarrollando unos nuevos electrodos muchísimo más finos que los que habíamos utilizado hasta ahora. Su grosor es veinte veces menor que el de un cabello humano, cuatro micrómetros. Siendo tan pequeños, el daño neuronal es mínimo y si salen al mercado, puede que lleguen a resolver las limitaciones de esta técnica, pero mientras tanto no podemos vivir de un «quizá», y menos cuando depende de Mr. Musk.

Una personalidad magnética Siendo sinceros, no parece que la electricidad nos esté llevando muy lejos, pero tal vez el problema esté en nuestro enfoque. Nos hemos dedicado a registrar lo que hace el cerebro, esperando a que ocurra algo interesante que puede no llegar a suceder nunca, como en una película francesa. A veces, si queremos acción y precisión, tenemos que hacer las cosas nosotros mismos, y las ranas de Galvani tenían la clave.

Del mismo modo que él estimulaba los nervios de las ancas para estudiar su respuesta, podemos hacer eso mismo a gran escala con nuestro encéfalo. Algunas técnicas, como la estimulación cerebral profunda, implantan en el interior del cerebro electrodos que liberan descargas eléctricas controladas. Gracias a ellas, podemos tratar a pacientes con Parkinson estimulando las estructuras encargadas de producir dopamina, el neurotransmisor que les falta. Sin embargo, tenemos el mismo problema que antes: se trata de una intervención agresiva que no deberíamos usar a la ligera. Pero ¿y si pudiéramos evitar tener que clavar nada en el encéfalo?

Ya hemos visto cómo la electricidad del generador de Galvani viajó por el aire hasta llegar al bisturí, y por suerte, sabemos cómo repetirlo. En esto se basa la estimulación transcraneal con corriente directa (con alterna no sale la receta): consiste en poner dos electrodos sobre las zonas que queramos estudiar y hacer que pase una corriente del electrodo negativo al positivo atravesando piel, cráneo y encéfalo. Y, por burdo que sea, funciona, porque bajo el electrodo negativo la actividad neuronal se ve disminuida, mientras que bajo el positivo aumenta. Con esta técnica podemos silenciar o activar temporalmente nuestras funciones cognitivas, provocando, por ejemplo, pérdidas de visión o contracciones musculares involuntarias. Con ella podemos tanto resolver como

provocar problemas neurológicos, pero como ya nos ocurrió con la electroencefalografía, es difícil enviar electricidad en línea recta a través del cerebro, así que, por segunda y última vez, ¿y si usamos el magnetismo?

La estimulación magnética transcraneal consiste en colocar unas bobinas sobre la piel del cráneo y producir con ellas un campo magnético capaz de actuar instantáneamente y de forma precisa sobre nuestra corteza cerebral. La peculiaridad está en que los campos magnéticos solo inhiben la actividad neuronal, no la estimulan. Cuando concentramos un campo magnético sobre una estructura, sus neuronas empiezan a activarse sin ton ni son, perdiendo la coordinación e inhibiéndose, exactamente como yo cuando bailo, momento en que el sentido del ridículo me obliga a parar y alejarme todo lo posible del lugar del crimen.

A simple vista puede parecer que inhibir las funciones cognitivas no tenga demasiada utilidad, pero recordemos que, en su momento, la neurociencia avanzó mucho gracias al estudio de las lesiones de pacientes singulares que habían perdido alguna función cognitiva. Lo que la estimulación magnética craneal nos revela es lo mismo: la disociación doble, esto es, buscar lesiones que afecten a una sola habilidad y, a la vez, que la función perdida no dependa de otras estructuras neuronales. De este modo, podemos establecer una asociación clara entre ambas, una relación exclusiva que no se comparta con otros, como en las parejas monógamas o los archienemigos.



De izquierda a derecha: estimulación cerebral profunda y estimulación magnética transcraneal.

Al fin, la estimulación magnética transcraneal parece ser nuestra técnica soñada. Rápida, con una alta resolución espacial y sin tener que convertir el encéfalo en un pincho moruno. Gracias a ella hemos podido estudiar intensamente la relación entre la estructura de nuestra corteza cerebral y sus funciones. Con su ayuda hemos cartografiado la superficie del cerebro de un modo que otras técnicas no nos permiten. Y si digo «corteza cerebral» o «superficie del cerebro» es porque nuestra técnica perfecta

tiene una limitación: no es capaz de estudiar bien nada de lo que ocurra bajo la corteza cerebral. El motivo es que, aunque puede estimular áreas profundas del encéfalo, no hay manera de evitar que esos campos magnéticos afecten también a las estructuras que quedan justo por encima de ellas, por lo que con esta técnica somos incapaces de desligar los efectos de unas estructuras de otras. Nuestra búsqueda continúa con el corazón roto y un poquito menos de paciencia que antes, pero al menos, el uróboros ya tiene la cola a su alcance.

Lo importante está en el interior. Vistos los resultados, va siendo hora de olvidarnos de la electricidad y el magnetismo. Las técnicas electrofisiológicas han demostrado ofrecer información interesante, y han hecho que el uróboros se mordisquee un rato la cola, pero tiene hambre y necesita más. Tenemos que pensar en algo diferente, otra característica del encéfalo que podamos usar a nuestro favor, y resulta que, al igual que el mismo uróboros, el encéfalo está hambriento.

Un sistema nervioso consume más que una piara de adolescentes durante exámenes. Sin embargo, este apetito no es igual en todas las partes del encéfalo. Cuanto más se active una estructura, más nutrientes consumirá, es cuestión de supervivencia. Si pudiéramos ver qué zonas gastan más recursos, nos haríamos una idea de cómo se están activando. Ese concepto fue el que dio origen a la tomografía por emisión de positrones, o PET para ahorrar tinta. En ella le damos a un paciente un poco de fluorodesoxiglucosa, una molécula que el cerebro pueda usar como energía. Pero nuestra fluorodesoxiglucosa viene con sorpresa: hemos hecho radiactivo uno de sus átomos.

Como un caballo de Troya, la fluorodesoxiglucosa se acumulará en las neuronas más activas, hasta que su átomo radiactivo se desintegre, liberando dos partículas de luz que salen despedidas en direcciones contrarias. Al atravesar nuestro cráneo, las partículas son recogidas por un anillo de detectores que medirá la diferencia de tiempo entre el impacto de ambas. Así, podrá saber qué partícula ha tenido que viajar más tiempo y, por lo tanto, reconstruir dónde se separaron. Pareja a pareja, formará una imagen de nuestro encéfalo en la que podremos ver cómo se han distribuido las moléculas radiactivas, o sea, qué zonas están funcionando a máxima potencia.

Este método conceptualmente tan preciso es, espacialmente, mucho más preciso que cualquier estudio electrofisiológico, pero tampoco es perfecto. Por un lado, estamos sometiendo al paciente a radiación, por lo que no podemos edulcorar cada día nuestra vida con un poco de fluorodesoxiglucosa. El segundo motivo es que, si bien la resolución espacial es muy buena, la inmediatez se ha perdido por completo. La fluorodesoxiglucosa, que funciona como radiomarcador, tiene que viajar hasta la zona activa del cerebro y luego desintegrarse. Todo este proceso puede durar fácilmente cuarenta minutos durante los que el sujeto deberá mantener una misma actividad

cerebral. Por suerte, para los pacientes que no sean cinturón supernegro de meditación existe otra técnica: la resonancia magnética funcional.

Esta alternativa no utiliza radiación, y aunque se llame «magnética» no detecta los campos de las redes neuronales, sino que juega a pequeñísima escala con el magnetismo atómico. Unas enormes bobinas giran sobre sí mismas, creando un campo magnético que hace vibrar los átomos de hidrógeno de tu cuerpo. A continuación se cronometra cuánto tardan los átomos en volver a «quedarse quietos» y en función de ello podemos reconocer el tipo de tejido que estamos midiendo. Esto hace que la resonancia detecte con más intensidad la sangre arterial, cargada de oxígeno, antes que la venosa, a la que apenas le queda ya. La clave está en que, cuando usamos una estructura encefálica, los vasos se dilatan para llevar más sangre oxigenada a la zona. Tanta que supera las necesidades del propio tejido y la devuelve al corazón todavía con algo de oxígeno en ella. Esto hace que la proporción de sangre oxigenada aumente, creciendo con ella la señal que recibe nuestra máquina de resonancia. Una sesión de resonancia magnética puede durar treinta minutos, pero lo importante es lo rápido que detecta los cambios en la oxigenación. Mientras que el PET rondaba los cuarenta minutos, la resonancia magnética funcional registra cambios con apenas dos segundos de retraso, ocho si queremos esperar al pico máximo de intensidad.

Entonces, ¿es posible? ¿Hemos encontrado al fin el santo grial que permite relacionar función y estructura? No causa daño, tiene mucha precisión espacial, bastante resolución temporal y puedes ver todo el encéfalo en una sola imagen. En resumen, te presento al gran amor de la neurociencia.

Lo mejor de ambos mundos Y ya está, hemos terminado la búsqueda, tenemos la técnica definitiva para que el cerebro trace todas las recursiones cognitivas que quiera, observándose a sí mismo por los siglos de los siglos. Aunque, a decir verdad, ¿qué moraleja tendría que encontrásemos lo que estábamos buscando? El mundo no puede consentir tal cosa, es imperfecto y siempre que te lleva la contraria tiene algo de razón, así que más nos vale revisar todo con ojo crítico. En principio, la resonancia magnética funcional es fantástica y ha revolucionado el estudio de nuestras funciones cognitivas tal y como lo conocemos. Sin embargo, no estamos del todo seguros de que la estemos utilizando bien. Un ejemplo clásico es el del salmón empático, un pez que parecía responder a las emociones que mostraban las personas de unas fotografías que le enseñaban los investigadores. El resultado parecía concluyente: en su encéfalo se activaban consistentemente las mismas áreas, una vez tras otra. Aquel salmón parecía tener más habilidades sociales que tú y que yo (sobre todo, que yo) y habría sido un resultado revolucionario, si no fuera porque el salmón estaba muerto.

El caso del salmón se debió a un experimento diseñado para aprovecharse de la estadística, pero ese es precisamente el problema: una cosa es obtener datos crudos y

otra muy distinta es interpretarlos. No digo que rechacemos la técnica que tanto nos ha costado encontrar, pero es nuestra responsabilidad interpretar con cautela lo que la resonancia nos revela.

Por otro lado, también es cierto que algunos investigadores sostienen que los cambios metabólicos producidos por la actividad cerebral no son suficientemente grandes como para ser detectados por una resonancia o un PET, y abren la puerta a que estemos midiendo otra cosa. Justo por eso, es tan importante aprender que nuestro viaje no ha sido en balde, sino que las técnicas que hemos visto son complementarias, nos ayudan en caso de duda. Según la situación y lo que queramos medir, pediremos una u otra. Y si queremos abrirnos camino hasta lo más profundo de la selva, la única manera es combinando estas técnicas y muchas otras que no hemos visto.

Han sido necesarios muchos siglos hasta que un sistema nervioso ha podido mirarse cara a cara. Primero tuvo que organizarse desde un primitivo sistema neuroide hasta convertirse en un encéfalo. Luego necesitó aumentar su densidad neuronal y explotar su plasticidad para construir civilizaciones. Solo entonces ha podido cumplir el sueño del uróboros y estudiarse a sí mismo con detalle. Al fin tenemos las herramientas para hundirnos en la selva de sinapsis en busca de la respuesta a la pregunta con la que comenzamos el viaje: ¿qué tiene de especial nuestro encéfalo?

Pero hay algo que no te he dicho. El uróboros no se sacia porque hayamos empezado a descubrir lo que hay en nuestra mente, todo lo contrario. Antes del primer mordisco ya había olido la carne, pero ahora que ha probado la sangre, el frenesí está servido. Lo que ha aprendido solo lo empuja a querer saber más y ya no hay forma de pararlo.

Capítulo

6

Un mundo ahí afuera Querida, aquí tenemos que correr tanto como podamos para mantenernos en el sitio. Y si quieres ir a alguna parte, tienes que correr el doble de rápido.

LEWIS CARROLL, *Las aventuras de Alicia*

en el país de las maravillas Los rugidos de la hidra hacen vibrar la jungla. Son bramidos salvajes, pero también nos recuerdan que la bestia ha sufrido. Antes de desaparecer en la espesura de la selva, habíamos conseguido cortar un par de sus cabezas. La filosofía de la neurociencia y la biología evolutiva habían sido armas formidables, pero tras eso, perdimos de vista nuestro objetivo. Las preguntas que necesitábamos responder para derrotarla ya no dependían tanto de estas disciplinas, eran territorio de una neurociencia más pura, y ahora, sus cabezas se habían deslizado entre las sinapsis de la selva. Los valles y las colinas del encéfalo son más extensos en su complejidad que cualquier ecosistema conocido y, si queríamos volvernos a batir en duelo con el monstruo, teníamos que seguirlo jungla adentro entre dendritas y axones y eso, sin un mapa, era una misión suicida.

Por suerte, contamos con ese mapa. Hemos desarrollado técnicas de neuroimagen con las que revelar la actividad de nuestro encéfalo. Gracias a ellas pudimos ver con claridad algunos de los caminos que cruzan la selva. Rutas brillantes que, como auroras, bañaban las copas de los árboles, indicándonos por dónde ir. Cada camino es una historia diferente, una función cognitiva que diseccionaremos para entender qué la hace peculiar. La persecución por fin puede continuar, solo queda decidir por qué camino empezar la búsqueda.

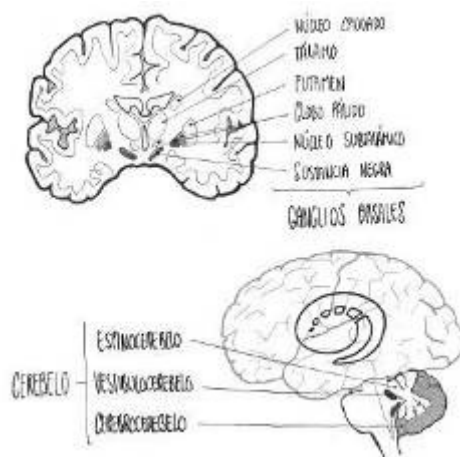
Todo sendero es bueno, podemos empezar desgranando cualquier función cognitiva, pero algunas son más fundamentales que otras. Si tenemos que construir un sistema nervioso desde cero, no empezaremos por la memoria o los sentimientos, porque todo eso valdría de muy poco si nuestro encéfalo no pudiera relacionarse con el entorno. Hace falta establecer vías de comunicación con el mundo exterior tanto en una dirección como en la otra, percibiéndolo y moviéndonos en consecuencia. Los sentidos y la motricidad son funciones cognitivas distintas, pero entrelazadas en lo más básico de nuestra biología. La evolución ha hecho crecer esos caminos a la par, uno motivado por el otro, porque sin el otro el uno se derrumbaría.

Imaginemos a un primitivo ser vivo solamente dotado de motricidad. Puede desplazarse, pero ¿hacia dónde? Nuestro hipotético animalillo no sabrá qué dirección tomar ni cuándo ha llegado a su destino si no puede recibir información del medio. Si nuestros sentidos se apagan, estaremos expuestos a todo tipo de peligros y, por mucho

que podamos movernos, no podremos esquivar lo que no sabemos que existe. Justo al lado, en nuestra imaginación, hay un segundo ser que puede percibir el mundo con detalle, pero no es capaz de controlar su cuerpo. Lo bueno es que no podrá sumarse a la moda de los *runners*, pero lo malo es que está condenado a ver cómo se acercan los peligros sin poder huir ni luchar y ¿para qué hacerle pasar por ese mal trago? Cualquiera de estos dos caminos es un buen inicio, así que, para ponernos en movimiento, empecemos por la motricidad.

Desde lo más profundo Los primeros organismos con sistemas motores no hacían gran cosa, poco más que seguir una cadena de acciones y reacciones. Con ellos aparecieron los primeros automatismos que les permitían huir ante una señal de alerta o acercarse a un prehistórico coulant recién hecho. Pero el tiempo lo complica todo y la red neuronal de automatismos acabó formando encéfalos enormes con funciones más sofisticadas.

Lo que para nosotros es un movimiento corriente supone para nuestro encéfalo toda una serie de procesos que tiene que combinar para que tú puedas pasar estas páginas, así que empecemos acotando nuestra búsqueda y centrémonos en las zonas donde se procesa la información: las conexiones entre neuronas. Podemos separar nuestro sistema nervioso central en materia gris y blanca. La blanca son axones recubiertos de mielina que transportan la información de un lado a otro, como cables, mientras que la materia gris es todo lo demás: los cuerpos neuronales y las sinapsis que transforman una información en otra, los procesadores. Esta materia gris es la que forma la corteza del encéfalo, pero en las profundidades, rodeada de blancos axones mielinizados, existen algunas islas grises de las que la divulgación ha hablado poco y es en ellas donde empezaremos nuestro viaje.



Anatomía de los ganglios basales y el cerebelo.

Estas islas se llaman ganglios basales y forman un archipiélago de estructuras más pequeñas, los núcleos. Lo más probable es que no hayas oído hablar de ellos porque la corteza se lleva toda la atención, pero estos ganglios son cruciales a la hora de iniciar y detener nuestros movimientos, dependiendo de qué vía siga el impulso eléctrico. Todo empieza cuando se activan dos vías que pasan por estos ganglios basales: la directa y la indirecta. Gracias a la activación de la vía directa podemos poner en marcha nuestros músculos y mantenerlos activos. De hecho, cuando falla, como ocurre en la enfermedad de Parkinson, los movimientos se vuelven entrecortados y lentos. La otra vía, la indirecta, será la que ponga fin a nuestros movimientos, y cuando no funciona bien, aparecen espasmos incontrolados. La enfermedad de Huntington, por ejemplo, produce la degeneración de la vía indirecta, haciendo que los pacientes sufran contracciones musculares involuntarias con las que sus extremidades se propulsan a máxima velocidad.

Junto con los ganglios basales, existe otra estructura indispensable para la motricidad y que también ha sido un poco ninguneada: el cerebelo, ese órgano con forma de berberecho mutante que se encuentra en nuestra nuca, debajo del cerebro. Su estructura es más compleja que la de los ganglios basales, así que lo dividimos en tres partes, cada una con su propia función. La primera es el vestibulocerebelo, encargado de mantenernos erguidos, corrigiendo la postura de nuestro tronco para evitar caernos de bruces a cada paso.

La segunda parte es el espinocerebelo, que recibe información sobre el resto del cuerpo y sus movimientos para así asegurar que estos sean fluidos, pero también lo utilizamos para «predecir» el resultado de nuestras acciones. Tu espinocerebelo calculará cuánto podrás levantar un cartón de leche de la mesa presuponiendo que este esté lleno. Sin embargo, si un desalmado se lo ha bebido a escondidas, te será sorprendentemente fácil levantarlo y notarás una sensación extraña. En este momento nuestros movimientos se ralentizan, dándonos tiempo para recalcular la situación y sentirnos tontísimos.

Finalmente está el cerebrocerebelo. Aquí se encuentran todas esas actividades complejas que hacemos sin pensar, como montar en bicicleta, escribir en un teclado, o utilizar tus runas sobre un basilisco de nivel 6. Son como un piloto automático que nos permiten dedicar nuestro encéfalo a cosas más importantes. Estas funciones son fundamentales para el movimiento, pero no parecen demasiado especiales, son como un *pack* básico y a nosotros nos interesa una motricidad más elevada, así que ¿por qué no subimos a la azotea?

En la superficie Desde la superficie del cerebro no hay grandes vistas, pero allí se encuentran las estructuras responsables de planear nuestros movimientos. Aquí todo funciona como una cadena

de mando repartida por la superficie del lóbulo frontal, bajo nuestra frente. Sabemos que nuestro cerebro trabaja por anticipado, que antes de actuar tiene que decidir qué quiere hacer, planear los movimientos y traducirlos a órdenes muy sencillas que los músculos puedan entender, todo un proceso que no lleva más de trescientos milisegundos.

El complejo motor suplementario es el jefe. Él representará de forma abstracta el movimiento que queremos realizar, por ejemplo, acariciar a nuestro perrete. El siguiente en la línea de mando es el área premotora, que concretará el ambiguo plan del jefe, porque no es lo mismo acariciar a tu mascota en el lomo que en la oreja y la mano tendrá que adaptarse a ello. En este momento solo nos quedan cien milisegundos para que se produzca el movimiento y todavía falta mucho por hacer.

Como de costumbre, el trabajo duro de verdad lo realizan los operarios. En este caso, la corteza motora primaria descompondrá las órdenes de su superiora en movimientos musculares concretos. De hecho, podemos ver que esta corteza está organizada de tal modo que cada una de sus subregiones controla una parte distinta del cuerpo y, lejos de estar hecha un Picasso, se ordenan de forma parecida a como están conectadas las partes de nuestro cuerpo. Las neuronas que controlan los músculos de nuestros pies están en la parte más alta del área motora primaria, y bajo ellas están las de las piernas, luego los muslos, el tronco, los brazos, hasta terminar en la cara. Esta distribución recuerda tanto a un pequeño hombrecillo colgado boca abajo que se le llama «homúnculo motor de Penfield».

Aunque, siendo sinceros, nuestro homúnculo es algo desproporcionado, pues no todas las partes del cuerpo merecen el mismo tamaño en la corteza. Aquellas sobre las que tenemos más control, como las manos, se extienden en una gran superficie, mientras que las más torpes apenas ocupan espacio. El resultado es un ser cabezón de manos y labios descomunales, pero con un cuerpecillo minúsculo. La buena noticia es que podemos cambiar estas proporciones gracias a la neuroplasticidad, aunque no lo suficiente como para ganar un concurso de belleza.

En cualquier caso, cada subregión de este homúnculo está compuesta por muchísimas neuronas y sabemos que todas tienen sus preferencias. Cada neurona mueve a su músculo en una dirección, disparando más rápido cuando el movimiento que queremos hacer coincide con su dirección favorita. Combinando unas y otras y regulando la frecuencia a la que se activan, puedes componer los movimientos más complejos imaginables (aunque tu biomecánica te suplica que no trates de innovar demasiado).

Sin embargo, al igual que en todo buen trabajo en cadena, en este tenemos a dos encargadas de controlar constantemente la producción. Una es la corteza frontal, que, al igual que la vía indirecta, se encargará de inhibir algunas respuestas motoras. La otra es

la corteza cingulada anterior, que vigila cómo progresan nuestros movimientos para corregirlos si el entorno cambia, por ejemplo, durante una persecución, inclinando cada vez más una jarra de agua a medida que la vertemos en un vaso o si vemos que nos hacen la cobra.

Chispas, neurotransmisores, ¡acción!

Una vez bien organizadas las instrucciones, toca enviarlas hasta los músculos a través de la médula espinal. Si hiciéramos rodajas de médula y la tiñéramos, veríamos que en realidad está compuesta por varias vías diferentes, como los carriles de una gran autopista. Dos de ellas se encargan de transmitir la información motora: la vía lateral, que controla los movimientos más delicados de las extremidades y la vía medial, que lleva la motricidad al tronco.

Este camino hasta los músculos es bastante tranquilo, salvo por una curiosidad: todas las neuronas de la vía lateral y parte de las mediales cambian de acera durante su descenso. Las que iban por la mitad derecha del cuerpo pasan a la izquierda, y viceversa. Por eso, cuando se daña la corteza motora derecha, se pierde el control sobre el lado izquierdo del cuerpo. Este extraño capricho se llama decusación y, aunque no sabemos para qué leches sirve, ocurre en la mayoría de los vertebrados.

De hecho, la mejor hipótesis hasta la fecha para explicarlo se basa en una curiosidad evolutiva. Los invertebrados no tienen médula espinal como tal, pero cuentan con un equivalente, los cordones nerviosos. La gran diferencia está en que estos cordones no viajan por su espalda, sino que se extienden a lo largo de su vientre. Así pues, la teoría del giro somático plantea que, durante su viaje hacia la espalda, la médula pudo verse obligada a retorcerse sobre sí misma produciendo la decusación.

Pasado el cruce, las neuronas continúan hasta llegar a la altura del cuerpo donde se encuentre su músculo de destino, pasándole el impulso eléctrico a una segunda motoneurona, que abandonará la autopista medular para anclarse sobre las fibras musculares, transformando el impulso eléctrico en una contracción muscular. La motricidad ha llegado a su fin, pero allí donde termina empiezan otras vías que, en lugar de llevar nuestro encéfalo hasta el mundo exterior, viajan en dirección contraria, trayendo el mundo exterior hasta nuestro encéfalo: el camino de los sentidos.

Hay que tener tacto Hasta ahora no hemos salido muy bien parados. Son muchos los animales que tienen una motricidad más desarrollada que la nuestra. Las cabriolas de una gacela o las acrobacias de un gibón son cosas que ni el mejor de los nuestros puede igualar. Sin embargo, no todo está perdido. Es hora de encender la luz y percibir el mundo a nuestro alrededor, porque, entrelazándose con la motricidad, se encuentran los sentidos. Al principio nos relacionábamos

con nuestro mundo a través de reflejos. Una neurona sensitiva recibía un estímulo que transmitía a través de una interneurona hasta una neurona motora, que generaba una respuesta automática. Sin embargo, ahora tenemos formas más sofisticadas de percibir el entorno, tenemos una gran variedad de sentidos y de formas para relacionarnos con el mundo.

Es posible que uno de los sentidos más antiguos sea el tacto. Imaginemos las dendritas de una neurona extendiéndose bajo la piel de un primitivo invertebrado. Cuando presionemos el tejido que las envuelve, las dendritas se deformarán, estimulando su membrana y activándose. Acabamos de transformar un estímulo mecánico en uno eléctrico, hemos introducido en nuestro cuerpo información sobre el exterior y ¡ajo!, no hablamos de forma hipotética, porque estas dendritas sueltas existen y se llaman «terminaciones libres». En la mayoría de los vertebrados, estas terminaciones libres cumplen la función de detectar el dolor, son nociceptores. Gracias a ellos puedes disfrutar de esos pequeños momentos de la vida en que te cortas con un papel, la mesa choca con tu espinilla o el teléfono se te cae en la cara.

Sin embargo, el tacto ha mejorado y las neuronas han construido estructuras a su alrededor para percibir diferentes sensaciones. Algunas de estas terminaciones se esconden justo bajo la superficie de la piel. Un ejemplo son los corpúsculos de Meissner, que se encargan de registrar las sutilezas como el tacto fino. Un caso parecido es el de los corpúsculos de Merkel, que se han transformado en receptores del tacto más burdo, adaptándose rápidamente y haciendo que olvidemos que esas gafas que estamos buscando las llevamos puestas en este instante. Otros receptores, en cambio, se hunden en las profundidades de la piel, como los de Pacini, sensibles a la vibración; los de Krause, receptores del frío, y los de Ruffini, que se activan por el calor.

Pero, cuidado, porque estas sensaciones no son propiedades del mundo, son nuestra percepción de las mismas. Por ejemplo, «calor» y «frío» son conceptos con los que simplificar la información. Para que te hagas una idea de lo personal que es la sensación de frío, pensemos en tu pasta de dientes. No importa la temperatura a la que esté, la sentirás fría porque el mentol que contiene hará que tus receptores de Krause se estimulen antes de lo que deberían: los hace más sensibles. Lo mismo pasa con la capsaicina de las guindillas, que reduce la temperatura a la que se estimulan los receptores del calor, haciendo que se activen antes de lo normal. Nuestra relación con el mundo exterior depende de la información que nos llega de estos interlocutores útiles, pero no cien por cien fiables. El encéfalo solo sabe lo que le dicen nuestros sentidos y existen muchas formas de engañarlos.

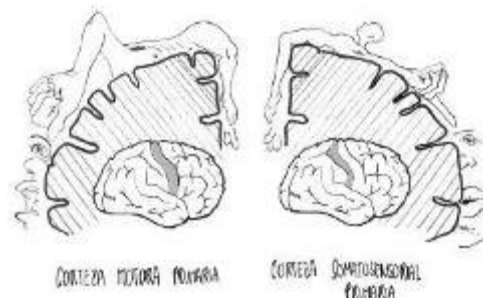
Sean o no un espejismo, los receptores recogen señales que tienen que enviar hasta el encéfalo y, para ello, vuelven a recorrer la autopista de la médula espinal, pero esta vez de abajo arriba y a velocidades diferentes. El dolor, por ejemplo, viaja a través de vías lentas, con poca mielina, avanzando entre cinco y quince metros por segundo. Puede

parecer rápido, pero la presión viaja por vías bien mielinizadas que son hasta catorce veces más veloces. Es por esto por lo que, cuando nos clavamos una chincheta, sentimos el dolor después del pinchazo asociado a él. En cualquier caso, antes o después, la mayoría de las señales llegan a la corteza somatosensorial primaria que, aunque un poco más atrás, discurre paralela a la corteza motora primaria y tiene una organización tan parecida que hasta cuenta con su propio hombrecillo contrahecho, el homúnculo sensitivo, que, si bien no es idéntico al motor, podrían pasar por hermanos, dos hermanos muy feos.

Los sentidos perdidos Si nos fijamos bien, los homúnculos no solo son feos, sino que están completamente huecos. Les falta información sobre el interior de nuestro cuerpo y para eso tenemos la propiocepción. Si todavía no la conoces, que sepas que parte de la culpa es de Aristóteles. Cuando en el colegio nos enseñan que existen cinco sentidos, nos están hablando solo de los aristotélicos. La propiocepción es uno de los sentidos que a Aristóteles se le olvidaron y nos dice qué tal le va a nuestro cuerpo, si tu pierna está estirada o flexionada, o cuánta presión ejerces con tus brazos. Sin ella, sería muy difícil controlar nuestros movimientos o nuestra fuerza.

Por ejemplo, los receptores de Golgi penetran en los tendones que unen el músculo a los huesos y, cuando se deforman, disparan descargas eléctricas para indicar que el músculo está en tensión. Estos son los receptores que nos protegen cuando estamos estirando demasiado un músculo, obligándonos a contraerlo en el llamado reflejo miotático, que es el motivo por el que damos una patada cuando el médico golpea nuestra rodilla. Por otro lado, si el músculo está demasiado contraído, se activa el reflejo miotático inverso, que lo relajará automáticamente, haciendo que se nos caiga la mancuerna en el pie.

Algo más precisos son los sensores de los husos neuromusculares, receptores situados entre las fibras del músculo que nos informan sobre nuestra postura exacta midiendo la velocidad a la que se contrae dicho músculo y cuánto ha cambiado su longitud. Sin embargo, mientras estemos estirados, estos receptores no pueden distinguir si nos encontramos tumbados o de pie, y para eso necesitaremos un nuevo sentido, uno que nos sirva de nivel.



Aquí es donde entra el equilibrio, el séptimo sentido. Para conocerlo tenemos que llegar a lo más profundo de nuestro oído. Allí hay estructuras como el utrículo o el sáculo, que nos indican si estamos tumbados o de pie, y otras, como los canales semicirculares, que detectan cómo cambia nuestra orientación, si giramos, aceleramos o nos caemos, aunque de esto último nos terminarían avisando los nociceptores. Todas estas estructuras contienen un líquido llamado endolinfa, en el que se encuentran las flexibles y alargadas células pilosas que, precisamente, reciben su nombre por recordar a un pelo. Cuando nos movemos, la endolinfa las arrastra como si fueran algas llevadas por el oleaje, y en función de hacia dónde se tensan, estimulan unas neuronas u otras, permitiendo a nuestro encéfalo deducir hacia dónde nos estamos moviendo.

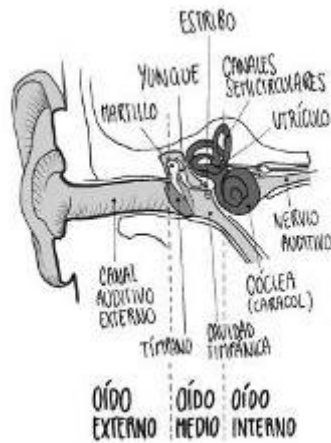
El equilibrio es un sentido complejísimo que establece relaciones con muchas estructuras neuroanatómicas con el objetivo de compartir información valiosa que nos permita entender cuál es la orientación exacta de nuestro cuerpo y cómo corregir pequeñas desviaciones. Gracias al equilibrio sabemos cuánto hemos de contraer los músculos de nuestra espalda para no caernos hacia un lado, y así los ojos pueden contrarrestar los giros de nuestra cabeza, manteniéndose quietos y dándonos una imagen más o menos fija del mundo.

El equilibrio y la propiocepción son tan importantes que, cuando fallan, los pacientes no pueden mantenerse derechos. Sus músculos funcionan, pero ya no saben cómo usarlos. Sin embargo, todos los sentidos que hemos visto hasta ahora tienen un enorme punto ciego: todo aquello que no te esté tocando.

Escúchame bien Los tiburones tienen una especie de tacto a distancia con el que detectan las corrientes, pero nosotros no tenemos esa suerte y recurrimos a otro tipo de sentidos, como el oído. Gracias a él, podemos percibir el sonido y distinguir los pasos de un enemigo sobre la hojarasca o el tono de tu teléfono en medio del barullo de un apocalipsis zombi.

El oído es un sentido mucho más complejo que los anteriores. En primer lugar, el órgano que hemos tenido que crear para detectarlo es una verdadera obra de ingeniería. El sonido son ondas producidas por la compresión del aire que entran por el oído golpeando el tímpano como si llamaran a una puerta. Esa puerta está conectada a la cadena de huesecillos, que, como si fueran el palo de una zambomba, transmiten las vibraciones hasta una membrana, la ventana oval. A su vez, esta membrana está unida a la cóclea, una estructura con forma de caracol y rellena de líquido. Cuando la membrana vibra, comprime el líquido, generando corrientes que viajan a lo largo del caracol. A su paso, estas compresiones inclinan pequeñas células pilosas como si fuera viento soplando sobre la hierba. Al doblarse, las más cercanas a la ventana oval detectarán los sonidos más agudos y las más lejanas, los graves. Entre un extremo y otro

se extienden todos los tonos intermedios, ordenados de agudos a graves, como las teclas de un piano. ¿Es o no es una catedral anatómica?



Anatomía del oído externo, medio e interno.

Y llegados a este punto, toca meternos en harina. ¿Cómo desencriptamos toda esa información? ¿Cómo podemos saber de dónde viene el sonido? La clave está en que los sonidos no llegan a la vez a las dos orejas, sino que primero alcanzan la oreja más cercana y solo un instante después, el llamado tiempo interaural, llegan a la otra. El encéfalo es tan increíble que puede detectar tiempos interaurales con una precisión de dos milisegundos y todo gracias a las olivas superiores, en el tronco del encéfalo.

Cuando los estímulos auditivos llegan a ellas, comienzan a correr uno hacia el otro a través de las líneas de retraso, unas vías que conectan ambas olivas como una carretera de un solo carril. El estímulo que antes llegue a su oliva podrá avanzar más por la línea de retraso antes de chocar con su rival del lado opuesto. Nuestro tronco del encéfalo es capaz de detectar el lugar del choque, intuyendo que, si está más hacia la izquierda, querrá decir que el impulso derecho ha llegado más lejos y, por tanto, el sonido habrá venido de nuestra derecha. Nuestra respuesta es tan rápida que ni siquiera llega a ser consciente, instintivamente calculamos todo esto y, asustados, giramos la cabeza hacia la fuente del estrépito.

Pero captar el sonido es mucho más que saber de dónde viene el peligro: ayuda a reconocerlo. Un león y un cocodrilo no suenan igual, se diferencian por cualidades que solo nuestra corteza auditiva es capaz de procesar. El haz de neuronas que salió de nuestra cóclea llega en tropel a la corteza auditiva primaria, que nos cuenta lo fuerte que ha sido el sonido, pero, sobre todo, detecta su tono. De hecho, esta corteza está ordenada como la cóclea y sus neuronas más anteriores se activarán ante tonos agudos, mientras que las posteriores se encargan de detectar los graves.

Sin embargo, todavía no podremos saber qué predador es el que nos acecha, porque el tono no lo es todo. Para condimentar nuestro sentido del oído están las cortezas auditivas secundaria y terciaria, que detectan el ritmo calculando el tiempo que pasa entre las notas, o reconocen el timbre, llamando a tu puerta. Hecho el chiste, hay que decir que el timbre es una propiedad del sonido muy curiosa que nos permite distinguir dos instrumentos tocando la misma melodía o a una soprano de otra. Es lo que hace que un clarinete sea un clarinete, y una zanfoña, una abominación. Aunque toquen el mismo tono, este no es puro, está superpuesto con otros tonos llamados armónicos, que son distintos en cada persona o instrumento, haciendo que el timbre sea una combinación única de estos. En cualquier caso, que el timbre, el ritmo y el tono sean procesados por estructuras diferentes hace que existan personas capaces de distinguir un do de un re, pero absolutamente arrítmicas, o personas con un sentido alucinante del ritmo que sencillamente no pueden discernir entre un gato y un niño tocando el violín, aunque esto último no siempre se deba a un problema neuronal.

En cualquier caso, el análisis de todas estas propiedades no es exclusivo de los humanos. El ave lira (*Menura novaehollandiae*) es capaz de imitar el tono y el timbre de otras aves e incluso de artefactos mecánicos como una motosierra, y hemos visto cómo muchas especies de animales son capaces de seguir el ritmo mejor que yo, como Ronan, un león marino californiano (*Zalophus californianus*) de lo más bailongo, que os aconsejo buscar en internet para que os anime la semana.

Probando, probando...

Es posible que a estas alturas te estés preguntando «¿para qué tantos sentidos?». Y en parte tienes razón, pero por otro lado es como decir: ¿si ya tenemos cucharas, para qué queremos tenedores? Por supuesto que puedes usar una cuchara para llevar trozos de chuleta hasta tu gaznate, pero si usas un tenedor, todo será más rápido, más limpio y posiblemente menos perturbador para el resto de los comensales. El sonido está bien porque te avisa con tiempo sobre la presencia de un enemigo, pero no todos los peligros hacen ruido, algunos se ocultan en tu comida.

En estos casos contamos con el gusto, el encargado de alertarnos sobre venenos, comida en mal estado o el infame cilantro. Distinguir cinco sabores no es un capricho culinario. Salado, dulce, ácido, amargo y umami, cada uno tiene un sentido evolutivo. Por ejemplo, el sabor amargo es característico de algunos tóxicos, el ácido de alimentos en mal estado, y el umami nos dice dónde encontrar proteínas. El detector en este caso es nuestra boca, no solo la lengua, porque, aunque la mayoría de las papilas gustativas se encuentran en ella, también están presentes en los labios, el paladar y los carrillos. Todas las papilas son importantes y están formadas por entre cincuenta y ciento cincuenta células, presentando cada una un mosaico de receptores diferentes. Y sí, esto

quiere decir que todas las papilas pueden detectar todos los sabores y que, por lo tanto, ese clásico mapa de la lengua es falso.

Sea como fuere, llegará el momento en que estos detectores se activen y envíen la información hasta la corteza. Pero si crees que siguiendo estos consejos puedes disfrutar de la comida, estás muy equivocado. Cuando saboreamos una empanada gallega son muchas cosas las que sentimos. Oímos cómo cruje, notamos su textura y, por supuesto, su gusto. Pero el sabor es algo complejo, pues en la lengua los receptores solo detectan los cinco sabores primarios y está claro que cuando la paladeamos descubrimos algo más que su mezcla. Algunos estudios recientes apuntan a un sexto sabor relacionado con la detección de la grasa, pero este tampoco respondería a nuestra duda. Lo que buscamos está en otro sentido: el olfato.

Sin nuestro olfato, la empanada sabría a rayos, como cuando nos acatarramos. Son los aromas de su cebolla o los azúcares tostados en su corteza lo que nos permiten reconocerla como una verdadera empanada gallega. Claro que, para esto, tiene que llegar a nuestra nariz de algún modo. Normalmente, el aire transporta pequeñas partículas de lo que nos rodea, pero cuando estamos masticando algo, se satura con aquellas partículas liberadas por la comida de la boca. Esta tormenta de químicos concentrada en nuestra nariz es detectada por el epitelio olfatorio. Más en concreto, los verdaderos receptores son sus dendritas, totalmente expuestas al aire si no fuera por el moco que las cubre. Estas no se conforman con cinco receptores como la boca, sino que cuentan con trescientos cincuenta, que aun siendo tres veces menos que los de un perro y cuatro menos que los de una rata, son suficientes para dar trabajo a miles de estirados sumilleres.

Cuando seguimos a estas dendritas hasta la corteza, encontramos que se disponen siguiendo un orden especial. Los aromas similares son detectados por neuronas cercanas y no solo para economizar las conexiones, sino por un fenómeno mucho más familiar: la inhibición lateral. Siguiendo con la empanada, una de las principales claves para prepararla es no pasarse con ninguno de los ingredientes del relleno. Demasiado azafrán matará el sabor del bonito, así que hay que encontrar el equilibrio para que ningún aroma eclipse al resto. El motivo es que, cuando un aroma predomina, sus receptores se saturan y activan al máximo las células granulares, que inhiben a otras neuronas cercanas, eclipsando el resto de los olores. Sin embargo, si hemos conseguido una buena proporción entre los ingredientes de nuestra empanada, una tormenta de placer gastronómico recorrerá nuestros axones hasta llegar a la corteza olfatoria en el lóbulo temporal. Quién sabe, puede que hasta nos haga evocar el sonido de unas cuantas gaitas.

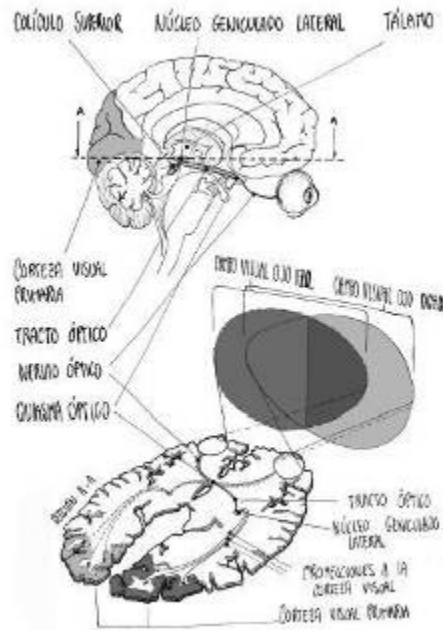
El olfato es uno de los sentidos más poderosos estimulando emociones y recuerdos, y uno de los motivos es que la corteza olfatoria está muy bien conectada con las

estructuras que procesan nuestras emociones, aunque tampoco es un sentido perfecto. Gracias al olfato, animales mucho más hábiles que nosotros pueden seguir rastros dejados hace días a lo largo de kilómetros, pero es un método terriblemente lento de interaccionar con el entorno.

El sentido que nos queda es tan útil que ha aparecido varias veces de manera independiente en el reino animal, es inmediato, tremendamente preciso y el favorito de nuestra especie: la visión.

Ya no lo veo tan oscuro Todo empezó con los ocelos, pequeños receptores que detectaban la luz justa para distinguir el día de la noche o la superficie del fondo del mar, pero si queríamos ver detalles, necesitábamos algo más sofisticado, un ojo propiamente dicho. El concepto de ojo ha aparecido varias veces de forma independiente durante la evolución, pero siempre compartía una idea en común: su interior es la cámara perfecta para proyectar películas. Si la luz quiere entrar en el ojo, solo tiene una forma de hacerlo: atravesando el agujero de su centro, la pupila. El haz de luz que lo consigue viaja atravesando estructuras transparentes, como el cristalino, que corrige la dirección de los rayos para que, cuando se proyecten sobre la retina (la parte trasera del ojo), estén enfocados.

Y aquí es donde empieza la neurociencia, porque en la retina tenemos dos tipos de receptores muy diferentes. Por un lado, se encuentran los conos, encargados de detectar el color, unos seis millones de receptores concentrados en la parte central de la retina, llamada fovea, que la dotan de su gran agudeza visual. Estos pueden contener tres pigmentos distintos, haciéndolos sensibles a la luz roja, la verde o la azul. La combinación de estos tres colores da lugar a la amplia gama que conocemos y la verdad es que podemos estar orgullosos, tenemos una buena visión diurna que aparentemente nos sirvió para encontrar frutos maduros cuyo color contrastaba con las verdes copas de los árboles.



Vías visuales.

Por otro lado, tenemos lo contrario: los bastones, ciento veinte mil fotorreceptores repartidos por toda la retina que responden al movimiento y trabajan en equipo combinando los pocos fotones que les llegan de noche, con lo que nos permiten ver en la oscuridad. De hecho, son tan sensibles a la luz que necesitan un botón de desconexión para que la claridad del día no nos ciegue. Para que los bastones funcionen al cien por cien tienen que acumular rodopsina, una molécula que se destruye con la luz. Es por eso por lo que, cuando nos hemos acostumbrado a la oscuridad de nuestro cuarto, encender la luz de la mesilla es una tortura. Solo nos adaptamos a la luz cuando toda esa rodopsina acumulada ha desaparecido, igual que nuestras ganas de levantarnos.

Si todo esto te ha parecido mucha información, puedes hacerte a la idea de cuánta estará recibiendo la retina con todos esos fotorreceptores. De hecho, para simplificar tanto estímulo, la propia retina empieza a procesar toda esta información. Grandes conjuntos de fotorreceptores se reúnen en regiones llamadas campos receptivos. Cuando iluminamos todo un campo receptivo por igual, la señal que se envía al cerebro es normal, pero si solo iluminamos los fotorreceptores del centro del campo, notaremos una luz más intensa, y si solo rozamos la periferia, el estímulo se inhibirá. Gracias a esto le damos más importancia a las regiones donde la información cambia, como los bordes de los objetos y coloreando su interior con nuestros conos. Al salir del ojo, toda esta información visual sale a través del nervio óptico y arremete contra el encéfalo, que para lidiar con ella aplica la táctica de divide y vencerás.

No existe un único centro de la visión en nuestro encéfalo, las vías visuales se ramifican para procesar el estímulo de formas distintas. Por ejemplo, los núcleos supraquiasmáticos serán los encargados de hacer la función de aquellos ocelos: detectar los cambios entre el día y la noche, marcando así nuestros biorritmos. Estos son los culpables de que la luz que entra por la ventana nos despierte, incluso si tenemos los párpados cerrados. Mientras tanto, la información visual relacionada con el movimiento se integra en el tronco del encéfalo, que la utilizará para orientar nuestros ojos de forma inconsciente, haciendo que el estímulo se proyecte automáticamente en el centro de la retina. Pero dentro de estas ramificaciones hay una que asociamos popularmente con la visión y que conocemos mejor que ninguna otra estructura: la corteza visual primaria.

Nos encontramos en el lóbulo occipital, bajo la nuca, y si sientes un placer enfermizo por el orden, te aconsejo que te sientes y disfrutes del viaje, porque esto es una maravilla. Dentro del aparente caos de la selva de sinapsis, esto es un jardín botánico donde las especies están clasificadas por orden alfabético, colores, tamaño o incluso frondosidad. Para empezar, está formado por seis capas de neuronas, cada una con su tarea y conectadas para, entre todas, potenciar los estímulos más relevantes y omitir el resto. A su vez, en cada una de estas capas hay una representación invertida, pero exacta de nuestro campo visual, de tal modo que dos neuronas contiguas en la retina conectan con otras dos vecinas de la corteza.

Pero hay más, porque a las neuronas les gustan las rayas, pero solo cuando están orientadas de una forma determinada. Algunas se activan cuando ven rayas verticales, otras disparan con las horizontales, otras si se inclinan 45 grados... Tenemos inclinaciones para todos los gustos y aquí viene lo genial: también están ordenadas, porque cada una estará rodeada por las que detecten el ángulo más cercano al suyo haciéndose más diferentes a medida que nos alejamos. De hecho, en algunos tipos de migrañas, estas células se activan a lo loco, haciendo que los pacientes vean líneas donde no debería haberlas. En cualquier caso, combinándolas podemos terminar el trabajo empezado en la retina y perfilar el contorno de los objetos e incluso darles color. Pero a nuestra imagen le falta realismo, como las texturas, que se encargarán de analizar las cortezas visuales secundaria y terciaria, que rodean a la primaria. Sin embargo, estos detalles solo nos ayudan a representar el mundo en nuestro encéfalo, pero no lo interpretan. Para eso, contamos con dos vías que salen del lóbulo occipital: la vía «qué» y la vía «cómo».

La vía «qué» desciende por el lóbulo temporal y nos ayuda a reconocer qué estamos viendo. Nos permite hacer paquetes con la información que tenemos y verlos como un todo. Mucho pelo, un hocico afilado y unas orejas puntiagudas serán, en conjunto, un perro. De hecho, si se lesiona, los sujetos pueden seguir describiendo cada cosa que ven, pero no son capaces de unir todas las piezas del rompecabezas. Junto con la vía «qué» trabajan otras zonas como el complejo lateral occipital, que generaliza lo que vemos

para que podamos reconocer cualquier perro sin importar la distancia a la que esté, si está de espaldas o si es un dibujo; o como el área fusiforme, que si deja de funcionar, perderemos la capacidad para distinguir una cara de otra padeciendo la llamada «prosopagnosia».

Para poner todo esto en contexto, tenemos a la vía «cómo» (o «dónde»), que asciende por el lóbulo parietal. Con ella vemos la profundidad de los objetos y creamos mapas usándolos como puntos de referencia. Por ejemplo, en el hemisferio izquierdo, esta vía busca relaciones categóricas como «mis piernas están *debajo* del libro»; mientras que el hemisferio derecho establece relaciones métricas como «mis piernas están a *menos de veinte centímetros* del libro». De este modo construimos una representación del mundo y nos ubicamos en ella, amueblándola con todos los objetos que nuestros sentidos han ido detectando. Y ojo, porque toda esta información viaja en ambos sentidos, de arriba abajo y de abajo arriba, retroalimentándose y condicionando qué y cómo lo vemos, sobre la base de lo que acabamos de percibir. Ya podemos movernos sin miedo a caer por un terraplén o sentarnos sobre un oso enfurecido. A fin de cuentas, esa era la idea desde el principio.

Perdiendo el norte Al menos esto es lo que se creía hasta hace relativamente poco, pero ahora sabemos que existe un sentido de la orientación en sí mismo. Para saber dónde nos encontramos no solo dependemos del resto de los sentidos, sino que tenemos una serie de células muy especiales en nuestros hipocampos. Las células de posición, por ejemplo, son neuronas que solo se activan cuando nos encontramos en un lugar determinado del espacio, como si fueran las casillas de un tablero de ajedrez. Desde entonces se han descubierto otras neuronas específicas de la orientación que ayudan a tomar puntos de referencia, determinar tu velocidad o hacia dónde estás mirando. Lo más curioso es que la mayoría de ellas se encuentran en el sistema hipocampal, hundido en la profundidad del lóbulo temporal; una estructura que ya sabíamos que aumentaba de tamaño (o era naturalmente más voluminosa) en personas que dedicaban su vida a profesiones que necesitaban un buen sentido de la orientación, como los taxistas.

¿Qué más sentidos se esconden? Algunos investigadores apuntan a que pueden existir neuronas del tiempo que nos ayuden a detectar su paso, pero todavía queda mucho por descubrir sobre ellas. Lo que sabemos a ciencia cierta es que nuestros sentidos no son nada del otro mundo. Después de analizarlos hemos podido ver que no hay nada en ellos que no exista ya en otros animales. De hecho, lo que sí hemos descubierto es que nos faltan sentidos. No somos capaces de detectar campos eléctricos, como hacen los tiburones, ni de ver la radiación ultravioleta, como los renos. Los murciélagos pueden conocer la textura de un objeto solo a partir del oído, y los mapaches, pescar con el tacto. Existen pájaros que migran siguiendo las líneas del campo magnético terrestre y anguilas que se orientan para nadar ocho mil kilómetros hasta volver al lugar exacto donde nacieron.

Puede que lo que nos hace especiales no se encuentre en estas funciones cognitivas tan fundamentales. Sin embargo, a medida que exploremos funciones más elevadas encontraremos reflejos de humanidad y tendremos que ponerlos a prueba para ver si son reales o tan solo un espejismo. Por ahora tenemos un encéfalo capaz de movernos y de percibir el entorno, podemos hacer lo que queramos e ir a donde nos apetezca, pero si no tenemos voluntad, ¿qué es lo que queremos? Es hora de explorar un nuevo camino a través de la selva.

Capítulo

7

¿Sientes lo que yo siento?

Déjame hablarte del miedo. Tu corazón late tan rápido que lo siento a través de tus manos. Hay mucha sangre y oxígeno bombeando a tu cerebro, es como combustible de cohetes. Ahora mismo puedes correr más deprisa y saltar más alto que en toda tu vida. Y estás tan alerta que es como si pudieras ralentizar el tiempo. ¿Qué tiene de malo estar asustado?

PETER CAPALDI, *Doctor Who* ¿Para qué? Una pregunta trampa que nuestro cerebro nos hace en los días malos. ¿Para qué levantarnos? ¿Para qué ir a trabajar? ¿Para qué ver una película? Nuestro interior se oscurece hasta que no somos capaces de ver a través de él. No sabemos qué queremos, y es posible que no queramos nada. Las ganas de hacer todo aquello que nos gusta se han esfumado y ya no nos importa lo malo ni lo bueno. Nos sentimos como un cascarón vacío porque en el fondo nada tiene demasiado sentido. El nihilismo se aprovecha de nuestra guardia baja y nos atenaza. Ahora los motores que mueven el mundo nos parecen caprichos, juegos que nos imponemos sin demasiado sentido: aprobar un examen, triunfar en el trabajo... Podríamos levantarnos de la cama en cualquier momento, tenemos los músculos para hacerlo y los sentidos para guiarnos hasta la ducha, pero lo que no tenemos es un motivo.

Todas las personas hemos vivido momentos o temporadas en los que nos sentimos así, emocionalmente agotados. Sin embargo, creo que esto sería el día a día de esos genios inventados por la literatura, cuyas mentes brillantes parecen no tener espacio para los sentimientos. Porque si en ellos todo es intelecto, como describen sus autores, ¿qué los motiva? Si deciden resolver crímenes o diagnosticar pacientes, es porque sí tienen emociones y su labor les hace sentir algo que quieren que se repita, o tal vez huyan de una sensación negativa que se esfuma con el trabajo. En cualquier caso, hablamos de emociones y estas nos mueven cada día, acercándonos a lo que nos gusta y alejándonos de lo desagradable. De hecho, sin emociones la supervivencia se complica, porque puedes saber que te estás deshidratando, pero lo que te hace beber es querer dejar atrás esa emoción negativa que produce la sed.

Puedes preguntarte por qué, si las emociones nos mueven, a veces decidimos hacer lo contrario a lo que nos dictan. ¿Por qué madrugas cada mañana a pesar de sentir que quieres quedarte durmiendo? ¿Es cosa de la razón? En cierto modo sí, es el intelecto el que te dice que has de sobreponerte, porque si no te levantas, te despedirán y entonces te sentirás peor por eso que por el hecho de tener que madrugar. Predecimos un sentimiento negativo que nos parece más importante que las ganas de quedarnos en la cama. Las emociones nos motivan y son una de nuestras funciones cognitivas más básicas, porque sin ellas ¿por qué íbamos a querer sobrevivir?

Los pequeños caprichos de la vida Vivir no es algo racional. El mismo instinto de supervivencia está codificado aprovechando las emociones, y pocas cosas nos motivan tanto como el miedo. Una de las respuestas típicas al peligro es la de «lucha o huida», que consiste en que, ante un estímulo peligroso, el hipotálamo, en la base de nuestro cerebro, activa el sistema nervioso autónomo. Este trabaja de forma inconsciente, regulando el funcionamiento de nuestros órganos: las contracciones del tubo digestivo, la secreción de sustancias, el latir del corazón.

Normalmente, nuestro sistema nervioso autónomo equilibra sus dos personalidades más extremas. Por un lado, el sistema simpático se encarga de aumentar nuestro ritmo cardiaco y ponernos a tono para una pelea o una notificación de Hacienda. Por otro lado, el parasimpático nos deja como si nos acabáramos de dar un baño caliente con burbujas, velas aromáticas, cantos de ballenas y la férrea convicción de que cumpliremos nuestros propósitos de año nuevo. Este tira y afloja entre ambos es lo que nosotros percibimos.

Cuando el sistema simpático funciona a máxima potencia, notamos que el corazón se nos va a salir del pecho y el estómago está hecho un gurrño. Esto es lo que se activa cuando sentimos que nuestra vida peligra, y nos empuja a tomar medidas para sobrevivir. Las emociones nos mueven mucho más de lo que creemos y tienen un peso importantísimo en la mayoría de las decisiones que tomamos.

Y ya no hablo de decisiones vitales como a qué dedicarse o si ponerle piña a la pizza, me refiero a cosas banales. Sin emociones, imagina el infierno de tener que tomar todas tus decisiones basadas solo en la lógica. ¿Por qué levantarse a las 7:00 y no a las 7:01? ¿Cuántos son los pasos óptimos para llegar al baño? ¿En qué orden enjabonarse? Necesitarías infinidad de datos que no tienes y llegar al trabajo sería una aventura intelectualmente extenuante. Para evitar esto, necesitamos una vía rápida que nos permita poner el piloto automático, seguir nuestro instinto para actuar más y pensar menos.

Los seres humanos hemos creado una ficción en la que razón y emoción funcionan por separado, pero la realidad refleja algo diferente: trabajan juntas, siempre, aunque en distintas proporciones. Nuestra mente es mucho más irracional de lo que creemos, tomamos constantemente decisiones emocionales y luego las vestimos con un manto racional. Por eso triunfan las pseudociencias o la religión: no importa cuántas razones podamos darle a alguien para demostrarle que está en un error, para ellos el problema nunca ha orbitado en torno a la razón, se trata de lo que sienten, que motiva mucho más.

Nos justificamos con un relato racional que creemos a pies juntillas, pero los procesos mentales que hay bajo nuestro cráneo no son así. Admitámoslo, no ves ese programa de cotilleos porque sea «un estudio sociológico». Nuestro encéfalo no está formado por

compartimentos estancos (como algunos siguen sosteniendo) y el intelecto no suele tener el papel protagonista en nuestras decisiones.

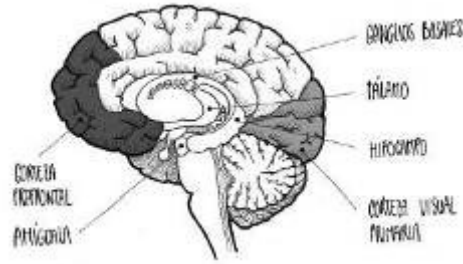
Es más, todavía hay quien afirma que nuestro encéfalo se divide en tres estructuras que se han ido añadiendo con la evolución. El cerebro reptiliano, formado por la unión del tronco del encéfalo y el cerebelo, estaría encargado de los instintos y los automatismos corporales. El cerebro mamífero, por otro lado, se ocuparía de las emociones. Finalmente, como una capa de glaseado perfectamente delimitada, estaría el cerebro racional, formado por nuestra corteza. Esta perspectiva es pura charlatanería. Ya has visto que la evolución no añade cosas en capas, sino que modifica estructuras ya presentes alterando todo en su conjunto. Las distintas partes del encéfalo cambian y trabajan en sinergia con muchas otras. Y ahora sabes que las emociones y la razón no son funciones cognitivas independientes, sino que se engranan en equilibrio para permitirnos tomar decisiones.

Es toda una experiencia vivir con miedo Normalmente se habla de cinco emociones universales. Tan solo cinco, pero presentes con ligeras diferencias en cualquier cultura del planeta e incluso en otras muchas especies de animales. En un primer momento solo se trataba de una clasificación hecha por el psicólogo Paul Ekman que se basaba en un análisis de las expresiones faciales de personas de distintas culturas. Sin embargo, ha acabado siendo útil para acercarnos a los procesos neurológicos que hay tras ellas y, en nuestro caso, para dar una pincelada sobre cómo funcionan las emociones.

Miedo, felicidad, tristeza, ira y asco. Eso es todo. Supuestamente, el contexto en el que se producen y la mezcla de las cinco es lo que nos da la riqueza sentimental que conocemos: morriña, esperanza, o esos sentimientos alemanes que parecen un colapso de la glotis, como *Waldeinsamkeit* o *Fernweh*. Esos complejos cuadros emocionales que tanto nos puede costar interpretar son el resultado de combinar las cinco emociones básicas, cada una de las cuales tiene su propio sentido evolutivo, aunque tal vez la que tiene un origen más evidente sea, como ya hemos mencionado, el miedo.

Miedo, terror, sensación de peligro. Independientemente de sus connotaciones culturales, todo ello tiene un sustrato biológico común. La idea es poder evitar o contraatacar aquello que suponga un riesgo, en lugar de quedarnos viendo cómo nos devoran en cómodos plazos. Si tenemos que señalar una estructura «culpable» de esta emoción, posiblemente apuntemos a las amígdalas, unos pequeños abultamientos en la parte inferior del encéfalo que reciben información de dos vías muy diferentes. Por un lado, le llegan estímulos muy genéricos desde el tálamo, una estructura que atraviesan todos los sentidos, menos el olfato. La percepción que envía esta vía apenas está procesada y se basa en rasgos poco precisos, como, por ejemplo, algo oscuro y pequeño que corre por el suelo. Con tan poca información, podría ser cualquier cosa, y ahí está el

tema. Ante la duda, es mejor andarse con ojo, así que tus amígdalas suelen dar por hecho que es una rata, una cucaracha o cualquier otra cosa que a tu sobrecivilizada percepción del mundo le parezca una amenaza. De este modo se activa el sistema simpático, que estimula a tus glándulas suprarrenales para que produzcan la famosa adrenalina. Esta última te preparará para o bien lanzar un gancho a la endeble mandíbula del roedor, o bien escapar a tal velocidad que dejes tu silueta recortada contra la pared más cercana.



La amígdala y sus conexiones.

El sobresalto, aunque inconsciente, ya nos lo hemos llevado, pero estamos a tiempo de ponerle freno. Aquí es donde entra en juego la segunda fuente de información de las amígdalas, precisamente la buena y confiable corteza cerebral. Ahora sí que podemos conseguir información precisa que nos revele la naturaleza exacta de ese objeto pequeño y oscuro que cruza el suelo. Si resulta que era algo inofensivo, como una pelota o la sombra de un pájaro, la amígdala pisará el freno y detendrá el modo «lucha o huida». Nos calmaremos y creeremos que ha sido una reacción innecesaria, pero la naturaleza es precavida y abraza cada segundo que le regales para huir de un posible depredador. Por otro lado, a esto le debemos que existan vídeos de gatetes y pepinos, que es casi tan importante como sobrevivir.

Si solo nos quedáramos con esto, podría parecer una victoria de la razón sobre la emoción, en la que la primera controla a la segunda y se encarga de poner los pies en la tierra, pero ya hemos dicho que esa diferencia no está tan clara. De hecho, la corteza y las amígdalas se comunican en ambas direcciones. La emoción de terror desencadenada por ellas viaja hasta nuestras cortezas sensitivas condicionando sus percepciones y haciéndonos ver cosas que no están ahí.

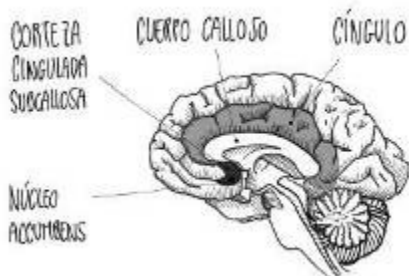
El miedo es, posiblemente, la emoción que mejor hemos localizado en el encéfalo, y es que la amígdala es tan crucial en el temor que, si se calcifica, como les pasa a los enfermos de Urbach-Wiethe (y posiblemente a Juan sin miedo), el paciente deja de sentir temor. Pero, aunque la principal función del miedo sea alejarnos de los peligros, no es la única, y no me estoy refiriendo a ese paradójico gusto que hemos desarrollado

por las películas de terror. Clasificar una experiencia como negativa por haberla vivido con miedo es un gran recurso para nuestro aprendizaje. De ese modo, sabemos qué cosas debemos evitar en un futuro, pero también cuáles son nuestros objetivos.

La felicidad huele a galletas Cada uno encuentra la felicidad en lugares diferentes, algunos en sitios realmente extraños: hacer ejercicio, leer un buen libro, someterse a una pesadilla estroboscópica al ritmo del chunda chunda del momento... Hemos construido una descomunal industria del entretenimiento que sacia nuestra felicidad durante el tiempo suficiente como para que no tengamos que pensar en ella, pero venimos de orígenes mucho más humildes.

Los primeros placeres eran más mundanos, relacionados con necesidades primarias que ayudan a mantener la especie. Beber cuando tenemos sed, comer cuando estamos hambrientos, tener sexo... prácticamente siempre que la naturaleza nos dejara. Tras satisfacer estas necesidades sentimos cierto placer o felicidad y, como si fuéramos perros mostrando habilidades a cambio de una golosina, acabamos aprendiendo qué es lo que tendríamos que hacer para conseguir el premio y, por lo tanto, la «felicidad».

En nuestro encéfalo, todo este mecanismo se encuentra codificado en la vía de la recompensa, la cual parte desde el tronco del encéfalo y asciende hasta el cerebro para hundirse en él, no sin antes hacer una parada en el núcleo *accumbens*, una de las estructuras más importantes de esta vía. Realmente, el *accumbens* es bastante polivalente y desempeña un papel en otras emociones como el miedo y la ira, pero si tuviéramos que decir con cuál está más comprometido, sería con la felicidad. Todo lo que nos gusta estimula la liberación de grandes cantidades de dopamina en el núcleo *accumbens*, lo cual contribuye a una sensación placentera. De hecho, si bloqueamos la producción de dopamina en ratas, su motivación desaparece tanto que dejan de encontrar un motivo para moverse hasta el comedero y alimentarse, llegando incluso a morir de inanición. Por otro lado, si la liberación de dopamina ha sido muy alta, queremos recuperarla en cuanto baje y sentiremos la necesidad de repetir la acción tan pronto como podamos. Por eso, las conductas que más dopamina liberan, como el consumo de drogas, el juego o el uso de redes sociales, son más adictivas que escuchar música o una simple partida de dominó.



Núcleo *accumbens* y corteza cingulada subcallosa Pero esto no es todo: cuando nos hemos acostumbrado a que tras una acción aparezca una tormenta de dopamina, nuestro cuerpo comienza a adelantarse y crea expectación, o como se le llama en neurociencia: placer de anticipación. La dopamina ya no se libera tras el estímulo, sino cuando sospechamos que este va a ocurrir. Es más, en un estudio hecho con palomas se vio que la dopamina era máxima antes de darles la recompensa. De hecho, probaron a no premiarlas siempre, y descubrieron que los niveles de dopamina eran mayores cuanto más aleatoria fuera la recompensa. Si se las premiaba un 50 % de las veces que activaban la palanca, se obtenían picos mayores de dopamina que con cualquier otro porcentaje. Razón por la que los juegos de azar son tan adictivos. La incertidumbre absoluta nos estimula como nada, por eso nos gustan tanto las historias de misterio y queremos arrancar cabezas cuando nos las destripan, porque nos cortan el placer de anticipación.

Evidentemente, ninguno de estos sistemas es anatómicamente puro y dependen de la actividad de otros, así como del contexto en el que suceda la reacción. Por ejemplo, las amígdalas, que hemos visto activarse con el miedo, también lo hacen aquí, contribuyendo así a potenciar la memoria emocional. Esta relación estructural entre memoria y emoción es el motivo por el que recordamos mejor aquello que nos apasiona, que nos aterra o que despierta algo en nosotros. Al final, por muy universales y básicas que sean, ni siquiera estas emociones son totalmente independientes.

Una triste confusión Nuestra forma de pensar se basa en opuestos, algo que se plasma perfectamente en nuestro idioma. La luz existe y aunque la oscuridad es tan solo su ausencia, nosotros la entendemos como una entidad en sí misma, su opuesto. Si nos dejamos llevar por esta forma de ver el mundo, podemos pensar que la tristeza no es más que la ausencia de felicidad, pero no es exactamente así.

De hecho, si bien la tristeza no responde a esta visión, sí que lo hace la depresión. Una persona deprimida no está necesariamente triste, se trata de una enfermedad mental que va más allá de su propio control y en la que se produce una atenuación de sus emociones. A estos pacientes, una foto de patitos vestidos de marinero apenas les despertará una sonrisa y la imagen de una catástrofe removerá en ellos muchos menos sentimientos que si no estuvieran deprimidos.

Este fenómeno psicológico está relacionado con una menor activación de las estructuras encefálicas implicadas en estas funciones. De hecho, el tratamiento farmacológico de la depresión se basa en la idea de que existe una escasez de serotonina, un neurotransmisor, por lo que se prescriben fármacos que aumentan la serotonina en las hendiduras sinápticas, bloqueando la recaptación de esta por parte del axón que la ha liberado. Sin embargo, aunque es innegable que estos tratamientos tienen un efecto positivo en algunos pacientes, no son tan efectivos como nos gustaría. Todavía nos falta mucho que aprender sobre los distintos tipos de depresión y cómo surgen, pero lo que sí sabemos es que la tristeza es diferente.

De hecho, en sujetos tristes no es tan frecuente ver una menor actividad encefálica, sino que incluso aumenta en algunas estructuras como la corteza cingulada subcallosa,

que se extiende por debajo del puente de axones que une nuestros dos hemisferios. Y es que la sensación de tristeza sí tiene un origen evolutivo que podemos trazar, es otro reforzador de la conducta que nos ayuda a alejarnos de aquello que nos hace mal, pero no solo se queda ahí. Cumple el papel de decirles a otros que necesitamos ayuda, pero esto es una adaptación social que veremos más adelante.

La ira lleva al odio Hasta este momento, todas las emociones de las que hemos hablado han tenido alguna estructura encefálica asociada en mayor o menor medida, pero la ira parece ser distinta. Al menos por ahora no hemos conseguido localizar un punto de nuestro sistema nervioso que esté especialmente relacionado con ella. Parece más bien un fenómeno difuso en el que participan una gran cantidad de estructuras, como las ya nombradas amígdalas, los hipotálamos o la sustancia gris que rodea los ventrículos cerebrales, cavidades llenas de líquido cefalorraquídeo en el interior del cerebro. La ira está rodeada de cierto misterio que también se extiende a su función. Mientras que tenemos más o menos claras las ventajas evolutivas del resto de las emociones, la ira se nos resiste un poco. ¿Qué nos aporta?

Las respuestas son bastante variadas, pero probablemente la hipótesis más certera sea la más clásica. Podríamos decir que la ira es una forma de encender el automático en una situación con un peligro fuera de lo habitual. Cuando la sentimos actuamos de forma impulsiva, asumiendo riesgos que en situaciones normales no habríamos aceptado correr. La ira y su activación del sistema nervioso simpático no nos hacen más fuertes ni más rápidos, como se cree popularmente; pero sí que retira algunas restricciones autoimpuestas.

Pensemos en una leona que acaba de parir. En una situación diferente no le importaría que el macho se acercase, pero ahora el balance de riesgos ha cambiado, pues tiene que proteger a sus cachorros. Un paso en falso del macho puede desencadenar algo similar a un brote de ira en la madre. Esa ira sería el detonante que daría la vuelta a las prioridades de la leona, preparándola para asumir cualquier riesgo con tal de conseguir su objetivo, que en este caso es el bienestar de su camada.

Sin embargo, un zarpazo en el morro es una forma muy básica de expresar la ira denominada «agresión reactiva». En nosotros, aunque parezca mentira, es poco frecuente que lleguemos a este punto, lo cual complica mucho su estudio. El motivo por el que no desatamos la ira como otros animales parece estar en nuestro lóbulo frontal que, como ya hemos dicho otras veces, tiene un papel inhibitorio sobre otras estructuras cerebrales. Esta moderación nos da cierto control sobre nuestra ira y la forma en la que la expresamos haciendo viable la vida en comunidad. Gracias a ella no nos dedicamos a estrangular a quienes tiran colillas al suelo, por suerte o por desgracia. De hecho, los sujetos con lesiones en la corteza prefrontal están predispuestos a desarrollar trastornos de control de la ira y puede afectar incluso a su personalidad.

Por desgracia, ninguna emoción es un superpoder, solo adaptaciones a un contexto concreto. Por ejemplo, entrar en un estado iracundo reduce nuestro juicio racional, disminuye la capacidad de calcular las consecuencias de nuestras acciones a largo plazo e incluso parece estrechar nuestro campo de atención, haciendo que, excepto nuestro objetivo, todo lo demás pase a un segundo plano. No obstante, aunque no exista una emoción perfecta, si tuviera que quedarme con una no tendría ninguna duda, escogería la que, posiblemente, sea la más humana de todas: el asco.

Del plato al imbécil A diferencia de la ira, el asco tiene un sentido biológico mucho mejor definido, busca mantenernos sanos, alejándonos de comida, sustancias o lugares que nos puedan enfermar. Una indigestión no es demasiado grave, pero las infecciones en la naturaleza se pagan más caras que el roaming. Los alimentos en mal estado o los desperdicios corporales son granjas de microorganismos que conviene mantener lejos de nuestro cuerpo y, sobre todo, de nuestros orificios. Sin embargo, como antes de que llegara Pasteur no sabíamos nada de la existencia de estos microorganismos, la naturaleza se las tuvo que apañar de algún modo para mantenernos instintivamente alejados de los contaminantes y lo hizo con la ínsula.

Esta estructura es la principal responsable del asco y se encuentra oculta bajo el lóbulo temporal. Al principio su mecanismo era muy básico: los olores muy ácidos característicos de la comida en descomposición disparaban una sensación negativa que nos empujaba a rechazarlos. En una maravillosa idea de la evolución, esta decidió que desencadenar el vómito y las náuseas era un buen añadido al asco que ayudaba a purgar el estómago en caso de que hubiéramos ingerido el contaminante, además de ser un fantástico elemento dramático, por supuesto. Hasta aquí no hay nada extraño que no compartamos con el resto de los animales, aunque existan curiosidades como los gustos adquiridos y para ejemplo el *surströmming*, un plato sueco de pescado fermentado que culturalmente ha pasado de generar rechazo a convertirse en todo un manjar. Dejando esto a un lado, lo que sí diferencia a los grandes simios de otros animales es que hemos tomado esta emoción que empuja a vaciar nuestro estómago y la hemos reciclado.

Al parecer, el patrón de activación que muestra nuestro encéfalo cuando exponemos a sujetos ante olores, imágenes o sabores de alimentos en mal estado es el mismo que experimentan cuando les mostramos a alguien a quien desprecian. En ambos casos se activa la ínsula de forma predominante, lo cual apunta a un origen común de ambas sensaciones. Posiblemente, en algún momento de nuestra historia hayamos generalizado la idea de algo asqueroso, repulsivo, que puede hacernos daño y le hemos dado un nuevo sentido, aplicándola a otras personas. Gente que ha pasado a darnos literalmente asco, y no por su higiene, sino por cosas tan abstractas como diferencias ideológicas, falta de ética, pero, sobre todo, por prejuicios. Y no nos confundamos, los prejuicios cierran nuestra mente y son injustos, pero en la naturaleza eran una forma de

evitar riesgos y asumir que, si un león había matado a tus padres, todos los leones eran peligrosos. Por eso, la evolución se encargó de seleccionar el asco en sus dos formas.

La moraleja podría ser que hay personas que dan más asco que un plato de arenques podridos, pero quiero recalcar algo más. Puede que nuestra toma de decisiones sea más irracional de lo que pensamos o que nuestras emociones básicas estén presentes en multitud de otros animales, pero no cabe duda de que nuestra vivencia de esas emociones es diferente. En los grandes simios parece tener matices, ligeras adaptaciones, como esta. Hemos «exportado» el asco fuera de lo material, hasta algo tan intangible como la personalidad de otra gente.

Esta adaptación sacada de la manga de la evolución me parece preciosa, entre otras cosas porque nace de una de las características más humanas que hay, la vida en sociedad. Aunque la verdad es que el resto de las emociones tampoco se han mantenido al margen de ser modeladas por la comunidad.

No hay quien me entienda En una sociedad, todas estas emociones funcionan de una manera ligeramente distinta y uno de los motivos es que saber qué sienten tus paisanos es una información muy relevante. Así es como la vida en comunidad nos ha vuelto expertos en expresar nuestras emociones y decodificar las de otras personas. La frontera entre nuestro lóbulo temporal y el parietal derecho se encarga de interpretar la connotación emocional de la voz o las expresiones faciales. Esta zona no presta tanta atención a lo que dices, sino a cómo lo dices.

De este modo podemos entender qué hay tras el comportamiento de los demás, pero ¿qué hay de nuestras propias emociones? Que estemos sintiendo algo no quiere decir que seamos conscientes de ello. Esto es algo que nos han dejado muy claro las comedias románticas, y que la neurociencia cognitiva tiene como uno de sus pilares centrales. Hay una diferencia entre lo que pasa en nuestro encéfalo y la parte que nosotros percibimos. Existen sujetos que no saben que pueden ver, pero que, sin embargo, son capaces de esquivar los objetos que les lancemos.

La capacidad de entender nuestras propias emociones parece estar relacionada con la interocepción, que nos da algo de información sobre el estado de nuestros órganos internos. Esta se relaciona principalmente con la ínsula, donde representamos nuestros estados mentales. Así es como se explica que definamos las emociones con expresiones como mariposas en el estómago, el corazón en un puño, *etc.* De esta capacidad de leer nuestros sentimientos surge parte de nuestra habilidad para controlar los impulsos o renunciar al placer inmediato a cambio de recompensas a largo plazo. Sin embargo, también sabemos que otros grandes simios son capaces de reconocer sus propios estados de ánimo, aunque nosotros lo hayamos llevado al siguiente nivel.

Puede parecer que esta oda a nuestra percepción de las emociones no es más que antropocentrismo barato, pero hay una gran diferencia. Estas funciones que tanto destacamos están profundamente relacionadas con las habilidades necesarias para una vida en comunidad. Vivir en grupo ha hecho que fueran seleccionados los individuos con caras más expresivas, que pudieran transmitir información importante para coordinar el grupo; y, por supuesto, también ha premiado la otra parte del rompecabezas, aquellas personas más diestras a la hora de reconocer emociones tanto en ellas como en el resto.

Altruismo y gatetes En este contexto se desarrolló la empatía, la cual es una combinación de tres procesos diferentes. Por un lado, está la toma de perspectiva cognitiva, que consiste en ser consciente de aquello por lo que está pasando otra persona. Otra sería el contagio emocional, con el que eres capaz de sentir en tus carnes lo que otros sienten. Un psicópata, por ejemplo, puede tomar la perspectiva cognitiva de otro, pero no sufrirá el contagio emocional. Finalmente está el comportamiento prosocial, que hace que con esta información y sentimientos actúes buscando el bienestar de tu comunidad. Tres procesos que entendemos como pilares del altruismo, pero que realmente han sido seleccionados por suponer una ventaja evolutiva para el grupo. Puede parecer contraintuitivo que la evolución haya seleccionado seres que ceden parte de su bienestar para aumentar el de otros y, de hecho, los creacionistas han usado el altruismo como argumento en contra de la evolución, pero tiene una explicación.

La selección de parentesco es el mecanismo que se esconde tras muchas formas de altruismo. Ayudar a otros congéneres consume energía, la cual es difícil de conseguir en la naturaleza. Sin embargo, puede que esos individuos compartan buena parte de su ADN conmigo, que sean parientes cercanos. En cierto modo me interesa que sigan vivos para que propaguen los genes que compartimos, así que he de optimizar mis recursos. La solución se encuentra en programar a los seres vivos para que estén más dispuestos a ser altruistas con sus vecinos, esperando también que algún día les devuelvan el favor. En cierto modo se trata de una inversión donde, si eres de los míos, mi familia, mi comunidad, mi grupo, estaré dispuesto a jugármela por ti. Pero ¿y si no eres de los míos? ¿Y si eres de otra especie?

El altruismo entre especies también se puede explicar. Algunos rasgos despiertan en nosotros empatía, como, por ejemplo, las proporciones faciales de un bebé, las cuales comparten muchas crías del reino animal. Por eso los gatetes han invadido internet. Sin embargo, como no todos los animales saben quién es su tío abuelo segundo por parte de madre, tratamos de medirlo en función de nuestras similitudes con el interlocutor. Como vemos, esta empatía no es un capricho, es necesaria para poder vivir en grandes comunidades. Dicho de otro modo: los animales sociales muestran códigos de conducta que les permiten mantener el tamaño y la salud de sus comunidades. Estas bases de la ética son adaptaciones a la vida en grupo tan biológicas y poco divinas como la

tendencia de un lobo a respetar al alfa de su manada. De cualquier otro modo, su vida puede complicarse demasiado.

Todo esto es excepcional, pero, aunque encabecemos el *ranking* social, nos siguen de cerca otros animales también esculpidos por la presión de la vida en grupo. Los perros, seleccionados para vivir con humanos, son capaces de leer bastante bien nuestras expresiones faciales, los bonobos (*Pan paniscus*) cuidan de individuos heridos y algunas especies de delfines tienen vidas sociales mucho más movidas que la mía. Así que, por desgracia, aquí tampoco está lo que nos hace diferentes al resto de los animales.

Sin embargo, debemos seguir buscando. Precisamente, la vida en comunidad fue una de las mayores impulsoras del resto de las funciones cognitivas. La memoria, la inteligencia, el lenguaje... En estas funciones «superiores» de la cognición sigue habiendo mucho donde buscar nuestra chispa de humanidad, si es que existe. Pero, terminemos donde terminemos, recordaremos que fueron las emociones, y no solo una hiperracionalidad novelesca, las que nos han llevado hasta allí.

Capítulo

8

Me recuerdas a mí Somos nuestra memoria, somos ese quimérico museo de formas
inconstantes, ese montón de espejos rotos.

JORGE LUIS BORGES,

«Cambridge», *Elogio de la sombra* Una escriba observa el mundo desde su púlpito de hueso. Encerrada entre las paredes de tu cráneo, se limita a transcribir todo lo que ocurre. Su caligrafía es perfecta, pura y sin emociones, como su mirada. Ante todo, la escriba es imparcial, está por encima del bien o del mal, tan solo relata los hechos para que otros los juzguen por ella. Leamos sus escritos o no, nunca se permite perder detalle. Los trazos de su pluma se suceden sin descanso, llenando el papel renglón a renglón hasta que ya no cabe ni una gota de tinta más en la página.

Pero esto no le preocupa, porque su crónica está escrita sobre un libro de infinitas páginas encerrado en un espacio finito, un misterio que solo termina cuando la escriba exhale por última vez. Escribir tu biografía es su motivo de ser, y lo seguirá haciendo mientras pueda. Sin embargo, el tiempo es traicionero y permite que llueva polvo sobre la escriba que, incapaz de apartarse de su labor, deja que este la consuma poco a poco, cada vez más polvorienta, más vieja y menos perfecta.

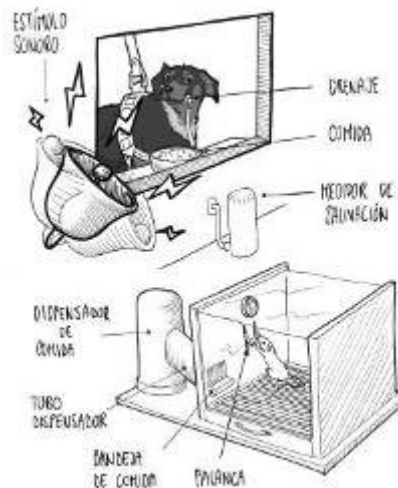
Durante mucho tiempo, nuestra memoria era vista como esta escriba legendaria e inmaculada cuyo único enemigo era el tiempo. Sin embargo, sus virtudes no eran más que la bruma del desconocimiento antes de que la neurociencia pudo disiparla. Es hora de aceptar que la memoria no es perfecta y que sus errores no son solo culpa del tiempo, sino también de ella misma. Sin embargo, por imperfecta que sea, es otra de las piezas fundamentales de la cognición. Durante nuestro recorrido por este camino de la selva de sinapsis aprenderemos a valorarla con sus defectos, que los tiene, pero son precisamente estos los que la hacen como es.

Puede que el ser humano tropiece dos veces en la misma piedra, pero un ser sin memoria tropieza infinitas veces. No poder archivar recuerdos significa que cada cosa es nueva y, cada aventura, la primera. Sin recuerdos no tenemos forma de anticiparnos a un peligro al que ya hemos estado expuestos más veces y no tendremos motivos para huir de él hasta que sea demasiado tarde. Puede que las emociones sean el motor para hacer o dejar de hacer cosas, pero, sin la memoria, estas no funcionan por anticipado y tendremos que esperar a hacernos daño para que los sentimientos negativos nos aconsejen sacar la mano del fuego o dejar tranquilo al cocodrilo que estamos acariciando.

La memoria hace que ahorremos tiempo y nuestra actividad se optimice. Es como llevar años trabajando en la misma empresa y conocer cada truco y a cada persona que pueda hacer tu vida más fácil. Si, en cambio, cada semana empiezas en un nuevo

empleo, siempre estarás igual de perdido que el primer día. Sin memoria no hay aprendizaje y aprender es una forma de optimizar nuestra respuesta a situaciones para las que no estamos «programados», una habilidad que permite afinar el resto de nuestras funciones cognitivas.

La paloma de Skinner Hoy en día, conocemos los mecanismos que hay tras la memoria. Podemos aprender lo que nos conviene de muchas maneras diferentes, pero existen dos que son más directas. Hablamos de los condicionamientos, estrategias de aprendizaje en las que asociamos un estímulo con una respuesta. Su base es la misma que hemos visto hasta ahora, reforzando algunas conexiones neuronales y dejando que otras desaparezcan, pero su historia es muy anterior a que conociéramos estos mecanismos.



Condicionamiento clásico (izquierda) frente a operante (derecha).

Posiblemente hayas oído hablar de la historia de Pavlov y su perro. Este es un ejemplo de condicionamiento clásico en el que, tocando una campana a la vez que le mostramos comida a un perro, este refuerza las conexiones neuronales entre el concepto «campana» y «comida». De este modo, Pavlov buscaba asociar un estímulo neutro, sin más, con otro que desencadenara de forma natural una reacción en el animal. Con el tiempo, el sonido de la campana despertaba en el can las mismas respuestas que la comida, aumentando por lo tanto su salivación y poniendo perdido el suelo. La historia es muy bonita, y casi parece que el Nobel de Medicina o Fisiología Ivan Pavlov se hubiera dedicado a entrenar a su propia mascota, pero realmente tenía una gran cantidad de perros a los que sometía a cirugías de abdomen con el fin de drenar sus fluidos corporales. Conectaba sus vesículas a tubos, abría conductos hacia sus estómagos y retiraba parte de sus esófagos para que no pudieran tragar. Los perros no solían sobrevivir a los experimentos y, aunque fueran otros tiempos, creo que su

cuestionable ética es algo que debemos recordar. Con este truco del condicionamiento podemos anticiparnos a las situaciones y detectar los fenómenos con los que se suelen presentar. Por ejemplo, siempre que mi madre saca la zapatilla me llevo una tunda, así que mejor huir en cuanto vea que se descalza.

Sin embargo, este no es el único tipo de condicionamiento. El otro ejemplo suele presentarse con el psicólogo Burrhus Frederic Skinner. Este creó un receptáculo llamado «caja de Skinner», la cual contaba con una palanca que, al accionarse, liberaba comida. Skinner introdujo ratas en estas cajas y esperó a que pulsaran la palanca por error. Al hacerlo y recibir el premio varias veces, las ratas comenzaron a activar el mecanismo compulsivamente. Así es como Skinner reforzó las conexiones neuronales entre los conceptos «palanca» y «comida», haciendo que las ratas aprendieran qué debían hacer si querían su golosina. Sin embargo, si de repente se cortaba el flujo de comida, el interés de las ratas disminuía progresivamente hasta hacer que obviarán la palanca al debilitarse las conexiones neuronales que se habían establecido, proceso al que llamó extinción. Pero hay más, porque si en lugar de dar un refuerzo, castigamos a quien presione la palanca, las ratas evitarán acercarse a ella por este mismo mecanismo.

Estos procesos están presentes en nuestro día a día. De hecho, Skinner vio otra cosa que nos resultará incluso más humana. Metió palomas en cajas que liberaban comida cada cierto tiempo, sin palancas ni trucos. La paloma no podía hacer nada para acelerar los premios, no dependían de ella, y, sin embargo, si había estado picando durante las primeras recompensas, este comportamiento se reforzaría y picotearía esperando conseguir así sus golosinas. Es la conocida «superstición de la paloma» y es un ejemplo de cómo tendemos a creer que las cosas no nos ocurren por casualidad, reforzando así mitos y supersticiones como creer que las vacunas causan autismo, que el semáforo se pondrá en verde por pulsar un botón, o que el «Aserejé» cura la diabetes.

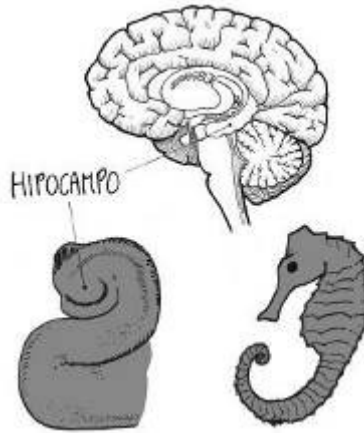
Todas para una y una para todas Estas formas de aprendizaje aprovechan la memoria, pero no son la memoria en sí misma. De hecho, definir esta función cognitiva es algo complicado. Por ejemplo, el Physarum polycephalum es un hongo mucilaginoso (pese al nombre, no son hongos, sino parientes de las amebas) y está formado por individuos unicelulares que se unen en un agregado viscoso capaz de desplazarse y mostrar actividades complejas. Entre estos comportamientos hay una suerte de condicionamiento en el que, soplándole aire a intervalos regulares, podemos hacer que llegue a anticiparse a nuestros soplos, protegiéndose antes de recibirlos. Nuestro extraño espécimen muestra funciones cognitivas rudimentarias sin tener siquiera un sistema nervioso. Entonces, ¿es esto memoria? En cualquier caso, yo dejaría de cabrearle con soplitos, solo por si acaso.

Antes de continuar, necesitamos una buena definición, y a falta de una mejor nos quedaremos con la de Banich y Compton: la memoria es un conjunto de mecanismos o

procesos por los que la experiencia altera nuestro encéfalo y comportamiento. Sin embargo, esto es una definición paraguas que puede cobijar bajo ella fenómenos muy distintos. No es lo mismo aprender a montar en bici que guardarle rencor eterno a aquel niño que se comió tu goma de borrar en el jardín de infancia. Simplemente, no existe una única memoria.

La memoria no es una, como la escriba de nuestra historia, son muchas y mucho más independientes de lo que se pensaba hasta hace poco. Si la información que hemos de almacenar no es toda igual, y la forma en que la empleamos también es diferente, ¿por qué iba a ser idéntica toda la memoria? A grandes rasgos, lo que el cuerpo nos pide es separarla en dos grandes tipos. Por un lado, está la memoria a corto plazo, que apenas dura unos minutos y nos permite guardar información para un uso inmediato, por ejemplo, recordar un número de teléfono que nos acaban de dar. Y, por otro lado, está la memoria a largo plazo, que dura entre horas y años y es en la que guardamos todo lo demás. A estas alturas es posible que haya una pregunta zumbando en tu cabeza: ¿para qué dos memorias? ¿No sería mejor usar la memoria a largo plazo para todo? En absoluto. De hecho, es importante entender que, aunque guardan algunas relaciones, la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo son dos sistemas separados y especializados en funciones distintas, de tal modo que un paciente puede perder una de ellas sin comprometer la otra. Es hora de verlas más a fondo.

Sigue nadando La memoria a corto plazo no es la hermana tonta de la memoria a largo plazo. Existe porque cumple una función para la que está especializada: se encarga de almacenar datos concretos obtenidos del entorno y de registrar información puntual recibida en un momento determinado y que más nos vale conservar. Por ejemplo, un número de teléfono que te acaben de dar, o recordar que ahora mismo estás huyendo de la Yakuza. Al presentárselos una sola vez, debemos fijarla cuanto antes en nuestro encéfalo. Para ello, necesitaremos una estructura tremendamente plástica que se reconfigure ante el mínimo estímulo, o de lo contrario corremos el riesgo de olvidar qué estamos haciendo en medio de una situación tan comprometida. El problema es que, al ser tan plástica, no es demasiado estable, se va tan rápido como vino, es para información de usar y tirar.



El hipocampo recibe su nombre por su aspecto, parecido al de un caballito de mar, cuyo nombre científico es *Hippocampus*.

Gracias a ella podemos dar continuidad a los eventos que nos están ocurriendo en el presente y retener información que necesitemos de forma inmediata. Normalmente, esta reside en los hipocampos, unas estructuras con forma de caballito de mar que tenemos en la parte inferior de nuestro cerebro. Entre cada hipocampo y algunas zonas del lóbulo frontal, la memoria a corto plazo permite mantener una información presente o fácilmente accesible durante un breve periodo de tiempo. En algunas clasificaciones, existe un tipo de memoria a corto plazo llamada memoria de trabajo, que depende sobre todo de la corteza frontal y es la encargada de mantener en nuestra mente información con la que estamos trabajando para, por ejemplo, recordar dos números que estamos intentando sumar de cabeza.

Así pues, un paciente sin memoria a corto plazo será incapaz de mantener una información en la mente durante breves periodos de tiempo. Tan pronto como el nuevo estímulo cese, su recuerdo de este desaparecerá. Por ejemplo, se hizo un experimento que consistía en monos a los que se les enseñaban dos platos, uno con comida y el otro vacío. Si entonces tapábamos los platos, los monos no tenían el menor problema en recordar debajo de cuál estaba la comida. Sin embargo, si tenían dañadas las estructuras relacionadas con la memoria a corto plazo, tan solo necesitábamos interponer una cartulina entre ellos y los cubiletes durante apenas un segundo para que los monos lo olvidasen todo. Es más, si no fuera por esta estructura, no podríamos comparar una cosa con otra, pues en cierto modo necesitamos mantener ambas cosas en la mente durante un tiempo para así sopesarlas y tomar una decisión. ¿Prefieres este helado o una patada en la cara? Sin la memoria a corto plazo, nos costaría responder, y aunque daría lugar a situaciones cómicas, serían poco adaptativas.

La diferencia entre la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo es tan clara que existen pacientes como Henry Molaison. A Henry le habían extirpado buena parte

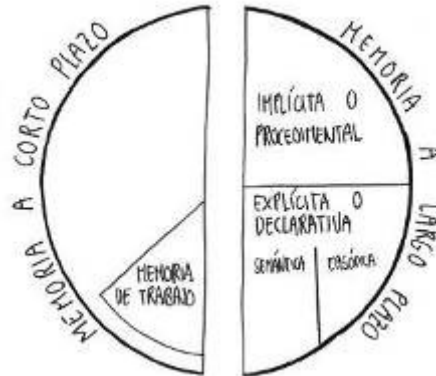
de sus dos lóbulos temporales, incluyendo sus dos hipocampos. Se trataba de una operación para eliminar un foco epiléptico, y aunque por lo general estas intervenciones eran más moderadas, los cirujanos quisieron innovar con algo más radical. El resultado fue que Henry perdió la capacidad de establecer recuerdos a corto plazo, pero sabemos que seguía pudiendo guardar información en su memoria a largo plazo, aunque esta tampoco funcionara demasiado bien. Henry recordaba bastantes detalles de su infancia, pero era incapaz de retener lo que le ocurrió a partir de la operación. Solo hacía falta que alguien se ausentara unos minutos de la sala para que Henry olvidara por completo quién era esa persona o, incluso, que hacía un rato estaba en compañía de alguien.

Recuerda quién eres Por lo general, la memoria a largo plazo se encarga del aprendizaje estadístico, basado en la repetición de patrones, en encontrar relaciones poco a poco. Si te fijas en tu entorno, acabarás encontrando tendencias como las fases de la Luna o los fenómenos que anteceden a una sequía. La arquitectura que sostenga este tipo de aprendizaje no puede ser tan plástica como la anterior, o estaría cambiando ante cualquier nueva experiencia que tuviéramos. Es necesario que tenga cierta rigidez y que los cambios solo se produzcan tras muchas exposiciones iguales, encontrando así reglas generales. Además, esta arquitectura menos plástica hace que las memorias no necesiten demasiados cuidados, y una vez formadas no tenemos que estar activando constantemente sus redes neuronales para evitar que se borren, son más estables.

Esto significa que la memoria a largo plazo no puede encontrarse en las mismas estructuras superplásticas que la memoria a corto plazo, y por eso, a pesar de haberse quedado sin hipocampos, Henry pudo conservar su memoria a largo plazo casi intacta. Aunque, si somos precisos en contra de lo que muchas veces se dice, el señor Molaison sí tenía afectada su memoria a largo plazo, aunque no toda. La memoria a largo plazo también se subdivide en distintos tipos, mecanismos aparentemente independientes entre los cuales podemos distinguir dos principales. El tipo más primitivo de memoria a largo plazo parece ser la memoria implícita o procedimental, que consiste en recordar acciones que hemos memorizado inconscientemente hasta volverlas automáticas, en un proceso llamado repentinización. Este es el tipo de memoria implicada en aprender a montar en bici, tocar un instrumento o memorizar el patrón de desbloqueo de tu teléfono.

Frente a ella está la memoria explícita o declarativa, que a su vez se subdivide en dos: la semántica y la episódica. La memoria semántica se encarga de archivar datos crudos, como los nombres de los objetos, que las cosas se ven atraídas hacia el suelo, o que Francis Bacon murió de una gripe tras pasar la tarde enterrando pollos vivos en la nieve. En definitiva, es la que te da quesitos en el Trivial. Y finalmente está la memoria episódica, que guarda información autobiográfica, archivando tus experiencias personales como si fueran una historia que incluye qué sentías, pensabas y ocurría a tu alrededor mientras vivías esa experiencia.

Y es este último tipo de memoria el que le fallaba a Susie McKinnon, cuya historia, por desgracia, no es tan conocida como la de Henry. Susie no tiene memorias autobiográficas, de modo que, aunque puede recordar datos puntuales de su vida, como el nombre de su marido o dónde fueron durante las últimas vacaciones, no es capaz de recordar cómo se conocieron ni puede relatar su boda. Al final, aquello que considerábamos como un todo indivisible ha resultado ser una colmena de funciones, similares pero distintas.



Clasificación de los tipos de memoria.

Todas estas memorias se guardan principalmente en la corteza cerebral. Si son memorias visuales, se almacenan cerca de áreas visuales, si son auditivas, lo harán en el lóbulo temporal, *etc.* Sin embargo, estos recuerdos pasan por varias fases antes de fijarse del todo, y en este proceso se implican otras ubicaciones. En primer lugar, la información se codifica en el hipocampo aprovechando las estructuras destinadas a las memorias a corto plazo. Estas zonas del hipocampo están bien conectadas con la corteza, por lo que los cambios en ella producen modificaciones en la superficie cerebral. Esta interacción permite poco a poco volcar los recuerdos de un soporte más temporal a otro más estable. Sin embargo, todavía queda mucho trabajo hasta que queden realmente consolidados y fijos en la memoria a largo plazo.

Para ello, tendremos que activar más veces esas neuronas del hipocampo para que refuercen las conexiones de la corteza cerebral aumentando su conectividad. De hecho, cuanto más se active el hipocampo, más tiempo durarán esos recuerdos. Es bastante intuitivo, cuanto más repases un tema más detalles recordarás. Lo mejor es que el encéfalo tiene sus recursos para repasar la lección hasta consolidarla. En parte, consolidamos los recuerdos por exposición repetida a un concepto, pero también gracias al sueño. Mientras dormimos, los recuerdos no consolidados parecen volver a la mente. Incluso podemos ver un aumento en la actividad de las estructuras relacionadas con la memoria, reforzando sus conexiones por aprendizaje hebbiano, la excusa perfecta para no despertarse este domingo.

Existe poca diferencia entre la actividad encefálica que tiene lugar cuando un sujeto experimenta algo y cuando lo recuerda y, en parte, gracias a esto, nuestros antepasados del paleolítico tecnológico podían memorizar los números de teléfono de sus amigos antes de que existieran los *smartphones*. Por eso, cuanto más antiguo sea un recuerdo, cuantas más veces lo hayamos reforzado, más indeleble será frente al paso del tiempo. Esta es la ley de Ribot, que explica por qué en las demencias como el Alzheimer perdemos antes los recuerdos más recientes mientras que nuestra infancia sigue pareciendo que fuera ayer.

Una vez más, existen pacientes que ayudan a reforzar esta hipótesis. Por ejemplo, las personas con el síndrome de Wernicke-Korsakoff, las cuales presentan dañados los cuerpos mamilares, unas estructuras muy conectadas con el hipocampo que, al perder su función, les impiden consolidar recuerdos. De hecho, como no pueden recordar lo que acaba de ocurrir, tienden a fabular, a inventarse inconscientemente historias que se creen a pies juntillas.

Tirando del hilo Como hemos visto, existen muchas ubicaciones donde el cerebro puede almacenar recuerdos, pero ¿cómo son esos recuerdos? Algunos modelos de la memoria sugieren que existe una neurona para cada concepto y, de hecho, se han detectado neuronas que se activan solo con estímulos muy concretos, como, por ejemplo, ante una foto de Jennifer Aniston. La «neurona de Jennifer Aniston», de la que se ha hablado tanto dentro como fuera del mundo académico, sería activada por otra serie de neuronas fuertemente unidas a ella, como la neurona para «rubia», «actriz» o «sobrevivir a una sitcom ». Sin embargo, este modelo tiene un problema y es que, si bien en nuestro encéfalo es frecuente que mueran neuronas, no es tan normal que perdamos completamente un recuerdo. Por eso, las últimas investigaciones se inclinan hacia el otro gran modelo donde en lugar de neuronas, los conceptos se codifican en engramas, es decir, conjuntos de neuronas interconectadas.

Según este último modelo, los engramas de conceptos muy concretos estarían a su vez formados por otros engramas menores. En este caso, el recuerdo de un viaje a París activaría un engrama propio, que a su vez estaría formado por otros subengramas de conceptos relacionados como «Francia», «Torre Eiffel» o «chovinismo».

Es más, estos engramas son la clave del último proceso que conforma la memoria a largo plazo: la rememoración. El mismo acto de recordar no es siempre idéntico, y un ejemplo claro es que no es igual estudiar para un examen de tipo test que para uno de desarrollo. En el primero bastará con que reconozcamos una de las opciones como más familiar, pero en el segundo hará falta que evoquemos toda la información que podamos. Si nos piden nombrar dispositivos electrónicos, se activará un engrama de nuestros hipocampos correspondiente a dicho concepto. Este se conectará con su equivalente en la corteza cerebral, que a su vez formará parte de otras redes neuronales

mayores que codifican «dispositivos eléctricos». Una vez en este punto evocaremos con más facilidad los conceptos que más nos encontramos a diario, pues sus conexiones estarán más reforzadas. Por eso responderemos «teléfono» antes que «rayo mortal».

Evocar engramas a partir de la activación de una parte de sus neuronas se llama «completar el patrón» y trabaja en equilibrio con otra función clave como la «separación del patrón», la cual trata de inhibir otros engramas también relacionados con las neuronas activadas. Por ejemplo, queremos recordar la vez que fuimos al cine en versión original. A través de estos pocos datos trataremos de completar el patrón buscando un recuerdo que englobe estos dos engramas, pero que a la vez lo separe de aquellas veces en que, si bien he ido al cine, la película estaba doblada.

En cualquier caso, si has llegado hasta aquí, es posible que te hayas dado cuenta de un problema bastante serio. Si las memorias se consolidan rememorándolas, y la actividad neuronal de un recuerdo es, en cierto modo, casi idéntica a la vivencia, ¿cuán fiable es este sistema?

Reescribiendo la historia En ocasiones, la memoria puede funcionar como un teléfono estropeado, ese juego en el que has de susurrar una frase al oído de otra persona para que esta se la diga a una tercera y así vaya propagándose un mensaje. Por lo general, con cada repetición el mensaje se altera ligeramente hasta que se vuelve irreconocible. ¿Podría ocurrir esto con nuestra memoria?

Los recuerdos falsos son más frecuentes de lo que pensamos, pues construimos una historia a partir de un puñado de estímulos de nuestros sentidos y luego la sometemos a una repetición incesante en la que nuestro cerebro sigue rellenando los nuevos huecos de la historia. Esas fabulaciones son indistinguibles de la realidad y parasitan nuestros recuerdos con más frecuencia de la que creemos. Este teléfono estropeado también se ve afectado por nuestras emociones y no evocaremos del mismo modo un recuerdo cuando estamos alegres que cuando nos sentimos tristes.

Es más, nuestra capacidad para discriminar recuerdos falsos es tan mala que podemos hackearla fácilmente. Investigadores como la doctora Elizabeth Loftus han estudiado este fenómeno y, como si fuera ciencia ficción, han conseguido implantar recuerdos falsos en personas reales. Aprovechando algunos sesgos cognitivos, la doctora Loftus ha conseguido hacer que sus sujetos estuvieran convencidos de, por ejemplo, haber visitado Disneyland cuando eran pequeños e incluso haberle estrechado la mano al mismísimo Bugs Bunny.

Y hablando de fallos de la memoria, puede que hayas oído nombrar los «recuerdos reprimidos», en los que nuestro encéfalo bloquea hechos traumáticos de nuestro pasado

para protegernos. La verdad es que, aunque es cierto que algunos recuerdos pueden permanecer latentes, no existe tal cosa como los recuerdos reprimidos. Normalmente se trata de recuerdos falsos implantados durante la hipnosis aprovechando el estado de sugestión del sujeto. De hecho, el uso de la hipnosis en Estados Unidos para recuperar supuestos recuerdos reprimidos ha causado una tormenta de falsos testimonios por todo el país, con las consecuencias legales que eso tiene para quien se encuentra en el banquillo de los acusados.

Viendo esto, nadie puede decir que nuestra memoria sea perfecta, pero ¿se trata realmente de descuidos de la evolución o es que esa imperfección nos conviene? Por lo que sabemos, es posible que una memoria perfecta no sea tan perfecta.

Un don y una maldición No quiero decir que todo sea relativo, pero sin duda hay que estudiar las cosas en su contexto. Al igual que nuestro cerebro no fue diseñado por la evolución para comprender el mundo, nuestra memoria no ha sido seleccionada para ser una copia exacta de la realidad. Esos caprichos epistemológicos llegaron después, pero las presiones que nos cincelaron fueron mucho más pragmáticas, lo cual no quiere decir que la evolución siempre encuentre las mejores soluciones.

Hay una frase que describe bastante la fe que algunos depositan en la evolución: «La evolución es más inteligente que tú». Esta cita de Leslie Orgel tiene parte de razón. Hoy en día todavía no sabemos ni por dónde empezar para sintetizar vida desde cero en un laboratorio. En cambio, a la evolución no le hace falta consciencia o voluntad para probar alternativas hasta encontrar soluciones elegantes a problemas complejos. Eso hay que concedérselo a Orgel. Sin embargo, no significa que todas sus soluciones sean perfectas. A veces solo puede elegir entre dos malas opciones.

Imaginemos cómo sería nuestra alternativa, una memoria perfecta. Una memoria que almacenara cada instante de nuestra vida, por ejemplo. Podríamos pensar que el problema sería el espacio, dónde almacenar tanta información, pero eso se soluciona fácilmente. Los engramas permiten superponer combinaciones distintas de neuronas haciendo que el total de conceptos que pueda almacenar el cerebro sea realmente astronómico. Es más, podemos estar seguros de ello porque ese tipo de memorias legendarias existen.

El ejemplo más usado suele ser el de Solomón Shereshevski, más conocido como el mnemonista de Luria. Su memoria era absolutamente perfecta, no se le escapaba ni un detalle, pero existe un caso mucho más humano, más personal y menos tratado, y ese es del que quiero hablar: Jill Pierce recuerda toda su vida desde los ocho años. Su peculiaridad se llama hipermnesia y le permite recordar cada evento de su historia con asombroso detalle, su memoria autobiográfica no tiene fallo alguno y, sin embargo, esto

es lo que le confesó al Dr. McGaugh: Mi memoria ha dominado mi vida [...] No me supone un esfuerzo [...] Es como una película en marcha que nunca para [...] Es como una pantalla partida. Puedo estar hablando con alguien y viendo algo más [...] Como si estuviéramos aquí charlando y mientras yo te hablo, en mi cabeza estoy pensando sobre algo que pasó el 17 de diciembre de 1982, era viernes y yo empezaba a trabajar en Gs.

Este testimonio puede emocionarnos, pero la hipermnnesia esconde otro gran hándicap, y es que, si lo recuerdas todo con perfecto detalle, cada perro, cada árbol, cada aceituna es distinta. Formar categorías puede ser difícil cuando todo tiene una unicidad tan marcada. Este es el supuesto motivo por el que algunos sujetos con memorias excepcionales parecen tener problemas para generalizar conceptos o hacer clasificaciones. La abstracción no es tan fácil cuando todo es tremendamente concreto. Este es precisamente el problema que el maestro Borges relata en uno de sus cuentos cortos: «Funes el memorioso». En él, el protagonista tiene una memoria infalible y eso le impide ser partícipe del mundo de categorías y abstracciones en el que vivimos el resto de los humanos.

Cuando tu memoria no perdona nada, superar recuerdos dolorosos o priorizar una información sobre otra puede volverse especialmente complicado. Pero incluso así, puede que sigamos sin tener del todo claro si la hipermnnesia es un don o una maldición, así que olvidémonos de la civilización: durante nuestra evolución, la memoria que tenemos ya nos sobraba para sobrevivir y lo que podíamos perder al mejorarla superaba las ventajas de recitarle a un oso cavernario cada frase del *Cantar de Mio Cid*.

Regreso al futuro Entrenamos nuestra memoria desde que somos niños, ya sea memorizando los ríos de España o la última generación de Pokémon, y ese es uno de los motivos por los que parece que nuestra retentiva supera a la del resto de los animales, pero no está tan claro. Existen pájaros capaces de recordar los miles de lugares en los que han enterrado nueces para el invierno. Los gatos tienen una memoria a corto plazo que supera con creces la nuestra, los elefantes recuerdan mapas de su territorio de varios kilómetros cuadrados y los delfines pueden reconocerse entre sí a través de silbidos varios años después de su último encuentro. Incluso, algunos estudios parecen apuntar a que la memoria de trabajo de los chimpancés jóvenes supera con una amplia ventaja a la nuestra. Sin embargo, al igual que ocurría con las emociones, parece que lo más importante es lo que hacemos con nuestra memoria.

Si bien nuestra memoria no parece demasiado especial en el mundo animal, da pie a una habilidad que nos clasifica junto a un pequeñísimo número de animales: recordar el futuro. Puede parecer un oxímoron innecesario, pero hace referencia a la misma base de nuestra capacidad de predecir las consecuencias de nuestros actos. Cuando tratamos de anticiparnos a una situación nueva, estamos intentando encontrar en nuestro directorio de recuerdos situaciones parecidas que nos ayuden a entender lo que tenemos delante,

a ajustar un modelo de lo que puede ocurrir. No somos los únicos animales capaces de reflexionar sobre lo que va a pasar y realizar predicciones, incluso los cuervos pueden hacer sus apuestas, pero nosotros somos capaces de llevarlo a otro nivel.

Nuestra preocupación por el futuro no se circunscribe a unos pocos días, ni siquiera a unos meses. Nuestra comprensión del mundo nos permite agobiarnos por cosas que tardarán años en ocurrir o que tal vez nunca pasen. Nos preocupa si cobraremos una pensión dentro de varias décadas, si llegaremos con pelo a la vejez o si moriremos solos. En cierto modo, podríamos decir que el ser humano es ese simio que se preocupa por lo que pasará a varias décadas vista, a pesar de que no podamos predecirlo con exactitud.

De hecho, son muchas las predicciones que fallamos, incluso en los ambientes más académicos y versados. Un ejemplo es la memoria «escriba» con la que empezamos el capítulo. Nuestra memoria ha resultado no ser una, no ser infinita, y por suerte, no ser perfecta. La información nos rodea y no podemos prestarle atención a todo. Que nuestra memoria no lo registre todo es un primer paso para enfrentarnos al mar de datos que nos zarandea cada día. Necesitamos priorizar con qué quedarnos mientras nos mantenemos a flote. Pero ¿cómo decidir a qué hacer caso? ¿Qué datos debemos obviar? O lo que es todavía más complicado: una vez que decidamos nuestras prioridades, ¿cómo se supone que vamos a centrarnos solo en una parte de toda esta selva de sinapsis?

Capítulo

9

Préstame atención Si rompes un gran diamante en pedazos, perderá por completo el valor que tenía como uno solo; y un ejército dividido en pequeños grupos de soldados pierde toda su fuerza. Asimismo, un gran intelecto se rebaja al nivel de uno ordinario tan pronto como este es interrumpido, y su atención, distraída.

ARTHUR SCHOPENHAUER, *On Noise* Aquello era un infierno, no había forma de enderezar la avioneta. Con cada soplido, las alas se doblaban como si fueran de papel, tonteando con la idea de romperse en mil pedazos. Cuando no eran las alas, era el fuselaje el que se quejaba, vibrando con un rechinar tan agónico que estremecía el cuerpo hasta los propios huesos. Al frente, se extendían kilómetros y kilómetros de un blanco inquietante. Un mar algodonoso y letal. Nubes que formaban las fantasiosas estructuras de una tormenta que parecía haber salido de otro mundo. Los golpes del viento eran incesantes, y martilleaban una y otra vez la chapa de la avioneta. Antes, esa cobertura metálica era infranqueable, pero ahora parecía tan ridícula como la manta con la que se tapa un niño para protegerse del coco. Cada metro ganado era un triunfo, un regalo del azar que no convenía cuestionar demasiado. Solo había un objetivo: surfear como fuera posible ese mar de nubes adentrándose en él hasta la tierra prometida, el ojo del huracán. Quién sabe cuánto duró aquel pulso, cuántos envites soportaron los remaches del avión antes de emerger en el centro de la tormenta. Lo único que importa es que lo hicieron.

Tan pronto como cruzaron la pared que separaba el ojo del anillo de tormentas, el cielo se abrió como si hubieran entrado en una nueva dimensión. El blanco de las nubes parecía haber hecho una excepción, apartándose para dejar ver un cielo absolutamente azul. Era extraño que, en el corazón de tanto alboroto y destrucción, se escondiera una isla de paz. En aquel lugar no había peligro, solo un aire transparente y limpio donde volar era mucho más sencillo.

Ahora mismo estás concentrado en estas líneas. Sabes lo que he escrito, tu cabeza no estaba vagando sin rumbo entre todos los pensamientos y estímulos que ebullean dentro de tu cráneo (al menos hasta ahora). En tu encéfalo ocurre algo similar a lo que ha vivido la avioneta: consigue volar a través de un anillo infernal de estímulos visuales, táctiles, auditivos, etc., todo ello para resurgir de la tormenta con la mente despejada, pudiéndose concentrar en una única tarea. Enfocamos nuestra atención en el mundo externo como si fuera el ojo del huracán, que despeja el caos a su paso.

De hecho, a veces, cuando no somos capaces de enfocar nuestra atención en una tarea, sentimos cómo nos bombardean el resto de los estímulos. Ya no estamos centrados en responder a las preguntas del examen, sino en los rítmicos movimientos de la pierna del compañero, en el clic de un bolígrafo abriéndose y cerrándose constantemente o incluso en el olor a café que llega desde la mesa del profesor. Son

demasiados estímulos que nos dificultan volver a conducir nuestro avión hasta el ojo del huracán, que tuercen la dirección del vuelo a cada instante, separándonos de la ruta que queremos seguir. Es más, esa sensación representa extrañamente bien lo que está ocurriendo en nuestro encéfalo cuando no se centra en una tarea y los estímulos saturan nuestra capacidad para procesar información. Es como si dejáramos abiertas doscientas pestañas en un navegador de internet, la cosa no puede salir bien (sobre todo si una es nuestro historial de búsqueda).

La regla de los quince minutos La capacidad de atención es indispensable para un sistema nervioso complejo como el nuestro. De hecho, se trata de una de esas funciones cognitivas básicas que el resto de las habilidades necesitan para trabajar. Banich y Compton se refieren a ella como «la habilidad cognitiva que nos permite lidiar con las limitaciones de nuestro encéfalo seleccionando qué información será procesada». Enhebra a todas las demás, permitiéndonos ponerlas en práctica. De hecho, gracias a su trabajo conjunto con la memoria a corto plazo, podemos realizar una actividad de forma sostenida en el tiempo. Sin ella, te resultaría imposible leer una frase de principio a fin, aunque, si somos sinceros, en ese caso ni siquiera habrías podido aprender a leer. Es uno de los pilares básicos de nuestra mente y, sin embargo, se habla muy poco sobre ella, siempre en un segundo plano, eclipsada por sus hermanas más populares. O lo que es peor, lo que se dice de ella suele ser directamente falso.

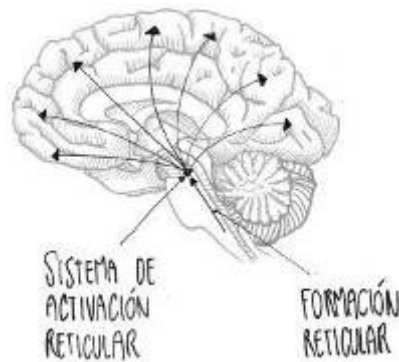
Pero sigue leyendo, aprovecha el tiempo de atención que te quede. A fin de cuentas, parece que nuestra capacidad de atención tan solo dura quince minutos antes de desaparecer misteriosamente en una dimensión desconocida, ¿no? Pues ni de lejos. Este dato tan extendido es un bulo que ha corrido como la pólvora en plenas fallas. Todo se basa en un artículo de James Hartley e Ivor K. Davies publicado en 1987 en el cual se revisaban datos sobre la forma en que los alumnos toman apuntes. Si echáis un ojo al artículo original, veréis que no tenía nada que ver con la atención y que, de hecho, aquellos datos parecen haber pasado por más operaciones de cirugía estética de las que ningún famoso querría reconocer en público, así que, sintiéndolo mucho: las clases de una hora no son una mala idea (a no ser que sean de francés, en ese caso podemos hablarlo).

Otro mito popular consiste en pensar que nuestra atención es un todo o nada. La realidad es que a veces fluctúa en el tiempo, se agota, se recupera, y depende muchísimo del contexto en el que la estemos usando. Mi atención se disipará rápidamente si me obligan a ver un programa de cotilleos en croata, pero si me ponen delante un buen libro, puedo mantenerla durante horas (a no ser que también esté en croata, por supuesto). Pero empecemos por el principio: ¿qué es la atención? Parece un concepto algo difuso, otro término paraguas que, como ocurre con otras funciones cognitivas, cobija debajo de él fenómenos muy distintos. A fin de cuentas, no es lo mismo estar atento como un perro de caza, dispuesto a saltar en cuanto oigas una

notificación de tu teléfono que prestar atención a lo que pone en el mensaje que te acaban de enviar, sobre todo si son las tantas de la madrugada y tu amigo no va muy fino. Al igual que ocurría con la memoria, la atención no es una, son muchas, y cada una sigue un mecanismo diferente.

Los muchos ojos del huracán Hemos englobado tantas cosas bajo este término que podemos incluir el simple hecho de estar despierto como un tipo más de atención. Sin embargo, a pesar de que pueda parecer lo contrario, esta definición no es demasiado laxa, sino que tiene sentido. Si la atención es la capacidad para filtrar información de nuestro entorno, hace falta estar mínimamente despierto para conseguirlo. Cuanto más somnolientos estemos, más difícil nos resultará concentrarnos en lo que suceda a nuestro alrededor, por lo que, en cierto modo, la vigilia es algo así como una forma de atención.

Esta función básica se llama nivel de excitación cortical y alerta (o, como aparece en muchos libros traducidos del inglés, *arousal*) y sabemos exactamente dónde se origina. Las vías implicadas comienzan su peregrinaje neural en el tronco del encéfalo y desde ahí ascienden a través de una serie de neuronas que conforman el sistema de activación reticular.



Sistema de activación reticular, encargado del *arousal*.

Este no solo se encarga de mantener la vigilia, sino que es responsable de regular los ciclos de sueño en función de la información que le envían los núcleos supraquiasmáticos, que registran a su vez la luz del ambiente. Gracias a él, nos entra sueño por la noche y nos encontramos despiertos y alerta durante el día (salvo los lunes, que el *arousal* libra), así que la próxima vez que tengáis *jet lag* ya sabéis a quién culpar.

Cuando este sistema de activación reticular se activa, lo que hace es enviar impulsos inhibidores a la corteza, el tálamo y la médula espinal, bloqueando nuestros músculos e impidiendo que hagamos locuras mientras soñamos. En los casos en los que falla, los

pacientes se mueven de forma brusca, porque para su corteza motora no hay diferencia entre saltar y soñar que saltan. A veces, el sujeto amanece repleto de moretones al haberse peleado por su honor contra la mesilla de noche, otras veces nos brindan esa maravilla de internet que son los vídeos de perros que sueñan estar corriendo.

Esta es la función que mejor conocemos, y en parte porque su implicación en la atención va un poco más allá de lo que hemos visto. Si el sistema de activación reticular se ve realmente dañado, el paciente cae automáticamente en un estado de coma. De hecho, es una estructura tan importante que también participa en la regulación de las funciones del sistema nervioso autónomo, la modulación del dolor e incluso el control postural. En definitiva, aunque el encéfalo funcione como un todo en el que cada proceso es igual de importante que el resto, es indiscutible que, parafraseando a Snowball y a Napoleón: «Algunos son más iguales que otros».

Para hablar del siguiente tipo de atención, la sostenida, tenemos que alejarnos de la complicada vida en civilización, lo cual siempre es una buena idea, sobre todo si nos busca la policía o si tratamos de entender por qué nuestra biología es como es (aunque sobre todo en el primer caso). La atención no apareció para permitir que viéramos del tirón las casi dieciséis horas que dura *El anillo del nibelungo*, sino que todo comenzó de una manera mucho más modesta y, por suerte, con menos dosis de misantropía y antisemitismo de lo que a Wagner le habría gustado.

En el reino animal hay unas cuantas especies que viven en grandes comunidades, lo cual les permite repartirse el trabajo. Mientras unos buscan alimento, otros defienden el territorio y los que quedan vigilan los alrededores. El mejor truco para huir de un peligro es detectarlo antes de que él te vea a ti y así tener tiempo de escapar, aunque no es un trabajo demasiado agradecido. Otear el horizonte durante horas es tremendamente aburrido, pero, además, es muy difícil. No solo se trata de tener una voluntad que te mueva a estar horas fijando la vista en la nada o una memoria a corto plazo que te permita recordar por qué estás desperdiciando así tu fin de semana. Si no queremos perder el hilo, necesitaremos evitar que nuestra atención se disperse.

Para encargarse de esto, algunas neuronas del centro del *arousal*, así como de otras partes del tronco del encéfalo, envían sus prolongaciones hasta la base del cerebro. Cuando nos enfrentamos a una tarea en la que nos cuesta mantener la atención, ya sea debido a su complejidad o a nuestra falta de interés por el tema, las neuronas de esta parte del cerebro comienzan a liberar un neurotransmisor llamado acetilcolina. Este estimulará nuestra capacidad de atención durante un rato, pero si nos pasamos explotando este superpoder, lograremos un efecto rebote, la acetilcolina se agotará y con ella nuestra atención. Por eso, tras un examen largo, el mundo exterior nos parece un lugar alienígena y nos cuesta interactuar con él y con las personas que lo habitan. En cualquier caso, como ninguna función es una isla, desde la base del cerebro también se

tienden canales de comunicación con estructuras como el tálamo, relacionadas con el *arousal*, porque, a decir verdad, poco tiempo podremos sostener la atención si nos estamos quedando dormidos. Si se cierran nuestros ojos, se cierra el ojo del huracán.

Tiempos más sencillos Gracias al arousal y a la atención sostenida, nuestros encéfalos ya pueden mantenerse despiertos y centrar su atención, pero ¿en qué? Es importante saber qué hacer con esta nueva habilidad. ¿Cómo se las arregla tu encéfalo para dirigir tu atención sobre estas páginas repletas de letras? ¿Cómo logra evitar que te despistes con todas las otras cosas interesantes que pasan por tu fantástica vida? Antes de que nuestra sesera estuviera llena de preocupaciones que tuviéramos que silenciar con helado de chocolate, lo que bombardeaba nuestras neuronas eran todos los estímulos que nuestros sentidos recogían del medio.

Traigamos de vuelta a nuestra imaginación aquel pequeño ser que dejamos peinando el horizonte en busca de peligros. Eso que está haciendo se debe a la atención sostenida, sí, pero también está seleccionando qué analizar, filtrando de entre todos los estímulos que recibe, en cuál ha de concentrarse. Está poniendo en práctica el tipo de atención más estudiada y mejor comprendida, la atención selectiva, que a su vez puede surgir a través de dos caminos aparentemente opuestos.

Por un lado, tenemos la atención selectiva de abajo arriba, que podríamos comparar con un piloto automático, una especie de vigía que salta ante cualquier estímulo inesperado: un destello, un ruido fuerte o un dolor repentino. Cuando un objeto entra por sorpresa en nuestro campo visual nos sobresaltamos y la información llega a nuestros colículos superiores, en el tronco del encéfalo. A estas alturas, la señal todavía no se ha procesado y no sabemos del todo qué es lo que estamos percibiendo, pero tenemos datos generales de los que podemos sacar provecho. Ante la posibilidad de que ese objeto indeterminado sea un peligro, nuestro colículo no pierde ni un segundo y envía a nuestro cuerpo la orden de orientarse hacia la fuente del estímulo que lo haya sobresaltado para así verlo mejor.

Así es como podemos dirigir nuestra atención hacia un peligro incluso antes de saber lo que está pasando. Por suerte, no confiamos toda nuestra supervivencia en los automatismos, y como ocurría con la amígdala que procesaba el miedo, la orden se corrige en cuanto la corteza nos devuelve la información bien analizada. Aunque, por suerte, esa materia gris es suficientemente lenta para que podamos disfrutar de los sobresaltos de una película de terror antes de que nos recuerde que toda esa sangre es ketchup.

El opuesto de este mecanismo es la atención selectiva de arriba abajo, y esta sí está sometida a nuestro control. Cuando decidimos dirigir la atención hacia un objeto o hacia una actividad como la lectura o el ganchillo, estamos haciendo algo diferente a lo

que hemos descrito hasta ahora. De hecho, las subclasificaciones no terminan aquí, pues el mundo de la atención de arriba abajo es realmente complicado y abre toda una gama de posibilidades. Podemos decidir dirigir la atención hacia un objeto aunque se esté moviendo, pero también podemos enfocarla hacia el lugar exacto donde se encuentra o en una dirección en sí misma, sin fijarla en nada, como cuando miramos a través de la ventana de un tren. Y podemos complicarlo todavía más, porque también podemos concentrarnos en buscar características particulares, como «tréboles de cuatro hojas» o incluso olvidarnos del mundo físico y enfocar nuestra atención en un proceso abstracto, como, por ejemplo, nuestro objetivo de dominar los Siete Reinos.

En el caso de la atención de arriba abajo, las respuestas motoras no son automáticas, por lo que nuestra atención tiene que dedicarse en parte a decidir qué leñe hacer al respecto. Esa toma de decisiones descansa mayormente sobre la corteza prefrontal medial, la corteza cingulada anterior y el área motora suplementaria, zonas relacionadas con el control voluntario del movimiento y que se activan tras nuestra atención selectiva de arriba abajo.

En cualquier caso, lo que ambos tipos de atención selectiva tienen en común es que han de potenciar los estímulos útiles e inhibir el resto. Para ello, el encéfalo se sirve de nuevo del tálamo, por el que, recordemos, pasan todos los sentidos que queremos inhibir (menos el olfato, que va por libre y siempre nos desconcentra). De hecho, cuando las dos partes del tálamo más relacionadas con este proceso se dañan, el sujeto deja de poder seleccionar en qué información centrarse y se produce un déficit de atención. Pero cuidado, no hablamos del clásico síndrome de déficit de atención e hiperactividad. El TDAH realmente se vertebra en un problema con la inhibición de los impulsos, y aunque también afecta a la atención, lo hace de forma indirecta, como con otras funciones cognitivas.

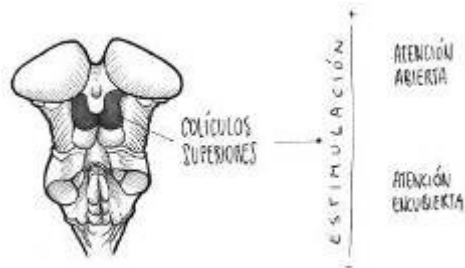
Y, por rizar más el rizo, ¿qué ocurre cuando tenemos un objetivo en el que centrarnos de arriba abajo, pero surge un estímulo que activa nuestra atención de abajo arriba? ¿Quién gana este pulso? Resulta que ambos tipos de atención implican en gran medida al lóbulo parietal, pero con una peculiaridad. La atención selectiva de abajo arriba queda circunscrita a las partes bajas del parietal, mientras que las altas corresponden al territorio de la atención selectiva de arriba abajo. Esta cercanía anatómica es la pista para responder a nuestras preguntas. La frontera entre ambas partes forma el surco intraparietal, un lugar donde organizamos nuestras «prioridades» según el momento. Si estamos esperando un ataque del enemigo, tendremos que estar receptivos para que, al ver a un dragón sobre el horizonte, nuestro encéfalo dispare un pulso de atención selectiva de abajo arriba y primarlo así sobre estímulos menos relevantes. Pero si ya hemos visto al enemigo aparecer tras el horizonte, lo tendremos localizado y solo nos interesará dirigir toda nuestra atención selectiva de arriba abajo hacia él (y derrotarlo, por supuesto).

Atención al encubierto Poco a poco, los sistemas nerviosos complejos como el nuestro han desarrollado trucos para usar mejor la atención, y la evolución ha ido reforzando algunas de sus características. El surco intraparietal fue una gran solución para poner freno a nuestros impulsos. Sin embargo, hemos dicho que, cuando nuestra atención selectiva de abajo arriba actúa, nos orientamos hacia el estímulo como si fuéramos un resorte, pero ¿pasa lo mismo en la de arriba abajo? ¿Cuánto control real tenemos sobre ella?

Resulta que existe una alternativa a esta llamada atención abierta: la atención encubierta. Si estamos en el bus y oímos a una pareja hablar sobre que la Tierra es hueca, queremos seguir escuchando qué barbaridades tienen que decir, pero no se nos ocurrirá girarnos descaradamente para dirigir la atención hacia ellos. En esos casos socialmente comprometidos usamos la atención encubierta, que no precisa situar el estímulo en el centro de nuestros sentidos, sino todo lo contrario. En realidad, este concepto es mucho más complejo y controvertido, pero resumiéndolo, la atención encubierta mantiene el centro de nuestra atención en el estímulo, independientemente de hacia dónde estén apuntando nuestros sentidos. Durante este proceso filtraremos las imágenes o los sonidos que vengan del centro de nuestro campo receptivo y nos centraremos en una pequeña zona de la periferia. La existencia de una atención encubierta puede parecer extraña si tratamos de entender cómo surgió esta habilidad. La mayoría de los animales no tratan de disimular cuando cotillean, así que ¿qué ganamos realmente por tener una atención encubierta?

Parece ser que, si estimulamos eléctricamente los colículos superiores, se desencadena una atención abierta y descarada, lo cual es de esperar, pues ya habíamos comentado que esta estructura nos permite orientar automáticamente nuestra vista. Sin embargo, si ahora la descarga es leve, la atención que se activa es encubierta. Esto de que ambos tipos de atención compartan una misma estructura ya nos da pistas sobre la primera función que tuvo la atención encubierta: adelantarse a nuestra atención abierta para que esta pudiera orientarse mejor.

Todo apunta a que gracias a la atención encubierta nuestro encéfalo puede detectar la ubicación exacta de los estímulos antes de que la atención abierta dirija nuestros ojos y oídos hacia ellos. Con este truco nos ahorramos tener que barrer el espacio azarosamente hasta dar con el origen exacto de un nuevo estímulo, lo cual ahorra energía, pero sobre todo velocidad de reacción, que son dos de los regalos más valiosos para la vida en la naturaleza.



Al estimular los colículos superiores se activa la atención directa, pero si aumentamos la intensidad del estímulo, activaremos la atención encubierta.

Desde aquellos humildes principios, hemos ido reciclando esta atención encubierta hasta humanizarla en niveles elevadísimos de sofisticación, como leer una caja de cereales mientras calentamos la leche. Aunque precisamente en este ejemplo estamos haciendo algo con un extra de complicación, estamos prestando atención a dos cosas a la vez. ¿Cómo es esto posible?

Multitasking y otras formas de quemar la comida Cuando hacemos dos cosas al mismo tiempo, estamos empleando un nuevo tipo de atención, la dividida, aunque, siendo exactos, más que «un nuevo tipo de atención» es una nueva forma de gestionar la atención selectiva. No se trata de atender intermitentemente a dos tareas, pasando la atención de una a otra, que de eso ya se encargaría el campo ocular frontal. La idea es atenderlas simultáneamente y de forma constante. El problema está en que nuestro cerebro no es un órgano de recursos infinitos. Desde el momento en que aceptamos que la mente es un fenómeno tan físico como cualquier otro y que reside en el encéfalo, los límites de nuestra mente se vuelven los límites de nuestro encéfalo. Así, teniendo en cuenta que nuestro encéfalo es limitado, también habrá un número limitado de actividades que pueda hacer al mismo tiempo.

Sin embargo, esta restricción no está tan clara porque no siempre es igual, ni siquiera en un mismo sujeto, y depende muchísimo de a qué estemos prestando atención. La teoría de los múltiples recursos plantea que nuestro encéfalo puede trabajar con tantas tareas en paralelo como queramos mientras estas no dependan de las mismas estructuras. Por ejemplo, nos costará más leer un texto mientras recitamos otro que leer mientras escuchamos música, porque estas últimas actividades apenas solapan las estructuras encefálicas que las soportan. Este es el motivo por el que resulta complicado hablar mientras cronometras los segundos. Por mucho que cuentes los segundos para tus adentros, lo que realmente estás haciendo es decir en tu cerebro: «uno, dos, tres...». Si en lugar de pensar en los números como sonidos los imaginas como símbolos, o con un pulso rítmico, verás cómo resulta más fácil compaginar ambas tareas.

En cualquier caso, aunque procesemos información en distintos «formatos» terminaremos viendo que una parte de su actividad siempre se encuentra compartiendo estructuras encefálicas, como la relacionada con la atención. Haga lo que haga, necesitaré prestar algo de atención y eso significa que siempre tendremos que repartir nuestros limitados recursos encefálicos, lo cual bajará nuestro rendimiento inevitablemente. Por eso, decir «atención dividida» es mucho más exacto que hablar de *multitasking*, aunque también venda mucho menos. En estos casos, lo más eficiente es terminar una actividad antes de empezar otra, y no estar repartiendo nuestra atención entre varias tareas que acabaremos completando a destiempo y con menos mimo.

Existe un experimento tremendamente popular que estudia la llamada ceguera atencional. En él se le muestra a un sujeto un vídeo en el que un grupo de jóvenes se pasan una pelota de baloncesto entre sí. Algunos llevan camisetas negras y otros blancas, pero a nuestro sujeto se le pide que solo cuente los pases hechos entre los jugadores con camisetas blancas. Cuando el vídeo termina resulta que todo era una trampa. En lugar de preguntar por el número de pases, se le pregunta al sujeto si ha visto un gorila. Lo normal es que no haya visto nada e incluso piense que le estamos tratando de implantar un recuerdo falso, pero si le volvemos a poner el vídeo, esta vez sin pedirle que cuente los pases, será capaz de ver cómo un hombre disfrazado de gorila cruza el plano de forma descarada mientras los jóvenes se pasan el balón. La primera vez su atención estaba ocupada en otras actividades, no estaba como para preocuparse de gorilas inesperados, así que simplemente no lo «vio». El gorila no pasaba por el ojo de su huracán, se perdía en medio de las tormentas, y esto es precisamente lo que utilizan los magos que ocultan sus movimientos clave, mezclándolos con otros innecesarios, normalmente más amplios o previos al que quieren esconder. Estas reglas las llevan usando desde el siglo XX y, sin embargo, la neurociencia no ha sabido explicar su fundamento hasta hace unos pocos años.

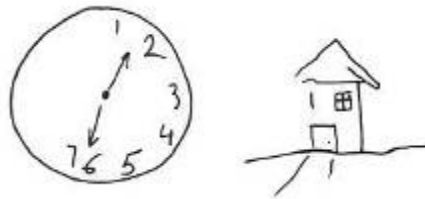
En fin, todo esto tampoco es nada nuevo y es el motivo por el que no es recomendable hablar por teléfono mientras conducimos: nuestra velocidad de reacción disminuye porque la atención ya está puesta en otras cosas y nuestro colículo superior va al ralentí. Aunque todo hay que decirlo, existe un 2,5 % de personas llamadas *supertaskers*. Las muy asquerosas son capaces de gestionar su atención para mantenerla a tope siempre, aunque estén haciendo cinco actividades distintas y además malabares con los pies. Todavía no está claro cómo se las apañan para realizar tales proezas, pero lo que sí sabemos bastante bien es qué ocurre cuando caen en el otro lado de lo poco frecuente y su atención deja de funcionar como es debido.

El vaso medio lleno Uno de los síntomas neurológicos más estudiados son las negligencias hemisféricas, que consisten en perder completamente la capacidad de atención sobre todo lo que ocurra en una mitad de tu mundo. Esto sucede cuando se dañan las estructuras relacionadas con

la atención en un único hemisferio, de tal modo que el encéfalo no pueda concentrarse en nada de lo que ocurra allí. Si tuviéramos que resumir este trastorno en una sola frase, podríamos decir que «si no le presto atención, no existe». Así pues, una lesión en el hemisferio izquierdo hará que dejemos de fijarnos en todo lo que le ocurra al mundo que queda a nuestra derecha. Estos pacientes nos ayudan a arrojar luz sobre la tremenda importancia que tiene la capacidad de atención y confirman nuestras sospechas sobre su valor evolutivo.

Los casos de pacientes con negligencia hemisférica son muy famosos por dar lugar a historias especialmente curiosas. Una de las típicas es la de aquellos pacientes que no son capaces de comerse todo lo que tienen en el plato, no por falta de ganas, sino porque no son conscientes de que existe aquello que se encuentra en la mitad de su campo visual contraria al hemisferio lesionado. A su cerebro le llega toda esa información visual, pero no la procesa: los pacientes son incapaces de acceder a ella entre todo el ruido y simplemente se pierde al no haber un foco atencional que la «ilumine». La atención no procesa información, pero sin ella no tiene sentido procesar nada. En estas situaciones, los pacientes creen ver que todo el plato está vacío, por lo que no es raro que pierdan peso antes de darse cuenta de lo que está pasando en su encéfalo. Cualquier cosa que ocurra en su mitad mala del mundo simplemente no existe de forma consciente.

Otra cosa que podemos aprender de los pacientes con negligencia hemisférica es la manera en que prestamos atención a nuestros procesos mentales internos. Si tomamos a un sujeto con negligencia hemisférica por una lesión en su hemisferio derecho, podemos suponer que no será capaz de percibir nada de lo que haya en su mitad izquierda del mundo. Sin embargo, la cosa va más allá, porque si le pedimos que imagine un lugar que conociera antes de la lesión, como el ayuntamiento de su pueblo, empezarán a pasar cosas extrañas. Si le pedimos que describa qué hay a la izquierda del ayuntamiento, será incapaz de responder, pues la negligencia hemisférica no solo afecta a su percepción del presente, sino a sus recuerdos.



Los pacientes con heminegligencia también son incapaces de representar una mitad de los objetos que dibujan, como puede verse en estas ilustraciones incompletas de un reloj y una casa.

Y hay otra vuelta de tuerca, porque si pedimos al paciente que en su imaginación gire ciento ochenta grados, de repente podrá enumerar todo lo que había a la izquierda del

ayuntamiento, pero habrá perdido todo el lado derecho. No importa que acabe de nombrar todos los lugares que hay a ese lado del pueblo, es como si se hubieran esfumado por completo.

La zona encargada de regir la atención sobre nuestros procesos internos es la red neuronal por defecto, una serie de vías que cruzan el cerebro a través de lo más profundo de su sustancia blanca y que apenas está implicada en el resto de los procesos atencionales. A pesar de ello, los efectos de desactivarla son casi idénticos a los que podríamos ver sobre otras estructuras relacionadas con la capacidad de atención sobre el mundo externo. Así, puede que la atención sea un término paraguas que englobe procesos muy diferentes, pero los fenómenos que describe son suficientemente parecidos como para que esté justificado estudiarlos todos como una categoría.

Atentamente, un animal Si queremos encontrar nuestra humanidad en algún proceso cognitivo, dudo que vayamos a conseguirlo en la capacidad de atención. En realidad, por mucho que hayamos adornado y adaptado los mecanismos de atención a nuestra vida en sociedad, estos siguen siendo tan fundamentales que los compartimos con la enorme mayoría de los animales. No es que no se nos dé especialmente bien, pero tampoco veo a nadie queriendo argumentar que lo que nos hace humanos sea poder tragarnos seis temporadas de una serie en un par de noches. De hecho, muchos animales tienen capacidades de concentración notables, al menos a su manera, y pueden estar días esperando a una presa, alerta ante cualquier estímulo. Otros cuantos, aunque menos, orientan voluntariamente esta atención y son capaces de entrenarla a lo largo de su vida. Por ejemplo, en el caso de los perros, se ha podido demostrar que durante su juventud la capacidad de atención disminuye para posteriormente volver a aumentar: parece que los canes también sufren la adolescencia.

De hecho, desde que sabemos que ni siquiera la atención encubierta es exclusiva de nuestra chismosa forma de ser, no queda ningún gran reducto de humanidad en la atención. En cualquier caso, tiene sentido que la atención no sea algo exclusivo de nosotros. De hecho, todos los seres con sistema nervioso sensitivo vivimos inmersos en una tormenta de estímulos que no podríamos navegar por las buenas. Para enfrentarnos a ella y capear el temporal necesitaremos un ojo del huracán donde cobijarnos, tranquilo y transparente. Solo así podremos filtrar lo importante de lo superfluo y empezar a interactuar, primero con el entorno, después con nuestros iguales y solo entonces construir algo nuevo, el siguiente paso para dirigirnos hacia el futuro con determinación, para estrechar los lazos en nuestra comunidad e incluso hacer arte. Porque solo en el corazón del huracán puede nacer el lenguaje.

Capítulo

10

Hablando claro El lenguaje es el mayor invento de la humanidad, excepto que, por supuesto, nunca fue inventado.

GUY DEUTSCHER, *The Unfolding of Language* Allí estaba, observando el horizonte un día más, bajo el mismo sol, sobre la misma roca. Aquello no le gustaba especialmente y tampoco lo hacía por los demás del grupo, o al menos no era eso lo que pasaba por su mente. Simplemente tenía miedo y sentía que allí estaba más seguro, que podía otear cualquier amenaza que llegara y así huir de ella. Se lo pedía el cuerpo como un instinto imposible de acallar y él tan solo obedecía. En todo gran grupo siempre hay algún par de ojos escrutando los alrededores, esperando el ataque de lo que pueda llegar y en este caso esos ojos eran los suyos. Sus sentidos estaban puestos en la hierba seca de la sabana y en el cielo azul que la cubría. Estaba constantemente atento, esperando el estímulo que hiciera saltar a sus músculos a la velocidad del relámpago. Sabía lo que buscaba, aunque hacía tiempo que no veía a ninguno. Esos seres llegaban rápido y desencadenaban el pánico; por eso se habían grabado a fuego en su memoria. Ahora los buscaba por todas partes y temía que estuvieran tras cualquier movimiento en la hierba. Todo estaba funcionando al milímetro en perfecto equilibrio, un sistema de vigilancia viviente cumpliendo, sin quererlo, su pequeña labor en la comunidad. Entonces fue cuando aparecieron.

Su silueta era indistinguible y no hizo falta más que eso para que el terror se apoderara del vigía. Ya no pensaba, solo actuaba y, antes de que se quisiera dar cuenta, un chillido agudo había quebrado el aire y él ya estaba huyendo del peligro. Su voz de alerta había sido como soltar una canica en una habitación repleta de ratoneras. Ahora toda la comunidad lo sabía y corrían dominados por el miedo, escapando en la misma dirección que nuestro vigía. No obstante, el grito de alerta fue un arma de doble filo, los predadores también aceleraron el paso y el suelo bramaba bajo sus zancadas. Sin embargo, la épica en la naturaleza es un género breve y pronto el vigía y su grupo consiguieron ponerse a salvo en un árbol cercano. Las bestias todavía rondaban el tronco, pero por ahora estaban a salvo y todo gracias al chillido del vigía.

Puede que no se trate del código más elegante de nuestra historia, pero con ese grito rasgado estos parientes nuestros se estaban comunicando. Es verdad que tampoco era una comunicación bidireccional, solo iba del emisor a los receptores sin esperar un retorno de ninguna clase. Podemos dudar incluso sobre si ese sonido era voluntario o un simple reflejo que, de ser capaz, el vigía habría evitado. Todas estas dudas son legítimas, pero para lo que quiero contar no importan demasiado. La situación ha sido la siguiente, y esto es lo que nos incumbe: el vigilante ha detectado algo y ha reaccionado a ello de una forma que solo haría ante un peligro, casualmente poniendo a salvo a sus compañeros. Un grito de terror es diferente de otros sonidos, la información «peligro» ha sido codificada en ese ruido y enviada a través del aire hasta varios

receptores, seres que han sido capaces de descodificarla y actuar en consecuencia. Ese grito contenía información.

Nuestra capacidad para hacer generalizaciones, encontrar patrones e incluso intuir las emociones de otros animales son puntos clave de esta máquina comunicativa. El grito y la dirección de la carrera expresan no solo una emoción (el miedo), sino la existencia de un peligro y el lugar del que proviene. Es una información compleja que marca los comienzos de un proceso evolutivo que nos ha llevado hasta el lenguaje, o, mejor dicho, hasta las lenguas.

*Si me necesitas, gruñe La comunicación en el reino animal es un fenómeno innegable. Florece por todos los lados y de las formas más variadas imaginables. Si existe un medio a través del cual enviar estímulos, habrá un emisor capaz de aprovecharlos. Las feromonas que emplean muchos animales les permiten detectar, por ejemplo, cuándo llega la época de celo, enviando información valiosa a través del olfato, como «quiero marcha». El macho de algunas especies de araña aprovecha el tacto para calmar a la hembra, palpándola con sus patas. Vista, oído, gusto, incluso los campos eléctricos pueden aprovecharse para este fin, como hace la anguila eléctrica (*Electrophorus electricus*). Y a pesar de todo ello, es posible que te hayas dado cuenta de que estoy evitando llamarlo «lenguaje».*

Los códigos usados por estos animales pueden ser más o menos complejos. Por ejemplo, que un gato erice el pelo es un código que no se presta a matices, lo mejor será no acercar tu cara a la suya. Sin embargo, un cangrejo violinista agitando en el aire su enorme pinza puede significar dos cosas diferentes, todo dependerá de la forma en que mueva su extremidad. Determinados giros sirven para marcar su territorio, pero con unos ligeros cambios ese mensaje se transforma en una invitación a subir a su piso tras una larga noche de jarana.

A pesar de todo ello, sentimos que estos códigos no son comparables a nuestras lenguas, y no solo por lo poco desarrollados que están, sino por otro tipo de carencia. De hecho, muchos investigadores trazan una clara diferencia entre el lenguaje y la capacidad de comunicación en animales. Como hemos visto, la comunicación es un concepto ambiguo que se adapta bastante bien a estos códigos rudimentarios. Sin embargo, la definición de lengua no es tan tolerante y, de hecho, tampoco es lo mismo que lenguaje, a pesar de que muchas veces intercambiamos los términos. El lenguaje es nuestra capacidad cognitiva para producir y comprender una lengua, que sería un código de signos concreto con unas reglas propias: castellano, klingon, lengua de signos, braille, las lenguas joisanidas del sur de África tan características por su uso de chasquidos y, si me apuras, hasta el francés.

De hecho, la mayor parte de las lenguas se basan en estos dos conceptos. Por un lado, tenemos la semántica, ese código de signos creado a través de un acuerdo más o menos tácito y que asocia palabras a significados. Por otro lado, tenemos la sintaxis, unas reglas propias según las que se estructuran esos conjuntos de conceptos y que condiciona la interpretación del mensaje. Por ejemplo, la frase «En bocadillo el el comeré me coche» no significa nada con esa sintaxis. Del mismo modo, decir «Me comeré el bocadillo en el coche» no quiere decir lo mismo que «Me comeré el coche en el bocadillo», a pesar de que ambas frases están compuestas por las mismas palabras. De alguna manera, nuestro cerebro es capaz de entender todos estos matices.

Quien no debe ser nombrado Como hemos visto, definir el «lenguaje» no es lo más sencillo del mundo, pero se vuelve un juego de niños comparado con la siguiente pregunta: ¿cómo surge? ¿Cómo pasamos de los gruñidos a un código de signos con sintaxis? Esta pregunta es tan problemática que en algunos entornos es incluso tabú. De hecho, especular sobre el origen del lenguaje fue prohibido en 1866 por la Sociedad Lingüística de (como era de esperar) París.

¿Qué tienen en común todas las lenguas? Las diferencias son enormes hasta el punto de que algunas, como el ngan'gityemmerri, usan quince géneros distintos, dos de ellos solo para referirse a lanzas. Cualquier hipótesis unificadora tendrá una pizca de especulación. Eso en sí no es malo, siempre es un buen primer paso, pero necesita basarse en algo. Una especulación sólida precisa datos que la sustenten, porque construir sobre una especulación sí que es hacer castillos en el aire. En cierto modo, es comprensible que se considerara un tema tabú; nuestro conocimiento sobre los procesos encefálicos que hay tras el lenguaje es algo oscuro incluso en nuestros tiempos, y en aquella época era todavía peor.

Por ejemplo, una especulación muy extendida consideraba que la arquitectura de nuestro encéfalo condiciona absolutamente la estructura básica de nuestros idiomas. Este planteamiento, llamado hipótesis de la estructura profunda, plantea que hay partes del encéfalo que de forma natural están preparadas para albergar conceptos sintácticos como «sujeto», «verbo», «predicado» y que los idiomas tan solo lo aprovechan.

Esta visión, que popularizó Noam Chomsky, planteaba que existe una gramática innata, y ahora sabemos que es incorrecta. Porque por supuesto que nuestro encéfalo condiciona lo que de él sale (en este caso, el lenguaje), pero la influencia cultural es principal en la construcción de las lenguas, incluso en sus características más básicas. De hecho, conocemos lenguas, como la de la tribu amazónica de los pirahã, que no emplea tiempos verbales, apenas tienen una docena de sonidos y carecen de términos para referirse a los números o a los colores.

Sin embargo, también tenemos que tener cuidado de no caer en el lado contrario de la balanza y negar la influencia biológica o sobrestimar la cultural, como hace la hipótesis de Sapir-Whorf en su versión fuerte, que considera que las lenguas influyen en la estructura de nuestro cerebro determinando completamente nuestra percepción del mundo. Se ha demostrado que esta hipótesis no tiene base científica, y aunque ha dado de beber a la ciencia ficción produciendo relatos como *La historia de tu vida*, de Ted Chiang, también ha sido la madre de pseudociencias como la programación neurolingüística. Esta última pretende cambiar el comportamiento de las personas a través de su uso del lenguaje, algo digno del «doblepensar» que describió George Orwell en su novela *1984*.

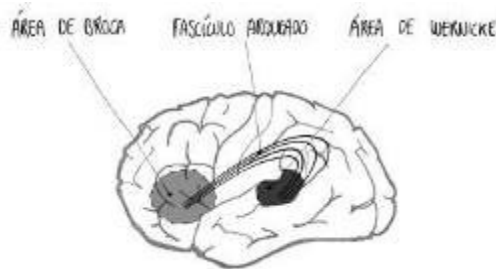
Bien, pues ni tanto ni tan poco. Las pruebas apuntan a que lo más plausible es la hipótesis de Sapir-Whorf en su versión débil, en la que no se niega que nuestra forma de expresar ideas condicione la manera en la que pensamos, pero donde la biología sigue teniendo su pedazo del pastel. Por ejemplo, nuestra percepción del color está limitada por nuestro sistema visual, pero nosotros «decidimos» dónde poner el límite entre algunos colores, como el azul y el verde. De hecho, el verde de nuestros semáforos para los japoneses es un tipo de azul. Otro ejemplo son los rusos, para los que el azul claro (*goluboy*) y el azul oscuro (*siniy*) son tan distintos como para nosotros el rojo del naranja.

Sin embargo, desterrar todas esas ideas no ha sido fácil. Por ejemplo, esa rimbombante frase de Wittgenstein que contamina las redes sociales: «Los límites de mi lenguaje son los límites de mi mundo». Puede parecer intuitivo pensar así, pero la neurociencia nos dice que el lenguaje se trata solo de una de las varias herramientas con las que juega nuestro pensamiento. Los pirahã puede que no tengan un concepto para cada número o color, pero son capaces de reconocerlos e indicar que, por ejemplo, cuatro aguacates son más que dos pistachos. Algunos pacientes cuyo lenguaje se ha visto impedido siguen pudiendo razonar y comprender conceptos nuevos, aunque, como siempre, nos encontramos con que la realidad es una confusa escala de grises y privar de lenguaje a un infante durante su neurodesarrollo sí afecta a su inteligencia, como pasa en los niños sordos que no han aprendido el lenguaje de signos.

En cualquier caso, los tiempos han cambiado y algunos aspectos de la lingüística han ganado en rigor tras hermanarse con la ciencia. Desde las matemáticas hasta la computación, pasando (por supuesto) por la neurociencia. Poco a poco se han desterrado ideas sin fundamento y hemos visto cómo el estudio del cerebro ha ido adaptándose y mejorando año tras año gracias a nuevas tecnologías y métodos de análisis. Así que, antes de lanzarnos a sugerir cómo surgió el lenguaje, derrumbemos algunos mitos más.

La vaca esférica Los físicos son gente especial. No tengo nada contra ellos, muchos de mis amigos son físicos y algunos incluso son personas, pero tienen un humor particular. Cuando tratan de hacer modelos matemáticos, de convertir la realidad en fórmulas que la representen, se encuentran con que la realidad tiene demasiados detalles y hay que prescindir de algunos, deformarla como un buen periodista para poder trabajar con ella. De aquí viene uno de sus típicos chascarrillos, en el cual, al pedirle a un físico que calcule la producción de leche de una granja para determinadas condiciones, este empieza a decir: «Supongamos que las vacas fueran esféricas...». Pues bien, parece que el estudio del cerebro también tiene debilidad por las vacas esféricas.

Cuando la neurociencia comenzó a parcelar la corteza cerebral en sectores llamados «áreas de Brodmann», cada una con una función y arquitectura celular concreta, encontró lo que parecía el santo grial del estudio del lenguaje: dos áreas con las que se explicaba todo a la perfección y que siguen impartándose como dogma en las facultades de Medicina de medio mundo. En dicho modelo se plantea que una zona, llamada área de Wernicke y localizada en el lóbulo temporal izquierdo, se encarga de descodificar lo que escuchamos o leemos. Mientras tanto, el área de Broca, en el lóbulo frontal izquierdo, transforma en frases las ideas que pululan por nuestras redes neuronales. Entre ambas existe una vía de comunicación llamada el fascículo arqueado, haciéndonos capaces de repetir lo que hemos escuchado, enviando la información de Wernicke a Broca.



Áreas de Broca, Wernicke y fascículo arqueado.

Según este modelo, alguien incapaz de comprender lo que se le está diciendo (por motivos neurológicos, no porque tenga algo en los oídos) sería diagnosticado con una afasia de Wernicke. Si, por el contrario, comprende, pero no es capaz de expresarse correctamente, apuntaríamos a una afasia de Broca. Se decía que cada una de ellas estaba producida por daños en las áreas que las bautizaban y, de ese modo, podíamos localizar la lesión y tratar su causa. Pero es que había más: supuestamente, los simios no tenían fascículo arqueado. ¿Significaba esto que la incapacidad para repetir palabras había impedido el desarrollo de lenguas? El modelo se suponía tan sólido que se

utilizaba como canon de las bondades derivadas de estudiar el cerebro dividiéndolo en secciones. Broca y Wernicke eran los reyes de la neurociencia.

Pero ¿te imaginas que una lesión en el área de Wernicke no siempre produjera un problema en la comprensión del mensaje o que, con el área de Broca intacta, el paciente perdiera la capacidad de expresarse? Lo cierto es que eso es exactamente lo que ocurre en un número de casos relativamente alto. Parece que nuestra vaca esférica tendrá que ponerse a régimen.

Una segunda opinión El problema de esta santísima trinidad entre Broca, Wernicke y el fascículo arqueado no es que sea completamente errónea. Es una aproximación más o menos verdadera. El problema es que, a pesar de haber contraejemplos suficientes como para tumbarla, se sigue enseñando en las universidades. Mientras, otros modelos menos imperfectos han tomado el relevo en el estudio de la neurociencia del lenguaje y sus resultados son más prometedores.

Al estudiar un idioma, parece natural dividirlo en tres categorías. Por un lado, está el código que se establece entre las palabras y lo que simbolizan: la semántica. La segunda implicaría a la sintaxis, la manera en que se organizan estas palabras para completar y matizar su significado. Y finalmente, está la fonología, que estudia no solo cómo se pronuncian las palabras, sino las reglas que usamos para combinar sonidos. Y lo mejor de todo esto es que esa clasificación intuitiva no solo existe en las lenguas, sino que así es como parece distribuirse sobre nuestra corteza cerebral.

Un ejemplo son los pacientes cuyo cerebro se entretiene dando cambiazos a las palabras que tratan de decir. Este fenómeno se llama parafasia, y puede ser de varios tipos, lo cual nos lleva al punto clave. Las personas con parafasias semánticas cambiarán una palabra por otra cuyos conceptos guardan cierta relación, por ejemplo, dicen «tenedor» cuando quieren decir «cuchara». Otras parafasias, en cambio, sustituyen la palabra por una que suene parecido, como puede ser cambiar «cama» por «cana».

Parece que estas diferencias son detectables incluso a través de un encefalograma, que muestra un tipo de patrón eléctrico característico cuando el sujeto encuentra un fallo de sintaxis en una frase y otro diferente cuando el error es semántico. Podríamos decir que para nuestro encéfalo es sustancialmente distinto oír «Esta mañana no me arrancaba el dinosaurio» a «Esta mañana no me el coche arrancaba». De hecho, si unimos ambas podemos ver que en «Esta mañana no me el dinosaurio arrancaba» las zonas relacionadas con la semántica detectan antes el error, haciéndonos sospechar que estas son las primeras en analizar la información lingüística.

Por lo pronto parece que todo cuadra bastante bien. De hecho, lo mejor de todo es que este modelo no rompa de plano con el antiguo. Es más, sería absurdo que lo hiciera, pues a fin de cuentas Broca y Wernicke son clasificaciones útiles que parecen guardar ciertas relaciones con el lenguaje, cada una las suyas, pero hace falta afinarlas. Para el modelo antiguo, las zonas más delanteras del cerebro se relacionaban con la producción del mensaje, mientras que las traseras se relacionaban con la comprensión. En el nuevo modelo, las estructuras anteriores se ocupan mayormente de la sintaxis, y las posteriores, de la semántica. Esto no sugiere que todo fuera un error, sino que posiblemente no se tenía claro qué se estaba midiendo.

Senderos de jardín Según este nuevo modelo, la clave no está exactamente en qué zona se procesa qué, sino en las conexiones entre las diferentes estructuras. No importa tanto dónde vivas como de quién seas vecino. Entonces, ¿de qué manera se relacionan las áreas anteriores y las posteriores? La respuesta es muy elegante, porque plantea cuatro vías principales relacionadas dos a dos, todas ellas en el hemisferio izquierdo.

Atravesando el lóbulo parietal se encuentran las vías dorsales. Ambas se relacionan en mayor medida con la producción del mensaje, transformando la información lingüística en una serie de órdenes musculares que nos permitan expresarla, ya sea con la voz, por escrito, *etc.* Bajo ellas, las vías ventrales se extienden por el lóbulo temporal conectando los sonidos que percibimos con su significado. Aunque seamos precavidos, no tiene mucho sentido salir de un error para creer dogmáticamente en otro, y aunque ese modelo es el mejor que tenemos, no por ello es perfecto.

De hecho, por mucho que le pese a Chomsky, este modelo tampoco parece ser universal. En algunas lenguas, estas estructuras y conexiones tienen funciones similares, pero no idénticas, y en lenguas de signos, la activación normal se ve acompañada por zonas encargadas de detectar el movimiento, como el área MT en la vía visual. En cualquier caso, ningún modelo es perfecto y este todavía admite parches para incluir nuevas estructuras con funciones más específicas.

Un ejemplo son las áreas laterales prefrontales, que se relacionan con la memoria a corto plazo para reevaluar nuestra interpretación de una frase a medida que avanzamos en ella. Gracias a esto podemos enfrentarnos a construcciones confusas en las que, para comprenderlas bien, necesitamos volver sobre nuestros pasos y tener en la mente lo que acabamos de leer. Por ejemplo, al leer la frase «Se vende abrigo de piel de señora» es probable que hayas sentido cierta confusión e incluso repelús. ¿Está hecho el abrigo con piel de señora? Espero que no, porque no sé cómo lavar eso, y aunque no hay forma de saberlo por la oración en sí misma, el contexto puede ayudarnos. Este tipo de construcciones se llaman senderos de jardín y generan extrañeza al leerlas porque tu cerebro interpreta los conceptos según aparecen, pero con cada palabra vuelves a

valorar su significado. Si resulta que, de repente, surge una segunda interpretación, tendrás que recalibrarlo todo.

Puede que todo esto cambie pronto para dar lugar a un modelo mejor. De hecho, ya han comenzado a aparecer algunos solapamientos sospechosos entre las estructuras neurológicas de la sintaxis, la semántica y la fonología, pero hay algo que posiblemente permanezca y es que las conexiones entre las áreas anteriores y posteriores del lenguaje son muchas y distintas.

Al otro lado En cualquier caso, después de todo esto tenemos más claro cómo se distribuye el procesamiento de información lingüística en nuestro cerebro, pero sigue habiendo una tierra incógnita extrañamente tranquila. Todo lo que hemos dicho ocurre en el hemisferio izquierdo. Puede darnos la sensación de que en la otra mitad del cerebro no existe ni rastro de actividad lingüística y, de hecho, eso es lo que se pensó durante mucho tiempo, pero no es estrictamente cierto.

Sintaxis, semántica y fonología pertenecen en su mayor parte al hemisferio izquierdo, eso está claro, pero a veces también codificamos información en la forma en que entonamos, en la prosodia. Es la que nos permite distinguir si la frase «Ha vuelto» es informativa, una crítica o una pregunta. Es más, en lenguas tonales como el mandarín, la prosodia puede cambiar por completo el significado de una palabra.

Aunque no es exclusiva del hemisferio derecho, la prosodia se procesa mayormente en él, y de nuevo, dedica las partes anteriores a producirla y las posteriores a su percepción. Tan solo por la importancia que tiene la prosodia, podemos decir sin lugar a dudas que el hemisferio derecho también tiene un papel relevante en la producción e interpretación de un idioma, pero a medida que profundizamos en él encontramos más curiosidades.

Mientras que el hemisferio izquierdo elige los significados más probables para cada palabra según su contexto, el derecho evoca varios significados posibles y los mantiene unos segundos, conectando con la memoria a corto plazo. De esta manera, puede corregir la interpretación si la información que sigue nos demuestra que la elección del hemisferio izquierdo estaba equivocada. Por ejemplo: «El otro día me compré un ratón blanco, pero no sé cómo conectarlo al ordenador». Si alguien compra un ratón blanco, pensarás en un animal, pero al añadir «ordenador», el sentido de la frase cambia. Gracias a este proceso mental algunos cómicos (aunque pocos) consiguen llegar a fin de mes. Y no solo los humoristas le deben parte de su trabajo al lóbulo derecho. La capacidad para contar historias y hacer metáforas también parece encontrarse en él.

Todos estos procesos tan complejos e imbricados son comunes a muchas lenguas, no importa su origen o su modalidad. Cuando una persona procesa la lengua de signos o lee en braille lo hace utilizando circuitos cerebrales muy parecidos a los que hemos visto hasta ahora, lo cual refuerza el modelo y a nosotros nos permite volver a nuestra pregunta. Ahora que entendemos más o menos cómo funciona neurológicamente el lenguaje, podemos hacer la pregunta prohibida: ¿cómo pudo haber surgido?

Érase una vez No hace falta aventurarnos mucho para comprender que cada una de esas categorías (semántica, sintáctica y fonológica), si bien han crecido enredándose unas en las otras, no llegaron a nuestra historia evolutiva a la vez. La prosodia puede darnos pistas. Ese procesamiento no verbal es común a muchos animales, el grito de terror que espanta a un grupo de monos se diferencia de otros gritos por su prosodia. Incluso un perro puede distinguir las connotaciones que hay en tu voz si le riñes o si le haces carantoñas.

El siguiente punto pudo ser la aparición de palabras. Un organismo capaz de aprender puede llegar a asociar sonidos concretos con conceptos diferentes. Por ejemplo, emitir un sonido distinto cuando el peligro es un águila o un coyote ayuda a saber si la mejor estrategia para huir de él es subirse a un árbol o meterse bajo tierra. Así es como pudieron nacer las palabras más rudimentarias y, por lo tanto, la semántica. Ahora que las palabras tenían un valor, cuanta más capacidad de vocalización tuviera un sujeto, más fonemas tendría para comunicarse y más fuertemente se seleccionarían sus genes.

Es posible que estas primeras palabras surgieran de forma natural, tal vez imitando el sonido de los predadores, tal vez con vocalizaciones aleatorias. Sin embargo, en algún momento estas pasaron a ser «diseñadas». Los nuevos conceptos necesitaban nuevos términos y aquí es donde pudo entrar la fonología, pautando qué sonidos podían combinarse y lo que estos implicaban.

Esta creación de nuevas palabras se llama generatividad y muchas personas la consideran algo puramente humano. No es que estén equivocadas, las lenguas aglutinantes crean palabras complejísimo uniendo otras más simples. Un ejemplo es «Qaqqaliarniarpunga», que en groenlandés significa literalmente «Me gustaría vagar por las montañas» o «Teōtihuācan», que en náhuatl quiere decir «Lugar donde los hombres se convierten en dioses». No hay ningún animal que lleve la generatividad a este extremo, pero pueden aprender el mecanismo, como fue el caso de Chantek, un orangután al que se le enseñó lenguaje de signos y que aprendió a componer palabras por aglutinación para nombrar cosas nuevas. Por ejemplo, para él hamburguesa era «queso carne pan» y se redefinió a sí mismo como «persona orangután».

*Hasta un mono podría hacerlo De hecho, esas mismas reglas de composición pueden hacerse más globales imponiendo ciertas normas sobre cómo crear oraciones. La clave para este paso pudo empezar con una vuelta de tuerca de la semántica: los modificadores. Así se llaman las palabras que especifican cualidades sobre aquello de lo que estás hablando. No es lo mismo que el jaguar esté «cerca» o que esté «lejos»; no es lo mismo que sea «grande» o «pequeño». Y de nuevo, esto no es único de nuestra especie, los monos *vervet* (*Chlorocebus pygerythrus*) y los perritos de la pradera (*Cynomys gunnisoni*) usan modificadores y parecen mostrar ciertas reglas básicas de sintaxis.*

De hecho, como ya vimos con Chantek, ha sido posible enseñar lenguaje de signos a algunos simios, siendo Hanabi-Ko (Koko) la más famosa. Esta gorila podía producir mil signos diferentes y entender dos mil palabras de inglés hablado, y, aunque es un estudio controvertido, se ha comprobado en otras ocasiones que algunos grandes simios pueden comprender y usar lenguas humanas. ¿Qué nos diferencia entonces? ¿Por qué somos los únicos primates que han desarrollado lenguas?

La mayoría de las hipótesis apuntan a que no hay grandes diferencias neurolingüísticas entre nuestro cerebro y el de un gran simio y que el motivo por el que no han desarrollado lenguas es mucho más trivial: no pueden vocalizar. Los seres humanos nos caracterizamos por tener un control especialmente preciso sobre los músculos implicados en la fonación, en el habla.



Comparación de la altura de la laringe en grandes simios.

Anatómicamente, esto significa que, si comparamos nuestra laringe con la del resto de los mamíferos, veremos que la nuestra ocupa una posición más baja. En nuestro caso tenemos un generoso espacio por encima de ella, la faringe, que nos permite modular y hacer audibles los tonos que producen nuestras cuerdas vocales cuando vibran. De hecho, los niños aún muestran esta laringe «animal» bastante subida, la cual les permite respirar mientras maman, pero les imposibilita vocalizar. Por desgracia, al llegar a los dos años su laringe habrá descendido dando espacio a la faringe y nadie podrá salvarnos de su incansable cháchara. Es más, los cambios anatómicos también se encuentran en nuestro encéfalo, porque la vía dorsal, encargada de la articulación, nos

conecta de forma mucho más robusta con la corteza motora. Pero ¿de dónde viene esta ventaja? Aquí es donde la mayor parte de las especulaciones se dispersan, pero si nos tenemos que quedar solo con una hipótesis, posiblemente sea la de FoxP2.

FoxP2 es un gen que se expresa, entre otros sitios, en el sistema nervioso central, y que, si muta, sus portadores pueden mostrar problemas a la hora de encontrar las palabras para expresarse; lo cual convierte a este gen en un sospechoso perfecto. De hecho, aunque el gen FoxP2 se ha mantenido más o menos constante durante la evolución de los vertebrados, nosotros somos una excepción. Este ha mutado desde que nos separamos de los chimpancés, nuestros parientes más cercanos. Sin embargo, FoxP2 no es el único implicado. Una función tan compleja como el lenguaje no puede restringirse a un gen mágico, el ADN no funciona así por mucho que le guste a la prensa. Para explicarlo todo necesitamos hablar de algo más, nuestra extraña garganta. Entonces ¿es esto todo? ¿Un gen y una laringe subidita de más?

Hablemos de nuestro futuro Otra característica que nos distingue es nuestro enorme vocabulario. Se calcula que el español está formado por más de cien mil palabras, aunque el hablante medio conoce unas diez mil, de las cuales tan solo emplea trescientas en su día a día. Calcular estas cosas siempre es espinoso y las cifras pueden variar, pero es evidente que superamos con creces al resto de los animales. Dicho lo cual, ya hemos afirmado algunas veces que la cantidad no nos importa demasiado, queremos hablar de características completamente diferentes, saltos que nos permitan trazar líneas claras, y por una vez, parece que las hay.

Como hemos comentado, la memoria desempeña un papel en nuestra capacidad para predecir el futuro y, a diferencia de otros animales, la mayoría de nuestras lenguas pueden hablar de ello, de lo que está por llegar. Aunque otros animales son capaces de mentir, comunicando información que saben que no ha ocurrido, no parecen incorporar el concepto de «predicción» y, por lo tanto, de «futuro». Esta habilidad para referirse al pasado o al futuro se llama desplazamiento y puede que sea el mayor destello de humanidad de nuestro lenguaje. Sin embargo, lo más humano y lo más sorprendente no siempre son lo mismo. En este caso, la gran maravilla de nuestro lenguaje no está en él, sino en las puertas que nos abre.

Ahora que podemos hablar y transmitir información compleja, pueden surgir la literatura, el arte, la ciencia y la filosofía, o al menos pueden empezar a desarrollarse, porque para llegar al estado en que las conocemos necesitarán algo más. Necesitarán una inteligencia superior que nos lleve de la potencialidad para comunicar conceptos básicos a expresarlos con belleza y así convertir la arcana angustia del grito de un mono en el soliloquio más conocido de Macbeth.

Mañana, y mañana, y mañana
se arrastra con paso mezquino
hasta la última sílaba del tiempo escrito,
y todos nuestros ayeres han alumbrado a los necios
el camino al polvo de la muerte. ¡Apágate, apágate, breve llama!
La vida no es más que una sombra andante, un pobre actor
que en escena se arrebatata y contonea,
y nunca más se le oye: es un cuento
que cuenta un idiota, lleno de ruido y furia,
que no significa nada.

WILLIAM SHAKESPEARE

Capítulo

11

¿Te crees muy listo?

Es con la lógica con la que demostramos, pero con la intuición descubrimos. Saber cómo criticar está bien, saber cómo crear está mejor.

HENRI POINCARÉ, *Ciencia y método* Aquel pequeño cuerpo parecía una carcasa, un trampantojo tras el que esconder la mente de otro. Tenía tan solo once años, pero su intelecto era el de una persona mucho mayor. De hecho, por muy cortos que fueran sus pasos, el lugar al que lo llevaban no era otro que la Universidad de Harvard. Era su primer día de clase y a sus espaldas cargaba una pesada mochila repleta de libros de matemáticas que, no obstante, parecía ligera comparada con todo lo que el joven había vivido. William Sidis, que así se llamaba, había pronunciado su primera palabra con apenas seis meses y con un año y medio ya leía con fluidez *The New Yorker*. Antes de cumplir los seis años dominaba ocho lenguas (inglés, francés, alemán, ruso, hebreo, turco y armenio) y hasta había inventado su propio idioma: el vendergood. Sin embargo, nada de eso lo preparaba para el reto que estaba por llegar.

En la universidad no albergaban la más mínima duda de que el joven William era, como poco, un tipo inteligente y, sin embargo, nadie podía explicar qué significaba eso. Mientras tanto, William se resentía, pero no era en su carne ni en su acerado intelecto en el que hacían mella las burlas de sus compañeros, sino en sus emociones, ocultas como en el centro de una matrioska. A fin de cuentas era un niño, tanto a simple vista como en su interior, y aunque le sobraba inteligencia para enfrentarse a geometrías de cuatro dimensiones, sus habilidades sociales estaban tan inmaduras como sugería su aspecto.

Era diferente, socialmente inadaptado, raro... pero también el niño prodigio, el genio, un tipo inteligente. Todo aquello convivía en su mente y significaba que, esa inteligencia, fuera lo que fuese, funcionaba por libre, destacando sobre sus demás habilidades. Se trataba de una función cognitiva en sí misma. La memoria o el lenguaje no eran suficientes para explicar lo que hacía brillar a William, aquello era distinto. La motricidad no puede resolver un cubo de Rubik por sí sola y la memoria no es quien te permite transformar los datos que tengas sobre un tema en una opinión coherente. Tras las rimas y leyendas de Bécquer no solo hay lenguaje, hay algo que da vida a un mundo de tinta, una vuelta de tuerca a la que llamamos «inteligencia». Pero ¿qué es ser inteligente?

Es curioso pensar cómo todos tenemos una idea bastante intuitiva de qué es inteligencia y qué no, pero si intentamos verbalizarlo, toda esa claridad de conceptos se deshace y deja poco más que especulaciones. A la neurociencia le ocurre lo mismo y

bajo su lupa la idea de «inteligencia» se vuelve demasiado parecida a uno de esos términos paraguas que salpican nuestra comprensión del encéfalo. Definir la inteligencia es complicado, en parte por eso, y en parte porque cada era la ha politizado respondiendo a sus propios intereses. En cualquier caso, si queremos estudiarla, necesitamos una buena definición.

El mundo de las ideas La definición más popular de inteligencia tal vez sea la de Humphreys, que la considera el conjunto de habilidades para adaptarse al entorno. Sin embargo, es bastante ambigua. Hay muchas cosas que tienen capacidad para adaptarse a los cambios. De hecho, de aquí nace la idea de llamar «inteligentes» a los colchones o las sillas, aunque en lugar de adaptarse al entorno se han visto relegados a adaptarse a nuestras posaderas. Otras, como la de Cyril Burt, hablan sobre la inteligencia como una «capacidad cognitiva innata», pero en nuestra época ya no hay dudas de que el entorno en el que se cría un niño también afecta a su desarrollo intelectual. Para estudiarla necesitamos algo más preciso, pero ¿acaso existe?

Todo apunta a que si no hay una definición precisa de «inteligencia», es porque, como ocurría con el concepto de «especie», se trata de una ficción creada por nuestra mente. Con esto no quiero decir que no exista la inteligencia. De hecho, casi todo el mundo tiene, aunque sea un poquito. Lo que pretendo decir es que la inteligencia es el resultado de una serie de procesos aparentemente independientes, pero que trabajan en equipo, y si tenemos que empezar por uno, ese es la abstracción.

Aristocles, apodado Platón por su ancha espalda, vivió en una época en la que tratar de entender el universo significaba inventar extrañas construcciones metafísicas. Entre ellas, este filósofo del siglo IV a. C. concibió dos mundos, uno formado por ideas puras y abstractas como «el triángulo perfecto», «el color rojo más rojo» o «el ideal de ser humano». El otro, era el mundo sensible, un reflejo distorsionado de esa perfección, por lo que en él no podía existir tal cosa como un triángulo perfecto. Por supuesto, estas ideas metafísicas no tienen ningún fundamento, no existe una realidad formada a partir de conceptos perfectos. Sin embargo, nuestro encéfalo no siempre está de acuerdo con esto.

En cierto modo, esos conceptos perfectos sí existen, pero solo en nuestro encéfalo, como los unicornios. Son abstracciones de la realidad que grabamos formando engramas, esas redes neuronales que comentábamos que codifican conceptos. Estos responden a todo tipo de ideas generales como «bolígrafo», «paz», «color verde» o «sándwich de sardinas con chorizo».

El engrama de «bolígrafo» ha de ser suficientemente inclusivo como para activarse ante cualquier ligera traza de *boligraficidad*. Un encéfalo habrá tomado todas las características comunes que haya visto en bolígrafos a lo largo de su vida y habrá

construido una definición general, un modelo, por ejemplo: artilugio alargado que descarga tinta a través de una corta punta metálica. Este concepto nos permite incluir bolígrafos de gel o de bola y a la vez excluir una pluma o un tiburón martillo, y, aunque no es perfecto, intenta serlo. Eso es abstraer: crear un concepto a partir de nuestras experiencias y, aunque normalmente es un proceso inconsciente, podemos simularlo conscientemente, como hizo Picasso.

Toros, palomas y Picasso El genio malagueño ha sido el autor de uno de los ejercicios de abstracción más famosos: sus veintinueve grabados de toros. Picasso quería captar un toro en su mínima expresión y para ello se dedicó a descomponerlo en sus líneas más básicas. Cuantas menos y más sencillas, mejor. El resultado fue una abstracción, un garabato de apenas diez rayas que, sin embargo, nuestro cerebro identifica al instante como un toro. Sin duda se trataba más de un reto personal artístico que de un intento por replicar nuestros procesos mentales, pero nos ayuda a entender cómo funciona el encéfalo y no solo el nuestro, porque no somos los únicos animales con capacidad de abstracción.

Hace mucho que sabemos que los grandes simios, los delfines e incluso los perros son capaces de abstraer conceptos, pero esta habilidad va mucho más allá de los mamíferos. Las palomas han resultado ser verdaderas maestras de este arte. En varios estudios, estos pájaros han demostrado ser capaces de reconocer estilos pictóricos, separando cuadros de Picasso de otros de Monet e incluso discerniendo qué radiografías mostraban tumores. Para ello no hubo que enseñarles a reconocer características concretas, simplemente se les mostraban ejemplos premiándolas cuando seleccionaban la opción correcta.

Esta es la clave: exponerse a muchos estímulos para sacar patrones a partir de ellos. De hecho, las habilidades de abstracción mejoran a lo largo de la vida por el acúmulo de experiencias y por la maduración de las muchas estructuras implicadas en estos procesos. Un ejemplo es el del complejo lateral occipital, que nos permite generalizar la información visual. Este elimina lo circunstancial, permitiéndonos reconocer a nuestra abuela independientemente del ángulo, la distancia o que le haya dado por vestir con una cota de malla. En cualquier caso, solo hemos dado un primer paso. Por ahora hemos recogido del campo las materias primas, hemos transformado las experiencias concretas en abstracciones, pero ahora necesitamos convertirlo todo en algo comestible, en nueva información.

Nada elemental, mi querido Watson Entre los muchos utensilios que tenemos para cocinar abstracciones, nuestra mente atesora dos en especial. Se trata de procesos opuestos que, combinados, pueden con todo: la inducción y la deducción.

Por un lado, está la inducción, que busca relaciones entre las abstracciones permitiéndonos encontrar tendencias que transforman en reglas generales. Por ejemplo, si hoy sale el Sol, y eso se repite mañana, y pasado mañana y al día siguiente, podemos suponer por inducción que «el Sol sale todos los días». Este proceso es el favorito de la ciencia, el que nos permite formular hipótesis que describan el comportamiento del Universo, los animales o la economía (lo que cuenta es la intención). Sin embargo, el ejemplo de método científico que nos enseñaron en la escuela no termina aquí, ahora habría que comprobar si nuestra hipótesis es cierta, y aquí es donde entra el segundo utensilio para cocinar abstracciones: la deducción.

El proceso deductivo consiste en tomar nuestra hipótesis y usarla para hacer predicciones. Por ejemplo, si «el Sol sale todos los días» y mañana será un nuevo día, es de esperar que mañana salga el Sol. Hecha la predicción, solo queda esperar a ver si se cumple, y cuantas más veces acertemos más reafirmaremos nuestra hipótesis, teniendo cada vez más datos con los que inferir y deducir nueva información. Sin embargo, que haya salido el Sol cada día no es una garantía de que vaya a salir mañana, solo una tendencia que puede truncarse. Nuestra predicción puede fallar en cualquier momento porque un ornitorrinco estelar gigante puede devorar a nuestra estrella esta noche, pero las posibilidades de que esto ocurra, al igual que las que tiene España de ganar Eurovisión, son tan remotas que no tiene sentido planteárselo. Lo que todavía no hemos dicho es cómo «operamos» con esas abstracciones porque para inducir o deducir algo necesitamos unas reglas.

La deducción y la inducción no se basan en juntar varias abstracciones en la chistera del pensamiento racional y que por arte de magia surja un nuevo concepto. Lejos de esto, lo que necesitamos es poner en marcha todas nuestras funciones cognitivas para encontrar relaciones entre las abstracciones de las que partimos, ya sean contradicciones o paralelismos. Las reglas para ello son relativamente básicas. Por ejemplo: «algo no puede ser verdad y mentira al mismo tiempo» o «si dos cosas se parecen entre sí, es posible que también se comporten del mismo modo». Gracias a eso último no hace falta que te sientes en cada hoguera que veas para saber que quema, y tras churrascarte los muslos en la primera podrás suponer que todas ellas te harán la misma exfoliación radical.

En cualquier caso, nunca está de más recordar que nuestros razonamientos no son deducciones e inducciones puras. Estos se entremezclan con emociones y sesgos cognitivos que aligeran el pesado trabajo de sacar conclusiones sobre cada cosa que percibimos. Así que, ahora que nos hacemos una idea de lo que es la inteligencia, ¿cómo la podemos estudiar?

La tierra de las oportunidades En ciencia tenemos que tratar de medir cosas de la manera más objetiva posible, pero cuando hablamos de conceptos tan abstractos como la inteligencia esto se vuelve complicado. Lo normal sería pensar que, si la inteligencia fuera un fenómeno del encéfalo, podríamos medir algo en este que nos revele el intelecto de una persona. Sin embargo, al no saber qué medir en una estructura tan compleja, los resultados de este enfoque fueron lamentables y llenos de racismo, clasismo y machismo. Lo único que aportó esa obsesión por el tamaño fue grandes anécdotas como la del hombre que robó el cerebro de Einstein (una vez muerto, por supuesto) o la del intento de la URSS por encontrar una prueba del genio de Lenin entre sus neuronas. Nada fue concluyente, la neurociencia no estaba preparada para enfocar de este modo el problema de la inteligencia, hacía falta algo más práctico, una especie de examen.

Puede que no supiéramos qué buscar en el encéfalo de alguien inteligente, pero sabíamos cómo se comportaban estas personas, así que ¿por qué no tirar de ahí? Si la gente inteligente parece ser mejor en los estudios, tal vez les debamos someter a un examen. Así es como surgió la prueba de Binet-Simon, un primitivo test de inteligencia que calculaba tu «edad mental». Al principio, esta prueba buscaba detectar a niños con necesidades especiales para poder darles un apoyo extra en clase. Sin embargo, pronto comenzó a desvirtuarse. A partir de 1916 empezó a popularizarse su uso en Estados Unidos, donde lo importante ya no era detectar niños con problemas, sino demostrar la superioridad nacional.

Uno de los grandes defectos de esta prueba es que se basaba demasiado en conocimientos académicos, algo que está muy bien para concursar en «Saber y Ganar», pero que depende demasiado de la educación recibida. Eso significa que los niños que hayan tenido un entorno socioeconómico menos boyante estarán condenados a puntuar bajo en esta prueba, sin importar su verdadera inteligencia, porque es probable que no hayan podido permitirse una educación particularmente estelar. De este modo, se tachó de deficientes a una gran cantidad de minorías, en especial a los extranjeros de primera generación. Uno de los usos más oscuros de estas pruebas consistía en pasársela a los inmigrantes tan pronto como pisaran la tierra de las oportunidades. Nada más salir del barco, el frío, el hambre y el choque cultural eran suficientes para que los sujetos apenas pudieran seguir las instrucciones de la prueba, pero si le sumamos que estas se hacían en inglés, podemos imaginarnos la carnicería que supuso. Se habían convertido en una herramienta para repatriar.

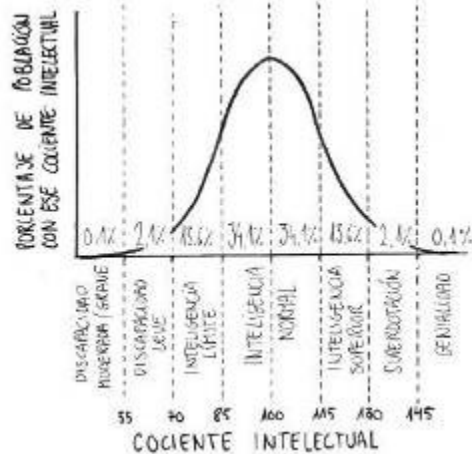
Las pruebas de inteligencia comenzaron a usarse para recomendar quién debía tener hijos y quién le hacía un favor a la humanidad si se esterilizaba voluntariamente. El darwinismo social era acuciante y los resultados de las pruebas parecían reforzar la idea de que los pobres lo eran por estar menos adaptados, por ser intelectualmente inferiores. Ese es el peligro de este tipo de mediciones, tan solo relacionan dos conceptos, pobreza y bajas puntuaciones, pero no indican quién produce qué.

El mal diseño de estas pruebas psicométricas, la estadística torticera y las interpretaciones ideologizadas siguieron haciendo de las suyas hasta bien entrada la década de 1990, cuando se publicó el polémico libro *La curva de Bell*. En él resurgían fantasmas del pasado y trataban de hacer pasar pseudociencia por ciencia para defender la superioridad intelectual del hombre blanco. Tras todo esto, la sociedad comenzó a desconfiar de las pruebas de inteligencia, y con razón, pero a veces la realidad se encuentra en una escala de grises, y casi todo tiene una parte salvable.

No todas las pruebas de inteligencia están tan sesgadas como la Binet-Simon. De hecho, incluso esta ha tratado de volverse más objetiva con cada edición. Aprendiendo de sus errores, pruebas como las basadas en la escala Weschler han conseguido funcionar de forma bastante independiente respecto al bagaje cultural. Ahora, en lugar de operaciones matemáticas, se basan en secuencias de figuras o imágenes donde falta un objeto, todo ello para darte un número: el famoso cociente intelectual.

Por definición, el cociente intelectual medio de la población mundial es 100 y una persona con una inteligencia «normal» se encuentra entre 85 y 115 puntos. Esta escala ha resultado ser tremendamente útil para detectar niños con necesidades especiales o para medir el impacto de una lesión cerebral. Sin embargo, también ha sido pervertida: si bien estas pruebas se han creado para estudiar a quienes puntúan por debajo de la media, es muy tentador fijarse en quienes la superan. Cuando el cociente sobrepasa los 130 puntos, se dice que esa persona es superdotada e incluso se reúnen en asociaciones de altas capacidades, entre las cuales la más famosa es Mensa. Sin embargo, estamos midiendo un dato colateral, algo para lo que estas pruebas no están diseñadas.

Esto ha hecho que las pruebas de inteligencia hayan sido usadas con frecuencia de forma pseudocientífica, afirmando detectar lo que no detectan y obviando que, en el fondo, una prueba de inteligencia mide, sobre todo, tu capacidad para hacer esa misma prueba de inteligencia. Evidentemente, si alguien puntúa notablemente por encima del 100, es bastante probable que sea un genio, pero en valores más cercanos a la media la asociación no parece tan clara. Sin embargo, la mayor oposición al uso de estas pruebas ha venido por otro motivo, la idea de que un simple número pueda definir a un ser humano.



Campana de Gauss del CI de la población según la escala de Weschler. La pomposa nomenclatura hace sospechar que el ego ha desempeñado un papel importante en esta clasificación.

Un número para definirlos a todos. Las pruebas de inteligencia ocultan una verdad incómoda: no todos somos iguales, hay personas más inteligentes que otras. Sin embargo, es frecuente escuchar que no podemos comparar la inteligencia, que todos somos inteligentes a nuestra manera, y en cierto modo quienes lo afirman tienen razón, aunque solo un poquito.

Tampoco podemos medir la fuerza de una persona porque hay demasiados músculos y ¿cómo ponderarlos todos? Puede que tú tengas más fuerza que yo en los bíceps, y que yo te gane en tríceps. Sin embargo, podemos intuir que ninguno de los dos tenemos nada que hacer contra Dwayne La Roca Johnson. Solo sabiendo cuánto pesa ese mostrenco de 118 kilos nos haremos una idea de que nos puede dejar bien finos con un solo soplido, y no por eso lo estamos reduciendo a su número de kilos. Del mismo modo, el cociente intelectual no pretende negar tus peculiaridades, sino que busca obtener un dato que nos ayude a estimar la inteligencia de una persona. No es perfecto, pero sin duda está midiendo algo y es útil.

Normalmente, los ataques más ruidosos al cociente intelectual vienen de los defensores de las inteligencias múltiples. Estos creen que existen ocho o más tipos de inteligencias (musical, corporal, naturalista, etc.), y lo que es más importante, que no tienen nada que ver entre sí. Esta idea se ha presentado con un disfraz científico y ha conseguido infiltrarse en institutos y colegios, pero realmente carece por completo de evidencia. De hecho, su propio creador, Howard Gardner, ha reconocido que era una especulación que ni siquiera pretendía hacer pasar por una teoría de la inteligencia, sino de la enseñanza.

De hecho, el cociente intelectual «clásico» ya mide varios aspectos de la inteligencia (verbales, matemáticos, espaciales, etc.) y parece que no son independientes: quienes puntúan alto en uno tienden a destacar en el resto. De hecho, ejemplos históricos como Georg Cantor (niño prodigio del violín, filósofo, físico y el matemático que domó al infinito) no son una excepción. Esta idea de que las distintas formas de inteligencia van en cierto modo «unidas de la mano» es lo que defiende la teoría del factor general de la inteligencia. Hasta donde sabemos, parece que es así como realmente se distribuyen estas habilidades: con cierta parte general y heredable y otra de influencia ambiental en la que pueden cultivarse más unas habilidades u otras. Un ejemplo es el mismo William Sidis con quien comenzamos el capítulo. Su intelecto fue en parte fruto de la herencia, pero sobre todo resultado del trabajo de su padre, Boris Sidis, un psicólogo obsesionado con demostrar que el entorno lo era todo para criar a un genio. De hecho, aunque Boris odiaba el concepto de cociente intelectual, la hermana de William relató infinidad de exageraciones sobre él, atribuyéndole una puntuación de 245 o sugiriendo que sabía todas las lenguas del planeta.

Pero cuidado, porque la eterna lucha entre los estudiantes de letras y de ciencias tendría sentido incluso para el factor general de la inteligencia. Sabemos que existen estructuras cerebrales especialmente dedicadas al pensamiento matemático —en concreto, en la vía visual «cómo»—. Ya explicamos al hablar de los sentidos que esta estructura establece relaciones métricas entre los objetos de nuestro entorno. Distancias, por decirlo de otro modo. Esta área se muestra activa cuando comparamos cantidades o intentamos saber qué es más grande o dónde hay más de algo. Curiosamente, ese concepto de contar por comparación es tan universal que está presente incluso en las abejas, y es el primer paso a la hora de aprender los números, por ello recibe el nombre de numerosidad.

Del mismo modo, las habilidades lingüísticas dependen de sus propias estructuras, y las conexiones entre ellas se relacionarán con un mejor desarrollo del pensamiento verbal. La estructura encefálica heredada se suma, entonces, a cuánto practiquemos la activación de estos circuitos específicos. Por eso podemos decir que, si bien hay personas que para unas tareas son más inteligentes que para otras, todas crecen sobre una base común. Por muy especializadas que estén para funciones puras, en el mundo real nuestras estructuras encefálicas trabajan más en equipo de lo que creemos.

Un ataque frontal En todo caso, existe una excepción, una función que normalmente relacionamos con la inteligencia, pero que parece ser bastante independiente del resto. Me refiero a la capacidad de planear en busca de un fin. Las pruebas de cociente intelectual, al estar tan regladas, acotan bastante lo que los sujetos pueden responder. Son mediciones en las condiciones ideales de laboratorio, pero el mundo real es muy distinto. En él, los problemas son menos directos y precisan que encadenemos muchas acciones diferentes antes de llegar a una solución.

Esa habilidad para planear nuestras acciones de la que hablo se encuentra muy delimitada en la corteza prefrontal, una estructura implicada en un gran número de funciones, cosa que sabemos por algunos de los casos más sonados de la neurociencia. Lo normal sería que ahora os hablara del paciente neurológico más famoso de la historia: Phineas Gage, un trabajador del ferrocarril cuyo cerebro fue atravesado por una barra metálica en una explosión mientras trabajaba. Phineas sobrevivió al accidente, pero su personalidad cambió tanto que solía decirse que «ya no era Gage». El problema de este espectacular caso es que está muy mal documentado y uno no puede saber dónde termina la realidad y empiezan las mentiras. Para que te hagas una idea, es frecuente acusarlo de haber maltratado a su mujer, pero ni siquiera tenía pareja. De hecho, si rascamos lo suficiente, habrá alguien que le acuse de matar a Kennedy. Hay que reconocer que el tema de una barra atravesándole a alguien el cráneo es muy vistoso, pero por suerte o por desgracia existen muchos casos de lesiones en la corteza prefrontal perfectamente documentados. El motivo es algo tenebroso, y es que durante un tiempo fueron los mismos médicos quienes dañaban la corteza de sus pacientes usando un picahielos: hablamos de las lobotomías.

Las lobotomías eran una supuesta panacea para todo tipo de enfermedades mentales, y su inventor, António Egas Moniz, ganó un premio Nobel por ella. Se trataba de una técnica tan común que una caravana recorría las carreteras de Estados Unidos practicando estas operaciones, a la que popularmente se le llamó Lobotomóvil, un reflejo perfecto de la ligereza con la que se practicaba esta técnica. Los médicos relataban que sus pacientes quedaban «mansos», que, traducido, significa: fáciles de doblegar y perfectos para aligerar la carga asistencial de los manicomios. Sin embargo, nosotros hablaremos de una historia mucho más documentada, el caso del Dr. P.

El Dr. P. era neurocirujano, o al menos lo fue hasta que lo sometieron a una cirugía menor durante la que su cerebro se quedó sin oxígeno, lo que afectó principalmente a su corteza prefrontal. Al despertarse, el buen doctor no era el mismo, ya no era capaz de planear su día a día o adaptarse a los cambios. Había perdido su independencia y, por lo tanto, su trabajo. Su hermano y su cuñada lo cuidaron durante el resto de su vida e incluso le ofrecieron un puesto en la empresa familiar. El trabajo era de repartidor, aunque adaptado a sus limitaciones, ya que era incapaz de seguir una ruta de reparto o cumplir cualquier otra cadena de tareas. Cada vez que entregaba un paquete tenía que llamar a su hermano para preguntarle cuál era el siguiente paso, y así día tras día.

A pesar de todo, el Dr. P. no se mostraba afectado por su cambio de trabajo o su nueva dependencia, pero lo que a nosotros nos preocupa es algo distinto. A pesar de sus pérdidas cognitivas, estas no se plasmaban en las pruebas de inteligencia, donde su cociente intelectual seguía estando por encima de la media. Así pues, nuestras sospechas se confirman: las pruebas de inteligencia no lo miden todo.

El menos común de los sentidos Las funciones de la corteza prefrontal que hemos nombrado son complejas, pero guardan cierta relación con eso que popularmente llamamos «sentido común»: no enciendas el fuego si todavía no están las verduras cortadas, no tomes el Sol sin antes ponerte protector y no pongas piña en la pizza nunca jamás.

Es más, los pacientes con lesiones en la corteza prefrontal tienden a tomar peores decisiones, principalmente por primar las recompensas inmediatas sobre aquellas a largo plazo. Puede que esto se deba a haber perdido la ya comentada función inhibitoria de este lóbulo que nos ayuda a contener nuestros impulsos, pero sin duda se trata de un proceso importante en la toma de decisiones.

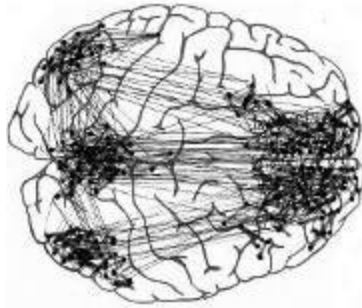
Además, la corteza prefrontal monitoriza nuestras acciones, evaluando sus resultados cada cien milisegundos y tomando conciencia de ellas doscientos o trescientos milisegundos después. Tras enviar esta «señal» de error, se produce una ligera ralentización de la actividad cognitiva durante la que, presuntamente, podemos corregir nuestras acciones adaptándonos a un entorno cambiante.

Como vemos, son muchas las funciones de la corteza prefrontal y su estructura exacta es bastante confusa, pero parece existir un orden general en el lóbulo frontal, en el cual se encuentra esta corteza. En él, las partes más delanteras se encargan de planear pensamientos complejos o a largo plazo, y a medida que vamos desplazándonos hacia zonas posteriores, estas se vuelven más «triviales», más a corto plazo y para movimientos más sencillos. Definitivamente, esta corteza y sus funciones son indispensables para que consideremos a alguien inteligente, por mucho que el cociente intelectual no lo tenga en cuenta, pero entonces, ¿podría haber más funciones que pasaran desapercibidas para ellos? ¿Qué ocurre con la creatividad?

Salir de la caja La creatividad se define normalmente como la capacidad de producir ideas originales adecuadas a un contexto concreto. Sea como fuere, esta habilidad no depende solo de saber abstraer y unir conceptos para planear cómo ponerlos en práctica. La creatividad influye en nuestra inteligencia, o al menos así lo percibimos popularmente, pero las pruebas de cociente intelectual no están preparadas para tenerla en cuenta. De hecho, podemos medir indirectamente la creatividad con otro tipo de evaluaciones, como la prueba de Torrance. Lo más curioso es que, si el cociente intelectual es ligeramente elevado, la prueba de Torrance suele crecer en consonancia, motivo de más que apunta a nuestro factor general de la inteligencia. Sin embargo, esta asociación desaparece en sujetos con cocientes superiores a 120. Hay algo que no estamos midiendo, ya no cabe duda.

En realidad, todavía sabemos poco sobre la creatividad, pero apenas hemos comenzado a orientarnos hacia nuestro encéfalo. La clave parece encontrarse en reducir la actividad del lóbulo frontal, dando más libertad a que nuestro cerebro asocie ideas

sin apenas inhibición, pero sobre todo activando la red neuronal por defecto. Esta es el conjunto de conexiones entre distintas zonas de la corteza que se activan principalmente cuando desempeñamos funciones cognitivas relativamente independientes del mundo exterior, como razonar o crear. Una segunda red, llamada «red de relevancia» la pone en contacto con la red orientada a tareas, aquella que se activa al interactuar con el medio. Esta conexión entre ambas nos permite pasar de una a otra, manteniendo un equilibrio entre las dos en el que, cuando la actividad de una aumenta, la de la otra disminuye. Nuestra habilidad para alternar entre ellas parece central durante el proceso creativo, como componer música o poner excusas.



Representación de la red neuronal por defecto.

De hecho, esta no es la primera vez que la neurociencia apunta a la conectividad para explicar la creatividad. Hace tiempo que sabemos que existen pacientes que, durante su neurodesarrollo, la poda neuronal no ha funcionado todo lo bien que debía, dejando demasiadas sinapsis que producen conexiones extrañas entre distintas funciones cerebrales. Parece que, según algunos estudios, estas personas son más creativas, pero también asocian otra característica: la sinestesia. Pueden oler texturas o escuchar colores, mezclando sus sentidos entre sí. Esta predisposición a relacionar conceptos ayuda a explicar la creatividad desbocada que tienen la mayoría de los cachorros humanos antes de que la poda haga de las suyas, pero también nos muestra cómo algunas habilidades no dependen tanto de la estructura local, sino de cambios globales en nuestro encéfalo.

Sea como fuere, estaremos de acuerdo en que no hay muchos hipopótamos con la creatividad de Zaha Hadid o la inteligencia del joven William Sidis, pero es innegable que, a su manera, los animales también muestran estas habilidades. Las canciones de las ballenas jorobadas (*Megaptera novaeangliae*) cambian entre individuos y a lo largo de los años, como si fueran estilos musicales, y los cuervos (*Corvus corax*) pueden construir herramientas con las que superar las endiabladas pruebas de nuestros científicos. Así que, una vez descartada la inteligencia y la creatividad, nuestra búsqueda ha llegado casi a su fin. La hidra tiene que estar escondida tras la última loma, el único lugar que todavía no nos hemos atrevido a investigar. El paseo que nos queda es posiblemente el

más embarrado y confuso de todos, el fenómeno más extraño y caprichoso que emerge de esta maraña de redes neuronales. Ha llegado la hora de hablar sobre la consciencia.

Capítulo

12

Nadie al volante Fue su subconsciente el que le dijo esto, esa parte irritante del cerebro de una persona que nunca responde a los interrogatorios, simplemente da pequeños empujones y luego se sienta tarareando en silencio para sí mismo, sin decir nada.

DOUGLAS ADAMS,

The Long Dark Tea-time of the Soul Nadie podía saber lo que estaba pasando por su cabeza. Lee Sedol acababa de vivir en sus propias carnes un hito histórico y miles de ojos seguían posados en él. Era 2016 y la vieja paranoia del hombre contra la máquina había ganado una batalla más, pero no una cualquiera. Aquella tarde, una inteligencia artificial lo había derrotado en su propio juego, el Go. Los periodistas ya estaban afilando sus plumas, listos para teñir los titulares con la sangre de la derrota, porque a sus treinta y tres años, Lee era el segundo mejor jugador de Go del mundo. Para él, ese tablero era toda su vida, su arte, un espejo en el que verse a sí mismo. ¿Cómo podía haber perdido frente a una calculadora?

Hacía poco más de veinte años desde la derrota de Kaspárov contra la supercomputadora Deep Blue, pero aquello era ajedrez y el Go iba varios pasos más allá. Existen más partidas posibles de Go que estrellas en el Universo. Piedras blancas y piedras negras tratando de acorralarse sobre un tablero de diecinueve posiciones de ancho y otras diecinueve de profundidad. Deep Blue había ganado al ajedrez por fuerza bruta, pero en el Go esa estrategia era simplemente imposible, hacía falta algo más y eso era lo inquietante.

El Go requiere otra cualidad que las máquinas no habían mostrado hasta ese momento: intuición. Una característica que, para la tradición china, hacía del Go algo más que un simple juego, elevándolo a una de las cuatro artes milenarias. Sin embargo, AlphaGo había ganado elegantemente cuatro de las cinco partidas de esa tarde. Y, es más, los movimientos de la máquina habían sido brillantes. Lejos de parecer una triste fotocopia de la humanidad, sus estrategias estaban gestadas por una estética diferente, pero igual de sobrecogedora. Puede que Lee hubiera perdido, pero ese ser metálico le había enseñado cosas que desconocía, le acababa de descubrir un nuevo juego. AlphaGo había apostado por el despiste, seleccionando movimientos que ningún humano habría hecho, tomando decisiones bellísimas y contraintuitivas. Pero a pesar de todo eso, de su «intuición», memoria, inteligencia y capacidad de aprendizaje, la verdad es que AlphaGo no tenía ni idea de lo que estaba haciendo.

El ordenador sabía las normas y perseguía la victoria, pero no entendía qué estaba ocurriendo, ni por qué hacía lo que hacía, tan solo introducía datos y expulsaba

respuestas. Eso es todo lo que necesitó para ganar a una leyenda. Nadie sabe lo que estaba pasando por la cabeza de Lee Sedol cuando perdió su última partida. No obstante, es posible que, aunque fuera solo por un momento, sintiera la injusticia de haber sido derrotado por algo que ni siquiera sabía a qué estaba jugando.

Había perdido contra algo que no tenía consciencia, esa capacidad de saber quiénes somos y de percibir lo que ocurre en nuestro encéfalo. AlphaGo no sabe quién es, qué es ni qué está haciendo allí. Las inteligencias artificiales han demostrado ser mucho mejores que nosotros en multitud de actividades: diagnosticando enfermedades, prediciendo dónde perforar en busca de crudo y, por supuesto, sugiriéndote qué quieres comprar antes de que tú mismo lo sepas. Sin embargo, no saben que existen, procesan datos fríos que para ellas no tienen el menor sentido, pero han aprendido a «fingir», a imitar aquello que nosotros esperamos que hagan.

La consciencia es esa última frontera que nos separa de ellas, lo que nos ha hecho sentirnos superiores al resto de los animales incluso después de que la ciencia tomara el control del encéfalo. Para los místicos, la consciencia es el último reducto en el que sentirnos especiales, una forma de resucitar al caduco concepto de alma. Otros, hastiados ante tanta filosofía barata, han decidido que sencillamente no existe, que es una invención de nuestra cultura. La realidad es mucho más compleja, pero tendremos que buscarla si queremos derrotar a nuestra hidra y descubrir si, como se dice, es aquí donde se encuentra nuestra humanidad y donde ningún otro ser, animal o máquina, podrá llegar jamás.

Estos son mis principios, pero...

Los siglos han acumulado pintorescas explicaciones sobre este fenómeno de la mente, hipótesis de lo más variadas que forman un amplio abanico de modelos que van desde reducir la consciencia a una ilusión hasta fundamentarla en deslavazados conceptos de física cuántica. A pesar de todo esto, puedes relajarte. El estudio de la consciencia está plagado de coloridos callejones en los que perderse, pero la neurociencia y la filosofía de la neurociencia pueden ayudarnos a encontrar la forma más directa de atravesarlos. Sin embargo, todavía se dice que, de entre quienes se dedican a la neurociencia, solo las personas más desequilibradas estudian la consciencia. Hay que reconocer que esta afirmación tiene un punto de verdad: alguien con dos dedos de frente no se enfrentaría a preguntas tan absurdamente complejas, por apasionantes que puedan ser. En cualquier caso, hay gente en la academia que no es tan benévola con su interpretación de esta frase y el motivo de su severidad está arraigado en la misma historia del estudio de la mente (y en desayunar poca fibra, estoy convencido).

Todo empieza en el siglo XVII con Descartes. El bueno de René dijo un par de cosas comprometidas que nos ayudarán a entender el trato que recibió la consciencia durante siglos. Lo primero fue su defensa del dualismo psicofísico, que planteaba que el ser humano estaba compuesto de dos partes: el cuerpo, sujeto a las leyes del mundo físico; y la mente, que no tenía un sustrato material, lo cual hacía imposible su estudio científico. Por otro lado, también planteó la idea de que los animales eran máquinas carentes de consciencia, autómatas, seres programados para simular que pensaban, pero que, en el fondo, no tenían un mundo interior. Bajo estas condiciones, estudiar la consciencia o probar que los animales realmente sentían era prácticamente imposible, un intento de remar contracorriente.

Hicieron falta dos siglos para que el fantasma de Descartes descansara en paz y pudiéramos aventurarnos a estudiar el encéfalo. Fue entonces, en los siglos XIX y XX cuando llegaron los fundadores del conductismo, Pavlov y Skinner. Ellos estudiaban el comportamiento registrando los estímulos y las respuestas de sus sujetos de estudio y, gracias a ellos, la neurociencia avanzó como nunca (aunque, honestamente, tampoco había mucho donde comparar). Por desgracia, durante aquella época también empezó a fraguarse la pseudociencia del psicoanálisis y Sigmund Freud comenzaba a divagar sobre un mundo inconsciente en nuestra mente, un lugar oscuro al que relegábamos nuestras pulsiones más básicas y los recuerdos dolorosos. Aunque el uso de términos como «envidia del pene» ya lo hacían sospechoso, pronto se vio con claridad que las teorías psicoanalíticas carecían de evidencia, y ni el mismo Freud parecía estar interesado en refrendarlas con datos serios. Citando al neurocientífico Stanislas Dehaene refiriéndose a Freud: «No sería una gran exageración decir que, en su trabajo, las ideas que son sólidas no son tuyas, mientras que las tuyas no son sólidas».

Estas dos corrientes enfrentadas, una absolutamente idealista y la otra comprometida con las mediciones y las pruebas, hicieron que sus representantes se polarizaran. Los investigadores realmente respetados por la comunidad eran conductistas que, para protegerse del psicoanálisis, consideraron el conductismo como la única forma aceptable de estudiar la mente y desterraron todo concepto que sonara mínimamente freudiano, entre ellos el inconsciente. Ese fue el gran error: el concepto de «inconsciente», por muy presente que lo tuviera Freud, venía de Francia, de mediados del siglo XVIII y describía los procesos que suceden en nuestro encéfalo sin que nosotros lo sepamos. De repente, estudiar los fenómenos mentales a los que nuestra experiencia no tenía acceso se convirtió en un motivo de burla y, al no poder hablar del inconsciente, dejó de tener sentido estudiar la consciencia.

Lo que tú quieras que sea Esta marginación no fue una moda pasajera y duraría cerca de otro siglo. Sin ir más lejos, en 1962 el conocido psicólogo George Miller llegó a proponer vetar el estudio de la consciencia durante al menos dos décadas, cosa que se hizo bajo cuerda, aislando

académicamente a quienes la investigaban. Por suerte, las tornas ya han cambiado, y se lo debemos a Francis Crick, el premio Nobel de Medicina o Fisiología que, habiendo ayudado a descubrir la estructura del ADN, decidió reorientar su carrera hacia el estudio de la consciencia e infundió parte de su autoridad académica en esta maltratada disciplina.

Tal vez sea por esto por lo que todavía no hemos logrado tener una definición unificada de consciencia. Los estudios no consiguen ponerse de acuerdo y sus definiciones llegan a disentir en las características más fundamentales. Por ejemplo, para los profesionales de la salud la consciencia no tiene ningún misterio, porque no es otra cosa que el *arousal* del que ya hemos hablado, lo «espabilado» que esté alguien. De hecho, al haberla reducido a un concepto tan básico, pueden medirla usando la escala de Glasgow, que cuantifica el grado de consciencia en función de si el sujeto responde a órdenes, habla, localiza el dolor, etc.

Sin embargo, esto no describe enteramente aquello que percibimos como consciencia. Por útil que sea la escala de Glasgow, es una reducción bastante poco afortunada, lo cual, por otro lado, es frecuente en medicina. Por suerte para quienes estudian la consciencia desde la neurociencia, esta cuenta con definiciones más profundas y completas como: «la forma en que percibimos nuestra cognición» o «el sentimiento de que mi cuerpo existe de forma independiente al resto del mundo». No obstante, hay demasiadas definiciones diferentes y siguen sin estar del todo de acuerdo entre sí; es lo más parecido a un Twitter de la neurociencia. Para entendernos, aquí hablaremos de consciencia como «la experiencia subjetiva que tenemos de nuestros procesos mentales», lo que se denomina «metacognición», para abreviar. Aquello que te ayuda a percibir qué significa realmente el Go, más allá de almacenar en tu cabeza todos los datos que lo definen.

Es difícil hacerse a la idea de todo esto, pero piensa en esa extraña sensación que percibes cuando repites muchas veces la misma palabra y esta parece haber perdido su significado. En realidad, sigues teniendo clara su definición, pero la sientes fría, como si hubieras levantado la manta que la envolvía y debajo solo hubiera un conjunto de letras puestas al azar. La consciencia nos permite experimentar la realidad con la calidez con la que lo hacemos, ya sea a través de palabras, acciones o croquetas.

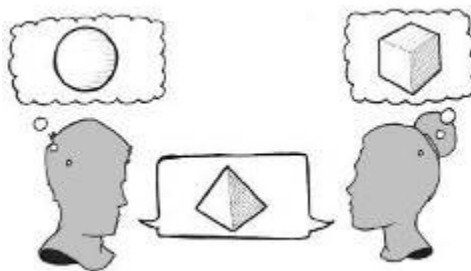
Si te fijas, estamos hablando todo el tiempo de cosas muy personales, subjetivas y, por lo tanto, difíciles de transmitir. A fin de cuentas, mi experiencia del mundo es mía y si quiero compartirla contigo, tendré que hacerlo a través de palabras, lo cual es un problema, porque las palabras tienen límites.

Zombis y filósofos Los colores son un buen ejemplo sobre el poco acceso que tenemos a la experiencia de otras personas. Sabemos que el color es luz que llega a nuestros ojos con

determinada longitud de onda, algo así como la distancia que hay entre las olas del mar a medida que se acercan a la orilla. Dos olas pueden estar más o menos cerca, del mismo modo que dos colores pueden tener mayor o menor longitud de onda, pero a fin de cuentas se trata del mismo fenómeno: la diferencia es cuestión de cifras, de números. Pero imagina que, de repente, nuestros ojos empezaran a ver las olas de diferentes colores en función de lo separadas que estuvieran unas de otras. Las que estuvieran juntas serían azules y a medida que se separaran se volverían cada vez más rojas. Pintar así el mar parece una decisión un tanto arbitraria y posiblemente motivada por el consumo de psicotrópicos, pero eso es exactamente lo que nuestro cerebro le hace a la luz.

Nosotros no vemos longitudes de onda de setecientos nanómetros, percibimos el color rojo con tanto realismo como la propia luz que estimula nuestra retina. Y esto es lo que ocurre con el resto de los sentidos. Por ejemplo, cuando escuchamos un violín nuestro encéfalo es capaz de detectar la frecuencia a la que vibran esas cuerdas, pero no nos informa de ello de manera directa, sino que percibimos una nota musical. Estas experiencias subjetivas de nuestros sentidos se llaman qualia y son tan personales que no podemos estar seguros de si lo que yo percibo al ver luz de setecientos nanómetros es lo mismo que percibes tú, por mucho que ambos lo llamemos «rojo».

De hecho, la pregunta va más allá: ¿cómo puedo estar seguro de que tú experimentas qualia? Si lo piensas, AlphaGo se comporta como un jugador de Go, existen inteligencias artificiales capaces de mantener conversaciones sencillas y otras que componen música o pintan tan bien que ni siquiera los expertos son capaces de distinguir con claridad sus obras de las de artistas reales. Todo ello lo hacen sin consciencia, como zombis. Entonces, ¿podría ser que también hubiera humanos sin consciencia? Algunas personas pierden la capacidad de guardar recuerdos, de ver o de hablar. ¿Por qué no las experiencias subjetivas?



Los qualia son las representaciones subjetivas de lo que detectan nuestros sentidos.

De hecho, este concepto se denomina zombi filosófico y es un verdadero quebradero de cabeza para los filósofos de la mente. Si nos dejamos llevar por esta idea, empezaremos a dudar de todo hasta quedarnos solos en el mundo, porque nuestra consciencia es la única que experimentamos de forma directa y, por lo tanto, de la única

que no podemos dudar. Sin embargo, algo nos dice desde el fondo de nuestras entrañas de simio que este pensamiento solipsista en el cual solo existimos nosotros es demencial y un verdadero peligro para la vida en comunidad. Para movernos en grandes grupos necesitamos atribuir consciencia a otros seres, aunque no podamos estar seguros de ello. Para empatizar con nuestros congéneres y no comérnoslos en cuanto nos entre el hambre, necesitamos desarrollar lo que se llama una «teoría de la mente»: creer que el resto de los individuos tienen sentimientos, deseos y experiencias subjetivas, igual que nosotros, básicamente porque en todo lo demás también somos iguales.

Es más, damos por hecho que AlphaGo carece de consciencia, de experiencia subjetiva de la realidad, pero ¿podemos saberlo? Si los qualia son indetectables, ¿cómo podemos estar seguros de que AlphaGo no los vive? En el fondo tenemos las mismas pruebas de que tu vecina tenga consciencia que de que AlphaGo tenga una experiencia subjetiva, salvo que tu vecina se parece más a ti y sabes que tú sí gozas de consciencia (al menos la mayor parte del tiempo).

Todo esto parece un callejón sin salida y realmente lo es. Los qualia siguen siendo una parte importante de la teoría sobre cómo funciona nuestro encéfalo y a la vez son los culpables de que aparezcan estas barreras infranqueables para el estudio científico. Pero espera un momento. Esto no es la primera vez que nos ocurre. De hecho, es una situación sospechosamente parecida a la del dualismo psicofísico. Creer que no hay forma de medir con precisión un qualia más allá de experimentarlo en primera persona es negar que tengan un sustrato físico, propiedades materiales que sí podamos detectar. Descartes ha vuelto, pero esta vez no es para quedarse.

Eres un inconsciente Hace tiempo que se plantea que el estudio de la consciencia estaba pasando por tres problemas principales. Necesitaba definir mejor lo que trataba de estudiar, diseñar estudios capaces de manipular experimentalmente la consciencia y finalmente permitir que la ciencia se adentrara en lo subjetivo. Todo ello pasaba por una solución común: la neuroimagen. Desde que Crick abrió la veda, los intentos de estudiar la consciencia con estas técnicas no dejan de aumentar: electroencefalografías, resonancias magnéticas, estimulación magnética transcraneal, etc. El truco está en saber con qué alimentar a estas máquinas de neuroimagen, qué estímulos pueden activar percepciones subjetivas, pero a la vez ser suficientemente sencillos como para repetirlos en muchos sujetos muy distintos. Por suerte, tenemos donde elegir.

Un ejemplo son las ilusiones ópticas, en las que, por cómo funciona nuestra visión, podemos ver movimiento donde no lo hay. Otro experimento muy elegante consiste en colocar a un sujeto unas gafas especiales que separen su campo visual en dos, de modo que cada ojo funcione por separado. Si ahora enseñamos una imagen diferente a cada ojo, el encéfalo no será capaz de ver ambas a la vez, ni siquiera hará una mezcla de las dos, solo una de ellas accederá a nuestra consciencia. Por otro lado, también podemos

aprovechar que la gran mayoría de lo que ocurre en nuestro encéfalo es inconsciente para estudiar qué lo diferencia de los procesos conscientes.

De hecho, existen pacientes que muestran la llamada visión ciega, en la que, si bien no son conscientes de ver, pueden esquivar obstáculos o decir en qué dirección se ha movido un objeto frente a ellos. Estos sujetos tienen dañada la corteza visual, y el tronco del encéfalo es el que está informándoles de todos estos datos, solo que como si fueran intuiciones, impulsos difíciles de explicar y de los que no son conscientes. Así pues, nuestro cerebro procesa todo tipo de información de forma inconsciente y puede hacer incluso operaciones matemáticas sin que nos demos cuenta.

Gracias a todos estos experimentos hemos derrumbado muchos mitos, como que la consciencia solo opera en la corteza cerebral, o que el hemisferio derecho es totalmente inconsciente. De hecho, parece que ni siquiera existen vías que sean estrictamente conscientes o inconscientes. Es más, usando electroencefalografías hemos descubierto que los bebés y los monos pueden tener visión ciega y responder a los efectos ópticos como esperaríamos de un ser consciente, más allá de las clásicas dudas filosóficas. Hemos aprendido incluso a simular la visión ciega, inhibiendo algunas áreas encefálicas mediante estimulación magnética transcraneal, con lo que no solo podemos detectar los rastros de la consciencia, sino que podemos suprimirla, descubriendo así dónde se encuentra.

Con la ayuda de la neuroimagen estamos empezando a pintar el mapa de la consciencia en el encéfalo, y lo que está apareciendo es apasionante. El problema es que, cuanto más medimos, menos se parece esta función cognitiva al resto que hemos estudiado. Todas tenían al menos un puñado de estructuras que cumplían determinadas subfunciones, pero en este caso las imágenes revelan algo más parecido a un campo plagado de luciérnagas, una constelación de luces repartidas por el encéfalo entre las cuales la red neuronal por defecto resplandece como la vía láctea. De hecho, parece que para que un estímulo acceda a la consciencia, este ha de propagarse hasta el lóbulo frontal y parietal y esparcirse por el encéfalo. Esto es lo que propone la teoría del espacio de trabajo global: que la consciencia es una actividad que necesita la práctica totalidad del encéfalo para funcionar, igual que tú cuando llenas de papeles tu escritorio, no importa lo grande que este sea.

Con esto, desmitificamos otra de las ideas cartesianas que han sobrevivido al paso de los siglos, la que afirma que en nuestro encéfalo existe un lugar donde todos los sentidos se reúnen, como si en él proyectáramos la película de nuestras vidas y sobre el que la consciencia será la actriz principal, el teatro cartesiano, como lo llama Daniel Dennett. Nuestra consciencia tampoco se libra de las reglas de lo material y ahora que hemos empezado a observarla podemos responder preguntas todavía más profundas que hasta ahora se nos resistían, porque, si todo lo que hacemos y pensamos se

representa como actividad de nuestras neuronas, y estas siguen reglas de causa y efecto... ¿Dónde está nuestra libertad?

Negociando la libertad ¡Vaya! Has decidido continuar leyendo. Has tomado una buena decisión, porque lo que viene ahora es sorprendente, pero ¿realmente has tomado la decisión? ¿Podías haber hecho algo distinto? No hablo de un destino, o de una fuerza cósmica que conspire para que continúes pasando páginas o se te silencie el despertador cuando más lo necesitas. Lo que sugiero es que si has seguido leyendo, es porque tienes motivos para ello, sean racionales o no. No voy a decir que todos los neurocientíficos estén de acuerdo sobre qué responder a eso porque sería mentir. Sin embargo, no todas las respuestas son igual de coherentes. A grandes rasgos, existen dos corrientes que pueden contestar a la pregunta de maneras distintas.

Para el determinismo, las decisiones que tomamos no surgen de la nada, son el producto de tus experiencias y tu biología particular. Vivimos en un mundo donde las acciones tienen una causa, vienen de algún lado, por lo que no es una locura pensar que tus actos estén condicionados por factores tanto externos como internos. Así pues, sus defensores sostienen que no existe la libertad, que se trata tan solo de un espejismo, un engaño de nuestra consciencia.

Frente a ellos están quienes defienden el libre albedrío y afirman que en la toma de decisiones no todo está determinado, sino que existe un factor aleatorio. Bajo las mismas condiciones exactas, una misma persona, en el mismo instante de su vida, podría tomar dos decisiones diferentes. En principio suena bastante bien, pero tiene un problema. ¿De dónde sale esa aleatoriedad?

Por desgracia, las respuestas suelen ser bastante flojas y venir de gente sin una verdadera formación en el campo. Un ejemplo es el de la famosa consciencia cuántica, una hipótesis sugerida por Penrose y Hameroff y que ha conseguido más visibilidad de la que científicamente merece. Según ellos, esta aleatoriedad se debería a las propiedades cuánticas del líquido que rellena a nuestras neuronas, pero la física cuántica no funciona así. Es cierto que esta disciplina estudia objetos muy pequeños, como las partículas subatómicas que, según algunas interpretaciones, pueden comportarse de forma aparentemente aleatoria, al margen de las leyes de causa y efecto. Sin embargo, esto ocurre por lo general en sistemas minúsculos, totalmente aislados y a bajísimas temperaturas, y a medida que estudiamos sistemas más y más grandes, como el encéfalo de la mayoría de las personas, esta aleatoriedad se desvanece en un proceso llamado decoherencia cuántica. ¡Chúpate esa, Schrödinger!

En cualquier caso, imaginemos que se encontrara una forma de explicar dicha aleatoriedad sin caer en misticismos cuánticos. Mientras se fundamenta en el azar, llamarlo libertad es bastante contradictorio. ¿En qué escenario somos más libres, en uno

en el que nuestras acciones dependen de nuestra biología y experiencias (o sea, de lo que nos hace quienes somos) o en uno en el que nuestras decisiones se toman tirando una moneda al aire? Aquí es donde entra el hermano olvidado del determinismo, el compatibilismo.

Los compatibilistas consideran que el principal problema está en la definición de libertad. A fin de cuentas, siempre hemos usado el término para referirnos a nuestra experiencia de tomar decisiones sin estar bajo coacción, por lo que la libertad sigue existiendo a su manera: seguimos experimentándola sin importar quién tenga la razón. Por lo tanto, podemos estar condicionados por el entorno, por nuestra biología y por lo que sea, que mientras no nos extorsionen con ir a ver cine francés podremos sentirnos libres. Después de todo, los condicionamientos de nuestro cuerpo y nuestro entorno conforman nuestra personalidad, y eso es exactamente a lo que debemos llamar libertad.

La gran noticia es que, tras muchos infructíferos debates filosóficos, la ciencia comienza a ofrecernos pruebas para entender este fenómeno de la toma de decisiones y su relación con la consciencia. De hecho, si le pedimos a alguien que escoja entre dos opciones, podremos predecir su decisión en función de la actividad cerebral que muestre, pero aquí viene la clave: podremos predecirla varios segundos antes de que el paciente sea consciente de que ha tomado una decisión. En algunos estudios se han llegado a medir once segundos de diferencia entre la predicción y el momento en que se toma consciencia de la decisión. ¿En qué lugar deja esto a nuestra consciencia?

Si tomamos la decisión antes de ser conscientes, podemos suponer que, al menos, para las decisiones más sencillas, nuestra consciencia actúa como un espejismo, una historia que nos cuenta nuestro encéfalo para justificar sus automatismos. Es más, la idea de que nuestra consciencia pueda estar contándonos trolas no se limita solo a la libertad, va mucho más allá y llega a afectar a nuestra propia identidad como personas.

Abre, soy yo El concepto clásico de libertad ha muerto, al menos hasta que se demuestre lo contrario, pero la masacre no ha terminado. Si todo lo que hay en nuestro encéfalo es material, ¿qué es el yo? ¿A qué se debe mi identidad? La mayoría sentimos ser la misma persona que vemos en nuestras fotos de la infancia. Más altos, más feos, con algún kilo extra y el doble de angustia vital, pero las mismas personas. Sin embargo, ¿qué ha permanecido de nosotros? Nuestra piel, sangre y órganos no son los mismos. Las células se renuevan y nosotros cambiamos con ellas. No nos preocupan las mismas cosas ni recordamos las mismas anécdotas. Desde antes de gatear hemos aprendido y olvidado, renovando nuestros recuerdos. ¿Qué queda entonces de aquel bebé?

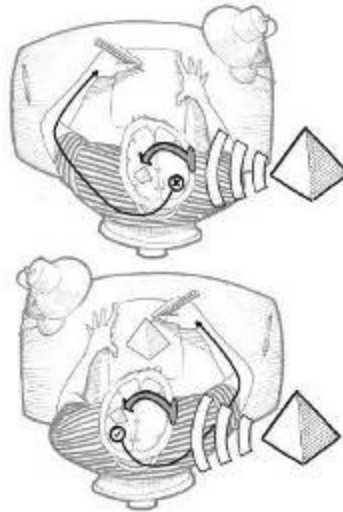
La identidad es esquivia y, por mucho que queramos, parece que solo permanece el propio paso del tiempo, constante y gradual, segundo a segundo, registrado por nuestras células. De hecho, eso es lo único que nos une a nuestro antiguo yo, una serie de cambios progresivos entre los que no podemos trazar ninguna frontera clara. Esto es lo mismo que la clásica paradoja que habla del héroe mitológico Teseo. Tras su muerte, el pueblo decide guardar su barco en su memoria. No obstante, el tiempo pasa y la madera de ciertas piezas comienza a pudrirse. El pueblo no puede consentir tal cosa, así que deciden ir sustituyendo las piezas dañadas, una por una durante cientos de años. Llegará un momento en el que cada pieza del barco haya sido repuesta y no quede nada del original, así que ¿sigue siendo el mismo barco? Si la respuesta es negativa, ¿cuándo ha dejado de serlo?

¿Una persona que súbitamente olvida su pasado se convierte en alguien diferente? ¿Era Phineas Gage un sujeto realmente distinto después de que aquel trozo de metal se abriera paso a través de su cerebro? No existe una respuesta perfecta, porque, de nuevo, solo tú sabes cómo se siente el ser tú, pero es muy posible que la respuesta vuelva a ser parecida a la anterior. La identidad, el concebimos como una única mente pensante distinta del medio y sentir que nos mantenemos a lo largo del tiempo confronta lo que el estudio del cerebro lleva tiempo vislumbrando.

Cuanto más la estudiamos, más frágil parece nuestra identidad. Podríamos hablar de los sentimientos de despersonalización, esos momentos en que, por un trauma, una emoción intensa o incluso el cansancio, sentimos que nuestro cuerpo deja de ser nuestro y todo el apego que podemos sentir se resquebraja, dejando cierto grado de indiferencia. O tal vez podríamos hablar de síndromes como el de Cotard, en el que el paciente cree estar muerto en vida, relata cómo sus órganos han dejado de funcionar y ya no se siente él mismo. Estos fenómenos son llamativos, pero todavía no se comprende su base neurológica. Sin embargo, hay un caso mucho más ilustrativo en el que los pacientes «parten» su personalidad. No estamos hablando de las famosas personalidades múltiples, que siempre que se han tratado de demostrar han resultado ser fraudes descarados. Lo que a nosotros nos interesa en este momento son los pacientes callosotomizados.

Algunas personas con trastornos mentales como el trastorno obsesivo compulsivo pueden ser sometidas a psicocirugía en caso de que todos los demás tratamientos hayan fallado. Una de las técnicas consiste en cortar el cuerpo calloso, ese puente que envía información de un hemisferio a otro. Al hacer esto ocurre algo increíble: la identidad se desdobra. Imaginemos que susurramos al paciente la palabra «pirámide» al oído derecho. Esta información viaja hasta el hemisferio contrario para quedarse allí, sin poder pasar al derecho y alertar de esta información a todo el cerebro. Si ahora le pides que dibuje ese objeto con su mano izquierda, el paciente será incapaz. El hemisferio que controla esa mano es el derecho y a él no ha llegado la información del susurro. No hay

ninguna carretera que comunique el recuerdo de lo que le hemos dicho al oído con las áreas encargadas de la motricidad del lado izquierdo del cuerpo. Sin embargo, si le pedimos que cambie de mano, la pirámide aparecerá por arte de magia sobre el papel.



Los pacientes callosotomizados normalmente dejan de establecer comunicación entre sus dos hemisferios.

Es cierto que no todos los pacientes callosotomizados muestran una partición de la identidad tan clara, en la que un hemisferio no es consciente de lo que ocurre en el otro, pero existen otros fenómenos intermedios que apuntan en la misma dirección, como el síndrome de la mano extraña, en el que tras una lesión en el cuerpo calloso, los sujetos dejan de reconocer su mano como propia, ya no forma parte de su identidad y sus movimientos escapan al control consciente. Los datos nos hacen sospechar que la identidad, al igual que la libertad, es una historia que inventa nuestro encéfalo para dar unión a nuestras experiencias, pero ¿por qué hace todo esto? ¿Para qué vale un qualia?, ¿para qué vale sentirnos libres?

Las mentiras de un cuentacuentos Si definir la consciencia ya era difícil, entender cuál es su función evolutiva es mucho más complicado. Tanto que, académicamente, al hecho de explicar cómo y por qué surge la subjetividad se le llama «el problema difícil de la consciencia», un término realmente descriptivo. En estos entornos, la especulación campa a sus anchas, pero hay una especulación que merece la pena comentar.

Una de las pocas hipótesis sólidas sobre el origen evolutivo de la consciencia es que, con sus qualia, la identidad, o la sensación de libertad, simplificamos información que era innecesariamente específica y compleja. La existencia de un sujeto (el yo) permite expresar acciones con mucha más claridad y los qualia relacionados con las emociones nos ayudan a traducir nuestra tormentosa neuroquímica en algo capaz de ser recogido

por otras mentes. Según esto, la consciencia sería una adaptación a la vida en comunidad que, a pesar de haberse desarrollado más en nosotros, compartiríamos con otros animales, en especial con los más sociales. De hecho, sabemos que el concepto de identidad está presente en muchas otras especies, capaces de reconocerse a sí mismas ante un espejo, como los grandes simios, los elefantes o las palomas, e incluso de poner nombre a sus congéneres, como es el caso de los delfines.

No obstante, no olvidemos que, tal vez, esta explicación no sea más que otra hipótesis que, como los *fidget spinners*, pasará al olvido en cuestión de unos años, pero tan solo por su belleza ya merece nuestra atención. Otra alternativa es que la consciencia no sea más que una adaptación neutra, algo que ocurre por casualidad, sin aportar ni restar nada. Si fuera así, la consciencia sería tan solo un engaño sin sentido que, como tantas otras peculiaridades de la evolución, sobrevive porque no molesta. ¿Quiere esto decir que la inteligencia artificial nunca desarrollará consciencia? ¿Que AlphaGo no podrá disfrutar de verdad de su victoria? Hemos de aprender a vivir con la duda, al menos por ahora. Mientras tanto, siempre podemos disfrutar de la poesía que se trasluce de la primera hipótesis. En ella, la consciencia sería un traductor que nos permite compartir lo que ocurre en nuestra mente, aunque para ello nos mienta. Nos engaña por nuestro propio bien, inventando figuras como la libertad o la identidad, ensoñaciones que nos han permitido protagonizar aventuras de lo más maravillosas, y nos han llevado de las praderas africanas a los mares lunares.

En definitiva, nuestra humanidad tampoco parece encontrarse aquí, pero durante nuestro viaje hemos ido respondiendo a preguntas, segando cabezas de la hidra y, aunque algunas se han multiplicado, al fin parece que la tenemos acorralada. Ha llegado el momento de un último mandoble.

Capítulo

13

Una selva de sinapsis Al confrontar en profundidad los enigmas que nos rodean, y al considerar y analizar las observaciones que había hecho, terminé en el dominio de las matemáticas. MAURITS CORNELIS ESCHER

Hace días que nuestros ojos no veían la claridad del Sol. Toda la luz que nos había estado llegando era la de las chisporroteantes neuronas y las auroras que las técnicas de neuroimagen pintaban sobre ellas. Ahora tendremos que dejar todo ese paisaje de dendritas y axones, porque en las tierras de la consciencia la pregunta hidra recibió un golpe fatal. El último lugar donde se sentía a salvo, la función cerebral menos patrullada por la neurociencia, ya no era segura para ella, y en un último intento a la desesperada, la hidra se había arrastrado como buenamente pudo hasta el exterior de la selva.

Todos los mitos rotos, las funciones cognitivas reducidas a fenómenos materiales, el haber mirado cara a cara a nuestra consciencia, eran golpes que habían dejado a la bestia en una situación muy vulnerable, pero en un monstruo de su calibre es difícil saber si esas heridas eran letales o si sobreviviría. Nunca podremos saber a ciencia cierta lo cerca que estamos de resolver una pregunta tan profunda, solo queda la esperanza. Sin embargo, en cualquier momento y sin previo aviso, responder una pregunta puede hacer que a la hidra le surja un nuevo par de cabezas preparadas para devolver el golpe y alejarnos de nuestro objetivo.

Aceleramos el paso siguiendo el rastro de la legendaria pregunta. Cada vez la sentimos más cerca y nuestros ojos se van acostumbrando a la luz del mundo exterior. Nuestro enfoque cambia y, de repente, la tenemos ante nosotros. Por primera vez vemos a la hidra en su totalidad: ¿qué queda en nuestro encéfalo que pueda hacernos distintos del resto de los animales? Ahora, cada escama de su vientre se revela en todo su esplendor, pero, a la vez, su cuerpo quebrantado nos recuerda que ha soportado muchos golpes de nuestra espada. Durante nuestro viaje por la mente, hemos ido descubriendo que el encéfalo humano no es tan especial como creíamos en un primer momento; es maravilloso, sin duda, pero bastante parecido al del resto de los animales.

Todas las diferencias que nos hemos ido encontrando han sido debidas al grado en el que hemos podido desarrollar nuestras habilidades, no a que fueran algo únicamente

nuestro. Son cuestión de cuánto o cómo se ha desarrollado una función, pero ninguna parece exclusiva de estos monos cazadores de preguntas hidra. Por mucho que podamos reconocer nuestros brazos entre los de otros animales, estos no son tan diferentes; los de los osos son más fuertes y los de los gibones más flexibles. Del mismo modo, la gran mayoría de los animales tiene algún tipo de memoria y atención, que, en muchos casos, funciona mejor que la nuestra para tareas concretas. Las abejas se comunican y aprenden y los pulpos son capaces de resolver problemas e incluso de jugar, mostrando una inteligencia que va más allá de toda duda. Ni siquiera la consciencia se libra de aparecer en multitud de cerebros, tanto en mamíferos como en aves.

Escrutamos a la bestia, barriéndola poco a poco con nuestra mirada y no parece que quede nada en ella que sea solo nuestro. Lo compartimos todo con otras especies animales y, sin embargo, seguimos sintiéndonos especiales, la hidra sigue ahí. Levantamos nuestra espada y nos preparamos para cargar contra su última cabeza cuando, de súbito, algo despierta en nuestra mente, una nueva pregunta, una nueva cabeza de afilados dientes que nos atrapa entre sus fauces. ¿Y si existe esa chispa de humanidad, pero está más allá de lo que nuestros encéfalos pueden entender? ¿Es posible acaso que el problema sea nuestro? ¿Tenemos entonces que aceptar que, después de todo, nuestra mente no está al alcance de lo que podemos explicar por la neurociencia?

De Gödel a Goldblum Es relativamente frecuente oír que la mente nunca podrá llegar a comprenderse a sí misma del todo, que siempre quedará un resquicio inexplorado, un punto ciego que va más allá de nuestra comprensión. La frase del antropólogo Lyall Watson resume a la perfección esta idea: «Si el cerebro fuera tan simple que pudiéramos entenderlo, seríamos tan simples que no lo entenderíamos», un tipo de paradoja lógica llamada Catch-22. Para defender esta postura se ha usado insistentemente un argumento que parece incontestable por su pureza, una justificación basada en las matemáticas: los teoremas de incompletitud de Gödel.

Todo empezó cuando, en 1931, el matemático Kurt Gödel demostró que existen conjeturas indecidibles, que las matemáticas simplemente no pueden demostrar de ninguna forma. Y no porque se nos den mal los números, sino por la propia estructura de las matemáticas que nosotros solemos usar (aunque ser un zote en mates tampoco ayuda, la verdad). Dicho con otras palabras, las matemáticas no pueden estudiarse en su totalidad a sí mismas. Imaginemos una conjetura matemática, como la de Goldbach, que propone que todo número entero par mayor de 2 puede ser expresado por la suma de dos números primos. Por ejemplo, 4 es el resultado de sumar 2 más 2; 16 es 3 más 13 y 420.587.732 puede construirse sumando 163 y 420.587.569, o bien 619 y 420.587.113 o de hasta otras ocho formas diferentes. No se ha encontrado todavía un número que no cumpla esta norma. Sin embargo, todavía no hemos dado con una demostración que

nos asegure que se vaya a cumplir siempre. Por lo que sabemos, es probable que esta conjetura sea cierta, pero podría ser falsa o incluso que su demostración simplemente no exista, que sea una conjetura indecidible y que jamás podamos avanzar en su solución, ni para confirmarla ni para desmentirla.

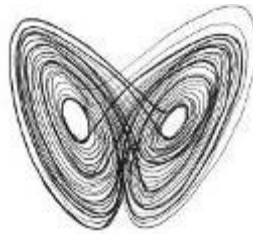
Y hay más, porque Gödel también demostró que unas matemáticas «razonables» no pueden ser consistentes y completas al mismo tiempo. Esto es, no puedes evitar caer en contradicciones y a la vez pretender demostrar cualquier cosa. Es decir, que los teoremas de incompletitud de Gödel demuestran que las matemáticas son un sistema incapaz de demostrar todas sus conjeturas, aunque para ello estemos dispuestos a asumir por «fe» nuevas reglas básicas, pues nunca serían suficientes para alcanzar la completitud y siempre tendríamos que añadir un axioma más.

Sin embargo, algo no encaja. Gödel no se limitó a suponer que las matemáticas no eran un sistema completo, sino que lo probó con nuevas técnicas lógicas bastante sofisticadas. Demostró que las matemáticas no podían llegar a «entenderse» del todo a sí mismas, pero jamás afirmó que esto fuera algo extrapolable a otras disciplinas. Aplicar estos teoremas de incompletitud a la neurociencia tan a la ligera es un claro reflejo de no estar entendiendo el problema. De hecho, ni siquiera se pueden generalizar a todas las áreas de las matemáticas. Incluso si nuestro encéfalo resultara ser un sistema «incompleto», incapaz de comprenderse a sí mismo en su conjunto, no parece que los teoremas de Gödel pudieran servir para demostrarlo. Más bien parece una excusa del tipo «el perro se comió mis deberes» para así no tener que enfrentarse a preguntas difíciles.

Por suerte no hay motivos para temer a Gödel desde la neurociencia, aunque todavía no hemos podido justificar por qué no somos capaces de encontrar en nuestro encéfalo aquello que nos separa cognitivamente del resto de la naturaleza. Aunque curiosamente, la respuesta podría venir de las mismas matemáticas.

Si buscamos una causa neurológica para las maravillas que somos capaces de hacer, es porque damos por hecho que vivimos en un mundo determinista donde los efectos son precedidos por causas. Sin embargo, podemos estar cayendo en un ligero error, porque que algo tenga una causa no quiere decir que sea fácil de predecir. Me explico: imaginar qué puede pasar si ahora mismo sueltas este libro es bastante sencillo, la gravedad lo hará caer hasta que choque con algo que lo detenga. No obstante, calcular el tiempo que hará dentro de un año en Villanueva del Pardillo, si bien algo completamente determinista, es prácticamente imposible. El motivo es que en el segundo caso están implicados muchísimos más factores que cuando dejas caer tu libro, y en esas situaciones es más probable que surja el caos. En sistemas como el clima, una variación minúscula, como que el viento sople hoy un poquito más fuerte que de costumbre en Reikiavik, puede tener consecuencias que vayan acumulándose a lo largo

de los días y hagan que la realidad se aleje cada vez más de nuestras predicciones. Popularmente, se usa como ejemplo esa frase tan poética que dice «Cuando una mariposa bate sus alas en Reikiavik, un huracán se forma en Villanueva del Pardillo», pero mucha gente lo ha tomado como algo literal y eso es un problema, porque la única culpa que tienen las mariposas es la de inspirar tatuajes horribles. Una forma más precisa de resumirlo es que estos sistemas llamados «caóticos» son extremadamente sensibles a pequeños cambios en las condiciones de las que parten, y semeja que nuestro encéfalo actúa de una forma sospechosamente parecida. Nuestros comportamientos son tremendamente reactivos a ligeras diferencias en nuestras experiencias, nuestra neuroquímica, o incluso a cambios mínimos en nuestras redes neuronales.



Una representación de los cambios en un sistema caótico.
En concreto se trata de un atractor de Lorenz, uno de los iconos
de la Teoría del Caos que, curiosamente, recuerda
a las alas de una mariposa.

Los sistemas caóticos están por doquier en la naturaleza: en el latir de nuestro corazón, en la forma en que crecen y decrecen las poblaciones, en el cambio de los precios para viajar a Villanueva del Pardillo... En todos los casos, los sistemas caóticos son difíciles de predecir a largo plazo debido a la enorme cantidad de factores implicados o a las formas en que interaccionan entre ellos, y ya sabemos que nuestras funciones y estructuras encefálicas no son islas. Estas se relacionan entre sí, y afectan a lo que de ellas emerge y hacen casi imposible entender a qué estructuras hemos de atribuir cada una de nuestras habilidades mentales, al menos por ahora.

El buen camino Por este motivo, no importa cuánto nos empeñemos, no podemos señalar el origen neurológico exacto de muchos de nuestros comportamientos. Nuestros gustos e ideologías son un archipiélago de causas que necesitan ser entendidas como un conjunto, por mucha información que debemos tener en cuenta para ello. De hecho, gracias al machine learning y a las inteligencias artificiales, estamos empezando a saber cómo manipular estas montañas de datos, cómo trabajar con cosas tan multifactoriales como nuestra cognición.

Por eso mismo hay que entender que encontrar un factor de nuestra neurología que influya en nuestros gustos no quiere decir que este sea el único responsable y que

estemos totalmente determinados por él, sino que se trata de una de las muchísimas cosas que pesan a la hora de determinar nuestra personalidad. Por eso debemos seguir estudiando las diferencias neurológicas entre distintas personas y colectivos. Solo así podremos entender cómo estas diferencias biológicas repercuten en lo que somos y en nuestras peculiaridades y de este modo perseguir una sociedad igualitaria y un mundo más hostil hacia los intolerantes. Durante todos estos argumentos hemos conseguido zafarnos del mordisco de la hidra, y con un revés de nuestra hoja acabamos con esa pregunta pseudomatemática aparecida a traición; ya solo queda una solitaria cabeza.

De hecho, ese es el mejor consejo que podemos seguir en el estudio de la mente: no desistir, no rendirnos creyendo que algo es imposible antes de comprobarlo. Que la neurociencia encuentre baches en su camino es esperable, sobre todo tratando con preguntas tan profundas como lo hace, pero no por ello hemos de hacer mal uso de los teoremas de incompletitud de Gödel. De hecho, pensemos en cuántos extraños fenómenos ya hemos empezado a desvelar.

Durante mucho tiempo creímos que nuestro gusto estético iba más allá de lo que podía ser explicado (sobre todo echando la vista atrás hacia la década de 1970), pero lo cierto es que aquellas palomas que distinguían un Picasso de un Monet también podían ser adiestradas para evaluar si una obra era más o menos estética que otra, eran capaces de distinguir cuadros de profesionales y de aficionados. Nuestras reglas de la estética puede que no sean fáciles de expresar, y que ni siquiera nosotros mismos tengamos muy claras cuáles son, pero están ahí y otras formas de vida pueden aprenderlas.

También hemos desentrañado el «misterio» de las revelaciones divinas, y ahora sabemos que una epilepsia en el lóbulo temporal puede estimular intensos sentimientos de espiritualidad y haber sido la causante de muchas historias como la de cuando san Pablo se cayó del caballo camino de Damasco. Hemos descubierto incluso que el sentido de la justicia se relaciona con la unión entre el lóbulo parietal y el temporal, una zona que se ilumina cuando premiamos a un mono de forma desigual respecto a sus compañeros. La neurociencia nos ha proporcionado herramientas útiles que nos permiten encontrar respuestas a conceptos que creíamos imposibles de reducir a fenómenos materiales. Las explicaciones místicas han ido desapareciendo poco a poco, relegando la influencia divina a aquellos problemas que la ciencia todavía no ha sabido resolver, como adónde van a parar los calcetines perdidos en la lavadora. Sin embargo, si esto es todo lo que tienen, pronto terminarán asfixiándose en una sociedad en la que el dios de los huecos cada vez tenga menos espacio donde moverse.

Por eso, la actitud correcta para enfrentarse al estudio de la mente no es la de Gödel, sino, en todo caso, la que expresó otro gran matemático, su rival intelectual David Hilbert que, si bien no ganó la batalla en las matemáticas, podemos rescatar su grito de

guerra para vestir con él a la neurociencia: «Debemos saber, sabremos». Sin embargo, en ese momento dejamos caer nuestra espada al suelo, no vamos a presentar batalla.

La hidra nos mira, malherida, parece confusa, pero pronto lo entiende todo y empieza a alejarse hasta perderse en el horizonte. En el fondo, durante nuestra defensa de la ciencia hemos reconocido que, por mucho que no haya límites absolutos en el estudio de nuestra mente, la neurociencia todavía está desarrollándose. Hemos dado pistas a la hidra de dónde refugiarse, en los huecos cada vez más estrechos de nuestro conocimiento del mundo.

Una nueva estrategia Sin embargo, esto no es un tratado de paz. Sospechamos cómo derrotarla, pero esta vez no podemos seguirla. Para ello necesitamos nuevas armas, nuevas herramientas con las que estudiar el encéfalo, una perspectiva distinta que todavía no hemos descubierto. Nuestra cacería ha terminado, y no tenemos una respuesta definitiva. No obstante, no hay motivo para el desánimo. Durante la búsqueda hemos descubierto cosas magníficas que parecen sacadas de un mundo de fantasía y, sin embargo, están encerradas en nuestro cráneo. Todavía no se ha escrito el final de esta historia, todo dependerá de lo que ocurra en un futuro no tan lejano, y de que los neurocientíficos sepan encontrar sus propios puntos débiles para seguir fortaleciendo su disciplina hasta que sea capaz de estrechar tanto los huecos de la ciencia, que la hidra se vaya quedando sin espacio hasta volverse una criatura indefensa.

Pero ¿por dónde empezar? Es muy difícil enfrentarse a lo establecido y encontrar fallos en las teorías de tu tiempo. Existe incluso el llamado reflejo de Semmelweis, un metafórico automatismo por el que la comunidad científica tiende a rechazar el conocimiento nuevo solo porque pone en jaque muchas de las cosas que hasta ahora hemos dado por sentadas. Sin embargo, ese enfrentamiento es necesario. De hecho, algunas revoluciones en ciencia suceden porque poco a poco se acumulan incongruencias entre las predicciones que hacen nuestros modelos y lo que podemos observar en el mundo real. Cuantos más parches ponemos a nuestras explicaciones, más evidentes son sus incongruencias hasta que la tensión aumenta demasiado y, para que la ciencia siga desarrollándose, tenemos que romper con el modelo antiguo y crear uno nuevo. Así es como se abre el camino a nuevas propuestas y explicaciones más exactas que las anteriores. Por lo tanto, es esperable que sea cuestión de tiempo que la neurociencia pase por una nueva crisis y que se revelen tras ella algunas de las cuestiones que hoy nos parecen inaccesibles.

El estudio de la mente ha mutado continuamente desde sus inicios y con cada cambio hemos ampliado el horizonte al que podíamos enfrentarnos. Esos contratiempos que nos encontramos ahora y que nos impiden señalar dónde reside nuestra humanidad puede que estén a punto de ser resueltos, que solo esperen un cambio de enfoque,

porque, por mucho que sepamos, queda incluso más que pulir para llegar a conocer de verdad a nuestro encéfalo.

De hecho, algunos neurocientíficos consideran que una de las mayores limitaciones de nuestro modelo es que se basa demasiado en nuestra percepción de nosotros mismos y nuestra mente, en ese cuento que nos narra la consciencia. Este mismo libro ha dividido nuestra actividad mental en motricidad, sentidos, memoria, atención, emociones, inteligencia y consciencia, categorías que resultan familiares a la intuición sobre cómo funciona nuestro encéfalo. Pero si esa intuición nuestra no es más que un trampantojo, puede que estemos usando como guía una ilusión, algo irreal. Por ejemplo, antes de poder estudiar genéticamente el parentesco entre especies, todo se basaba en las apariencias y los resultados no eran horribles, pero algunas clasificaciones estaban equivocadas y limitaban nuestra comprensión de la zoología. Al llegar la secuenciación del genoma, esta puso patas arriba la clasificación de unas cuantas especies y abrió un nuevo mundo en el que bucear, mucho más coherente y revelador. Ese es el cambio que necesitamos en la neurociencia cognitiva.

Tal vez debamos buscar otra manera de dividir las funciones encefálicas, un modelo que se guíe más por cómo se distribuyen nuestras conexiones neuronales y no tanto por cómo las experimentamos. Si la consciencia no nos habla con sinceridad de lo que ocurre en nuestro encéfalo o a nuestro alrededor, ¿por qué tomarla como brújula de nuestra búsqueda científica? Si queremos entender cómo funciona un videojuego, no podemos estudiarlo solo basándonos en los personajes que salen en la pantalla porque no son reales; tenemos que ir al código, a la fuente, y dejar de dar tanto peso a nuestra experiencia. Puede que así podamos desenmarañar un poco la complicada red de interrelaciones dejando atrás nuestra clasificación de bordes difuminados en la que no se sabe dónde termina una función cognitiva y empieza otra. De este modo abandonaremos conceptos como la inteligencia, que parece ser dependiente de funciones más básicas, o la consciencia, cuyos límites se encuentran más en nuestra intuición que en el mundo real.



Tractografía que muestra las complejas conexiones que se establecen entre estructuras muy distantes. Gracias a esta selva de axones el encéfalo puede trabajar como un todo.

Cuanto más aprendemos, resulta más evidente que nuestro encéfalo no está organizado en áreas perfectamente definidas a lo largo y ancho de su corteza. Tampoco parece estructurarse como una simple red que se hunde en nuestra materia blanca, sino de un modo más global. Lo que ahora necesitamos es un modelo que explique cómo nacen las funciones cognitivas más elevadas a partir de la interacción de las básicas, y, por lo tanto, de sus estructuras asociadas. Necesitamos una teoría unificada de la cognición en la que el emergentismo no sea relegado al papel de un parche explicativo, sino que sea el eje de la misma teoría. Pero para todo esto tendrán que pasar décadas.

Retorno al hogar Volvemos a estar como al principio, o casi: con preguntas que necesitan respuesta y una sensación agridulce de haber aprendido, pero no haber conseguido nuestro objetivo. No obstante, reconócelo: no importa cuánto te haya argumentado que no hay diferencias cualitativas entre tu mente y la de la mayoría de los mamíferos. De algún modo, todavía te sientes un poco especial, tu pueblo sigue siendo el mejor y, sinceramente, es totalmente comprensible. De hecho, tenemos motivos para sentirnos así, porque, como dijimos al principio de la aventura, «especiales no significa mejores», simplemente diferentes.

Puede que no haya una frontera clara entre la construcción de un descomunal termitero y la de un rascacielos, pero para nosotros esa diferencia es relevante, se siente relevante, hay una escala tan abrumadoramente distinta que no podemos considerarlo dentro de la misma categoría. Muchos animales tienen inteligencia, pero ninguno salvo nosotros ha conseguido hacer nada similar a los castillos lógicos que se montaban mentes como la de Immanuel Kant o Bertrand Russell. Puede que no sea lo más adecuado que nuestra experiencia personal rijan el avance de la neurociencia, pero sigue siendo todo lo que conocemos del mundo, y sentirnos especiales es algo que pertenece a nuestra subjetividad y que, por lo tanto, sí podemos construir sobre ella. Nunca será un dato objetivo ni parte de la realidad, pero sí un sentimiento muy humano.

Porque nuestro encéfalo sí es especial, todos ellos lo son. ¿Cómo no maravillarse ante el prodigio arquitectónico que ha permitido que percibamos el mundo, interactuemos con él y lo experimentemos? Todo ello creado sin un director de orquesta que ordenara nuestras neuronas que, contra todo pronóstico, han sido capaces de conectarse a la perfección (o mejor aún: a la imperfección, que, como hemos visto, nos ha ayudado a sobrevivir). Ha sido esta inexactitud la que nos ha traído algunos regalos sorpresa que hemos transformado en pilares centrales de nuestra sociedad, como la literatura y la música. En cualquier caso, nuestra percepción de nosotros mismos todavía tiene que madurar de la mano de las ciencias y de las humanidades, y espero que, cuando dentro de unos años miremos al pasado, estemos satisfechos de hacia dónde hemos encaminado el estudio de la mente.

Mientras tanto, no puedo evitar pensar que ha pasado el tiempo y que, aunque mi consciencia no lo crea, ya no soy aquel estudiante de medicina que sostenía por primera vez un cerebro humano. He cambiado mucho y tengo claro lo que haría si pudiera volver a aquella habitación blanca durante el instante en que se congeló mi tiempo. Me diría que el secreto que buscaba no se escondía en las formas o las neuronas de ese cerebro, que la respuesta, sea la que sea, está oculta a simple vista, porque al encéfalo hay que estudiarlo como un todo, como un ecosistema en el que cada organismo, cada una de sus estructuras y funciones tiene su importancia, y depende de las demás. La evolución de las mariposas ha condicionado la evolución de las flores, y viceversa. En la naturaleza existe un baile ecológico comparable a lo que ha ocurrido en nuestro encéfalo, en el que cada una de sus partes se ha transformado coordinadamente con el resto, para asistirles y complementarlas en sus funciones en una maraña imposible de separar.

Las cosas no avanzan ni retroceden, simplemente cambian una y otra vez, todas juntas y al unísono. Como los habitantes de una selva, una selva de sinapsis.

Bibliografía Principales libros de consulta Alberts, Bruce, *Molecular Biology of the Cell*, Garland Science, 2014.

Banich, Marie T., y Compton, Rebecca J., *Cognitive Neuroscience*, Cambridge University Press, 2018.

Copleston, Frederick, *Historia de la filosofía*, Ariel, 2011.

Guyton & Hall, *Tratado de fisiología médica*, Elsevier, 2016.

Jackson, Mark, *The Oxford Handbook of History of Medicine*, Oxford University Press, 2011.

Kandel, E. R., y otros, *Principles of Neural Science*, McGraw-Hill Education, 2012.

Shepherd, Stephen V., *Evolutionary Neuroscience*, John Wiley & Sons, 2017.

Stearns, Stephen C., y Hoekstra, Rolf F., *Evolution*, Oxford University Press, 2005.

Striedter, Georg F., *Neurobiology*, Oxford University Press, 2016.

Zarranz, J. J., *Neurología*, Elsevier, 2018.

Libros para ampliar conocimiento Alonso, José Ramón, *Historia del cerebro*, Guadalmezán, 2018.

Alonso, José Ramón, *La nariz de Charles Darwin*, Almuzara, 2013.

Arsuaga, Juan Luis, *Vida, la gran historia*, Planeta, 2019.

Blanco, Carlos, *Historia de la neurociencia*, Biblioteca Nueva, 2014.

Carter, Rita, *El nuevo mapa del cerebro*, RBA, 2001.

Churchland, Patricia, *El cerebro moral*, Paidós, 2012.

Damásio, António, *El error de Descartes*, Ediciones Destino, 2013.

Damásio, António, *Y el cerebro creó al hombre*, Booket, 2010.

De Waal, Frans, *El bonobo y los diez mandamientos*, Booket, 2015.

Dehaene, Stanislas, *El cerebro lector*, Siglo XXI, 2018.

Dehaene, Stanislas, *En busca de la mente*, Siglo XXI, 2018.

Dennett, Daniel, *De las bacterias a Bach*, Pasado y Presente, 2017.

Dennett, Daniel, *La peligrosa idea de Darwin*, Galaxia Gutenberg, 2015.

Deutsher, Guy, *El prisma del lenguaje*, Ariel, 2011.

Doidge, Norman, *El cerebro que se cambia a sí mismo*, Aguilar, 2008.

Gazzaniga, Michael, *¿Quién manda aquí?*, Paidós, 2012.

Gleick, James, *Caos*, Crítica, 2012.

Godfrey-Smith, Peter, *Otras mentes*, Taurus, 2017.

Goldberg, Elkhonon, *Creatividad*, Crítica, 2019.

Goldberg, Elkhonon, *El cerebro ejecutivo*, Crítica, 2015.

Gómez, Daniel, *Matemáticas y neurociencia*, EMSE EDAPP, 2018.

Gould, Stephen Jay, *La falsa medida del hombre*, Crítica, 2007.

Harris, Sam, *Free Will*, Free Press, 2012.

Kandel, Eric, *La nueva biología de la mente*, Planeta, 2019.

LeDoux, *The Deep History of Ourselves*, Penguin Publishing Group, 2018.

Luria, Alexander R., *Pequeño libro de una gran memoria*, Krk Ediciones, 2012.

Østby, Hilde, y Østby, Ylva, *El libro de la memoria*, Ariel, 2019.

Pinker, Steven, *El instinto del lenguaje*, Alianza Editorial, 2010.

Ramachandran, Vilayanur, *Fantasmas en el cerebro*, Debate, 1999.

Ramachandran, Vilayanur, *Lo que el cerebro nos dice*, Paidós, 2012.

Russell, Bertrand, *Historia de la filosofía occidental*, Austral, 2010.

Martínez-Conde, S., y Macknik, S. L., *Los engaños de la mente*, Booket, 2012.

Sacks, Oliver, *El hombre que confundió a su mujer con un sombrero*, Anagrama, 2002.

Sacks, Oliver, *Un antropólogo en Marte*, Anagrama, 2001.

Sapolsky, Robert, *Compórtate*, Capitán Swing, 2017.

Sapolsky, Robert, *El mono enamorado*, Paidós, 2007.

Seung, Sebastian, *Conectoma*, RBA, 2012.

Sigman, Mariano, *La vida secreta de la mente*, Debate, 2019.

Sutherland, Stuart, *Irracionalidad*, Alianza Editorial, 2015.

Wrangham, Richard, *En llamas*, Capitán Swing, 2019.